

THE AI REPORT

AI 입은 로봇, ‘신체화 AI(Embodied AI)’ 현황과 전망
- ‘신체화 AI(EAI)’는 급변하는 AI 시대에 게임체인저가 될 수 있을까? -

2025

NIA Future Strategy Team

「The AI Report」는 인공지능 기술 · 산업 · 정책의 글로벌 이슈와 동향, 시사점을 적시에 분석, 인공지능 현안에 빠르게 대응하고 관련 정책을 지원하기 위해 한국지능정보사회진흥원(NIA)에서 기획 · 발간하고 있습니다.

1. 본 보고서는 방송통신발전기금으로 수행하는 정보통신·방송 연구개발 사업의 결과물이므로, 보고서 내용을 발표할 때는 반드시 과학기술정보통신부 정보통신·방송 연구개발 사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
2. 한국지능정보사회진흥원(NIA)의 승인 없이 본 보고서의 무단전재를 금하며, 가공·인용할 때는 반드시 출처를 「한국지능정보사회진흥원(NIA)」이라고 밝혀 주시기 바랍니다.
3. 본 보고서의 내용은 한국지능정보사회진흥원(NIA)의 공식 견해와 다를 수 있습니다.

▶ 발행인 : 황 종 성

▶ 작 성

- 한국지능정보사회진흥원 인공지능(AI)정책실 미래전략팀
이정아 (leeja@nia.or.kr)

AI 입은 로봇, ‘신체화 AI(Embodied AI)’ 현황과 전망

– ‘신체화 AI(EAI)’는 급변하는 AI 시대에 게임체인저가 될 수 있을까? –

NIA 인공지능(AI)정책실 미래전략팀 이정아(leeja@nia.or.kr)

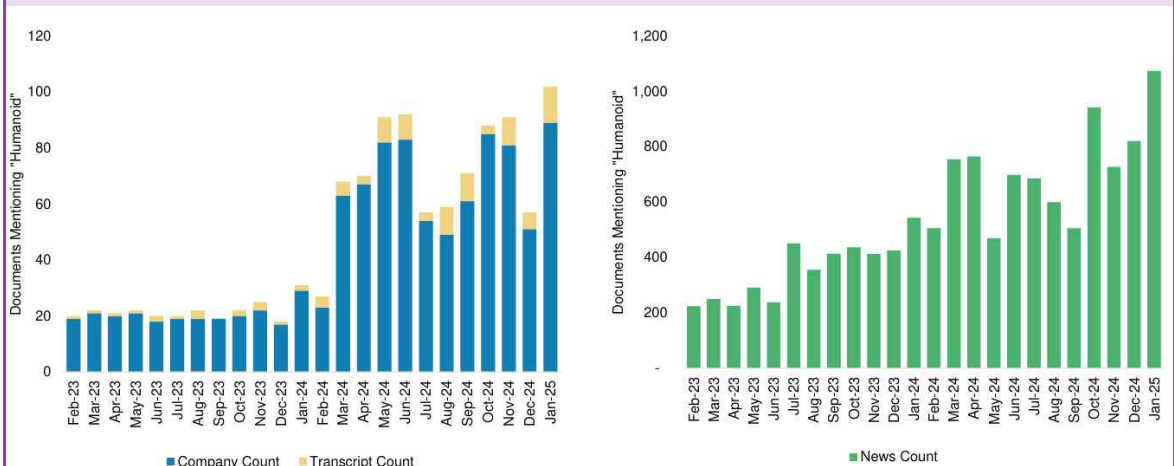
1. 신체화에 의한 AI 진화와 새로운 로봇의 부상

☑ 로봇이 가져오는 혁신 : 범용 로봇의 시대는 도래했는가?

- 전 세계에 설치된 산업용 로봇의 시장가치는 사상 최고치인 165억 달러를 기록(IFR, '25.1)
 - 향후 로봇 수요는 기술 혁신, 수요·공급의 변화, 새로운 비즈니스 분야가 주도할 것으로 예상
- 첨단 기술의 발전으로 고성능 휴머노이드 로봇 개발이 활발해지면서 범용 로봇 상용화의 기대치가 급격히 높아지고 있으며, 기업들의 로봇 개발을 위한 도전과 투자도 경쟁하듯이 추진
 - 고성능 액추에이터 개발과 고정밀 제어 기술, 심층강화모방 학습 등 기계학습 기술을 활용한 제어 방법의 패러다임 시프트가 진행되고, 주요 기업의 연구개발도 확대

※ 엔비디아(NVIDIA)는 미국 산호세에서 ‘GTC(GPU Technology Conference) 2025’를 개최(3.17~21), 휴머노이드 로봇 개발을 지원하는 기반 모델 ‘NVIDIA Isaac GR00T N1’과 시뮬레이션 프레임워크 발표. 엔비디아 CEO 젠슨 황(Jensen Huang)은 ‘범용 로봇의 시대가 도래’했다고 역설

〈 그림 1 〉 휴머노이드를 언급한 기업실적 발표와 뉴스·미디어 보도의 변화



출처 : AlphaSense, Morgan Stanley Research

☑ AI 진화에 맞춰 변화하는 로봇 : 사회 현안 해결의 대안이 될 수 있는가?

○ 휴머노이드 로봇은 아직 연구개발 단계이고, 데이터나 컴퓨팅 문제 등으로 범용화·상용화 하기에는 이르다는 평가도 있지만, 한편으로는 ‘기대’만으로 관련 기업들의 투자와 연구가 활성화

- 제조 공정에서 널리 사용하는 로봇 팔이나 자율 이동 로봇과는 달리, 휴머노이드 로봇은 일반적으로 인간 형태를 갖춘 로봇을 의미하며, 민첩성·적응력·상호작용을 요구하는 복잡한 작업을 수행

• 글로벌 휴머노이드 로봇 시장 : (‘24)20억 3천만 달러→(‘29)132억 5천만 달러(연평균 45.5% 성장)(Markets & Markets)

• 휴머노이드 로봇 총 시장 규모 : ‘35년까지 380억 달러, 로봇 출하량은 140만 대에 이를 것(골드만삭스)

- 로봇의 ‘대뇌’는 아직 ‘창발 능력(Emergent Properties)’*을 발휘하기에는 이르지 않지만, 현 단계에서도 적절한 신체 형태와 이용 장면을 조합하면 가까운 미래에 비즈니스 가치가 생길 것으로 예상

* 개별 구성 요소에는 없는 성질이 전체 시스템에서 자발적으로 나타나는 현상

- 휴머노이드 로봇은 의료·제조·고객 서비스 등 다양한 분야에서 수요가 급증함에 따라 최첨단 AI·로봇 HW·지능형 자동화 시스템을 개발하는 기업들이 상당한 자금을 유치

○ 휴머노이드 로봇 산업의 급속한 성장에는 기술 발전, 인구감소, 경제적 요인 등이 복합적으로 작용

- AI·LLM·인식 시스템·전력 효율 분야의 획기적인 발전은 휴머노이드 로봇의 역량을 향상시켜서 더욱 다재다능하고 비용 효율적이며 실제 적용 분야에 확장이 가능한 로봇 개발을 지원

- 생성AI가 획기적으로 발전해서 로봇에 3D 인식·제어 기술·지능을 제공하고, 이러한 발전은 로봇의 환경 인식·추론·상호작용 능력을 향상시켜 로봇 역량을 더욱 강화(엔비디아 기술 부사장)

- 노동력 부족 현상 심화와 인건비 상승에 따른 자동화 수요 증가, 노동 시장에 진입하는 젊은 인력 감소로 휴머노이드 로봇은 제조·물류·간병 등 산업 전반에서 경제적 생산성을 유지하는 해결책으로 부상

※ 제품 설계, 가격 경쟁력, 대중적 수용 등의 주요 장벽이 극복되는 이상적인 환경에서 로봇은 전 세계 노동력 격차의 48%에서 126%, 노인 간병인 부족의 최대 53%를 메울 수 있는 것으로 추산(골드만삭스 리서치)

〈 참고 1 〉 모라벡의 역설(Moravec's Paradox)

• ‘80년대에 한스 모라벡, 로드니 브룩스, 마빈 민스키라는 AI·로봇 연구자가 주창한 것으로, 로봇은 ‘고급 추론보다 오히려 감각 운동 스킬 쪽이 더 많은 컴퓨팅 자원을 필요로 한다’는 것을 의미

• 사람에게 어려운 고차원적 사고는 AI가 비교적 쉽게 구현하지만, 긴 진화 과정에서 학습되어 의식하지 않고 감각적으로 하는 매우 자연스럽고 쉬운 기본 지각·감각 운동 능력이 AI에게는 매우 어렵다는 내용

※ 고차원적 사고(수학 문제 풀기, 체스 두기, 글쓰기 등), 감각 운동 기술(줍거나 들기, 걷기, 물체 인식, 표정 이해 등)

- 특히, AI 기술을 적용한 ‘신체화 AI(Embodied AI)’는 현안 해결이 필요한 분야에서 급속히 진화
 - 전통적 AI는 비구현화(disembodied)된 상태로 순전히 디지털 영역에서만 작동했지만, 생성AI 발전에 따른 구현(embodied)된 신체화 AI(EAI) 등장은 비구현화에서 물리적 상호작용으로 전환
 - 단순 SW로서의 AI가 아니라 물리적인 신체와 센서, 액추에이터를 갖춘 로봇이나 디바이스에 구현된 AI는 환경과의 직접적인 상호작용을 가능하게 해서 지금까지 없었던 서비스나 업무 효율화를 실현
 - 신체화 AI는 역동적이며 예측 불가능한 상황에서도 빠르고 정확한 대응이 가능한 고성능 지능형 시스템이며, 뛰어난 ‘일반화 능력’으로 인간의 인지·지각·운동 기능을 모방해 정교한 현실 세계의 작업을 수행(실용적인 로봇 개발을 위해서는 ‘고급 일반화’의 힘이 매우 중요)
- ※ 일반화란 다양한 사물에 공통으로 적용되는 방법 등을 찾아내는 힘으로, 이것이 가능한 로봇은 과거에 학습한 적이 없는 상황도 능숙하게 대응. 예를 들어, 문 여는 방법을 배운 로봇이 학습된 문이 아닌 다른 문을 보았을 때도 일반화가 가능하면 문에 공통되는 성질을 파악해 제대로 여는 방법을 추측
- 새로운 신체화 AI의 성장은 센서·AI 칩·배터리·전기 기계 부품과 같은 HW부터 머신러닝·자연어 처리·인간-컴퓨터 상호작용(HCI)과 같은 최첨단 SW에 이르기까지 관련 산업에도 활력을 불어넣을 전망

〈 그림 2 〉 ‘휴머노이드 100’ : 모건스탠리가 선정한 글로벌 휴머노이드 산업 핵심 기업

Brain														Integrators	
Foundational Models		Data Science & Analytics		Simulation & Vision Software		Semis (Vision & Compute)		Semis (Memory)		Semis (Designers)		Semis (Fab)			
Baidu Alphabet Microsoft	Meta NVIDIA	Palantir Microsoft	ORACLE	HEXAGON Meta Alphabet	NVIDIA SIEMENS UNIVERSITY OF TORONTO	intel mobileye Qualcomm	NVIDIA Ambarella Horizon Robotics	SAMSUNG SK hynix Micron	arm synopsys cadence	AT&T TISDC SAMSUNG intel			amazon		
Body															
Actuators & Actuator Parts				Sensors		Batteries		Semis (Analog)		Body Wiring, Thermal		Diversified Automation			
Complete Actuators				Radar & Lidar						Aluminum Castings					
NSK TIMKEN SCHAEFFLER Screws	IKM SHUANGLIN Regal Rexnord	TIMKEN ABB MOOG Hengli INOVANCE Motors Regal Rexnord INOVANCE Leadshine ZD ZHAOWEI ESTUN	SANHUA MOOG Hengli INOVANCE MOONS' Leadshine ZD Sensata Technologies	MAGNA TELMEYE TECHNOLOGIES Valco Magnetic Melexis ALLEGRO Force & Torque Novanta Sensata Technologies KOLU ESTE Cameras & Vision Sensors	intel APTIV roboSense ALLEGRO APTIV Sensata Technologies intel SONY roboSense onsemi KEYENCE	EVE Energy SAMSUNG SAMSUNG SDI LG Energy Solution CATL ALLEGRO onsemi Melexis TEXAS INSTRUMENTS	ALLEGRO ANALOG DEVICES Infineon NXP RENESAS onsemi ST Melexis WUJIANG TEXAS INSTRUMENTS	MAGNA XUSHENG NXP Amphenol ESTE APTIV Thermal SANHUA	Honeywell Rockwell Automation SIEMENS FOXCONN Tencent ABB TERADYNE Midea NAVER FOXCONN XPENG	RANCHO ROBOTICS SONY HYUNDAI TOYOTA ESTUN ABB					

출처 : Morgan Stanley Research

〈 참고 2 〉 2025 글로벌 로봇 산업의 5대 트렌드 (국제로봇연맹(IFR))

① 인공지능(AI) 기술 도입 가속화 - 피지컬형, 분석형, 생성형

- 분석AI를 통해 로봇은 장착된 센서로 수집한 방대한 데이터를 처리·분석해 외부 환경, 다품종 소량 생산, 공공 환경에서의 변동성과 예측 불가능성 관리를 지원
 - ※ 비전 시스템을 갖춘 로봇은 과거 작업을 분석해 패턴을 식별, 작업을 최적화해 정밀도와 속도 향상
- 피지컬AI를 통해 로봇은 가상 환경에서 스스로 훈련하고, 프로그래밍이 아닌 경험을 통해 작동
 - ※ 최근 로봇과 반도체 제조업체들은 실제 환경을 시뮬레이션하는 전용 HW-SW 개발 투자를 활발히 진행
- 생성AI 프로젝트는 피지컬AI에서 ‘ChatGPT 출시 순간’과 같은 충격적 변화를 일으키는 것이 목표
- 기존 산업 환경과 서비스 로봇 응용 분야에서 AI 기반 로봇 시뮬레이션 기술은 더욱 발전할 전망

② 휴머노이드 로봇 - 여러 스타트업이 범용 휴머노이드 로봇 개발

- 산업용 로봇 제조업체들은 휴머노이드 로봇 개발에 집중하고 있으며, 특히 산업 로봇 역사의 선두 주자로 중요한 역할을 해온 자동차 산업과 창고 관리업에서 활발히 진행
- 휴머노이드 로봇이 수익성 있는 확장 가능한 산업용 비즈니스 모델을 구축할 수 있을지 아직 불확실하지만, 이점을 가질 수 있는 분야도 많아 물류나 창고 관리업에서 시장성 기대

③ 지속 가능성 - 에너지 효율화로 제조업체의 지속 가능 목표를 지원하는 핵심 역할 수행

- ※ 제조업체들은 UN의 환경 지속 가능 목표와 관련 규정을 준수하는 것이 필수 요건
- 로봇은 비용 효율적인 태양광 패널, 전기차(EV) 배터리, 재활용 설비 등 친환경 에너지 장비 제조뿐만 아니라, 품질과 지속 가능성을 유지하면서도 빠르게 생산을 확대
- 로봇의 가동 부품 경량화로 에너지 소비를 줄이고, 다단계 절전모드로 하드웨어를 대기 상태로 전환해 전력 소비를 절감하는 등 로봇 자체의 에너지 효율성 제고를 위한 기술 개선도 촉진

④ 로봇의 새로운 비즈니스 영역 - RaaS(Robot-as-a-Service, 로봇구독서비스) 확대

- 제조업체 대부분이 중소기업으로, 초기 투자 비용과 총소유비용이 높은 것이 로봇 도입의 장벽
- 수요에 맞춰 특정 산업·용도에 특화된 RaaS 제공업체가 기능이 뛰어난 로봇 솔루션 공급
 - ※ RaaS는 로봇을 직접 구매하거나 소유하는 대신 서비스 형태로 임대하거나 이용하는 비즈니스 모델

⑤ 로봇으로 노동력 부족 해결 - 로봇이 제조업에서 인력 부족의 영향을 완화

- 품질 검사, 유해한 도로 작업, 힘을 요하는 반복적 노동 등 지루하고 힘든 일을 로봇이 대신 수행
- 고성능 로봇, 협업 로봇, 이동식 매니퓰레이터 등 기술 발전으로 언제 어디서나 필요한 노동력 보완
 - ※ 매니퓰레이터는 로봇 공학에서 물체를 조작하고 이동시키기 위해 사용하는 기계 장치. 여러 개의 관절과 링크로 구성된 로봇 팔 형태이며, 인간의 팔처럼 다양한 작업을 수행할 수 있도록 설계

출처 : 국제로봇연맹(IFR) (<https://ifr.org/ifr-press-releases/news/top-5-global-robotics-trends-2025>)

2. AI로 격변하는 로봇, ‘신체화 AI(Embodied AI, EAI)’¹⁾

☑ AI 진화에 신체가 필요한 이유 : AI를 입은 로봇은 얼마나 똑똑해질 수 있는가?

- 생성AI가 디지털 세계(비트·바이트)에서 물리적 세계(원자·광자)로 계속 이동하면서 ‘신체화 AI(Embodied AI, EAI)’가 빠르게 발전하고, 파괴력을 발휘할 것으로 기대
 - 신체화 AI(EAI)란 단순히 디지털 공간에서 처리하는 비구현화(disembodied) AI와 다르게 구현화(Embodied) 되어 실제 물리적 공간에서 인간이나 현실 세계 환경과 직접 교류할 수 있는 AI 기술
 - 휴머노이드 로봇과 신체화 AI는 밀접히 연결돼 있지만 의미와 범위에서 차이가 있는데, 휴머노이드 로봇은 신체화 AI의 한 형태가 될 수 있지만 모든 신체화 AI가 휴머노이드 로봇일 필요는 없음
- ※ 이에 대한 공식적인 정의는 없지만, 신체화 AI(EAI)는 일반적으로 휴머노이드 로봇보다 더 넓은 범위를 포괄하며, 모든 물리적 형태에 통합된 AI를 의미



[표 1] ‘신체화 AI’와 ‘휴머노이드 로봇’의 차이점

항목	신체화 AI(Embodied AI, EAI)	휴머노이드 로봇(Humanoid Robot)
정의	물리적인 몸(신체)을 가진 AI 시스템	인간의 형태를 가진 로봇
중점	지능·신체의 통합과 현실 세계에서 상호작용	형태(사람처럼 생긴 외형)와 동작 중심
기술 범위	AI + 센서 + 하드웨어 + 학습 등을 포괄	신체화 AI의 한 사례일 수 있음
형태 제한	반드시 사람처럼 생길 필요는 없음 (예: 네 발 달린 로봇, 드론 등도 포함)	인간과 유사한 외형을 지향(팔·다리·머리 등)
예시	Spot(보스턴 다이내믹스), 드론, 배송 로봇, 자율주행차	Optimus(테슬라), ASIMO(혼다), Atlas(보스턴 다이내믹스)

출처 : 챗지피티 설명 내용을 재정리

1) Embodied 개념은 앨런 튜링이 '50년대에 논문 속에서 첫 언급. ‘Embodied AI’는 AI 기술(로봇공학·강화학습·센서기술 등)과 철학적 사고(신체성 이론 등)를 결합한 것으로, 단순 기술 용어가 아니라 철학·인지과학·로보틱스·HCI 등이 융합된 복합적 개념. 여러 분야에서 다른 의미로 사용해 한 단어로 번역하기는 어려워 본고에서는 기술 구현 관점에서 ‘신체화 AI’로 표현

- 신체화 AI는 신체를 가진 AI를 의미하며, 물리적 신체와 지능형 에이전트를 갖추고 실세계에서 물체를 조작하거나 물리적 상호작용으로 인간과 소통할 수 있는 에이전트 기반의 AI 시스템
 - 로봇과 같은 물리적 신체에 AI가 융합, 환경을 인지·학습해 동적으로 상호작용 할 수 있고, 계산·논리적 추론을 기반으로 지각·행동·환경 피드백을 통해 학습·적응해서 작업을 완료하는 시스템
 - ※ 휴머노이드 로봇 외에 자율주행차·웨어러블기기 등 상호작용 기능을 갖춘 HW도 신체화 AI의 본체 역할 가능
 - 단순한 SW적 AI와 달리 감각(센서)과 운동(액추에이터)을 통해 ‘몸을 가진 지능’이라는 개념을 실현하며, 이 기술은 인간과 유사한 인지·행동 능력을 갖춘 로봇을 만드는 것이 핵심
 - ※ 인간의 인지·지각·운동기능을 모방해 정교한 실세계의 작업을 수행하는 고도로 통합된 AI 기반 시스템.
 - AI를 알고리즘만으로 만들지 않고, 몸과 환경을 통해 시각·청각·촉각·후각 등의 멀티 모달 센서로 현실 세계를 인식하고, ‘체험’할 수 있게 해서 더 현실적인 지능을 구현한다는 의미
 - 즉, ‘몸을 가진 AI’로 물리적 환경 속에서 실시간으로 감각하고 반응하며 행동하는 AI 시스템을 의미하며, 시각·청각·촉각 등 다양한 센서로 외부 세계를 인식하고 그에 맞는 행동을 수행
 - ※ 신체화 AI 핵심 기술 요소: 강화학습(Reinforcement Learning), 로봇공학(Robotics), 컴퓨터 비전(Computer Vision), 자연어처리 (NLP), 시뮬레이션 플랫폼(AI 훈련용 가상 환경), 멀티모달 학습(Multimodal Learning)
- 디지털 세계에서 AI 에이전트가 완결성을 가진다면 AI 에이전트 선두에 있는 신체화 AI는 현실 세계에서 물리적 형태로 자율성·완결성을 갖도록 하는 것으로, 거의 모든 AI 기술을 집대성한 AI 집약체
 - 기업·부문·지역·언어별로 언어 모델을 구축하고 최적화하는 AI 오케스트레이션을 통해 에이전트로서 기업과 개인 업무 영역 등에서 최적의 답변을 도출하는 AI 에이전트가 탄생
 - AI 오케스트레이션 범위에 현실 환경 인식이나 모션 제어, 안전성 등의 다양한 정보를 도입하고 최적화하는 구조 만들기가 신체화 AI이며, 이는 AI 기술과 산업의 중요한 발전 방향성 중 하나
 - 대규모 언어모델과 로봇 제조 기술의 발전으로 신체화 AI가 격변하는 AI 무대에서 중심으로 부상

[표 2] ‘신체화 AI(Embodied AI)’를 의미하는 다양한 표현

구분	표현	설명·사용 맥락
기술·산업 분야	구체화 된 AI, 신체화 AI, 엠보디드 AI, 물리적 AI	물리적 형태를 가진 AI를 표현. 기술 구현을 강조하며, 산업·응용 기술 중심
학술·인지과학 분야	체화된 AI, 신체성 AI	신체를 통해 지능이 구현된다는 인지과학적 개념. 연구·이론 중심. 신체화된 인지(Embodied cognition)와 연결
대중 대상 설명	몸을 가진 AI, 구현형 AI, 로봇형 AI	대중의 이해를 돕기 위한 쉬운 표현
로봇 맥락 강조 시	인간형 AI, AI 로봇	‘휴머노이드’에 가까운 의미로 사용. 외형이 인간과 유사한 로봇을 지칭할 때 혼용

출처 : 챗지피티 설명을 토대로 재정리

☑ '25년은 AI 에이전트 원년 : 신체화 AI는 진화된 AI 시대의 프런티어인가?

○ 신체화 AI는 '스마트 공장'이나 '스마트 시티'를 위한 인프라 정비, 나아가 고령화 사회에서 간병 로봇 등 실제 사회 현안 해결이 필요한 분야에서 발전

- AI에 물리적 신체성이 결합되면 기존에 효과적으로 AI 활용이 어려웠던 물류·소매 분야 자동화, 위험이나 어려움을 수반하는 보수 점검 현장의 작업 지원 등에도 기여할 것으로 기대

※ 자율주행차·간병 지원·물류 창고 자동 반송 시스템·오락 분야 휴머노이드 로봇 등 다양한 분야에서 발전

○ 신체화 AI는 AI와 로봇이라는 두 가지 첨단 기술을 융합한 산업으로, 다양한 혁신에도 기여할 수 있어 많은 기업·국가가 신체화 AI 산업의 발전을 모색하고 있으며 관련 시장 경쟁도 심화

- 특히, 미국과 중국*을 중심으로 상업화를 위한 노력이 빠르게 진행되고 있으며, 많은 글로벌 기업이 신체화 AI 개발 참여를 발표하거나 참여 의사를 표현

※ Open AI는 급성장하는 신체화 AI 개발 스타트업인 노르웨이 '1X Technologies'와 휴머노이드 로봇 개발사 미국 'Figure AI'에 출자(Figure AI에는 엔비디아·MS 인텔·아마존 등도 출자)

* 중국 휴머노이드 로봇 산업은 기존 기술기업과 신생 스타트업 조합으로 견인. 대기업은 기존 전문성을 토대로 로봇 분야로 확장하고, 신생 기업은 로봇에 집중해 AI 기반 자동화와 지능형 로봇의 경계 확대

- 구글 딥마인드가 발표한('25.3) 최신 AI*는 인간 목소리와 시각 정보를 토대로 실세계를 정확히 이해하고 섬세한 작업을 수행, Meta**도 동작 기반 모델 공개

* Gemini 2.0에 로봇 제어용 기능을 구현한 Gemini Robotics와 Gemini Robotics-ER 공개

** AI·휴머노이드 로봇처럼 신체성이 있는 동작 기반 모델 'Meta Motivo' 연구 결과 공개('24.12)

- 도시바 캄브리지 연구소(Cambridge Research Lab.)는 신체화 AI 개발에 향후 5년간 1,500만 파운드를 투자해 연구개발을 강화하고, '27년 최초 산업용 프로토타입을 발표하겠다고 보도('24.6)

- AI의 물리적 구현은 60조 달러 규모의 총 잠재 시장 규모(TAM)이며, 전 세계 GDP와 '일의 의미' 자체에까지 영향을 미칠 것으로 예상(Morgan Stanley, '25.2)

[표 3] 신체화 AI의 주요 특징

구분	응용 영역
환경과의 직접적인 상호작용	센서와 액추에이터를 통해 실시간으로 외부 환경의 정보를 수집하고 즉각 반응할 수 있으므로 상황에 맞는 유연한 대응이 가능
상황 인식과 자기 학습	실제 체험을 통해 AI가 학습해서 기존의 규칙 기반 시스템보다 높은 적응력과 판단력을 발휘하고, 미지의 상황에서도 임기응변으로 대응
휴먼·로봇·인터랙션	인간과의 커뮤니케이션이나 협업이 가능하므로 간병·의료·교육 등 사람과 직접 관련되는 현장에서 활용이 기대

출처 : Sustainable Today (<https://sa-today.jp/articles/embodied-ai>)

[표 4] 주요국의 신체화 AI 추진 현황

구분	응용 영역
중국	<ul style="list-style-type: none"> 신체화 AI 경쟁이 치열해지면서 중국의 휴머노이드 로봇 산업은 확대발전하고 있고, 다양한 휴머노이드 로봇이 출시되어 관련 제품은 대량 생산 초기 단계에 진입 ※ 약 100개의 휴머노이드 로봇 회사가 있을 것으로 추산('24 말), 30개 이상 회사가 '25년 상업화 계획 발표 · (베이징) '24년 10월, '베이징 신체화 AI 로봇 혁신센터'가 국가-지방 공동 구축 플랫폼으로 격상되어 R&D 비용 절감, 산업 표준 수립, 글로벌 응용 확대 등을 목표로 추진 ※ 세계 최초의 범용 신체화 AI 플랫폼이 베이징에서 출시('25.3), '휘스 카이우(Huisi Kaiwu)'라는 이름의 이 플랫폼은 공업정보화부베이징사기업연구기관이 공동 설립한 베이징 휴머노이드 로봇 혁신센터에서 개발 · (상하이) 중국이 전 세계 로봇 생산량의 3분의 1을, 상하이가 중국 로봇 생산량의 3분의 1을 차지, 상하이가 기술-인재-공급망-정책 등 로봇 산업 발전을 위한 다양한 요소를 탄탄하게 축적 ※ '25년 3월, '거우(Ge Wu)'라는 신체화 AI 시뮬레이션 플랫폼을 출시, 고성능 로봇 개발 환경을 제공 · (전국적 목표) '25년까지 휴머노이드 로봇 초기 혁신 시스템을 구축하고, '27년까지 안정적인 이고 신뢰할 수 있는 산업-공급망 체계를 마련해 관련 제품을 실물 경제에 접목할 계획
미국	<ul style="list-style-type: none"> AI SW 분야에서 강점을 가지고 있지만, 로봇 HW와 제조 분야는 중국에 비해 뒤처져 정부 차원의 전략 수립과 지원이 요구되는 상황으로, AI SW 강점을 토대로 전략적 대응 모색 · 테슬라, 보스턴 다이내믹스, 어질리티 로보틱스 등 미국의 주요 로봇 기업은 연방 정부에 로봇 산업을 위한 국가 전략과 전담 기구 설립 촉구 · 중국의 급속한 발전과 대규모 투자에 대응하기 위해 세금 인센티브, 연방 자금 지원, 학술연구 자금 확대 등을 포함한 종합적인 전략이 필요하다는 목소리가 높아지는 상황
유럽 (EU)	<ul style="list-style-type: none"> · AI 경쟁에서 미국과 중국을 따라잡기 위해 AI 데이터와 컴퓨팅 인프라 구축, AI·로봇 기술의 국제 표준화와 인프라 구축에 중점을 두고, 기업이 규정을 준수하기 쉽게 하는 것에 집중 · EU는 의료·로봇공학·과학연구 분야 혁신을 위해 '25년부터 시설마다 약 10만 개의 첨단 AI 프로세서를 갖춘 최대 5개의 AI '기가팩토리' 구축(총 2,000억 유로 투자, 이 중 200억 유로는 공공-민간 파트너십을 통해 AI 인프라 구축에 사용) ※ AI 모델 훈련을 위한 슈퍼컴퓨팅 자원 확보, 유럽 내 AI 반도체 생산과 확대, 데이터 센터 용량을 3~5년 내 3배로 확대하는 계획도 포함 · Horizon Europe 프로그램으로 신체화 AI 분야의 다양한 연구(EARASHI·MAPEI·Embodied Perception and Intelligent Interaction 등) 지원
일본	<ul style="list-style-type: none"> · 2000년대 초반부터 ASIMO(Honda), Pepper(SoftBank Robotics), HRP 시리즈(AIST 개발) 같은 휴머노이드 로봇 선도 기술을 축적 · 일본 정부는 '로봇 신전략('15)' 이후, 고령화 대응과 산업 자동화를 위해 로봇 기술과 AI 융합에 집중 · HW 기술력(관절 제어, 안정적인 보행 등)에서 전통적으로 강세를 보여왔고, 최근에는 AI와의 융합을 통한 신체화 AI에 초점

출처 : 챗지피티 설명 내용과 관련 자료를 토대로 정리

3. 중국의 ‘신체화 AI(Embodied AI)’ 개발 현황

☑ 신체화 AI에 주목하는 중국 : 신체화 AI를 국가 전략 산업으로 지정

○ 중국 휴머노이드 로봇 시장은 새로운 기술 혁신, 성숙한 산업 체인, 투자자의 관심, 우호적인 정책과 지원에 힘입어 향후 10년간 상당한 성장을 보일 것으로 예상

- 휴머노이드 로봇 혁신은 미국 실리콘 벨리가 아니라 중국에서 시작되었다는 견해가 업계 관계자들 사이의 공통된 인식으로 중국의 로봇 생산 능력과 활용 시장, 수요·공급은 실리콘 벨리보다 방대

* 중국 휴머노이드 로봇 시장 규모는 약 27억 6천만 위안('24)→104억 7,100만 위안('26)→750억 위안('29, 글로벌 시장의 약 32.7% 차지)→3,000억 위안('35)에 이를 것(휴머노이드 로봇 산업 연구 보고서, '24)

- 중국에서는 비교적 쉽고 저렴하게 HW 제도가 가능해 휴머노이드 로봇 제조사들의 제품이 많이 생산되고, 시장의 수요가 증가해 부품 가격이 내리면서 시장 진입의 허들도 낮아지는 선순환 효과 발생

※ 휴머노이드 로봇 참여 기업 56%가 중국 기업, 중국은 이 분야에서 가장 인상적으로 발전(모건스탠리)

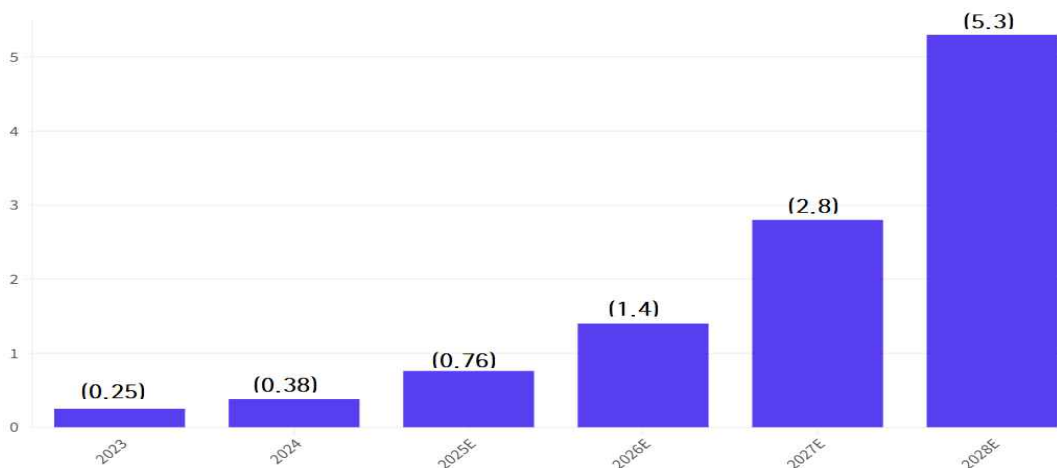
- 향후 중국의 휴머노이드 로봇은 제조업·의료·물류·소비 등 다양한 분야에서 본격적으로 활용되고, 특히 제조업과의 결합 가속화로 기술 업데이트가 더욱 빨라져 성숙 단계로 접어들 전망

○ 중국은 신체화 AI가 AI 진화의 키가 될 것으로 예상해 국가 전략 산업으로 지정하고, 중앙·지방 정부의 협력을 통해 연구개발(R&D)-산업화표준화에 이르기까지 전방위적 지원 확대

- 중국이 신체화 AI 분야에서 괄목할 만한 발전을 하는 것은 발달 된 산업 공급망, 적극적인 정부 지원, 산업계의 투자 확대, 혁신적인 스타트업들의 등장에서 기인

※ 중국 신체화 AI 시장 : ('24) 8,634억 위안 → ('25) 9,731억 위안으로 성장할 것으로 예상

〈 그림 4 〉 중국의 휴머노이드 시장 성장률(전망치) (단위:10억 달러)



출처 : Data Compiled by China Business Industry Research Institute(www.china-briefing.com에서 재인용)

☑ 지방(도시)별 신체화 AI 경쟁 가속화 : 로봇 산업을 경제 발전의 중요 수단으로 인식

- 중국의 많은 도시는 AI가 세상과 물리적으로 상호작용할 수 있게 하는 신체화 AI 프로젝트에 자금을 지원
 - 베이징·상하이·광둥성·저장성·산둥성·충칭시를 포함한 10개 이상의 지역이 신체화 AI와 휴머노이드 로봇 산업을 경제 발전의 질적 향상과 산업 고도화 촉진의 중요 수단으로 인식, 산업 육성 정책 발표
- 베이징·상하이·선전·항저우·닝보시는 휴머노이드 로봇 분야 선두 주자가 되기 위해 다양한 계획 발표
 - **(베이징)** ‘베이징 로봇 산업 혁신 개발 행동 계획(‘23~’25)’과 로봇 기금 조성 발표(’23), ’25년에 신체화 AI 1만 대 응용 촉진과 1천억 위안 규모의 산업 클러스터 조성이 목표인 ‘베이징 신체화 AI 기술 혁신과 산업 육성 행동 계획(’25~’27)’ 발표
 - ※ ’27년까지 100건 이상의 핵심 기술과 세계 선도 SW·HW 10건 이상 개발, 기술 혁신·플랫폼 기반 구축·응용 확대·생태계 최적화 등의 측면에서 신체화 AI 분야 기술 혁신과 산업 발전 촉진
 - **(상하이)** ‘지능형 단말기 산업 행동 계획(’22~’25)’과 ’25년까지 산업 규모 천억 위안 달성 등의 목표를 제시한 ‘지능형 로봇 산업의 고품질과 혁신 발전 촉진 행동 계획(’23~’25)’ 발표
 - ※ ’25년 1월 초, 상하이는 중국 최초의 이종 휴머노이드 로봇 훈련장을 개장. 이 훈련장은 로봇 기술을 발전 시키는 것이 목표이며, 현재 100대 이상의 로봇을 훈련시킬 수 있고, ’27년까지 1,000대까지 확대할 계획
 - **(선전)** ‘지능형 로봇 산업 클러스터 행동 계획(’22~’25)’ 발표, ’24년 ‘지능형 로봇 혁신센터’ 개관, ’25년 2월에 AI SW·HW·EAI 등에 중점을 둔 100억 위안 규모의 AI·로봇 산업 펀드 조성 발표
 - **(항저우)** 도시를 휴머노이드 로봇의 선도 허브로 육성하기 위해 ’24년 12월에 ‘휴머노이드 로봇 산업의 혁신적 발전 촉진을 위한 여러 정책 조치’ 발표
 - ※ 국가와 성급 연구 프로젝트에 최대 500만 위안, ‘과제 공개와 리더 임명 메커니즘(揭榜挂帅)’ 프로젝트에 최대 300만 위안의 보조금 제공. 揭榜挂帅는 정부·관련 기관이 기술적 난제나 전략적 필요가 있는 과제(챌린지)를 공개적으로 제시하면 기업 등이 이에 도전하는 중국의 과학기술·산업 분야 R&D 추진 제도
 - **(닝보)** ’27년까지 20개의 주요 R&D 프로젝트 추진, 100개 핵심 SW·HW 구성 요소 개발, 휴머노이드 로봇 혁신센터 설립 등을 포함한 ‘휴머노이드 로봇 산업 발전 행동 계획(’24~’27)’ 발표(’24.9)
- 저장·광둥·충칭·탕산 등도 신체화 AI와 휴머노이드 로봇 산업을 지원하는 관련 정책과 계획을 발표
 - **(저장성)** ’24년 9월에 ‘저장성 휴머노이드 로봇 산업 혁신 발전 실행안(’24~’27)’을 발표, 성 전역의 휴머노이드 로봇 산업 혁신 발전을 가속화하기 위한 선제적인 계획 마련
 - ※ 저장성 정부 연례 활동 보고서에서는 미래 산업 구축을 계획하고 ‘AI+’ 행동을 적극 추진하며 휴머노이드 로봇·양자 정보·브레인형 지능·합성 생물학·우주 정보·저공 경제(저공역 비행 활동 기반 경제형태) 등 신산업·신비즈니스 모델 발전을 가속화해서 미래 경쟁에서 우위를 확보한다는 목표 제시

- **(광둥성)** 휴머노이드 로봇·신체화 AI를 대대적으로 발전시키고, 로봇 핵심부품 기술 개발 가속화와 스마트 로봇 응용 시나리오 혁신을 촉진하는 ‘현대화 산업체계 구축 2025년 행동 계획’ 발표(‘25.2)
※ 고수준의 신체화 AI 혁신센터를 구축하고 유니콘 기업과 기술 주도형 선도 기업을 3~5개 유치, 또는 육성할 것이라는 목표도 함께 제시
- **(충칭시)** 주요 제조업 거점으로, 이미 신체화 AI 기초를 갖추고 핵심 기술 R&D 지원 강화, AI·빅데이터·5G 등 차세대 정보·로봇 기술 심층 융합을 추진해 제품의 스마트화와 시장 경쟁력을 높일 예정
※ 충칭시 로봇 제조사 치팅 로보틱스(七騰機器人)가 개발한 4족 보행 방폭(防爆) 로봇은 신체화 AI 로봇으로 4족 보행 로봇 분야의 방폭 기술 장벽을 최초 돌파, 현재 석유화학 산업 등의 방폭 작업 현장에 적용. 치팅 로보틱스 제품은 자체 기술 개발 비율이 96%에 달하며, '24년 국내 매출액 9억 위안 달성
- **(탕산시)** 로봇 산업 클러스터 성장을 촉진하기 위해 과학기술 투자 확대, 혁신적인 R&D 추진, 로봇 적용 분야 확대를 위해 노력
※ 현재 이 도시에는 222개의 로봇 관련 기업과 성급 이상 로봇 연구개발 기관 21개가 자리 잡고 있고, 이곳에서 생산되는 용접·특수 검사·응급 구조 로봇 등 특수로봇 제품은 국내외에서 높은 판매고 달성

☑ 신체화 AI 개발을 공식 정책에 포함 : 정부 주도의 전방위적 추진

- 중국 정부는 로봇 기술을 전략 산업으로 인식해 휴머노이드 로봇 분야의 발전을 촉진하기 위한 R&D와 상업화를 촉진하는 포괄적인 정책을 지속적으로 추진
 - 로봇 산업에 대한 의지는 공업정보화부(MIIT)가 '21년에 발표한 ‘제14차 로봇 산업 5개년 계획’에서 시작했고, 최근에는 휴머노이드 로봇과 신체화 AI에 초점을 맞춘 정책 등장
 - **AI 애플리케이션을 위한 시나리오 혁신 가속화 지도 의견(‘22.7)**: 6개 부처가 공동으로 발표, AI 고수준 응용으로 휴머노이드 로봇이 실제 환경에 융합될 수 있는 기반 마련
 - **‘로보틱스+’ 애플리케이션 행동 계획(‘23.1)**: 17개 부처가 공동으로 발표한 이 계획은 제조·물류·의료·소비자 서비스 등 다양한 산업에 로봇 도입을 촉진
 - **휴머노이드 로봇 혁신 발전에 대한 지도 의견(‘23.11)**: 공업정보화부가 발표, '25년까지 휴머노이드 로봇 대량 생산 달성과 '27년까지 안전·신뢰할 수 있는 로봇 산업·공급망 생태계 구축
- '25년 3월에는 중국의 국가 개발 우선순위를 담은 가장 권위 있는 정책 문서인 정부 업무 보고서(GWR)*에서 신체화 AI를 처음으로 언급, 이 분야에 중요한 이정표를 마련
 - ※ GWR(Government Work Report, 政府工作报告)은 중국 정부가 매년 3월 전국인민대표대회 개막식에서 발표하는 국정 운영의 청사진이자 정책 방향을 담은 가장 권위 있는 공식 문서로, 이 보고서에서 언급하면 중앙정부 차원의 전략적 지원이 예정되었다는 것을 의미

[표 5] 중국의 주요 휴머노이드 로봇 기업

기업	특징	주요 제품
UBTECH Robotics (선전)	<ul style="list-style-type: none"> 중국에서 가장 잘 알려진 로봇 기업 중 하나로, 휴머노이드와 AI 서비스 로봇 개발 본사는 선전에 있으며, 홍콩 증시에 상장 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Walker • 가정·사무실 환경을 위한 플래그십 로봇 • 36개 고성능 서보 관절, 다양한 센서 시스템, 자율 내비게이션 탑재 ※ '25년 3월, 닝보의 Zeekr 전기차 공장에 Walker S1 수습 대가 배치되어 박스 운반, 부드러운 자재 처리 등 다중 작업 수행
Unitree Robotics (항저우)	<ul style="list-style-type: none"> • 고성능 4족 및 휴머노이드 로봇으로 유명 • 초기부터 대량 생산에 성공한 기업 중 하나 ※ '25년 춘절 TV 특집쇼에서 이 회사 로봇이 고급 동작을 선보이며 대중적 인지도 상승 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Unitree H1(’23 출시) • 전기 구동 휴머노이드(키 180cm, 무게 47kg, 시속 3.3m로 세계 최고 속도, 백플립 가능) ▶ Unitree G1(’24.5 출시) • AI 기반 아바타 로봇
Xiaomi Technology (베이징)	<ul style="list-style-type: none"> • 스마트폰과 전자기기 중심의 대기업이었으나 '21년부터 로봇 분야 진출 • 초기 CyberDog(4족) 개발, '22년 CyberOne 발표 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ CyberOne 특징 • 2족 보행, 고토크 관절, 고급 비전 시스템, 감정 인식 기능 등
Fourier Intelligence (상하이)	<ul style="list-style-type: none"> • 의료 재활과 산업 응용 중심의 로봇 전문기업 • 전 세계 2,000개 이상 병원·기관에 솔루션 제공 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ GR-1 • '23년 출시, 대량 생산된 첫 휴머노이드 로봇 • 의료·연구 지원용
Dataa Robotics (상하이)	<ul style="list-style-type: none"> • 클라우드 기반 지능형 로봇 전문 기업 • HARIX 클라우드 AI 운영체제, 스마트 구동 기술 등 개발 	-
AgiBot (상하이)	<ul style="list-style-type: none"> • '23년 설립된 신생 기업으로 AI 기반 자연스러운 인간-로봇 상호작용 강조 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ AgiBot A2 • 프론트 데스크, 마트 안내 등 서비스용 ▶ RAISE A1 • AI 기반 범용 로봇, WorkGPT 통합
Galbot (베이징)	<ul style="list-style-type: none"> • '23년 창업, 다중모달 AI와 범용 로봇 집중 개발 • 베이징대, 베이징 AI연구원 등과 협력 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Galbot G1 • 복잡한 환경 대응형 로봇 • '25년 3월, 홍콩투자공사(HKIC)와 파트너십 체결로 'HK-Galbot Embodied AI Lab' 설립, 유통·관광 분야 파일럿 추진

출처 : china briefing (www.china-briefing.com) 내용을 재정리

〈 참고 3 〉 중국 선전시와 화웨이의 ‘신체화 AI(Embodied AI)’ 추진

■ 화웨이와 선전시(深圳市)의 신체화 AI(Embodied AI) 산업 추진 협력

- 중국 화웨이는 선전시 전해(前海)관리국, 선전시 보안구(宝安区) 인민정부와 공동으로 설립한 화웨이(선전) 글로벌 신체화 AI(Embodied AI) 산업 혁신 센터 운영을 시작했다고 발표('24.11.)
- 이 센터는 선전시 보안구에서 신체화 AI 관련 산업의 발전을 적극적으로 추진하고, '30년까지 공업 생산액을 1조 위안 이상으로 끌어올리는 것이 목표
- 이 센터는 선전시가 추구하는 ‘새로운 질의 생산력’ 형성에 중요한 역할을 할 전망

■ 신체화 AI가 여는 미래, 선전시가 선도하는 차세대 산업

- ‘신체화 AI(Embodied AI, 신체화를 갖춘 AI)’ 개념은 1950년대부터 존재했으며, 앨런 튜링(Alan Turing)이 발표한 논문 ‘컴퓨팅 기계와 지능(Computing Machinery and Intelligence)’에서 유래
- 센서·로봇·딥러닝·컴퓨터 비전 등의 기술 발전으로 개념에 불과했던 신체화 AI가 현실화
- 신체화 AI 발전으로 AI가 단순한 가상 공간 내 데이터 처리에 그치지 않고 스마트제조·스마트 의료·스마트시티·가정 서비스 등 다양한 분야에서 물리적인 가치를 창출

■ 선전시, AI 선진 도시로 도약

- 중국 광둥성(广东省) 선전시는 개혁 개방의 선도 도시로, '24년 7월 ‘선전시 AI 선진 도시 가속화 계획’을 발표하고 신체화 AI를 도시 발전을 이끄는 핵심 분야로 지정
- '23년 선전시 AI 산업 규모 : 3,000억 위안 이상
- 연간 성장률 : 20% 이상 증가

■ 화웨이, 선전과 함께 신체화 AI 산업 발전 주도

- 이러한 배경 하에 화웨이는 선전시 전해관리국, 보안구 인민정부와 협력해 신체화 AI 산업 발전에 적극 진출, 그 일환으로 설립된 것이 ‘화웨이(선전) 글로벌 신체화 AI 산업 혁신 센터’
- '25년 3월 3일 선전시는 AI 산업에 관한 4가지 행동 계획을 발표, 향후 중점 정책 제시
 - 신체화 AI 로봇 기술 혁신과 산업 발전을 위한 행동 계획('25~'27)
 - 엣지AI 산업의 발전 가속화를 위한 행동 계획('25~'26)
 - 가젤 기업·유니콘 기업의 발전 지원을 위한 행동 계획('25~'27)
 - AI 파이오니아 도시 건설을 위한 행동 계획('25~'26)

출처 : 화웨이, ‘민관 일체로 신체화 AI 발전 추진’(https://xtrend.nikkei.com/atcl/contents/18/00327/00219/)

4. 신체화 AI(Embodied AI, EAI) 가능성과 한계

☑ 신체화 AI는 ‘우리 삶과 노동의 의미’를 근본적으로 변화시킬 전망

○ 신체화 AI는 딥러닝의 진화, 센서 기술의 고도화, 로봇틱스의 혁신이 총체적으로 융합되는 것으로, 기존의 로봇 자동화 기술을 넘어 새로운 가능성을 개척할 전망

① 스마트 시티와 도시 인프라 혁신

- 도시 전체에 신체화 AI를 통합하면 교통관리, 공공서비스, 에너지 공급 최적화 등 스마트시티가 실현되어 주민의 안전성·쾌적성이 향상되는 동시에 환경 부하를 감축

② 산업 자동화와 새로운 비즈니스 모델 창출

- 신체화 AI와 데이터 해석을 활용한 새로운 비즈니스 모델 탄생으로 경제 전체에 새로운 활력을 가져올 것으로 기대되며, 제조·물류 산업의 자동화는 작업 효율이 크게 향상

③ 사회 현안 해결과 포괄적 성장 추진

- 고령화·노동력 부족과 같은 사회적 문제에 신체화 AI가 안전하고 유연한 솔루션을 제공, 간병·의료·교육 등의 분야에서 개별화되고 최적화된 지원이 실현되어 안심하고 살 수 있는 사회 실현 촉진

[표 6] ‘신체화 AI(Embodied AI)’ 주요 응용 분야 (예시)

분야	주요 기능
서비스 로봇 (일상 도우미)	<ul style="list-style-type: none"> 청소·요리·정리 등 단순 반복 업무를 수행하는 가정용 로봇이 생활 부담 감소 음식 배달·청소·안내 등 일상 업무 수행
헬스케어 노인 돌봄·장애인 보조	<ul style="list-style-type: none"> 정밀한 움직임을 갖춘 로봇이 수술에 참여해 의료 오류를 줄이고 정확도 향상에 기여 감정을 인식하는 로봇이 심리 상담, 외로움 해소, 치매 환자 대응 등의 정서적 지원 환자의 운동 데이터를 실시간 분석해 개인 맞춤형 재활 운동 지원 노인 일상(식사, 약 복용 등) 지원, 휠체어·보행기 등을 자율적으로 움직여서 도움 제공 인간과 유대감을 형성하며, 외로움을 줄이고 정서적 교감을 제공하는 반려 로봇 역할
협업 로봇(Cobots) (제조·물류)	<ul style="list-style-type: none"> 복잡한 공정을 자동화하거나 창고 관리 등에 활용 고온, 독성 물질, 고지대 등 위험한 작업 환경에서 신체화 AI가 인간 대신 작업 반복 작업은 로봇이, 창의적이거나 판단이 필요하면 사람이 담당하는 하이브리드 노동 환경 가능
교육·학습	<ul style="list-style-type: none"> 사람의 감정을 인식해 자연스러운 상호작용으로 언어 학습·수학·과학 등 교육 콘텐츠 전달 학습 장애가 있는 학생을 위한 맞춤형 AI 튜터로 활용
군사·재난 구조	<ul style="list-style-type: none"> 인간이 접근하기 어려운 곳에서 스스로 판단하고 작업 수행

출처 : 챗지피티 설명을 토대로 재정리

☑ 신체화 AI는 경쟁력·잠재력도 있지만, 상용화를 위한 많은 과제 해결도 필요

- 신체화 AI는 AI·로봇이라는 두 가지 첨단 기술을 융합한 것으로, 모든 AI 기술을 집대성해야 하는 AI 집약체이기 때문에 데이터 취득과 상용화 능력 강화 측면 등에서 해결해야 할 과제도 존재
 - 일반적인 대규모 언어 모델 훈련에 사용하는 텍스트·이미지·동영상 등의 데이터에 비해 신체화 AI 훈련에는 물리(현실) 세계의 다양한 장면을 인식할 수 있는 수많은 행동 데이터가 필요
 - ※ 예를 들어, 문을 열거나 조리·작업 등 인간이 행동하는 모습을 구현할 수 있는 많은 데이터 필요
 - 데이터 수집에는 많은 비용이 소요되기 때문에 신체화 AI 개발 기업들은 데이터 수집이라는 난제에 직면해 있고, 특히 규모·예산에서 열세인 스타트업들은 데이터 취득이 더 어려운 상황
 - ※ 범용 신체화 AI를 기반으로 한 로봇 개발에 주력하고 있는 ‘Galbot’ 창업자 왕허(王鶴)는 리얼 데이터를 복사한 합성 데이터 사용을 제창. 이 회사 개발팀은 합성 데이터로 로봇을 훈련시켜 성공률 95% 달성
 - 신체화 AI 상용화를 위해서는 자원을 통합하고 자금을 조달하는 능력, 개발 경험, 방대한 생활 데이터 등의 자원이 필요, 고도로 일반화된 능력으로 실용 수준에 이르는 범용 로봇 개발에 한계
- 예상치 못한 미지의 상황에서 안전하고 정확하게 움직이는 신체화 AI 개발은 많은 로봇 제조 기업에게 큰 과제가 되고 있는데, 신체화 AI 발전을 위해서는 세 가지 측면에 주력하는 것이 필요

① 생체 모방 메커니즘

- 기계가 생명체와 유사한 감지·의사결정·행동 등의 능력을 갖추는 것이 신체화 AI의 중요한 목표 중 하나로, 이를 위해 신경계의 작동 방식이나 생명체의 자가 치유력과 같은 복잡한 생물학적 메커니즘을 연구하고 시뮬레이션하는 것이 목표 달성을 위한 중요한 수단

② 물리 기반의 지능적인 의사결정 능력

- 로봇이 다양한 환경에서 자연스럽게 효과적으로 작업을 수행하도록 로봇의 HW·SW 기술을 발전 시켜서 지능형 시스템이 복잡한 환경에서 동작하고 조작할 수 있도록 지원하는 것이 필요

③ 자율적으로 학습하고 환경에 적응하는 것

- 신체화 AI가 복잡하고 변화가 많은 환경에서 과제를 수행하고 문제를 해결하려면 자율적인 학습과 환경 적응 능력을 갖추는 것이 필수이며, 이런 능력은 강화학습이나 전이학습과 같은 머신러닝 기술을 통해 구현이 가능

※ 전이 학습(Transfer Learning)은 기존에 학습한 지식을 새로운 문제에 적용하는 머신러닝 기법으로, 하나의 작업(task)에서 학습된 모델이나 그 일부를 다른 관련 작업에 재사용하는 방법

☑ 로봇이 초래할 수 있는 윤리·법적 문제, 공격성 위험 등에 대한 대응 필수

- 신체화 AI는 인간의 삶을 편리·안전하게 하지만 동시에 기술 의존, 사회적 구조 변화, 윤리 문제도 동반하기 때문에 어떤 방향으로 발전시키고 수용하느냐에 따라 미치는 영향력이 다르므로, 급속하게 발전하는 AI 로봇이 가져올 부정적 영향에 대응 필요

① 의도하지 않은 공격적 행동 위험

- 자율성을 지닌 신체화 AI는 잘못된 인식이나 프로그램 버그, 또는 학습 과정에서의 편향으로 인해 불시에 상황에서 예기치 않은 공격 행동을 표출할 수 있어 이에 대한 대응 필요
- 상황 판단 오류로 인해 인간과 다른 기기에 과도한 반응을 보이는 경우와 방어적 행동이 상승되어 공격성을 야기할 우려

② 악의적인 해킹이나 악용

- 사이버 공격으로 인해 신체화 AI가 외부에서 부정하게 조작되면 공격성을 가진 행동이 의도적으로 일어날 가능성도 있으며, 이로 인해 공공 안전이 위협받거나 기업 신뢰가 손상될 위험 존재

③ 윤리적·법적 과제와 글로벌 협력

- 신체화 AI가 공격적인 행동을 할 경우 책임 소재나 윤리적 판단, 법적인 대응이 어려운 문제로 부상. 어느 정도의 자기 판단이 허용되는지, 사고나 피해가 발생했을 시 법적 책임은 누가 지는지 등의 문제는 향후 기술 보급에 있어서 반드시 해결해야 할 과제
- 급속한 기술 진화로 신체화 AI가 초래하는 윤리적·법적 문제, 특히 공격성 위험 대책은 글로벌 협력이 필수 불가결, 국제 기준에 준하는 대책이나 윤리·법 제도 정비, 가이드라인 수립이 급선무
- 기업·지자체·연구기관 등이 연계해 신체화 AI의 행동 원리와 학습 알고리즘의 투명성을 확보하고, 만일의 사태에 대비한 안전장치나 감시 체계 구축
- 각국의 규제 당국·기업·학계가 연계해 투명성을 담보한 신체화 AI 개발과 운용을 추진하는 것이 지속 가능한 AI 사회 실현의 열쇠가 될 것

④ 지속 가능한 기술 혁신과 안전성

- 신체화 AI의 발전은 환경 부하가 적은 제조 프로세스와 재생 가능 에너지 활용과 같은 지속 가능한 기술 혁신과 밀접하게 연계돼 있으므로 위험 대책으로 센서나 제어 시스템 중복성 확보, 긴급 정지 기능 완비
- 기술의 진화와 안전 대책이 함께 양륜으로 움직여야 신뢰성 높은 신체화 AI 실용화가 가능하므로, 이를 위한 심도 있는 기술적·법적 대책 마련

【 참고 자료 】

(Website Accessed : 2025.3~4)

- <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/top-5-global-robotics-trends-2025> (국제로봇연맹(IFR))
- https://www.china-briefing.com/news/chinese-humanoid-robot-market-opportunities/?utm_
- https://advisor.morganstanley.com/john.howard/documents/field/j/jo/john-howard/The_Humanoid_100_-_Mapping_the_Humanoid_Robot_Value_Chain.pdf
- <https://deepmind.google/technologies/gemini-robotics/>
- <https://english.news.cn/20250318/1127b53f99f5466c9d033dcdb87c58b0/c.html>
- <https://project.nikkeibp.co.jp/bpi/atcl/column/19/032200581/>
- <https://media.dglab.com/2024/12/03-embodied-ai-01/>
- <https://sa-today.jp/articles/embodied-ai>
- <https://36kr.jp/300492/>
- <https://monoist.itmedia.co.jp/mn/articles/2503/21/news119.html>
- https://www.nikkei.com/article/DGXZRSP673252_Y4A610C2000000/
- https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542660524002324?utm_
- https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/plan-ai?utm_
- <https://www.watch.impress.co.jp/docs/topic/1666595.html>
- <https://monoist.itmedia.co.jp/mn/articles/2502/27/news020.html>
- https://spc.jst.go.jp/experiences/science/st_2462.html
- https://news.goo.ne.jp/article/newscn/world/newscn-J007094_20250306_CBMFN0.html
- https://www.excite.co.jp/news/article/Karapaia_496051/
- <https://apnews.com/article/united-states-robotics-competition-china-tech-702796f1584fe1920e5fd86f15a99b4f>
- https://www.globaltimes.cn/page/202503/1330590.shtml?utm_
- https://www.chinadaily.com.cn/a/202503/14/WS67d37ea6a310c240449dab6e.html?utm_
- https://cordis.europa.eu/project/id/101069994?utm_source=chatgpt.com

- https://www.wsj.com/tech/ai/eu-bets-on-gigafactories-to-catch-up-with-u-s-china-in-ai-race-283683b8?utm_
- https://commission.europa.eu/system/files/2024-01/EN%20Artificial%20Intelligence%20in%20the%20European%20Commission.PDF?utm_
- <https://www.dni.gov/index.php/newsroom/reports-publications/reports-publications-2025/4058-2025-annual-threat-assessment>
- Special Thanks, 챗지피티~!!