

미국 AI로봇 생태계 분석: 로봇AI 기술 중심으로

Analysis of the U.S. AI Robot Ecosystem: Focusing on Robot AI

김성민 (S.M. Kim, songmin516@etri.re.kr)

기술경제연구실 책임연구원

ABSTRACT

This study explores the emerging AI robot industry, approached in this research as a domain shaped by the convergence of the AI and robotics sectors. Major U.S. firms are classified into four types based on their technology stacks and business models: (1) vertically integrated, (2) AI platform-driven, (3) robot body-specialized, and (4) robot AI-specialized. Vertically integrated and AI platform-driven firms lead the U.S. and global ecosystems, collaborating with hardware makers and investing in general-purpose RFM companies. U.S. AI firms are expected to strengthen cooperation with Chinese and Korean partners to complement limited robot body capabilities. The evolution of robot intelligence is expected to follow four directions: (1) improved operational accuracy through advanced control intelligence, (2) greater generality via large vision-language-action models, (3) broader applicability across diverse robot forms, and (4) integration of physical, cognitive, and social intelligence for human-robot coexistence. To support this multidirectional evolution, a new robot intelligence architecture must be developed alongside continued technological innovation.

KEYWORDS AI 로봇, 로봇 파운데이션 모델(RFM), 로봇기술 생태계, 미국, 휴머노이드

I. 서론

2025년 3월 젠슨 황이 쏘아 올린 ‘피지컬AI(Physical AI)’라는 화두는 올해 가장 이슈가 되고, 전 세계 크고 작은 기업들의 기술 각축장이 되고 있다. 그동안 걸음마 연습에 몰두하던 휴머노이드 로봇들이 걷고, 뛰고, 춤을 추고 있으며, 정해진 프로그램에 따라 움직이던 로봇들이 이제 사람의 말로 자연스

레 소통하며 인간 사회에서 공존하며 인간을 돕는 로봇이 되려 하고 있다.

1. AI로봇의 부상

로봇 기술과 시장이 갑작스레 부각된 주요 동인은 세 가지로 꼽을 수 있다. 첫째, LLM을 비롯한 AI 기술들이 로봇에 적용되기 시작한 것이다. 전통적

* DOI: <https://doi.org/10.22648/ETRI.2025.J.400609>

* 본 연구는 한국전자통신연구원 기본사업의 일환으로 수행되었음[25ZF1120, 국가전략기술 미래전략연구].

* 본 논문은 국내 AI 로봇 기술 생태계 전략 수립을 위해 수행한 미국, 중국, 한국에 대한 AI 로봇 기술 생태계 분석 중 ‘미국’에 대한 분석으로 중국과 한국에 대한 분석은 본지 별도의 논문으로 기고함



본 저작물은 공공누리 제4유형

출처표시+상업적이용금지+변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.

© 2025 한국전자통신연구원

인 로봇 제어는 프로그래밍 된 규칙과 모델에 의존했지만, AI 도입으로 로봇은 복잡하고 비정형적인 환경에도 적응할 수 있게 되어, 인간 사회에서 함께 어울리며 전에는 불가능했던 작업을 인간처럼 수행할 수 있는 방향으로 발전하고 있다. 둘째, 로봇 수요가 증가하기 때문이다. 우리나라뿐만 아니라 세계적으로 진행되는 고령화로 인한 노동 인력 감소, 지역 산업 현장에 필요한 인력에 대한 수급 불균형, 인건비 부담, 제조 및 물류의 자동화 증가는 모두 로봇 수요 증가 요인이 되고 있다. 특히 한때 풍부하고 저렴한 노동력이 경쟁력이던 중국에서도 고령화로 인해 노동력이 감소하고 성장이 둔화하면서 AI로봇을 통한 제조업 혁신을 도모하고 있어 그 수요가 증가하고 있다[1]. 셋째, 투자의 증가이다. 기술발전과 로봇 수요 증가로 빅테크 및 자본의 대규모 투자 계획이 발표되고 있으며, 미·중 등 선진국 정부가 산업 및 국가의 위기를 극복할 미래 성장 동력으로 AI 로봇 분야를 적극 지원하고 있다.

2. 극복해야 할 과제(Bottle Necks)

이렇게 AI로봇 시장에 대한 기대는 높아지고 있으나, 상용화되고 현실에 적용되기 위해서는 아직 풀어야 할 과제가 많다. 첫째, 정교한 제어가 어렵다. 다관절 구조에서 실시간 제어와 이동 및 균형 유지가 어렵다. 특히 손가락을 이용하는 정교한 작업이나 중량이 무거운 무게를 들고 이동하는 것은 매우 어려운 기술이다. 둘째, 복잡한 환경 적응이 어렵다. 실세계의 비정형적이고 예측 불가능한 환경에서 안정적인 작동을 하는 것은 매우 어려운 일이다. 셋째, 경제성 확보가 어렵다. 제조공장이나 물류현장에서 휴머노이드 로봇이 작업하는 파일럿들은 진행되고 있으나 아직 성공적인 비즈니스 사례가 부족하고, 대량생산이 어려워 생산 비용이 많이 든다.

마지막으로 사회적 수용도 확보가 필요하다. 휴머노이드 로봇을 비롯한 지능을 가진 로봇이 인간 사회에 공존할 때 생길 수 있는 위험 요인을 제거하고 정서적 거부감을 해결해야 한다[2-4].

3. 연구 내용

본고에서는 새롭게 형성되는 AI로봇 산업의 구조를 ‘AI 산업’과 ‘로봇 산업’의 융합으로 보고, 미국 주요 AI 기업과 로봇 하드웨어 기업을 보유 기술스택과 사업모델에 따라 구분하였다. ① 수직통합형, ② AI 플랫폼 주도형, ③ 로봇바디 전문(휴머노이드 로봇 전문), ④ 로봇AI 전문형의 네 가지 유형으로 분류하고, 각 유형별 주요 기업이 강점을 어떻게 활용하고 약점을 어떻게 보완해 AI 로봇 시장에 진입하는지를 살펴본다. 이를 위해 ① 각 기업의 기존 사업 중 AI로봇과 관련된 기술과 인프라를 ‘자원’으로 규정하고, ② AI로봇의 핵심인 ‘로봇AI 모델’ 개발 전략을 파악하며, ③ 부족한 자원을 확보하기 위한 ‘파트너십’과 ④ AI 로봇 시장 ‘확산 전략’을 분석한다. 이러한 기업별 분석을 종합하여 ▲ 미국 AI로봇 기술 생태계의 특징과 ▲ 로봇AI 기술의 진화 방향을 전망한다.

II. 기업 유형별 AI로봇 전략 분석

1. 수직통합형 기업

‘수직통합형’ 기업은 로봇AI(모델)부터 로봇바디 개발 및 양산에 이르는 풀스택의 기술 역량과 인프라의 대부분을 모두 자체적으로, 또는 협력기업을 통해 자신의 생태계 내에 확보한 기업이다. 테슬라, 피규어AI, 애플이 이에 속한다.

1.1 테슬라

테슬라는 자동차 제조 기술과 생산시설을 갖추고

있어 로봇의 관절 액추에이터, 배터리 등 주요 부분품을 자체적으로 생산하여 로봇바디를 대량으로 저렴하게 생산할 수 있다. 테슬라의 휴머노이드 로봇 옵티머스(Optimus)의 AI 모델은 테슬라의 자율주행(FSD: Full Self-Driving) 기술을 기반으로 한다. 자율차의 FSD가 도로, 차선, 다른 차량 및 보행자를 인식하는 것과 같이 옵티머스는 유사한 신경망을 사용하여 물체, 환경, 사람을 인식하고 동적으로 행동을 계획하고, 두 발로 걷고, 두 손으로 특정 작업을 수행하는 데에 필요한 모션 계획과 제어 시스템을 자체 개발하여 적용하고 있다[5]. 2025년 9월 xAI에서 개발한 대규모 언어모델 Grok4를 옵티머스 2.5에 탑재하여[6] 옵티머스가 단순한 육체노동을 넘어 인간과 자연스럽게 상호작용하고 복잡한 명령을 이해할 수 있는 물리적 몸체를 가진 에이전트가 될 것으로 기대되고 있다.

테슬라의 옵티머스는 자동차 기가팩토리에서는 제조 로봇으로, LA 휴게소에서는 서빙 로봇으로 투입되어[7] 현재 상용화 수준에 가장 앞선 휴머노이드 로봇의 하나로 평가받고 있다. 일론 머스크가 “향후 테슬라 수익의 약 80%가 옵티머스에서 발생할 것”이라고 밝히며[8] AI 로봇의 기술 성숙과 대량생산을 통한 가격 경쟁력 확보에 집중적으로 투자하고 있다. 이러한 점에서 테슬라는 범용 휴머노이드 로봇 상용화에 가장 근접하고 대중화를 선도

할 기업으로 꼽힌다.

1.2 피규어AI

피규어AI는 ‘범용 휴머노이드 로봇을 대규모로 배치해 인간의 일상과 산업 노동을 대체한다’는 비전을 가지고 2022년 설립된 미국 로봇 스타트업이다. 피규어AI가 개발한 Figure 01은 LLM을 로봇에 적용하여 보여준 첫 휴머노이드 로봇이다. 피규어AI는 로봇 하드웨어 전문기업으로, Figure 01 개발 단계에서는 오픈 AI와 협업을 통해 LLM을 개발하여 적용하였다. 그러나 이후 해당 협업을 중단하고 로봇 지능인 Helix를 자체적으로 개발하여 Figure 02에 적용하였다. 최근 발표한 Figure 03에서는 HW와 SW 모두 업그레이드하고 대량생산을 위한 자체 양산 체계까지 갖추었다[9,10].

피규어AI는 인간 환경에서 작동할 수 있는 범용성을 가진 단일 모델 휴머노이드를 개발하고, 로봇의 생산을 점진적으로 확대하여 비용을 절감하고 대량생산을 추진한다[9]. 또한 로봇이 로봇을 제작하는 Robot-built-by robot 시스템 BtoQ를 가동하여, 생산을 효율화하고[9-11], 하드웨어에 최적화된 AI 모델을 자체적으로 개발한다. 최근에는 Project Go-Big 프로젝트를 런칭(2025. 9.)하여, Helix AI의 대규모 Pre-Training을 위한 인간 비디오 데이터를 활용하여 로봇의 실세계 적응성을 강화하고 있다[12].

표 1 수직 통합형 기업의 로봇AI 전략

	테슬라	피규어 AI	애플
자원	자율차 기반 AI-HW 통합, 대량생산 체계	휴머노이드 특화 AI-HW 통합, 대량생산 체계	홈/오피스 디바이스 AI-HW 통합, 디자인 역량
로봇AI	FSD(이동지능), Grok4(멀티모달 인지, 추론)	Helix(자체 로봇AI), LLM 기반 행동계획	Siri, 인간-로봇 상호작용 지능
파트너십	xAI, 일부 부품업체	MS, NVIDIA, LG 이노텍	CMU 등 대학, 퓨리에 인텔리전스
확산 전략	제조, 서비스, 가정용 휴머노이드 대중화 선도	제조, 물류용에서 소비자용으로 확대 및 대량생산	사용자 친화적 인간형/비인간형 로봇에 개인비서 등 탑재하여 추격

1.3 애플

애플은 초거대 AI 분야에서는 고전하고 있으나 맥북, 아이폰, 아이패드 등 소비자용 디바이스를 자체적으로 개발·생산하며, 음성비서 시리(Siri)와 디바이스 전반의 고객 경험을 향상시키기 위한 온디바이스 AI 기술을 지속적으로 발전시켜 왔다. 특히 자체 반도체 개발 역량과 하드웨어·소프트웨어 통합 기술을 기반으로, 강력한 성능과 세련된 디자인, 직관적인 인터페이스를 구현하여 높은 수익성과 견고한 브랜드 가치를 구축해 왔다.

애플은 아직 휴머노이드 로봇을 공식적으로 개발하지는 않으나 로봇 팔과 로봇의 환경인식 및 자율주행, 제스처 인식, 학습효율 개선, 인간과 상호작용 등을 위한 지능을 개발하면서 인간형과 비인간형 로봇 기술을 준비하고 있다. 애플은 2024년 12월 카네기멜런대학교(CMU)와 함께 휴머노이드 로봇용 충돌 회피 및 동작 계획 시스템 ARMOR(Arm-Mounted Object Recognition)를 발표했다. ARMOR는 로봇 팔에 장착된 저전력 ToF 라이더 센서를 통해 팔 주변 환경을 3D 형태로 실시간 인식해 기존 머리 장착형 센서의 시야 가림 문제를 해결한다. 트랜스포머 기반의 모션플래너(ARMOR-Policy)는 약 86시간의 인간 움직임 데이터를 학습해 인간과 유사한 동작 계획과 환경 적응 능력을 구현했으며, 현재 퓨리에 인텔리전스의 GR-1 로봇에 탑재되어 테스트 중이다[13-15]. 또한, 애플은 감정을 표현하며 대화하는 감성형 램프 로봇 ELEGANT(Expressive Lamp-like Embodied GeNeralist roboT)를 공개했다(2025. 2.). 이 로봇은 로봇 팔, LED 조명, 프로젝터, 카메라, 음성 시스템 등을 갖춰 시각·청각·촉각 기반의 상호작용이 가능하며, 자연스럽게 감정적인 움직임을 구현하며 기능에 충실한 'Functional Robot'보다는 사용자와 공감하며 상호작용을 하는 'Expressive Robot'이 이용자에게 더 큰 공감을

을 끌어낼 것을 강조한다. 애플은 스마트 디스플레이와 테이블형 로봇 등 가정용 기기를 개발하고 이 기기에 Siri를 통한 개인비서, FactTime 화상통화 기기, 그리고 스마트홈 제어센터 기능을 넣어 2026년이나 2027년에 약 1,000달러의 가격으로 출시할 것으로 밝혔다[16].

향후 AI로봇 기술이 성숙단계에 이를 때, 애플은 온디바이스 AI, 강력한 프라이버시 보호기술, 디자인 역량, 사용자 경험 등의 강점을 기반으로 가정용 및 사무용 인간형·비인간형 로봇 분야에서 높은 수용성을 확보한 제품을 공급하며 AI 로봇 확산을 주도할 것으로 전망된다.

2. AI 플랫폼 주도형

‘AI 플랫폼 주도형’ 기업은 강력한 AI 모델과 클라우드 등의 플랫폼 역량을 기반으로 AI 로봇 생태계로 확장하는 기업이다. 구글, 메타, 허깅페이스, 엔비디아, 마이크로 소프트를 AI플랫폼 주도형 기업으로 분류하였다.

2.1 구글

구글은 단일 기업 중 가장 많은 AI 모델을 개발해 온 기업으로 검색·유튜브·지도·클라우드 등 주요 서비스 전반에 AI를 적용해 매출과 영업이익을 크게 확대하였다. 이를 통해 AI 연구, 서비스 확산, 수익 재투자자의 선순환 구조를 구축했으며, 연간 약 1,000억 달러 규모의 영업이익을 AI 기술 고도화에 재투자하고 있다[17]. 기존에 플랫폼 중심 사업(검색·광고·유튜브 등)을 전개해 온 구글은 자율주행차, 반도체, 양자, 로봇 등으로 사업 영역을 확장하고 있다.

2025년 3월 구글은 멀티모달 추론 능력을 강화한 Gemini 2.5를 발표하고 이를 검색엔진과 주요 서

비스에 적용하였다. 이어 자사의 대규모 언어모델(LLM)을 기반으로 한 로봇지능 연구 성과를 통합해 Vision-Language-Action(VLA) 모델인 Gemini Robotics와 Vision-Language Model(VLM) 기반의 Gemini Robotics-ER을 공개하였으며, 같은 해 9월에는 업그레이드 버전인 Gemini Robotics 1.5와 Gemini Robotics-ER 1.5를 발표했다. Gemini Robotics-ER 1.5는 시각·공간·시간 정보를 통합적으로 이해해 도구 사용과 복잡한 다단계 작업 계획을 수행하는 범용 비전-언어 모델이다. 반면 Gemini Robotics 1.5는 자연어 지시를 해석해 로봇의 행동으로 전환하며, 다양한 형태의 로봇을 제어할 수 있는 범용성을 확보하였다. 두 모델은 ER이 고차원 추론(Orchestrator)을 담당하고, Gemini Robotics가 저수준 동작(Action Model)을 수행하는 통합형 에이전트 시스템으로 구성된다. 구글은 Gemini Robotics-ER 1.5를 Gemini API를 통해 공개하고, Gemini Robotics 1.5는 일부 파트너 기업에 한정 제공하고 있다[18,19].

구글은 로봇 분야에서 애플트로닉(Apptrotronik)과 전략적 파트너십을 체결하고, 애질리티 로보틱스(Agility Robotics), 보스턴 다이내믹스(Boston Dynamics) 등과 함께 ‘Trusted Tester’ 프로그램을 통해 자사의 AI 모델을 실험 적용하고 있다[19]. 구글은 Gemini Robotics-ER 모델을 파트너 기업의 로봇 플랫폼에서 검증하고 있으며, API 공개를 병행하여 AI 플랫폼 경쟁력을 기반으로 개방형과 폐쇄형 로봇지능 생태계를 동시에 확장해 나가고 있다[20].

2.2 메타

메타의 창업자 마크 저커버그는 인터뷰에서 초지능(Superintelligence)을 개발하여 전 세계 모든 사람에게 개인용 초지능(Personal Superintelligence)을 제공할 것이라는 비전을 밝혔다. 이는 개인 고객을 대상으로 AI 기술을 고도화하여 제공할 것이라는 메타의 장

기 전략으로 평가된다. 메타가 오픈소스로 공개한 Llama 모델은 2025년 3월 기준 누적 다운로드 수가 10억 회를 돌파하고, 8만 5천 개 이상의 파생 모델이 개발되며 세계에서 가장 활발한 AI 오픈소스 생태계를 형성하고 있다[21]. 메타는 이들 AI 모델을 페이스북, 인스타그램 등 주요 플랫폼에 적용해 광고 효율을 높이고, 이를 통해 확보한 수익을 AI 인프라와 인재 확보에 재투자하며 선순환 구조를 구축하고 있다[22].

메타의 FAIR(Fundamental AI Research)팀은 물리 세계를 인식하고 상호작용을 할 수 있는 Embodied AI 기술 개발에 집중하고 있다. 대표 모델인 V-JEPA2(Video Joint Embedding Predictive Architecture 2)는 비디오 데이터 기반의 월드 모델로, 로봇이 영상을 통해 물리적 세계의 상식을 학습하고 새로운 환경에서 제로샷으로 작업을 수행하도록 설계되었다. 이 모델은 DROID 데이터셋을 기반으로 학습되었으며, 자율주행, 가정용 로봇, 배송 로봇 등 다양한 응용 분야에 활용 가능하다[23]. 또한, 기존의 영상 인식 기술인 Segment Anything(2024. 8.)[24]과 로봇 제어 프레임워크 Meta Control(2024. 12.)[25]을 통합·보완하는 핵심 역할을 한다.

메타는 전신 제어를 위한 AI 프레임워크 Motive(2024. 12.)와 인간-로봇 상호작용 연구를 위한 PARTNR(Planning and Reasoning Tasks in Human-Robot Collaboration)을 개발했으며[26], 메타는 Reality Labs 내에 전담팀을 구성해 AI 기반 휴머노이드 로봇 개발을 본격화하고 있다. 원익로보틱스, Gelsight Inc., 유니트리 로보틱스 등과의 협력을 통해 촉각 및 로봇 하드웨어 기술을 개발 중이다. 향후 메타는 AR/VR 기술을 메타버스와 결합해, 가상 환경에서 로봇을 원격 제어하는 등 확장형 서비스를 제공할 것으로 전망된다[27,28].

2.3 허깅페이스

허깅페이스는 AI계의 깃허브로 불리는 AI 커뮤니티이자, AI 유니콘 기업이다. 프랑스의 스타트업으로 시작했으나 지금은 구글, 엔비디아, 아마존 등이 투자하고 1,000여 개 이상의 기업들에 AI, 컨설팅, 클라우드 등 유료서비스를 제공하는 45억 달러 이상의 시장가치를 지닌 프랑스-미국계 기업이다[29].

허깅페이스도 2024~2025년 들어 Physical AI 분야로 적극 확장하되 오픈소스 커뮤니티 중심의 접근은 유지하고 있다. LeRobot 프로젝트에서 로봇 지능 개발을 위한 모델, 데이터셋, 훈련 파이프라인, 시뮬레이션 환경 등을 통합적으로 제공하고 있다. 2025년 9월 현재 100개 이상의 로봇팔을 활용한 커뮤니티 실험이 진행 중이며, 로봇 데이터 민주화에 집중한다[30-32].

허깅페이스는 직접 오픈소스 VLA 모델로 SmolVLA를 개발하여 발표하였다(2025. 6. 3.). 이는 450M 파라미터의 소형 모델로 저가 GPU나 MacBook 같은 소비자용 하드웨어에서도 실시간 추론이 가능한 모델로 LeRobot 데이터셋에서 사전훈련 되었으며 파인 튜닝을 통해 특정 로봇이나 작업에 적응 가능하다[33]. 또한, 프랑스 로봇 스타트업 Pollen Robotics를 인수하여 AI 소프트웨어 인프라와 실제 로봇 하드웨어를 결합하고 교육 및 연구개발용 하드웨어 로봇을 출시하였다. HopeJR은 66개의 자유도를 가진 전신 휴머노이드 로봇(\$3,000)이고 Reach Mini는 인간-로봇 상호작용을 위한 탁상용 소형 로봇(\$299)으로 출시되었다[34].

허깅페이스의 공동창립자이자 CSO(과학책임자)인 토마스 울프는 로봇 공학이 ‘아이폰 시대’에 접어들었다고 보고, 허깅페이스의 LeRobot 플랫폼을 통해 사용자가 자신의 작업 데이터를 기록하고 공유하도록 유도하고, 월드모델을 통해 합성 데이터 생성을 탐구하게 하였다. 허깅페이스는 오픈 하드

웨어 로봇 접근성을 강화하기 위한 프로젝트를 추진 중이며, 이는 AI 커뮤니티 중심의 개방형 생태계 유지와 Physical AI 생태계 확장을 위한 전략이다[35,36].

2.4 엔비디아

Physical AI 시대를 연 엔비디아는 AI 로봇을 직접 생산하지 않으나 고객사가 AI 로봇을 더 빠르게 구축, 테스트, 배포하는 데에 필요한 전문 하드웨어, AI 모델, 접근 가능한 개발 도구 등 필요한 모든 것을 제공한다. 엔비디아가 AI 로봇을 위해 제공하는 핵심적인 3가지 컴퓨터 솔루션은 ① AI 학습용 NVIDIA DGX AI 슈퍼컴퓨터, ② 시뮬레이션용(Omniverse 및 Cosmos) NVIDIA RTX PRO 서버, ③ 로봇 추론용 NVIDIA Jetson AGX Thor로, 이 아키텍처는 학습부터 배포까지 물리적인 AI 시스템을 개발할 수 있게 지원한다[37].

엔비디아는 월드 파운데이션 모델인 Cosmos와 행동 계획 및 추론 데이터 생성을 위한 Cosmos Reason[38], 휴머노이드 로봇을 위한 범용 파운데이션 모델 GROOT N1.5 등의 AI 모델도 제공한다. 2025년 8월 엔비디아 블로그에 따르면 2014년 NVIDIA Jetson 플랫폼 출시 이후, 1,000개가 넘는 하드웨어 시스템과 소프트웨어 및 센서 파트너로 구성된 생태계가 성장하고 있으며, 7,000개가 넘는 고객이 다양한 산업 분야에서 엣지 AI를 도입하고 있고, 200만 명이 넘는 개발자가 엔비디아의 로봇 스택을 사용하고 있다. 엔비디아 블로그에서 범용 휴머노이드, 헬스케어, 청소용, 농업용, 배달용, 제조용 등 다양한 로봇에서 엔비디아 제품이 결합된 사례들을 찾아볼 수 있다[39].

2025년 8월 차세대 엔비디아의 Jetson Thor와 플랫폼을 출시하였는데, 이는 고속으로 센서 데이터를 처리하고 엣지에서 시각적 추론을 수행할 수 있

표 2 AI 플랫폼 기업의 로봇 AI 전략

구분	구글	메타	허깅페이스	엔비디아	MS
자원	강력한 AI 기술, AI 플랫폼	강력한 AI 기술, 오픈소스 생태계 주도권	AI 공유 플랫폼, 커뮤니티	로봇용 칩, 풀스택 솔루션	AI 플랫폼 기반 기업 AI 시장 장악력
로봇 AI	GR 1.5, GR-ER 1.5	V-JEPA2, PARTNR 등	SmolVLA, LeRobot	월드모델: Cosmos, RFM: GROOT N1.5	에이전틱AI: Magma 엡지 AI: Phi-2
파트너십	엡트로닉, 애질리티 로보틱스, 보스턴 다이내믹스	원익로보틱스, Gelsight, 유니트리 로보틱스	로봇 기업, 개발자 생태계	로봇 AI 기업, 로봇 바디 기업 등 생태계 플레이어	워싱턴대 등 대학 생추어리 AI
확산 전략	로봇 HW 기업과 폐쇄형 협력 및 개방형 협력 병행	개방형 생태계 중심 확보, 로봇HW 기업과 협력 개발	AI와 로봇바디의 모듈화·공개화·대중화 선도	로봇 지능 개발 플랫폼 기반으로 시장 확대	클라우드 기반으로 거대행동모델(LBM) 산업현장 확산

게 하여 역동적인 실제 환경에서도 실시간으로 추론을 할 수 있도록 설계되었다[40]. 자사의 AI 모델 이외에도 모든 AI 인기 프레임워크와 생성형 AI 모델을 지원하여 AI 로봇 생태계에서의 확장성은 더 커질 전망이다.

엔비디아의 로봇 생태계 전략은 ① 통합된 개발 플랫폼으로 기술 개발자의 Lock-in을 유도하고, ② 소프트웨어 무료 공개라는 파격적인 전략으로 진입 장벽을 제거하고 개발자 커뮤니티를 흡수하며, ③ 핵심 하드웨어 판매를 통해 안정적인 수익을 창출하고, ④ 전략적 파트너십으로 시장 전체에 대한 영향력을 확보하는 다층적인 접근을 통해 미래 로봇 산업의 핵심 플랫폼을 제공하는 공급자(Key Platform Provider)의 지위를 선점하려고 시도하고 있다[41].

2.5 마이크로소프트(MS)

MS는 전 세계 다양한 분야에서 AI 비즈니스 솔루션, 클라우드 및 AI 플랫폼, 그리고 보안 기술을 활용해 고객과 파트너가 AI-First 전략을 중심으로 비즈니스 전략을 재편하고 통합하도록 지원하고 있다. 2025년 8월 현재 포춘 500대 기업의 85% 이상이 마이크로소프트의 AI 솔루션을 도입해 AI 전략

을 실행하고 있다[42].

MS는 이어 클라우드 인프라 애저(Azure)를 기반으로 단순한 소프트웨어 AI를 넘어 로봇이 자율적으로 작업을 계획하고 실행할 수 있게 하기 위해 연구 투자, 파트너십, 인프라 확장 등을 추진하고 있다. MS Research는 KAIST, 메릴랜드대학교, 위스콘신-매디슨대학교, 워싱턴대학교 등과 공동으로 멀티모달 에이전틱 AI 모델 Magma를 개발하였다. 이 모델은 텍스트, 이미지, 비디오 등 여러 형태의 입력을 처리하며, 사용자 인터페이스 탐색 및 물리적 객체 조작 능력을 갖춘 자율적 계획·작업 수행 기능을 제공한다. 실제 공간과 디지털 공간 모두에서 동작 가능하도록 설계된 이 모델은 언어-공간-시간 지능을 융합하여 복합 환경에서도 활용될 수 있다[43]. 또한, MS는 경량 AI 모델 Phi-2를 개발하여, 클라우드 연결 없이 디바이스 수준에서 자율 판단과 행동이 가능한 엡지 컴퓨팅 환경을 지원하고 있다[44]. 더불어 Project Bonsai라는 강화학습 기반 자율 시스템 학습 플랫폼을 제공하며, Azure 환경에서 각 산업의 자율 시스템 개발을 돕고 있다[45].

MS Research는 Embodied AI를 차세대 AI 흐름으로 규정하고, StarTrack 프로그램을 통해 물리적 행

동 지능 강화 연구를 지원하고 있다[46]. 또한, 메타, 위스콘신 등과 함께 Sanctuary AI를 포함한 로봇 관련 기업들과 협업해 AI 모델을 로봇 하드웨어에 통합하는 투자를 진행하고 있으며, 이를 통해 반복적이거나 위험한 작업을 자동화하고자 한다[47]. Sanctuary AI와의 협업을 통해 MS는 Azure 클라우드와 자사의 LLM 기술을 활용한 대형 행동 모델(LBM)을 실제 산업 현장에 적용할 계획이다[48,49]. MS는 클라우드(Azure), 운영체제(Windows), AI 모델(Phi-2, Magma) 등을 통합하여 로봇 개발 플랫폼을 구축하고, 하드웨어 경쟁보다는 소프트웨어·플랫폼 중심의 ‘모든 로봇을 위한 두뇌 제공’을 목표로 하고 있다.

3. 로봇바디 전문

휴머노이드 로봇의 보행 및 양손 조작을 위한 동적 제어 기술에 특화하여, 휴머노이드 전체 HW와 SW의 설계 및 강화학습 기반 제어기능을 개발한다. 애질리티 로보틱스, 앵트로닉, 보스턴 다이내믹스 등이 이에 속한다(표 4 참조).

3.1 애질리티 로보틱스

애질리티 로보틱스는 2015년 미국 오리건주립대

학교 연구진이 설립한 휴머노이드 로봇 전문기업으로 휴머노이드 로봇 디짓(Digit)을 아마존 물류 창고에 월정액을 받고 투입(2023. 10.)하여 가장 먼저 상용화한 기업이다[50]. 애질리티 로보틱스는 범용성보다는 물류현장에서 정확하게 주어진 업무를 수행할 수 있도록 개발되었으며, 연간 1만 대 규모의 전용 생산시설 RoboFab을 통해 대량생산 체계도 갖추어 상용화에 가장 앞선 기업이다[51]. 애질리티 로보틱스의 기술적 특징은 ▲이족보행에 최적화된 알고리즘, ▲사람-로봇 협업을 위한 안전한 설계, ▲모듈형 설계와 유연한 커스터마이징, ▲자율적 환경 인식 및 경로 탐색, ▲Agility Arc 통합 클라우드 플랫폼 연동을 통한 원격 운용, 실시간 제어, 기업의 물류 및 창고 시스템과 API 연동이 가능하다[52].

디짓(Digit)의 지능은 하이브리드 제어 구조를 통해 전통적인 로보틱스 제어와 AI 모델을 적절히 분리하고 또 통합한다. 대규모 언어모델과의 연계를 실험해 자연어 명령 해석과 유연한 작업 전환이 가능하게 하되, 의도적으로 특정 LLM에 종속되지 않는 전략(LLM-agnostic)을 취하여, 구글의 Gemini나 오픈AI의 ChatGPT 등 다수의 AI 모델 통합될 수 있도록 하였다[53]. 즉, 아직 성숙하지 못한 특정 LLM 모델과 통합하기보다는 빅테크의 LLM 모델이 진화할 때 이를 신속하고 유연하게 수용하겠다는 전

표 3 로봇 바디(휴머노이드) 전문 기업의 로봇 AI 전략

구분	애질리티 로보틱스	앵트로닉	보스턴 다이내믹스
주요 제품	Digit: 산업·물류용 휴머노이드 로봇	Apollo: 서비스·산업 다목적 휴머노이드 로봇	Atlas: 고성능 휴머노이드 / Spot, Stretch 등 산업용 로봇
자원	강화학습 기반 실증개발, RaaS 모델	인간중심 설계, 생산비용 최적화	고난도 작업: 동적 균형 제어·기구 설계·자율 학습 기술력
로봇AI	LLM 비종속 구조로 다수의 LLM 통합 용이	구글 Gemini-ER / On-device 기반 행동지능 모델	LBM: 생성형 AI 기반 행동 통합 제어
파트너십	NVIDIA, GXO, 구글 등	구글(Gemini), Jabil	현대차, 토요타, NVIDIA
확산 전략	물류, 제조용으로 안전하게 작동하는 로봇 상용화 확대	구글 AI 특화 로봇으로 물류, 제조용 생산	산업계 난제 해결 로봇로 스마트 팩토리 투입

락이다. 또한, NVIDIA와 협력해 Omniverse-Issac Sim을 통한 시뮬레이션 학습 및 Sim-to-Real 전환을 추진중이며 Jetson AGX Thor 기반의 고성능 컴퓨팅을 탑재한다[54].

애질리티 로보틱스는 물류와 창고 중심의 상업화, AI 통합 제어, 생산 규모 확대를 핵심축으로 휴머노이드 로봇의 실질적인 시장 진입을 가속화하고 있다. 디짓은 강화학습과 시뮬레이션 기반 AI 모델 연계, 자율로봇 ARM 연계, 안전 및 전력 효율 개선을 통해 상용화 경쟁력을 높이고 있다[52,53].

3.2 애프트로닉

애프트로닉은 2016년 미국 텍사스 오스틴대학교 인간중심 로봇 연구소에서 설립된 스타트업으로, ‘하나의 로봇, 무한한 가능성. 인류의 동료가 되는 로봇을 만드는 것’을 비전으로 삼고 있다[55].

애프트로닉의 휴머노이드 로봇 아폴로(Apollo)는 최대 25kg의 물건을 들어 올릴 수 있고, 최대 4시간 동안 연속으로 작동할 수 있다. 얼굴과 가슴에 디지털 패넬을 장착하여 배터리 상태, 작업 내용, 감정 등을 표시함으로써 사람과 상호작용이 가능하게 했다. 애프트로닉은 제조 공급망 솔루션 전문기업인 Jabil과 전략적 협력을 통해 아폴로를 공장에서 학습시키는 파일럿 프로그램을 운영하고 합리적 가격으로 휴머노이드 로봇을 생산할 수 있도록 생산라인을 준비하고 있다. 로봇 설계부터 대량 생산까지 아우르는 Flywheel 효과를 목표로 한다[56].

애프트로닉은 구글의 독점 파트너로서 Gemini Robotics/-ER/On-device를 탑재하여 훈련하고, Gemini2.0을 활용한 차세대 휴머노이드 로봇 행동모델을 구축하고 있다[57].

3.3 보스턴 다이내믹스

보스턴 다이내믹스는 미국의 로봇 전문 기업으

로, MIT 공과대학에서 시작하여 2020년 현대자동차그룹에 인수되어 계열사로 편입되었다. 그 후, 현대차그룹의 미래 성장 동력이자 로보틱스 기술 내재화의 핵심으로 자리 잡았으며, 휴머노이드 로봇 ‘아틀라스’, 4족 보행 로봇 ‘스팟’, 물류 로봇 ‘스트레치’ 등을 개발하였다.

보스턴 다이내믹스 로봇은 불안정한 환경에서도 뛰어난 균형감과 자율적인 문제 해결 능력을 갖추도록 하는 데에 중점을 두고 있으며, 최근에는 실제 산업 현장에 투입하기 위한 노력을 가속화하고 있다. 아틀라스는 자체적인 하드웨어적 강점과 글로벌 파트너십을 결합하여 AI 지능을 고도화하여 범용적이며 자율적인 작업이 가능하도록 개발하고 있다. 토요타 리서치 연구소(TRI)와 공동연구를 통해 거대행동모델(LBM)을 개발하고 아틀라스에 적용하려 하고 있다. LBM은 생성형 AI 기술을 활용하여 로봇의 전신(Full-body)에 대한 조작을 하나의 신경망으로 통합하여 제어하기 위한 것이다. 이를 통해 아틀라스는 걷기, 웅크리기, 물건 적재 등 복잡하고 연속적인 작업을 수행하며, 예상치 못한 상황에서도 스스로 판단하여 문제를 해결할 수 있다. 이 모델을 통해 사람이 일일이 코드를 프로그래밍하는 대신, 원격 조작 데이터와 강화학습을 기반으로 새로운 기능을 빠르게 학습할 수 있다[58,59]. 또한, 모회사인 현대차그룹 산하 로보틱스&AI연구소(RAI)와 협력하여 강화학습 기반 기술을 개발하고 있으며, 엔비디아의 컴퓨팅 인프라를 활용해 고도의 AI 모델 훈련을 가속화한다[60].

4. 로봇AI 전문 기업(RFM기업)

다양한 로봇과 환경에 적용 가능한 범용 로봇지능 파운데이션 모델을 개발하는 기업으로, 최근 빅테크 및 글로벌VC의 투자 자금을 확보하며 급격히

성장하고 있다. 스킨드AI(Skild AI), 피지컬 인텔리전스(Physical Intelligence) 제네시스AI(Genesis AI)가 이에 속한다.

4.1 스킨드 AI

2023년 미국 펜실베이니아에서 설립된 로봇 지능 스타트업으로, “Any robot. Any task. One brain”이라는 비전을 내세우며 다양한 형태의 로봇이 하나의 공통 인공지능으로 작동할 수 있는 범용 로봇 두뇌(Skild Brain)를 개발하고 있다. 해당 모델은 휴머노이드, 탁상형, 산업용 로봇 등 하드웨어 제약 없이 적용 가능하며, Hewlett Packard Enterprise(HPE) 및 NVIDIA의 인프라를 기반으로 AI-as-a-Service 솔루션으로 확장 중이다. 또한, LG CNS 등과 협력해 실제 제조·물류 적용을 추진하고 있다[61].

4.2 피지컬 인텔리전스(PI)

UC 버클리의 세르게이 레빈 교수를 비롯한 구글·OpenAI 출신 연구진이 2024년 설립한 기업으로, 범용 인공지능을 물리세계에 연결하는 로봇 파운데이션 모델을 개발하고 있다. 대표 모델 ‘ π_0 (pi-zero)’는 비전-언어-행동(VLA) 기반으로, 방대한 로봇 조작 데이터를 학습해 다양한 하드웨어에서

작동 가능하며, 2025년에는 향상된 ‘ $\pi_{0.5}$ ’ 모델을 선보였다. 현재 Stardust Intelligence, AgiBot 등과 협력하여 상용화 및 오픈소스 생태계 확장을 추진하고 있다[62].

4.3 제네시스 AI

제네시스 AI는 그간 비공개 개발 전략을 유지하다 2025년에 공식적으로 모습을 드러낸 신생 기업으로, 범용 로봇 파운데이션 모델(Universal Robotics Foundation Model) 구축을 목표로 한다. 실제 로봇 조작 데이터와 고충실도 시뮬레이션 데이터를 결합해 학습하며, 물리 엔진·렌더링 엔진을 통합한 로봇 시뮬레이션 학습 플랫폼을 보유하고 있다. 2025년 약 1억 달러의 투자 유치를 통해 본격적인 RFM (Foundation Model) 개발을 진행 중이다[63].

III. 결론 및 시사점

1. 요약

미국의 AI 로봇 기업들을 네 가지 각 유형별로 각각의 자원에 따라 AI로봇 기술을 확보한다.

① **수직 통합형 기업**은 기존 사업을 기반으로 플랫폼 기술 역량과 인프라의 대부분을 모두 자체적

표 4 로봇AI 전문 기업의 로봇 AI 전략

구분	Skild AI	Physical Intelligence	Genesis AI
설립연도	2023	2024	2025
핵심 비전	“Any robot. Any task. One brain.”	물리세계에 통합된 범용 인공지능 실현	시뮬레이션 기반 범용 로봇 파운데이션 모델 구축
로봇 AI	Skild Brain(범용 로봇 지능)	π_0 , $\pi_{0.5}$ (Vision-Language-Action)	Universal Robotics Foundation Model(RFM)
	로봇 간 공통 지능 공유에 초점	일반화·적응성 중심	현실 연계형 시뮬레이션 기반 데이터 효율화
응용 영역	휴머노이드, 제조, 물류 등 다목적 로봇	일상생활형 로봇, 조작 중심	시뮬레이션-현실 연계형 산업로봇
파트너십	LG CNS, HPE, NVIDIA 등	Stardust Intelligence, AgiBot 등	미공개(R&D 중심)
확산 전략	비공개 중심, 일부 시연 공개	오픈소스 공개(π_0 일부)	공개 예정(연구자 중심)

으로 확보한 기업이다. 테슬라와 피규어AI는 자체적으로 확보한 AI 역량을 기반으로 휴머노이드 로봇의 기술 및 시장을 선도할 것으로 전망된다. 애플은 AI 역량이 부족하나 풀스택 기술 역량과 소비자 친화형 역량을 보유하여 로봇기술 성숙기에 추격 가능할 것으로 전망된다.

② **AI플랫폼 주도형 기업**들은 AI에서의 기술 및 생태계 역량을 기반으로 물리세계로 확장하고 있으며 AI 기술을 보유하지 않은 로봇 바디 기업들과 폐쇄형 협력 및 개방형 생태계 전략을 병행하고 있다. 특히 엔비디아는 로봇 분야에서도 풀스택의 개발 솔루션으로 로봇 바디 기업과 로봇AI 기업 모두에게 핵심적인 파트너가 될 전망이다.

③ **로봇 바디 전문 기업**들은 대부분 로봇 HW와 SW의 설계와 생산을 모두 할 수 있으나, 자체적인 VLA 개발 역량은 다소 부족하여 외부 AI 전문 기업과 협업 기반으로 VLA를 확보하려 하며, 제조 및 물류 현장 투입 및 대량 생산을 통해 시장 확산을 추진한다.

④ **로봇AI 전문 기업**들은 최근 설립된 RFM 전문 스타트업으로 하나의 지능으로 다양한 로봇, 다양한 상황에 적용할 수 있는 로봇 파운데이션 모델을 개발하여 빅테크와 글로벌 VC들의 주목을 받고 있다.

미국의 수직통합형 기업과 AI플랫폼 주도형 기업들이 미국 AI로봇 생태계 뿐만 아니라 글로벌 기술 생태계를 주도하며, 미국에 부족한 로봇바디 전문 역량 확보를 위해 중국 및 한국의 기업과 협력이 확대될 것으로 전망된다.

2. 시사점: 로봇 지능의 진화 방향 전망

AI 로봇 기술을 선도하는 미국 주요 기업들의 로봇AI 전략을 살펴본 결과 앞으로의 진화 방향을 다음과 같이 정리할 수 있다.

① **로봇 작업의 정확성 증가**: 로봇바디 제어 지능이 빠르게 발전하고 있어 보행 및 조작 능력이 빠르게 향상되고 있다. 물류창고 및 제조 공장에서 단순한 업무 수행의 정확성이 사람을 대체할 수 있을 정도로 높아지고 있다.

② **로봇 지능의 범용성 확대**: 빅테크 기업의 VLA가 발전함에 따라 비정형 환경 및 비정형 업무에 대한 적응성이 확대되고 있다. 로봇 바디의 제어기술이 성숙해지면 다양한 환경에서 여러 종류의 업무를 수행할 수 있게 하는 범용성 높은 로봇AI 모델이 핵심 경쟁력이 될것으로 예상된다.

③ **로봇 지능의 적용 대상 확대**: 애플과 허깅페이스 사례를 볼 때, 인간 크기의 휴머노이드 로봇의 안전성과 수익성 확보가 어려우므로 비인간형 또는 소형 휴머노이드 로봇이 공존할 전망이다. 하나의 로봇지능(AI모델)을 다양한 로봇 하드웨어에 공유하고자 하는 니즈가 높아질 전망이다.

④ **육체노동 + 지식노동 + 사회성(지덕체)**: 로봇이 인간 사회에서 공존하기 위해 안전성 확보와 함께 인간의 감정에 공감하고 인간과 교류하는 기술이 개발되고 있다. 앞으로는 지(智, Reasoning) · 덕(德, Social) · 체(體, Behavior)를 모두 겸비한 로봇 지능으로 발전될 것으로 전망된다.

AI 로봇 선도국인 미국 주요 기업들의 전략 분석 결과, 로봇 지능은 정확성, 범용성, 적용 대상, 사회성 측면에서 다차원적으로 고도화될 것으로 예상된다. 이에 따라 국내에서도 이러한 진화 방향을 반영한 기술 개발 및 활용 전략 수립이 요구된다.

용어해설

AI로봇 인공지능 기술을 탑재하여 지각·판단·행동을 수행할 수 있는 물리적 로봇

로봇AI 로봇의 지능을 구현하기 위한 인공지능 SW

범용 로봇 파운데이션 모델 다양한 로봇 형태와 작업에 공통으로 적용될 수 있도록 학습된 대규모 AI 모델

Large Behavior Model 인간의 행동 데이터를 대규모로 학습해 로봇의 '행동 패턴'을 생성·추론하는 모델

Vision-Language-Action 시각(Vision)·언어(Language)·행동(Action)을 통합적으로 학습한 멀티모달 모델. 로봇이 "보고 → 이해하고 → 행동하는" 전 과정을 하나의 모델 안에서 처리함

World Foundation Model 현실 세계의 물리·시각·상호작용 데이터를 통합해 세계(물리 환경) 자체를 모델링하는 AI

참고문헌

- [1] G. Brenda et al., "China's AI-powered humanoid robots aim to transform manufacturing," Reuters, 2025. 5. 13. <https://www.reuters.com/world/china/chinas-ai-powered-humanoid-robots-aim-transform-manufacturing-2025-05-13/>
- [2] 박찬술, "자본시장이 잉태한 휴머노이드," AI와 로봇이 여는 미래, K-Humanoid 기술개발과 실증사례 세미나 발표자료, 2025. 6. 24.
- [3] 박찬, "머스크 '로봇 손 개발이 가장 어려워...공급망 구축도 난제'," AI타임즈, 2025. 9. 12. <https://www.aitimes.com/news/articleView.html?idxno=202353>
- [4] 김은경, "AI 휴머노이드 로봇, 어디까지 왔다? 주요국 로봇 개발 현황 분석," Almmatters, 2025. 6. 19. <https://aimatters.co.kr/news-report/ai-report/24206/>
- [5] Tesla AI Careers. www.tesla.com/ko_kr/AI
- [6] 이정현, "'금색 옷 입었네'...테슬라, 2.5세대 옵티머스 로봇 공개," ZDNet Korea, 2025. 9. 10. <https://zdnet.co.kr/view/?no=20250910131022>
- [7] Tesla Official X (Twitter). https://x.com/Tesla?ref_src=twsrc%5Egoogle%7Ctwcamp%5Eserp%7Ctwgr%5Eauthor&ref=evinfocus.com
- [8] 박찬, "머스크 '테슬라 기업 가치 80%는 옵티머스에서 나올 것'," AI타임즈, 2025. 9. 3. <https://www.aitimes.com/news/articleView.html?idxno=202059>
- [9] B. Adcock, "Roadmap to a Positive Future Powered by AI," Figure, 2022. 3. 20. <https://www.figure.ai/master-plan>
- [10] Figure, "Introducing Figure 03," 2025. 10. 9. <https://www.figure.ai/news/introducing-figure-03>
- [11] Figure, "BotQ: A High-Volume Manufacturing Facility for Humanoid Robots," 2025. 3. 15. <https://www.figure.ai/news/botq>
- [12] Humanoid Robotics Technology, "Figure's Project Go-Big: Pretraining for Humanoid Robots," 2025. 9. 18.
- [13] D.H. Kim et al., "ARMOR: Egocentric Perception for Humanoid Robot Collision Avoidance and Motion Planning," arXiv preprint, 2024. doi: 10.48550/arXiv.2412.00396
- [14] 박세준, "[휴머노이드 로봇에 대한 Apple의 전략은?] 로봇 공학에 대한 Apple의 전략에는 2027년까지 대부분의 사람들의 가정에서 인공지능으로 구동되는 지능형 장치를 도입하는 것," AI넷, 2025. 8. 22. <https://www.ainet.link/22475>
- [15] P. Werner, "Apple Develops Humanoid Robot Technology," RockingRobots, 2025. 1. 2.
- [16] J.P. Tuohy, "This Pixar-style dancing lamp hints at Apple's future home robot," The Verge, 2025. 2. 7. <https://www.theverge.com/news/607663/apple-smart-home-robot-research-video>
- [17] 김재임, 김시현, "알파벳(GOOGLE.US)," 하나증권 리서치, 2024. 7. 24.
- [18] Gemini Robotics Team, Google DeepMind, "Gemini Robotics 1.5: Pushing the Frontier of Generalist Robots with Advanced Embodied Reasoning, Thinking, and Motion Transfer," 2025. 9. 16.
- [19] C. Parada, "Gemini Robotics Brings AI into the Physical World," Google DeepMind, 2025. 3. 12.
- [20] Gemini API 공식 사이트. https://ai.google.dev/gemini-api/docs/robotics-overview?utm_source=chatgpt.com&hl=ko#thinking-budget
- [21] Meta Platforms, Inc., "Celebrating 1 Billion Downloads of Llama," 2025. 3. 18. <https://about.fb.com/news/2025/03/celebrating-1-billion-downloads-llama/>
- [22] Meta Platforms, Inc., "META Q2 2025 Prepared Remarks," 2025. 7. 30.
- [23] M. Assran et al., "V-JEPA 2: Self-Supervised Video Models Enable Understanding, Prediction and Planning," arXiv preprint, 2025. doi: 10.48550/arXiv.2506.09985
- [24] A. Kirillov et al., "Segment Anything," arXiv preprint, 2023. doi: 10.48550/arXiv.2304.02643
- [25] T. Wei et al., "Meta-Control: Automatic Model-based Control Synthesis for Heterogeneous Robot Skills," arXiv preprint, 2024.

- [26] M. Chang et al., "PARTNR: A Benchmark for Planning and Reasoning in Embodied Multi-agent Tasks," arXiv preprint, 2024. doi: 10.48550/arXiv.2411.00081
- [27] K. Paul and H.M. Varghese, "Meta plans investments into AI-driven humanoid robots, memo shows," Reuters, 2025. 2. 14. <https://www.reuters.com/technology/artificial-intelligence/meta-plans-investments-into-ai-driven-humanoid-robots-memo-shows-2025-02-14/>
- [28] 임대준, "메타, 휴머노이드 로봇 개발 선언," 시타임즈, 2025. 2. 15. <https://www.aitimes.com/news/articleView.html?idxno=168016>
- [29] D.V. Meer, "Hugging Face Valuation, Revenue, and Key Stats (2024)," NamePepper, 2024. 5. 1. <https://www.namepepper.com/hugging-face-valuation>
- [30] Hugging Face, "LeRobot — State-of-the-art models, datasets and tools for real-world robotics."
- [31] Hugging Face, "LeRobot hosts pretrained models and datasets on Hugging Face."
- [32] Hugging Face, "LeRobot Notebooks — SmolVLA policy training example."
- [33] M. Shukor et al., "SmolVLA: A Vision-Language-Action Model for Affordable and Efficient Robotics," arXiv preprint, 2025. doi: 10.48550/arXiv.2506.01844
- [34] T. Wolf et al., "Hugging Face to sell open-source robots thanks to Pollen Robotics acquisition," Hugging Face, 2025. 4. 14. <https://huggingface.co/blog/hugging-face-pollen-robotics-acquisition>
- [35] Sequoia Capital, "Building the 'App Store' for Robots: Hugging Face's Thomas Wolf on Physical AI," 2025. 9. 9. <https://youtu.be/RFKFaJfvBqE>
- [36] Inference, "Building the 'App Store' for Robots: Hugging Face's Thomas Wolf on Physical AI," 2025. 9. 10. <https://inferencebysequoia.substack.com/p/building-the-app-store-for-robots>
- [37] Ma. Huang, "What is NVIDIA's Three-Computer Solutions for Robotics," NVIDIA Blog, 2025. 5. 5.
- [38] Z. Kessler, "How Do You Teach an AI Model to Reason? With Humans," NVIDIA Blog, 2025. 8. 27.
- [39] NVIDIA Writers, "Celebrating More Than 2 Million Developers Embracing NVIDIA Robotics," NVIDIA Blog, 2025. 8. 18.
- [40] C. Su, "NVIDIA Jetson Thor Unlocks Real-Time Reasoning for General Robotics and Physical AI," NVIDIA Blog, 2025. 8. 25.
- [41] 차남준, "주요 기업 범용 AI 로봇 생태계 창출 전략 분석," 전자통신동향분석 제40권 제4호, 2025, pp. 34-46.
- [42] Microsoft, "글로벌 고객 혁신 사례 공개... 'AI 퍼스트 전략, 리더가 될 기회는 바로 지금,'" 2025. 8. 19.
- [43] J. Yang et al., "Magma: A Foundation Model for Multimodal AI Agents," arXiv preprint, 2025, doi: 10.48550/arXiv.2502.13130
- [44] Microsoft Azure, "Phi (Small Language Model) Overview."
- [45] Microsoft Learn, "Project Bonsai: New Features."
- [46] Microsoft, "Redefining robot intelligence: 2025 Microsoft Research Asia StarTrack Scholars Program accelerates embodied AI and large robotics models," 2025. 10. 16.
- [47] 남혁우, "마이크로소프트, AI 이어 범용로봇 진출한다," ZDNet Korea, 2024. 5. 5. <https://zdnet.co.kr/view/?no=20240505082019>
- [48] Sanctuary AI, "Sanctuary AI Announces Microsoft Collaboration to Accelerate AI Development for General Purpose Robots," Sanctuary AI Blog, 2024 5. 1. <https://www.sanctuary.ai/blog/sanctuary-ai-announces-microsoft-collaboration-to-accelerate-ai-development-for-general-purpose-robots>
- [49] M. Schreiner, "Microsoft invests in humanoid robots with start-up Sanctuary AI," The Decoder, 2024. 5. 2. <https://the-decoder.com/microsoft-invests-in-humanoid-robots-partnership-with-start-up-sanctuary-ai/>
- [50] 광노필, "이족보행 휴머노이드 로봇 노동자 '첫 취업'...물류창고 상자 운반," 한겨레신문, 2024. 7. 11. <https://www.hani.co.kr/arti/science/technology/1147129.html>
- [51] R. Brown, "The Manufacturing Impact of Agility's Humanoid Robot Upgrade," Manufacturing Digital, 2025. 4. 10. <https://manufacturingdigital.com/articles/how-agility-robotics-is-expanding-digits-capabilities>
- [52] S. Chesnokova, "Future of work: 5 things to know about Agility Robotics' Digit, a humanoid autonomous robot disrupting warehouses," TechFundingNews, 2024. 12. 13.
- [53] A. Johar, "Agility Robotics bets on Digit to transform workforce," Mobile World Live, 2025. 3. 11. <https://www.mobileworldlive.com/industry/agility-robotics-bets-on-digit-to-transform-workforce/>
- [54] Agility Robotics, "Agility Robotics Powers the Future of Robotics with NVIDIA," 2025. 9. 10. <https://www.agilityrobotics.com/content/agility-robotics-powers-the-future-of-robotics-with-nvidia>
- [55] 박지은, "엡트로닉, 휴머노이드 로봇 대량생산 속도전 돌입," 아이뉴스24, 2025. 2. 26. <https://www.inews24.com/view/1818179>
- [56] 강초희, "[적을 알면 백전백승⑤] 테슬라의 바통 이어받아 휴머노이드 로봇 선보인 '엡트로닉'," 글로벌타임스, 2023. 9. 21. <https://www.kglobaltimes.com/news/articleView.html?idxno=26372>

- [57] 김나연, “구글의 딥마인드, AI 모델을 로봇에 적용한다,” MONEY NEVER SLEEPS, 2025. 3. 13. <https://moneyneversleeps.co.kr/news/articleView.html?idxno=104431>
- [58] 장길수, “보스턴 다이내믹스, ‘거대행동모델’ 기반 휴머노이드 로봇 ‘아틀라스’ 공개,” 로봇신문, 2025. 8. 21. <https://www.irobotnews.com/news/articleView.html?idxno=41973>
- [59] 이근호, “현대차 보스턴다이내믹스 토요타와 협업 진전, ‘거대행동모델’ 도입 가속,” 비즈니스포스트, 2025. 8. 21. https://www.businesspost.co.kr/BP?command=article_view&num=408533
- [60] 장길수, “보스턴 다이내믹스-RAI연구소, ‘아틀라스’ 개발에 강화학습 활용한다,” 로봇신문, 2025. 2. 6. <https://www.irobotnews.com/news/articleView.html?idxno=37495>
- [61] Entrepreneur, “Skild AI Unveils Foundational Model to Power Next-Gen General-Purpose Robots,” 2025. 7. 30. <https://www.entrepreneur.com/en-in/news-and-trends/skild-ai-unveils-foundational-model-to-power-next-gen/495214>
- [62] Physical Intelligence Website. <https://www.physicalintelligence.company/>
- [63] Genesis AI Website. <https://genesis-ai.company/>