KISTEP 브리프 I 기술동향



휴머노이드 로봇 R&D 투자전략: 개방형 생태계로의 확장

저자 | KISTEP 김준희·정두엽·유하린

KISTEP 브리프

휴머노이드 로봇 R&D 투자전략 : 개방형 생태계로의 확장

2026.11.11. 성장동력투자전략센터 김준희 부연구위원, 정두엽 부연구위원, 유하린 위촉연구원

요약문

□ 최근의 휴머노이드는 기술 시연 단계를 넘어 실제 현장에서의 적용·실증이 확대되고 있으며, 특히 미국·중국을 중심으로 상용화와 활용을 위한 경쟁이 본격화되고 있음

○ 한국의 경우 하드웨어 분야에서는 세계적 수준에 근접한 역량을 보유하고 있으나 데이터·AI 소프트웨어·컴퓨팅 등의 분야에서는 미국과 중국 대비 후발주자로 이에 대한 대응이 요구됨

○ 휴머노이드 산업의 핵심 경쟁 축이 하드웨어 개발에서 피지컬 AI 풀스택으로 빠르게 이동 중임을 고려하여, 국내의 강점인 생산 역량을 휴머노이드 생태계에서의 경쟁력으로 전환할 수 있는 정책 설계가 필요한 시점

- 휴머노이드 경쟁은 핵심 하드웨어(액츄에이터, 로봇핸드 등)의 고성능·저비용화와 함께 AI 모델·데이터·하드웨어를 하나의 학습 생태계로 통합하는 역량이 핵심기술로 부상할 전망

- 주요국은 AI 기술의 적용 범위를 물리적 환경으로 확대하면서, 휴머노이드·피지컬 AI의 핵심기술 개발과 함께 실제 산업·사회현장의 데이터 확보, 실증 및 상용화를 위한 정책을 강화

- 국내 정부R&D 투자는 초기 단계로, 주요 사업 수행 부처는 과기정통부와 산업부이며 출연연구소에서도 현장 적용성 및 자율 판단성 확보 등을 특징으로 하는 휴머노이드 개발 수행 중

□ 휴머노이드 정책의 목표는 국내에 다양한 기관·기업이 활용할 수 있는 데이터·컴퓨팅 인프라 기반을 구축하고, 여기에 한국이 보유한 하드웨어 기술을 더해 다양한 형태의 국내외 휴머노이드를 생산·학습 가능한 개방형 생태계를 구축하는 데 주력할 필요

○ 미국의 AI 역량과 중국의 대규모 공급망을 동일한 방식으로 추격하기보다 한국의 강점인 생산 역량을 AI·데이터·컴퓨팅 인프라와 연결, 지속적인 학습과 산업 확장이 가능한 개방형 생태계를 구축함으로써 글로벌 휴머노이드 산업에서의 경쟁력 제고 필요

○ 향후의 휴머노이드 R&D는 데이터 플라이휠(Data Flywheel)이 얼마나 빠르게 이루어지는가를 중점 검토하고, 휴머노이드 도입이 필요한 특화 환경에서의 재학습 순환이 빠르게 형성될 수 있도록 실증체계 구체화 필요

- 단기적으로는 제조·물류·돌봄 등의 현장에서 반복적인 실증을 통해 행동데이터를 수집하고, 장기적으로는 데이터와 이를 활용할 수 있는 기반을 구축하는 한국형 개방형 생태계 구성을 제언함

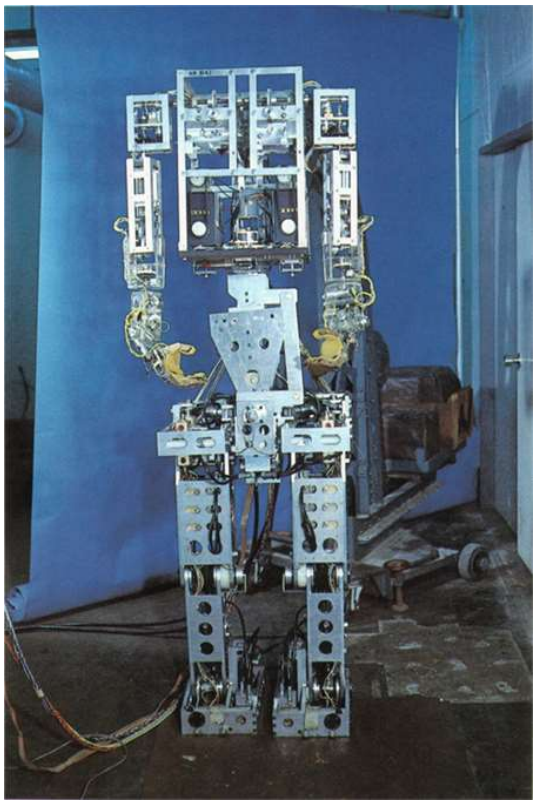
1 서론

□ 인간의 형태를 지닌 휴머노이드는 반세기 가까이 지속적으로 발전해 왔으며, 특히 최근의 대규모 인공지능 모델 기술과 하드웨어 성능 향상을 토대로 활용 가능한 수준의 산업적 전환점을 맞이함

❍ 휴머노이드(Humanoid)[1]란, 인간과 유사한 신체구조와 인지능력에 기반하여 인간 중심의 작업 환경에서 이동·조작·상호작용을 수행 가능한 로봇의 한 분류로 최근에는 단순히 인간의 외형을 모방하는 것을 넘어 다양한 작업을 자율적으로 수행하는 범용 로봇의 개념으로 확대되는 추세

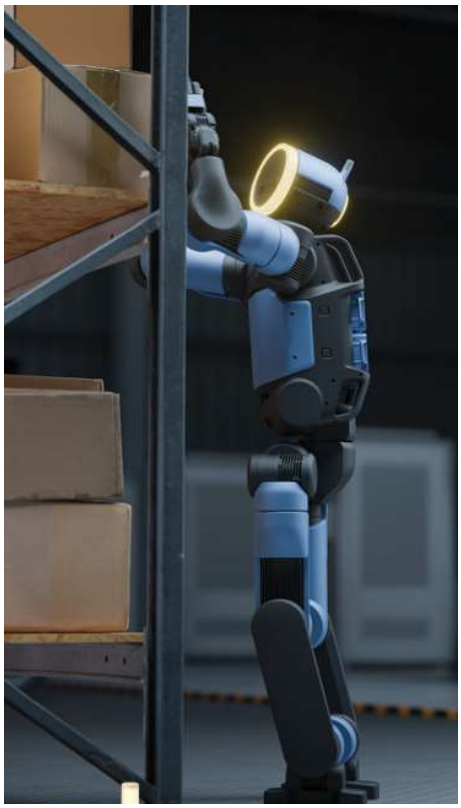
❍ 1973년 와세다 대학에서 개발한 최초의 휴머노이드 WABOT-1을 시작으로, 혼다의 아시모(2000), KAIST의 휴보(2004) 등이 지속적으로 개발되어 명맥을 이어왔으나 사전에 정의된 환경과 동작에만 대응 가능하다는 단점으로 인해 인간을 대체하기에는 실질적인 한계가 존재하였음

❍ 그러나, 시각·언어·행동을 연결하는 VLA(Vision-Language-Action) 모델, 로봇 파운데이션 모델 등의 대규모 AI 모델 기술 발전과 하드웨어 성능 향상이 결합하며 휴머노이드의 작업 수행 능력은 빠르게 고도화되는 중으로, 테슬라의 옵티머스, 보스턴다이나믹스의 아틀라스, 유니트리의 G1이 대표사례



[그림 1] WABOT-1

자료: 와세다대학(1973)



[그림 2] Atlas product

자료: 보스턴다이나믹스(2026)

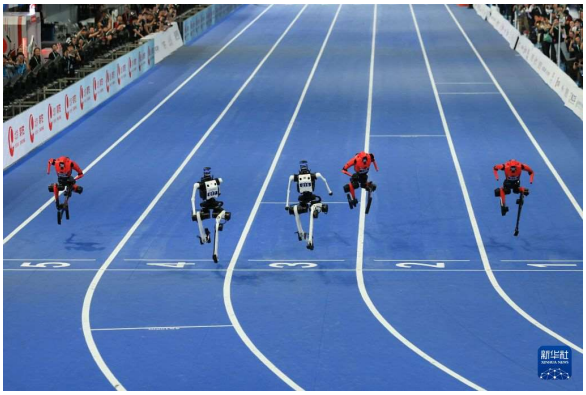
1) ISO(International Organization for Standardization) 8373(2021) 및 IFR(International Federation of Robotics)(2025) 참고

□ 최근의 휴머노이드는 기술 시연 단계를 넘어 실제 현장에서의 적용·실증을 위한 움직임이 확대되는 분위기로, 특히 미국·중국을 중심으로 상용화와 활용을 위한 경쟁이 본격화되고 있음

❍ 중국의 경우 휴머노이드 로봇을 국가 차원의 미래산업으로 제시, 제조 및 서비스 등 다양한 분야에서 실증을 확대하고 있으며 휴머노이드만을 대상으로 한 휴머노이드 로봇 경기대회 개최를 통해 보행, 분류·조립 등 기술의 활용 가능성을 지속적으로 검증하고 있음

❍ 미국 역시 어질리티 로보틱스, 피규어 AI 등의 기업을 중심으로 물류창고, 자동차 제조 현장에서 휴머노이드 실증이 진행되고 있으며, 기존의 산업용 로봇으로 자동화하기 어려웠던 비정형 작업을 휴머노이드로 대체하기 위한 시도가 확대 중

❍ 현재의 휴머노이드 기술 경쟁은 단순한 이족보행과 특정 동작 수행을 넘어, 실 작업환경에서 안정적으로 업무를 수행 가능한지와 이를 통해 데이터를 축적·학습하여 성능을 지속적으로 개선할 수 있는지로 이동하고 있으며, 한국도 최근 다양한 산업별 공정을 대상으로 실증 확대를 위한 노력 시작[2)]



[그림 3] 2026 세계 휴머노이드 로봇 운동회
자료: 신화통신(2026)



[그림 4] BMW 공장에서의 Figure 03 실증
자료: BMW(2026)

□ 또한, 기술변화와 함께 저출산·고령화에 따른 인구구조 변화와 인건비 상승은 제조업 등의 산업 분야 종사 기업으로부터 로봇 도입에 대한 구체적인 수요를 창출 중

❍ 국내 제조업 근로자 평균 연령이 43세[3)]를 상회하는 것으로 나타나는 등 제조업 국가 전반에서 신규 인력 확보에 어려움을 호소하고 있어 반복적이며 고위험의 작업을 대체할 로봇의 필요성이 증가 중

❍ 과거에는 로봇으로 인해 일자리를 잃을 수 있다는 두려움이 사회적 인식이었으나, 산업군의 인력 고령화와 생산인구 감소는 로봇 도입의 시급성을 끌어올리는 역설적 동력으로 작용

□ 이처럼, 휴머노이드는 기술의 발전과 사회적 수요가 맞닿아 현시점 급격한 주목을 받고 있음

❍ AI 기술의 발전은 피지컬 AI로 나아가고 있으며, 그 과정에서 이를 구현할 협동 로봇, 사족보행 로봇 등 여러 폼팩터가 제시되었으나 휴머노이드는 이들과 달리 인간에게 맞추어 설계된 산업 환경을 그대로 활용 가능하다는 장점으로 인해 왕성한 연구가 이루어지는 중

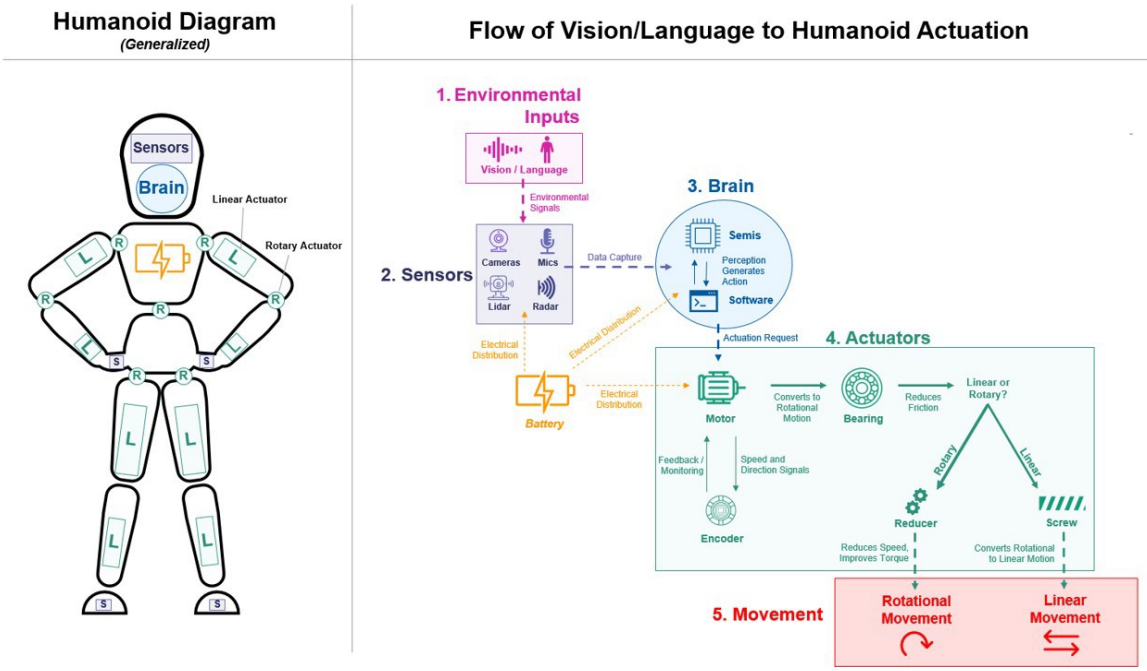
❍ 휴머노이드는 피지컬 AI를 실제 환경에 구현하는 가장 복합적이고 난도가 높은 형태 중 하나로, 상용화에 성공할 경우 다양한 산업의 핵심 인프라로 활용될 가능성이 있지만 이를 위해서는 광범위한 기술의 동시 개발과 통합이 필요함

2) 연합뉴스(2026), 반도체·차 공정에 휴머노이드 20대 투입…규제 풀고 현장 실증
3) 한국경제(2024), 늙어가는 한국 기업…'제조업 평균연령' 30대→40대

□ 휴머노이드는 인간과 유사한 움직임을 구현하는 하드웨어와 이를 실시간으로 인지·판단·제어하는 반도체, 데이터와 AI 모델을 토대로 지능을 구현하는 소프트웨어가 결합된 복합적인 기술 계층으로 구성

❍ 하드웨어(액추에이터·로봇핸드·센서·배터리)는 인간의 근육·관절·손·오감으로 이동·조작·감지 및 에너지 공급을 담당하며, 반도체는 수집한 센서정보 처리와 AI 추론, 모터·전력 제어 등을 연결하는 휴머노이드의 뇌로써 AI 모델의 판단을 실제 물리적 움직임으로 구현

❍ 소프트웨어(AI 모델·데이터·컴퓨팅)는 인간의 기억과 경험, 사고방식으로 앞서 언급한 하드웨어·반도체와 결합, 환경 인식에서 판단·행동·재학습까지 이어지는 휴머노이드의 지능을 구현



[그림 5] 휴머노이드를 구성하는 기술 계층

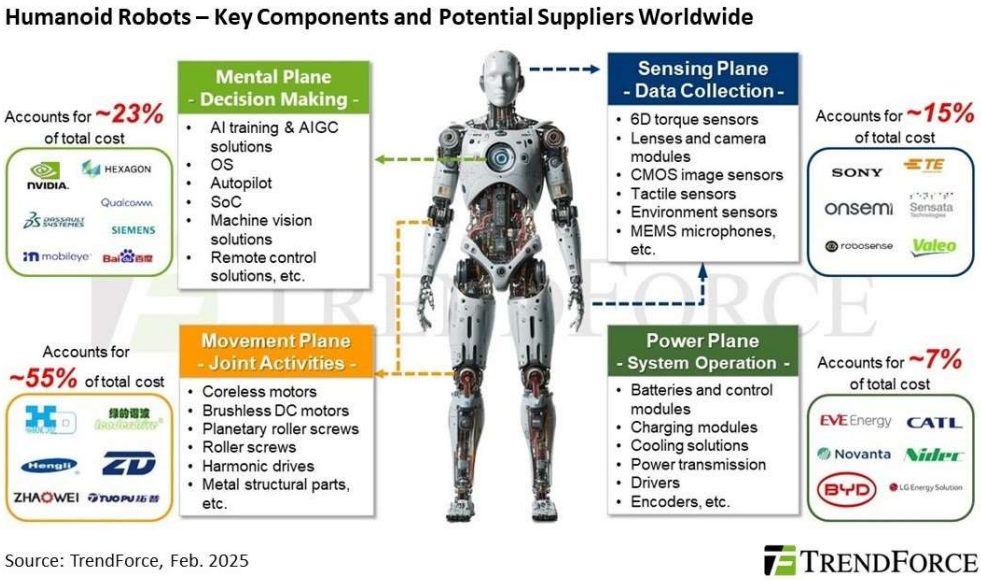
자료: Morgan Stanley Research(2025)

□ 하드웨어의 생산 단가는 표준화·수직계열화로 절감 가능할 것으로 예측되나, 휴머노이드의 지능을 구현하기 위한 AI 활용 및 고성능 반도체의 생산원가 내 비중은 점진적 상승 중

❍ 휴머노이드의 활용 범위가 단순 반복 작업에서 복잡한 인지·판단·행동이 요구되는 작업으로 확대되며 고성능 AI 모델과 이를 실시간으로 구동하기 위한 고성능 반도체의 중요도와 비용 비중이 증가 중

❍ 특히, 보스턴다이나믹스, 어질리티 로보틱스 등 대다수의 주요 기업이 엔비디아의 휴머노이드용 플랫폼을 활용하고 있으며 엔비디아는 Jetson Thor를 비롯한 엣지 컴퓨팅과 Isaac 기반의 학습·시뮬레이션 환경을 연계함으로써 전반을 포괄하는 소프트웨어 생태계를 구축 중

❍ 이러한 플랫폼 락인이 고착화될 경우, 하드웨어 수직계열화를 통해 확보한 원가절감 효과와 컴퓨팅 비용이 상쇄할 위험이 있으며, 이는 소비자가 지불할 수 있는 심리적 가격 상한선과 충돌할 수 있음



[그림 6] 휴머노이드 부품별 생산원가 비중

자료: TrendForce(2025)

□ 우리나라의 경우, 하드웨어 분야에서는 높은 수준의 역량을 보유하고 있으나 데이터·AI 모델·컴퓨팅 등 소프트웨어 분야에서는 경쟁국 대비 후발주자로 이에 대한 대응이 요구됨

❍ 국내 기업은 구동계, 배터리, 센서 등 휴머노이드의 하드웨어와 관련하여서는 충분한 경쟁력을 보유하고 있으나, 로봇 파운데이션 모델, 대규모 행동 데이터, AI 학습·추론 인프라 등의 영역에서는 글로벌 선도기업과의 격차가 존재함

❍ 우리나라는 K-휴머노이드 연합을 통해 자체적인 로봇 AI 파운데이션 모델 개발과 휴머노이드 양산체제를 구축하려 하나, 제한된 정부 R&D 예산이 완제품 개발과 생산설비 구축에 집중될 경우 생산 역량은 있음에도 핵심 고부가가치 영역에서 경쟁력이 저하된 기존 제조업의 한계를 반복할 위험이 존재

❍ 보유 중인 하드웨어 분야 역량을 휴머노이드 산업에서의 경쟁력으로 전환하고, 선도국들과의 기술격차를 좁히고자 하드웨어와 소프트웨어 분야를 융합한 생태계 구축 관점에서의 정책 수립과 R&D 지원 방향을 설정할 필요

□ 동 브리프는 이러한 관점에서 글로벌 휴머노이드 산업의 기술·산업 동향 및 정책 변화를 국내 현황과 비교·분석하고, 강점인 생산 역량을 휴머노이드 생태계에서의 경쟁력으로 확장하기 위한 시사점을 도출하고자 함

❍ 기존의 특정 스펙을 상회하는 휴머노이드 개발을 목표로 한 최종 산출물 중심 정책과 R&D 지원은 국내 연구기관 및 기업의 기술경쟁력 제고에 기여하였으며, 지속적인 투자가 유지될 필요가 있음

❍ 다만, 휴머노이드 기술 계층에서 주요 역할을 담당하는 소프트웨어 분야에서의 경쟁력 확보와 하드웨어와의 융합을 목적으로 어떠한 방식으로 국내에서 개발·생산되는 휴머노이드를 학습·개선할 것인가? 라는 관점에서의 정책 설계가 요구되는 시점

2 기술·산업 동향

※ 본 절에서는 휴머노이드를 구성하는 기술 계층에 기반하여 HW(액추에이터, 로봇핸드, 센서, 배터리, 반도체)와 AI·SW(개발용 데이터, 모델 및 컴퓨팅 구조)의 세부 분야별로 기술·산업 동향을 작성

□ 액추에이터

❍ 액추에이터는 전기적 신호를 실제 관절의 회전·직선운동으로 변환하여 로봇의 움직임을 구현하는 핵심 구동 모듈로, 모터·감속기·제어부·센서 등을 통합한 일체형 부품으로 발전

- 휴머노이드의 보행·자세제어·물체조작 성능을 좌우하는 핵심 부품으로, 일반적으로 20~40개 이상의 액추에이터가 로봇 전신에 적용

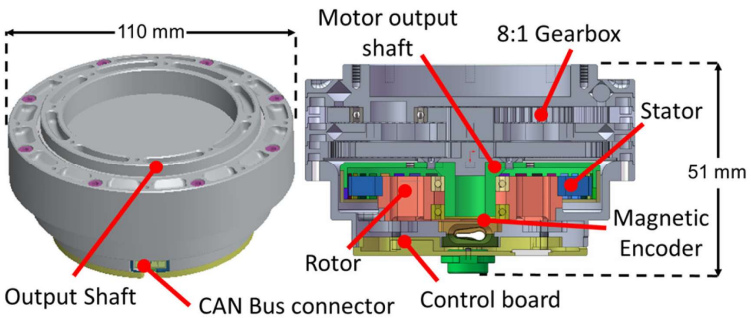
❍ 액추에이터는 휴머노이드 생산원가에서 가장 높은 비중을 차지하는 부품으로, 원가 절감과 성능 향상의 핵심 경쟁영역으로 부상

- 주요 분석에서는 액추에이터가 휴머노이드 BOM의 약 40~60%를 차지하는 것으로 추정되며, 일부 산업자료는 50~70% 수준으로 평가

- 이에 따라 글로벌 로봇기업은 모터·감속기·구동회로의 통합설계와 자체 생산을 통해 액추에이터의 가격·무게·내구성 경쟁력을 확보하려는 추세

❍ 기존 高감속 감속기 중심에서 低감속·고토크 모터를 활용하여 관절의 백드라이버빌리티(Backdrivability)와 동적 응답성을 향상시키는 QDD(Quasi-Direct Drive) 방식으로 기술이 진화

- 낮은 감속비를 통해 모터와 관절 사이의 반사관성을 줄이고 충격 대응 및 힘 제어가 용이해져, 보행·균형제어가 중요한 휴머노이드에 적합한 구조로 주목



[그림 7] QDD(Quasi-Direct Drive) 액추에이터의 통합 구조

자료: Yu et al.(2020)

❍ 향후 액추에이터 경쟁은 소형·경량화와 부품 통합이 진전되면서 로봇 전체 중량과 에너지 소비를 줄이고, 동일한 배터리로 작업시간을 늘리는 방향으로 전개될 전망

- 대량생산에 따른 모터·감속기·제어부의 원가 하락과 부품 표준화가 진행될 경우, 장기적으로 로봇 원가에서 액추에이터가 차지하는 비중은 점차 낮아질 가능성

□ 로봇핸드

❍ 휴머노이드의 작업 범위를 결정하는 핵심 부품으로 로봇핸드가 부상했으며, 다양한 형상·재질의 물체를 안정적으로 파지하고 조작해야 하므로 기계·구동·센싱·제어 기술을 동시에 요구

- 특히, 손가락의 자유도와 구동계, 촉각센서의 소형·집적화가 어려워 하드웨어 측면에서 휴머노이드 구현의 난도가 높은 영역

❍ 기존 2지 그리퍼(Gripper)에서 다지·다관절 핸드로 발전하고 있으나, 산업용에서는 기능과 복잡성 간 최적화가 핵심

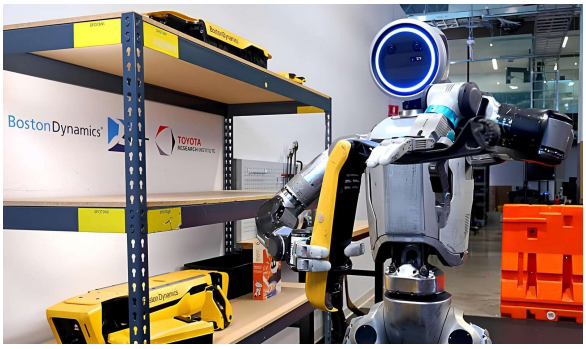
- 5지형 핸드는 인간의 도구와 작업환경을 그대로 활용할 수 있는 장점이 있으나, 손가락 증가에 따라 원가·중량·제어 복잡성이 함께 증가

- 이에 보스턴다이나믹스는 아틀라스에 3지형 그리퍼를 채택해 복잡한 조작과 신뢰성 간 균형을 추구하는 등 기능 중심의 설계도 확대

❍ 구동 방식은 직구동과 텐던 방식이 대표적이며, 소형·경량화를 위해 원격 구동 구조가 주목받는 추세

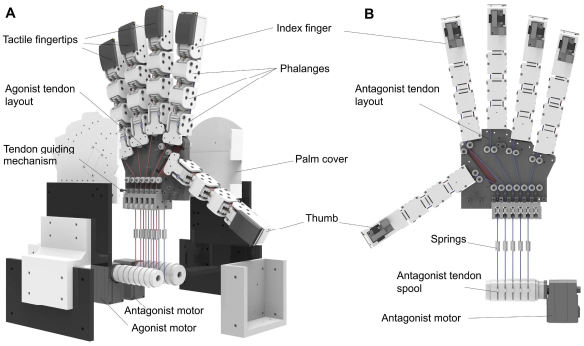
- 직구동은 모터를 관절에 직접 배치해 구조와 제어가 상대적으로 단순하고 강성이 높지만, 손 크기와 중량 증가가 주요 단점

- 텐던(Tendon) 방식은 모터를 전완부 등에 배치해 손을 가볍고 작게 만들 수 있으나, 케이블 장력과 마찰 등으로 제어·정비 난도가 증가



[그림 8] 아틀라스의 3지형 로봇핸드

자료: Colin Golberg(2025)



[그림 9] 텐던 구동 기반 5지형 로봇핸드의 구성

자료: Li et al.(2025)

❍ 촉각센서와 힘 제어 기술이 고도화되면서 단순 파지를 넘어 손안 조작과 정밀 작업으로 기술 경쟁 영역이 확대

- 손끝의 압력·힘·미끄럼 등을 실시간 감지하는 촉각센서는 물체 손상 방지와 안정적 파지, 정밀 조작에 필수적인 요소

- 최근에는 촉각 정보를 AI의 입력으로 활용해 시각만으로 어려운 접촉·미끄럼·힘 조절까지 학습하는 방향으로 기술개발이 진전

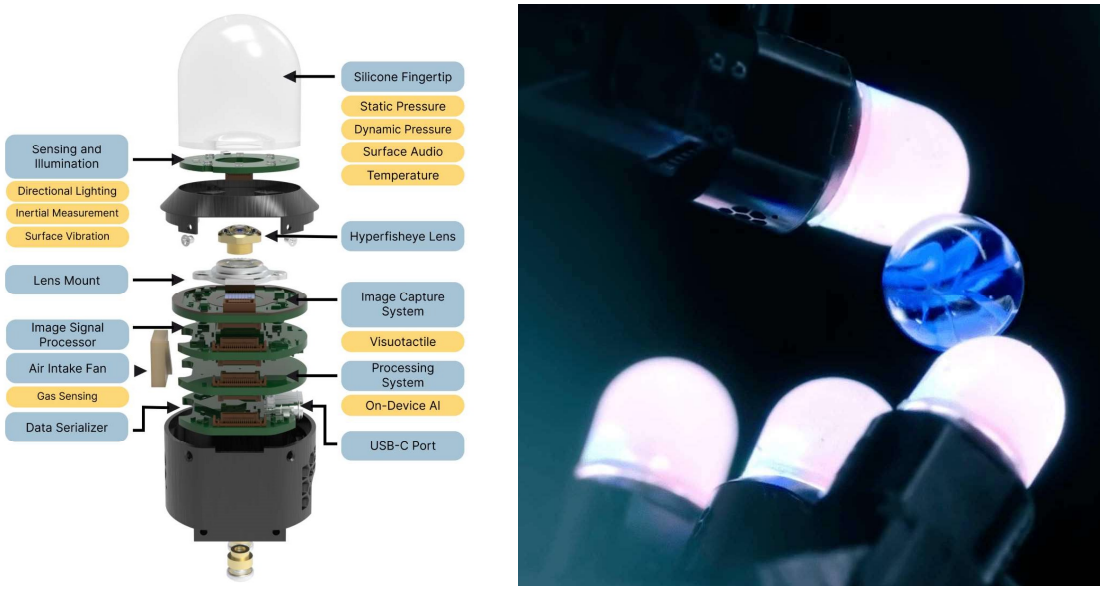
□ 센서

❍ 휴머노이드의 정교한 물리적 상호작용을 위해 실제 접촉 시점과 힘·미끄럼 등 상호작용 정보를 직접 제공하는 촉각센서의 중요성이 높아지며, 센서 기술이 핵심 병목으로 부상

- 특히, 물체를 안정적으로 잡고 조작하기 위해서는 접촉 정보를 실시간으로 반영하는 폐루프 제어(Closed-Loop Control)가 필수적이며, 촉각이 핵심 입력으로 활용

❍ 멀티컨택 정보를 제공하는 촉각센서와 단일 접촉점의 힘·토크를 측정하는 센서가 병존하며, 광학·정전용량·저항·압전·자성 등 다양한 방식으로 발전하며 다중 모달 센싱으로 확장되는 추세

- 최근에는 Meta의 Digit 360처럼 압력·진동·온도 등 복수 신호를 통합하고 온디바이스 AI까지 적용한 다중모달(Multimodal) 촉각센서가 등장



[그림 10] Meta Digit 360의 다중 모달 촉각센서 구조 및 실제 구동 모습

자료: (좌) Lambeta et al.(2024), (우) FusionChat(2024)

❍ 촉각센서의 대규모 활용을 위해서는 센서 표준화와 데이터 확보가 중요하며, 시뮬레이션 기반 데이터 생성도 확대되는 추세

- 센서별 구조와 출력 형식, 해상도 등이 상이해 촉각 데이터의 상호운용성과 재활용성이 낮으며, 표준화 부족이 데이터 스케일업의 주요 제약요인

- 이에 실제 센서 데이터와 함께 시뮬레이션을 활용해 대규모 촉각 데이터를 생성하고, 센서 간 표현을 통합하려는 연구가 활발하게 진행

❍ 휴머노이드의 손가락과 신체에 여러 센서를 장착하기 위해서는 높은 감도뿐 아니라 내구성·가격·양산성까지 확보하는 촉각센서 생산기술의 고도화가 필요

- 센서 특성의 재현성과 평가 방법을 표준화하고 대량생산 공정을 확보하는 것이 촉각 데이터와 하드웨어의 산업적 확산을 위한 핵심 과제로 부상

□ 배터리

❍ 휴머노이드의 고출력·장시간 작업을 위해 배터리의 에너지 밀도뿐 아니라 셀 상태·전류·온도를 실시간 관리하는 BMS(Battery Management System)와 열관리 기술의 중요성이 확대

- 좁은 로봇 내부에서 발생하는 열을 효과적으로 방출해야 하므로 능동 냉각과 열관리 기술을 배터리 설계 단계부터 통합하는 추세

❍ 운용 효율과 가동률 향상을 위해 배터리를 로봇에서 신속하게 교체할 수 있는 구조 역시 휴머노이드에 적용 추진 중

- Unitree H1/H1-2는 생산사가 빠른 교체가 가능한 배터리 구조를 제공하는 반면, Figure 03은 배터리를 로봇 몸체에 통합하고 능동 냉각·고속충전을 적용하는 등 일체형 설계도 병행



[그림 11] Figure 배터리의 진화 과정

자료: Figure 홈페이지(2025)



[그림 12] Unitree 교체형 배터리

자료: Unitree Docs(2026)

□ 반도체

❍ 다수의 카메라·촉각·관성센서 데이터를 실시간 처리하면서 생성형·물리 AI 모델까지 온디바이스 구동이 요구되어 휴머노이드에서의 고성능 GPU·NPU와 대용량 메모리 중요성이 확대

- 엔비디아 Jetson Thor는 2,070 FP4 TFLOPS와 128GB 메모리를 제공하며 휴머노이드용 엣지 AI 컴퓨팅 플랫폼으로 빠르게 확산되는 추세

❍ AI칩뿐 아니라 MCU·센서·전력반도체 등 분산 제어용 반도체의 시스템 통합과 고신뢰성 확보도 중요

- 50개 이상의 자유도를 갖는 휴머노이드는 센싱·통신·모터제어를 긴밀하게 연동해야 해 MCU·통신·전력반도체의 정밀 제어와 실시간성이 요구

- 최근에는 스마트 액추에이터와 AI 컴퓨팅을 결합한 레퍼런스 설계가 등장하는 등 반도체를 개별 부품보다 전체 로봇 아키텍처 관점에서 통합하는 방향으로 발전

□ AI(SW) 개발용 데이터

❍ 로봇 파운데이션 모델의 구조가 유사해지면서 범용성 확보를 위한 데이터의 양과 다양성이 핵심 경쟁력으로 부상

- 주요 기업은 시각·언어·행동을 통합하는 VLA 계열 모델을 중심으로 개발하며, 모델 간 구조적 차이보다 학습 데이터의 규모와 다양성이 성능을 좌우



[그림 13] 타 분야 대비 로봇 구동의 데이터 부족 현상

자료: Bessemer Venture Partners(2026)

❍ 현재는 인간의 작업 교시를 활용한 모방학습이 주류지만, 로봇이 실제 작업과 시행착오를 통해 생성한 데이터를 다시 학습에 활용하는 자기 경험 기반 데이터 루프 구축 방식으로 확대되는 추세

- 원격조작과 인간 시연을 통해 수집한 행동 데이터는 초기 범용모델의 기본적인 작업 지식과 행동 우선순위(prior)를 구축하는 데 효과적

❍ 실제 로봇 데이터의 수집 비용과 한계를 보완하기 위해 시뮬레이션·합성데이터를 활용한 데이터 생산 체계가 확대 중

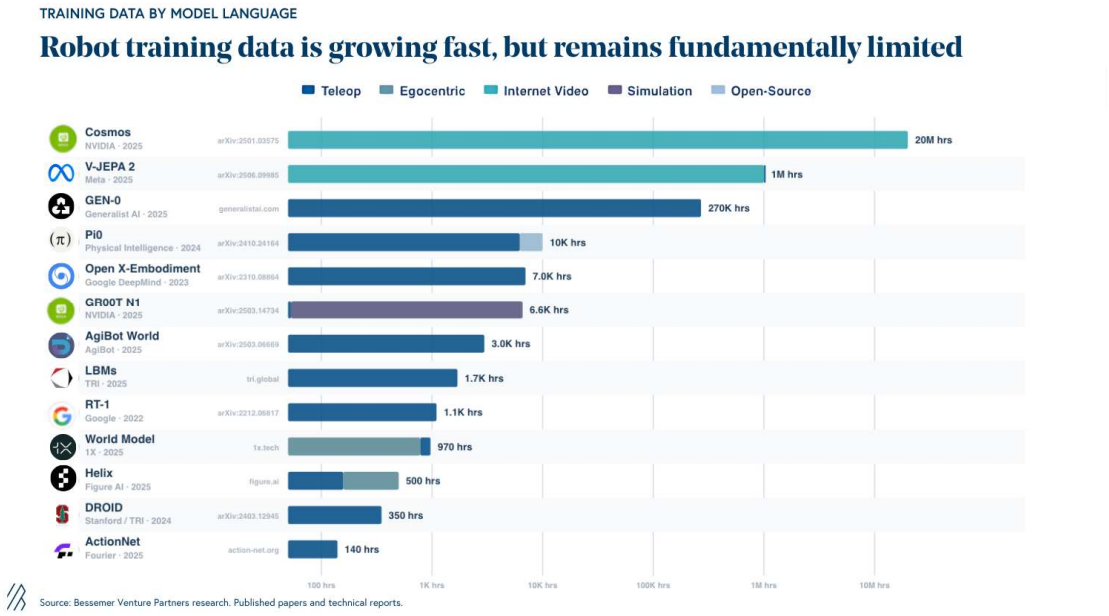
- 실제 환경에서 대규모 데이터를 수집하기 위해서는 로봇 운용시간·인력·안전 문제 등이 발생해 합성데이터를 통한 보완이 필수적인 상황

- 엔비디아는 실제 데이터와 합성데이터, 인터넷 규모의 영상데이터를 결합해 로봇 파운데이션 모델을 학습시키는 데이터 생태계를 구축 중

❍ 데이터 확보 경쟁은 개별 기업의 실험실을 넘어 대규모 로봇 운용을 통한 데이터 팩토리 구축 경쟁으로 확대될 전망

- 피규어 AI 등 주요 휴머노이드 기업은 실제 로봇의 작업 데이터를 지속적으로 수집·재학습하는 데이터 플라이휠(Data Flywheel) 구축을 핵심 전략으로 추진

- 향후 휴머노이드의 산업·일상생활 적용이 확대될수록 로봇 하드웨어 자체가 학습데이터를 생산하는 플랫폼으로서 중요성이 증가



[그림 14] 로봇 AI 모델별 활용 데이터의 종류와 양

자료: Bessemer Venture Partners(2026)

□ AI(SW) 모델 및 컴퓨팅 구조

❍ 휴머노이드 AI는 단순한 VLM(Vision-Language Model) 기반 인식을 넘어 VLA(Vision-Language-Action)와 체화 추론(Embodied Reasoning)을 결합하는 방향으로 모델 구조가 진화

- VLM이 물체와 환경을 이해하는 데 초점을 둔다면 VLA는 인식 결과를 실제 로봇의 행동으로 연결하고, 체화 추론은 복합적인 작업계획과 상황판단을 담당
- 구글 DeepMind는 2026년 Gemini Robotics 2에서 VLA와 체화 추론모델을 결합해 장기 작업과 전신 제어까지 구현하는 방향을 제시

❍ 강화학습을 추가하는 것만으로는 범용 휴머노이드 구현이 어려워 모델의 세계이해·추론·행동 생성 구조 개선이 병행되어야 함

- 강화학습은 특정 행동의 성공률과 제어 성능을 높이는 데 효과적이나, 학습하지 않은 상황에 대한 의미 이해와 장기계획 능력을 독자적으로 확보하기에는 한계
- 이에 사전 학습된 대규모 멀티모달 모델에 행동·공간·물리정보를 결합하고, 추론과 행동을 동시에 최적화하는 연구가 확대 추세

❍ 휴머노이드 본체에는 전력·중량·발열 제약으로 대규모 연산자원을 탑재하기 어려워 온디바이스와 외부 컴퓨팅의 역할 분담이 중요

- 고성능 AI 모델을 모두 로봇 내부에서 구동하기에는 전력 소모와 발열, 탑재 공간에 제약이 있어 로봇용 엣지컴퓨팅과 외부 데이터센터의 연계가 필요
- 반면 접촉·보행·충돌회피 등 실시간성이 중요한 제어는 통신 지연을 최소화해야 하므로 핵심 추론은 로봇 내부에서 수행하는 구조가 요구

❍ 향후 로봇 AI 컴퓨팅은 로봇 내부·엣지·데이터센터가 연결된 분산형 컴퓨팅 구조로 발전할 가능성이 높음

- 엔비디아는 DGX 기반 학습, OVX 기반 합성데이터·시뮬레이션, Jetson Thor 기반 온로봇 추론을 연결하는 '3개 컴퓨터' 구조를 제시
- 구글도 Gemini Robotics On-Device 2를 통해 네트워크 지연이나 연결이 제한된 환경에서도 로봇 자체에서 VLA를 실행하는 방향을 강화하고 있음

〈표 1〉 휴머노이드 AI를 위해 엔비디아가 제시한 분산컴퓨팅 구조

구분	DGX[4]	OVX[5]	Jetson Thor
핵심 역할	AI 모델 학습	시뮬레이션·합성데이터 생성·검증	실제 로봇의 AI 실행
비유	AI를 훈련시키는 슈퍼컴퓨터	로봇의 가상 훈련장	로봇에 탑재되는 AI 컴퓨터
주요 작업	VLA·파운데이션 모델 학습	디지털 트윈, 물리 시뮬레이션, 강화학습, 합성데이터 생성	VLA/VLM 추론, 센서 데이터 처리, 실시간 제어
주요 위치	데이터센터	데이터센터	로봇 내부
대표 SW/플랫폼	CUDA, AI 프레임워크 등	Omniverse, Issac Sim 등	JetPack, Issac ROS 등
컴퓨팅 특성	대규모 GPU 연산	고성능 GPU·그래픽 연산	전력·공간 제약을 고려한 엣지 AI 연산
대표 용도	대규모 모델을 처음부터 학습·미세조정	수많은 가상환경에서 로봇을 훈련·검증	학습된 모델을 실제 휴머노이드에서 실시간 실행

자료: 엔비디아(2026), 저자 정리

❍ 엔비디아는 GPU 공급을 넘어 개발키트·시뮬레이션·합성데이터·파운데이션 모델까지 제공하며 HW와 SW 생태계를 연결

- Isaac GR00T, Isaac Sim, Isaac Lab, Jetson Thor 등을 연계해 데이터 생성부터 모델 학습·평가·배포까지 로봇 개발 전주기를 지원하는 플랫폼으로 확장
- 2026년에는 Unitree H2 Plus와 Sharpa 핸드, Jetson Thor를 결합한 오픈 휴머노이드 레퍼런스 플랫폼까지 공개하며 생태계 확장을 가속

❍ 결국 범용 휴머노이드 경쟁은 데이터와 모델, 하드웨어를 하나의 학습 루프로 연결하는 생태계 경쟁으로 전환될 전망

- 인간 시연 데이터로 기본 지식을 확보하고 실제 로봇의 경험데이터와 합성데이터를 추가해 모델을 지속적으로 개선하는 데이터 플라이휠 구축이 핵심
- 이에 따라 향후에는 모델 자체뿐만 아니라 대규모 데이터를 생산·검증할 수 있는 로봇 하드웨어 플랫폼과 데이터 인프라의 전략적 중요성이 더욱 높아질 전망

4) Deep-Learning GPU 기반의 컴퓨팅에서 유래한 명명임
5) OmniVerse 기반의 컴퓨팅에서 유래한 명명임

[참고] 美·中 대비 휴머노이드 분야 韓 수준

□ 글로벌 시장점유율

❍ 현재 휴머노이드 시장규모는 미국 〉 중국 〉 한국 순이지만, 중국의 연평균성장률 예측치가 가장 높음

구분	미국	중국	한국
2025 시장규모 (백만불)	897.6	476.5	111.2
2025 글로벌 시장점유율 (%)	37.5	19.9	4.6
2026 시장규모 (예측, 백만불)	1,545.4	880.8	197.3
시장규모 순위	1위	2위	3위권
2033 시장규모 (예측, 백만불)	12,766.8	11,725.8	2,010.7
연평균성장률 (2026~2033, %)	35.2	44.7	39.3

자료: Grand View Research (2026. 7. 30.), Humanoid Robot Market (2026-2033)

□ 글로벌 휴머노이드 출하량

❍ Omdia에 따르면 세계 휴머노이드 로봇 출하량은 약 13,000대로 추정됐으며, 상위 업체 대부분을 중국 기업이 차지('25년 기준)

- 중국 기업이 세계 휴머노이드 로봇 출하량의 약 87%를 차지했으며, 1위 애지봇은 약 5,168대 출하(39% 점유)
- 조선비즈(2026. 6. 30.)에 따르면 국내 휴머노이드 로봇 생산 또는 출하에 대한 공식 통계는 없으나, 시장조사업체 집계를 토대로 국내 출하량을 약 150~200대로 추정 중(약 1.1~1.5% 점유)



❍ Smart Analytics Global(Bloomberg 계열)에 따르면 2026년 상반기 세계 휴머노이드 로봇 출하량은 약 19,100대로 추정됐으며, 중국 기업이 97% 이상을 차지

- 애지봇이 약 8,400대(44% 점유)로 1위를 유지했으며, 美 테슬라, 피규어 AI, 어질리티 로보틱스 등은 중국과 상당한 출하량 격차

□ 기술개발 활동 규모 및 기술수준 확인을 위한 특허 관련 통계

❍ Morgan Stanley Robot Almanac에 따르면, 최근 5년간 휴머노이드 관련 특허가 중국이 7,705건, 미국은 1,561건으로 중국이 미국의 약 4.9배를 출원(일본 1,102건, WIPO 국제출원 약 1,100건)

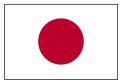
❍ LexisNexis(2026. 7. 28.)에 따르면, 2025년 말까지 휴머노이드 관련 특허 포트폴리오 분석 결과 중국 73%, 한국 11%, 미국 5% 차지

- 그러나 Patent Asset Index라는 특허의 기술적·상업적 가치를 고려한 지표로 보면 중국 63%, 미국 11%, 한국 7%로 순위가 달라짐

3 정책 동향

□ (정책 동향) 미국, 중국, 일본 등 주요국은 AI 기술의 적용범위를 물리적 환경으로 확대하며 휴머노이드·피지컬 AI의 핵심기술 개발과 함께 실제 산업·사회현장의 데이터 확보, 실증 및 상용화를 위한 정책을 추진

〈표 2〉 주요국 휴머노이드·피지컬 AI 정책 비교

국가	주요 정책	정책 중점	주요 추진수단	정책 추진 특징
미국 	- 「America's AI Action Plan」(2025) - ARM Institute AI·로봇 기술 프로젝트(2025)	AI·로봇 기반 차세대 제조역량 강화 및 제조현장 적용 확대	- AI·로봇 등 신기술 투자 및 제조 기술 개발·규모화 - 멀티모달 AI 로보틱스 및 로봇 작업전환·민첩성 기술개발 - 인간-로봇 협업 및 적응형 제어 등 제조 R&D - 시험·평가·표준 및 데이터 기반 구축	민관 R&D 기반 제조 적용·평가 지원형
중국 	- 「휴머노이드 로봇 혁신발전 지도 의견」(2023) - 「휴머노이드 로봇 및 구신지능 실경실훈 특별행동」(2026)	휴머노이드·구신지능 기술개발 및 대규모 확산·산업화	- 핵심기술·부품 및 산업생태계 구축 - 지역별 기술·데이터·실증·산업 거점 조성 - 실제환경 훈련 및 고품질 실물 로봇 데이터 축적 - 응용검증·상시배치 및 대규모 적용	정부 주도 대규모 실증·산업화형
일본 	「AI 로보틱스 전략」(2026)	노동력 확보를 목표로 산업·사회현장 데이터를 활용한 AI 로봇의 대규모 도입·확산	- 산업·사회현장 데이터 활용 - 국산 멀티모달 기반모델 및 로봇 데이터 기반 구축 - 사용자기업 도입 지원 - R&D·현장 적용·인재양성 핵심 거점 구축	현장데이터 기반 도입·확산형
EU 	- 「Apply AI Strategy」(2025) - EIC 「Accelerating Physical AI」(2026)	AI·데이터·로봇 통합 및 산업수요와 연계한 피지컬 AI 개발·현장 적용	- 범유럽 연구기관 간 데이터·지식 공유 및 공동학습 - AI·데이터·시뮬레이션과 로봇의 통합형 R&D - 최종사용자 수요 기반 연구·시험·현장 적용 연계 - 실제환경 시험·검증 및 상용화 지원	범유럽 네트워크 기반 통합·수요 연계형
한국 	- 「K-휴머노이드 연합」(2025) - 「피지컬 AI 핵심 경쟁력 확보 전략」(2026)	휴머노이드 산업생태계 구축에서 피지컬 AI 전주기 경쟁력 확보로 확대	- AI 모델·휴머노이드 HW·핵심 부품 개발 - 휴머노이드 미래 원천기술 확보 - 데이터·AI 모델·컴퓨팅·디바이스 등 풀스택 기술 확보 - 제조 등 실제 산업현장 실증·확산	휴머노이드 생태계·피지컬 AI 풀스택 구축형

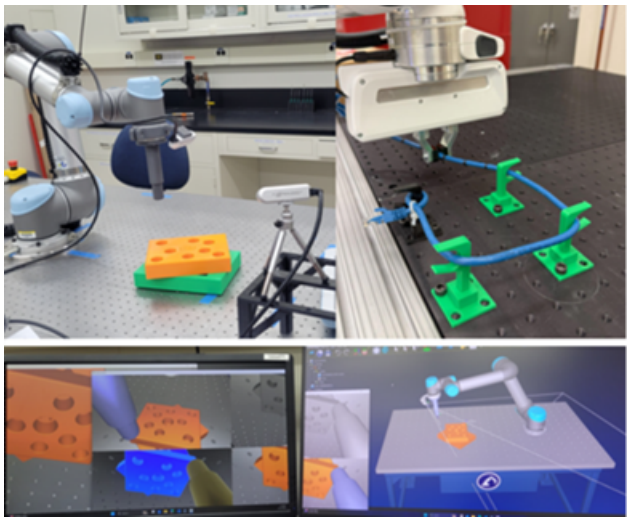
❍ (미국) 휴머노이드 완제품에 특화된 직접적인 산업육성보다는 AI·첨단제조 정책과 민관 R&D 체계를 기반으로 피지컬 AI 원천·응용기술을 개발하고, 시험·평가·표준 및 제조현장 적용을 통해 민간의 기술개발·산업화를 지원하는 방식이 두드러짐

- NRI, DARPA 및 Manufacturing USA 등을 통해 인간-로봇 협업, 로봇 자율성·조작기술 및 제조현장 적용을 위한 R&D를 지속적으로 지원
- 2025년 「America's AI Action Plan*」에서는 AI가 물리세계에서 구현되는 차세대 혁신기술로 로보틱스 등을 제시하고, AI·로봇 등 차세대 기술의 제조역량 강화와 관련 제조기술의 개발·규모화를 추진

  * AI·로봇 등 신기술에 대한 연방정부 투자를 우선하고, 기초·응용 제조기술의 개발·규모화를 지원하는 한편 제조·물류 및 국방·안보 분야의 활용 가능성을 제시

- NIST는 「Physical AI and Data Generation for Robotics」 프로젝트*를 통해 AI 기반 로봇의 제조현장 도입을 촉진하기 위한 성능지표·시험방법·표준·소프트웨어·프로토타입·데이터셋 개발을 추진

  * 학술연구에서 개발되는 AI와 실제 제조업에서 구현 가능한 AI 로봇 간 격차 해소를 목표로, 제조 로봇의 데이터 수집-전처리-학습-배포 과정에 대한 성능지표·평가방법을 개발하고 조립·정밀조작 등 실제 제조 적용범위를 확대



[그림 15] NIST 「Physical AI and Data Generation for Robotics」 프로젝트

자료: NIST(2026)

- ARM Institute는 Physical AI를 주요 중점영역으로 확대하고, 2025년 AI·로봇 기술 프로젝트를 통해 멀티모달 AI 로보틱스, 로봇의 신속한 작업전환·민첩성, 다중로봇-인간 협업 및 적응형 제어 등 제조현장 적용을 위한 기술개발을 지원

❍ (중국) 중앙정부의 전략적 지원, 지방정부의 산업거점, 대규모 실제 수요·실증환경을 결합하여 현장훈련-데이터 축적-모델·부품 개선-응용검증-규모화를 연계하는 산업화 전략이 특징

- 「휴머노이드 로봇 혁신발전 지도 의견(2023)」을 통해 휴머노이드를 미래산업의 새로운 성장 동력으로 제시하고, 혁신 시스템 구축, 핵심부품 공급망 강화, 산업생태계 조성을 추진

- 이후 휴머노이드와 구신지능(Embodied Intelligence)의 산업화를 위해 중앙정부 정책과 지방정부의 기술개발·실증·산업클러스터 조성 정책을 병행

※ ① (베이징) 구신지능 모델과 AI 칩, 전신제어 등 핵심기술 개발과 월드모델 시뮬레이션, 데이터 수집, 테스트 등의 공공플랫폼 구축 추진 ② (상하이) 휴머노이드 응용 시범 확대와 대규모 로봇 응용을 통한 행동데이터 구축 추진 ③ (선전) 핵심부품·AI 칩·AI-로봇 융합·멀티모달 인지·정밀제어 등 핵심기술 확보와 구신지능 로봇 산업클러스터 확대 추진

- 이를 종합하면 베이징의 기술·모델, 상하이의 데이터·실증, 선전의 부품·산업화 역량이 상대적으로 두드러지는 지역별 산업거점이 형성되는 양상



[그림 16] '베이징-상하이-선전' 차이나로보틱스 삼각엔진

자료: 머니투데이(2026)

- 2026년 공업정보화부(MIIT)와 국무원 국자위(SASAC)는 「휴머노이드 로봇 및 구신지능 실경실훈 특별행동」*을 통해 산업·서비스·특수 분야의 실제 환경에서 휴머노이드·구신지능 제품의 상시 훈련과 배치를 추진

* 실제 현장 훈련을 통해 구신지능 모델·알고리즘을 개선하고 실물로봇 데이터를 축적하는 동시에 핵심부품 성능 개선과 검증을 연계하여 '26년 말까지 100개 이상의 응용 시나리오 발굴과 1만 대 수준의 응용 규모 형성 목표

❍ (일본) 산업용 로봇의 기존 경쟁력에 산업·사회현장의 데이터를 결합하고, AI 로봇의 연구개발부터 사용자기업의 도입·확산까지 연계하는 현장데이터 기반 도입·확산 전략이 특징

- 「로봇 신전략(2015)」과 「로봇에 의한 사회변혁 추진계획(2019)」 등을 통해 로봇의 활용영역 확대를 추진하고, 서비스 로봇의 도입·확산을 위해 업무 프로세스와 시설환경을 로봇이 활용하기 쉬운 환경으로 전환하는 '로봇 프렌들리' 정책을 추진

- AI 기술 발전과 구조적인 인력부족에 대응하여 2026년 「AI 로보틱스 전략」*을 마련하고, AI 로봇의 개발과 다양한 산업·사회분야의 도입을 일체적으로 추진

  * 사용자기업의 AI 로봇 도입을 지원하고, 연구개발·현장 적용·인재양성의 허브 역할을 수행하는 AI 로보틱스 핵심거점 구축을 추진함과 동시에 '40년까지 1,000만 대의 로봇 도입과 제조·물류·건설·의료·식품 등을 포함한 18개 분야에서 AI 로봇의 현장 도입 확대 목표

- 특히 제조현장, 고령자 헬스케어, 재난대응, 후쿠시마 원전 폐로현장 등에 축적된 데이터를 일본의 경쟁우위로 활용하여 국산 멀티모달 기반모델 및 피지컬 AI·로봇 데이터 기반을 구축

〈표 3〉 일본 「AI 로보틱스 전략」의 주요 목표 및 2040년 KPI

목표	핵심 내용	2040년 KPI
국제경쟁력 확립	연구개발, 설계, 양산, 품질·안전, 보수 등 공급능력 강화를 통한 AI 로보틱스 산업을 중핵산업으로 발전	세계시장 점유율 30% 초과, 20조 엔 규모 획득
세계에 앞선 사회실장	사회실장 선행으로 현장 데이터·운용 노하우 축적, 평가·검증 및 모델 개선으로 환류하는 생태계 구축	데이터 순환과 기술 고도화
지속성장·사회과제 해결	인력 부족 대응, 사회필수 서비스 유지, DX·GX 추진, 경제안보상 자율성 및 핵심 공급능력 확보	특정 수치 미제시, 사회적 임팩트로 평가

자료: 한국로봇산업진흥원(2026)

- 기존 로봇 전략이 PoC·파일럿 등 실증 단계를 넘어 양산·보급·지속운용을 수반하는 본격적 현장 확산에는 미도달함에 따라 이번 전략은 공급 기반 조성과 수요 창출을 처음부터 연계하는 방식으로 전환

❍ (EU) 범유럽 연구협력을 기반으로 AI·데이터·로봇 기술을 통합하고, 최근에는 최종사용자의 수요와 실제환경 검증·상용화를 연계하는 방향으로 피지컬 AI 정책을 확대하는 것이 특징

- Horizon Europe을 중심으로 유럽 각국의 대학·연구기관·기업이 참여하는 공동 R&D를 지원

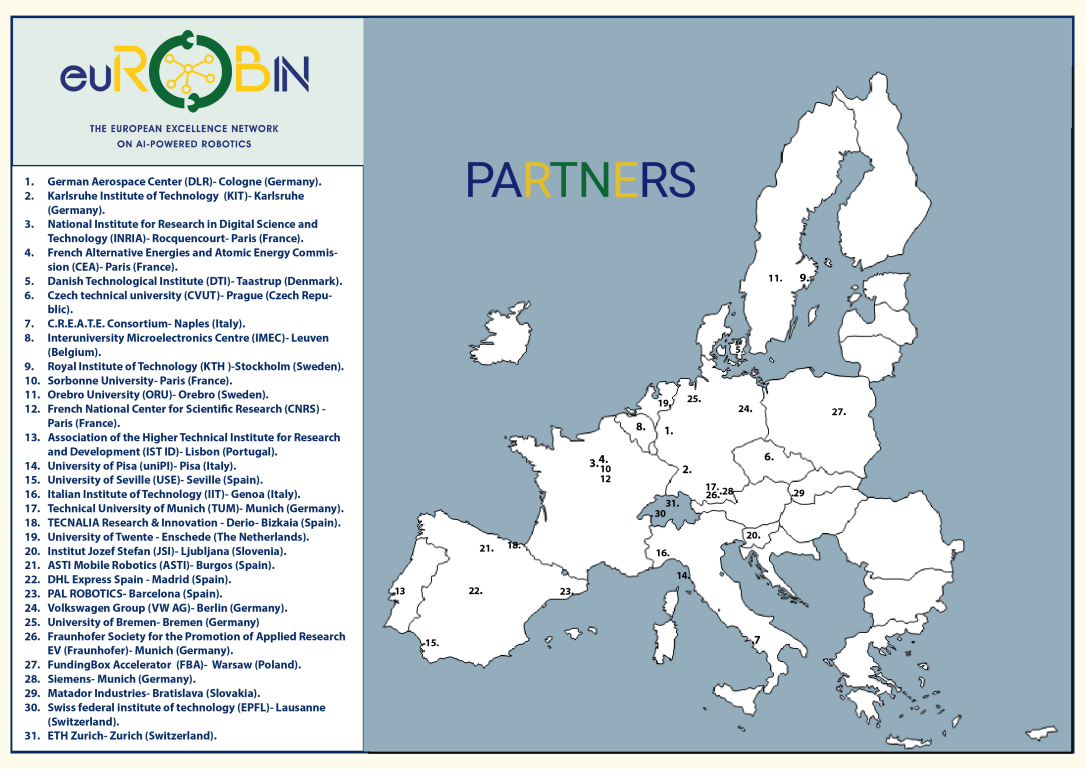
- euROBIN(2022~2026)을 통해 유럽의 주요 로봇 연구기관 간 소프트웨어·데이터·지식을 공유하고, 로봇·연구그룹·응용분야 간 지식·기술 이전과 공동학습을 촉진

- 최근 Horizon Europe 2026-2027 워크프로그램*에서는 로봇을 AI·데이터·시뮬레이션 등과 결합한 통합형 연구과제로 확대

  * AI 기반 로봇 시스템, 인간-AI 협업 등 산업현장 적용을 위한 연구를 확대하며, 로봇을 독립적인 자동화 장비가 아닌 AI·데이터와 결합된 통합 시스템으로 접근

- 2025년 「Apply AI Strategy」*를 통해 로보틱스를 AI 적용 핵심 산업분야로 설정하고, 실제 산업현장의 수요를 반영한 AI 도입·혁신을 촉진

  * European Robotics Catalyst를 통해 최종 사용산업·로봇 개발자·연구기관을 연결하고, 로봇 역량의 평가·검증과 조작·이동·상호작용 기술개발, 연구-시험-역량개발-현장 적용을 연계하는 체계 구축을 추진



[그림 17] euROBIN 범유럽 로봇 연구 네트워크

자료: euROBIN(2024)

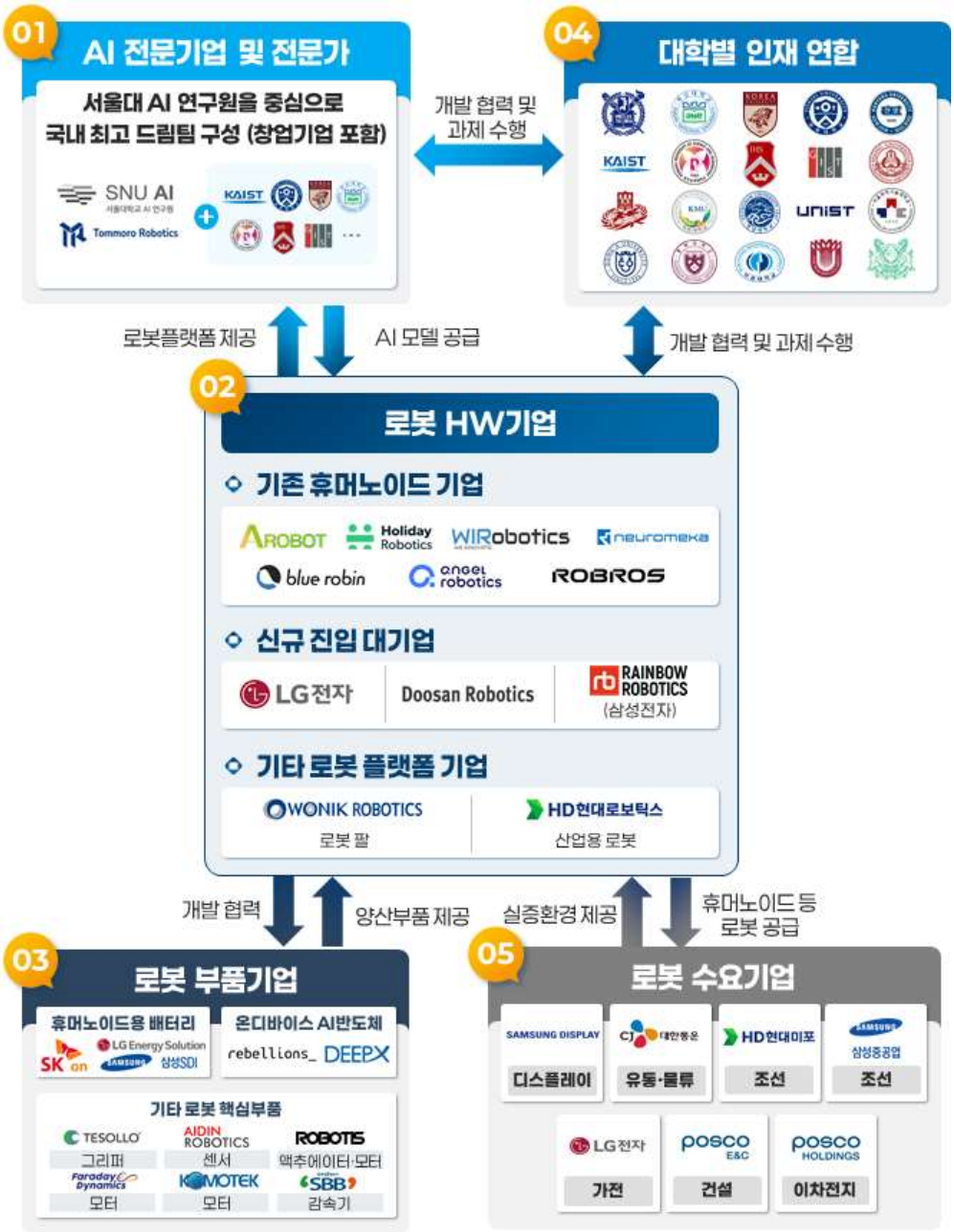
- 2026년 EIC는 「Accelerating Physical AI: Embodied Intelligence for the Next Frontier of AI-Powered Robotics」*를 통해 피지컬 AI의 개발·통합·현장 적용·상용화를 지원하여 유럽의 기술주권·지속가능성·글로벌 경쟁력 강화를 추진

  * 지능형 인지·추론, 적응학습·최적화, 자율적 의사결정·집단지능, 인간-AI 협업, 센서·액추에이터 등 물리적 통합·혁신을 주요 기술영역으로 제시하였으며 실제환경 적용·검증을 위해 잠재적 최종사용자·통합기업의 참여와 데이터 수집·시험 인프라 확보를 요구

❍ (한국) 기존 로봇산업의 기술개발·보급 기반에서 휴머노이드 산업생태계 및 미래 원천기술 확보로 정책 초점이 구체화되고, 최근에는 데이터·AI 모델·컴퓨팅·디바이스 등 피지컬 AI 풀스택 확보와 산업현장 적용을 포괄하는 전주기 경쟁력 강화로 정책범위가 확대되는 양상

- 「지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법」과 지능형로봇 기본계획을 중심으로 로봇 기술개발·보급·기업육성 기반을 구축해 왔으며, 「제4차 지능형로봇 기본계획(2024~2028)」을 통해 기술·인력·기업 등 핵심경쟁력 강화와 산업·사회 전반의 로봇 활용 확대를 추진

- 2025년 「K-휴머노이드 연합」을 출범하여 AI·로봇·부품·수요기업과 대학·연구기관이 참여하는 협력체계를 구축하고, 로봇 AI 파운데이션 모델, 고사양 휴머노이드 HW 및 센서·액추에이터 등 핵심부품 개발을 추진



[그림 18]「K-휴머노이드 연합」추진체계

자료: 산업통상부(2025)

- 과기정통부는「차세대 피지컬 AI 모델 기반 휴머노이드 미래선점기술 개발 전략(2025)」*을 통해 범용 휴머노이드 일상화에 대비한 미래 원천기술 확보를 추진

  * 공통기반·한계돌파·공백영역의 3대 축을 중심으로 9대 중점기술을 개발하고, 휴머노이드 기술수준을 '24년 세계 6위에서 '40년 3위로 향상하는 것을 목표

- 2026년에는 휴머노이드 개별 기술을 넘어 피지컬 AI 기반기술과 데이터·컴퓨팅·디바이스 및 산업 확산을 포괄하는 정책으로 범위를 확대

  ※ (제조AI 2030 전략) 실·가상 데이터와 제조 암묵지를 활용한 제조 특화 휴머노이드 실증을 확대하고, AI 에이전트·휴머노이드·제조 피지컬 AI를 결합한 AI 팩토리 구현을 추진

  ※ (피지컬 AI 핵심 경쟁력 확보 전략) 데이터·기술·확산·생태계의 4대 전략을 제시하고, 피지컬 AI 파운데이션 모델·월드모델 등 기반기술을 비롯한 피지컬 AI 풀스택 확보와 제조·농업·국방·돌봄 등 다양한 분야의 확산을 추진

〈표 4〉 국내 휴머노이드·피지컬 AI 관련 주요 정책

정책	주요 내용
제4차 지능형 로봇 기본계획(2024~2028)	- '30년까지 민관 3조 원 이상 투자하여 기술·인력·기업 등 3대 핵심경쟁력 강화 - 8대 핵심기술 확보, AI·SW 등 핵심인력 1.5만 명 양성, 로봇 전문기업 150개 육성 - 제조·서비스업에 '30년까지 로봇 100만 대 보급 및 핵심부품 국산화율 80% 달성 추진
K-휴머노이드 연합(2025)	- '30년 휴머노이드 최강국을 목표로 AI·로봇·부품·수요기업 및 대학·연구기관 등이 참여하는 협력체계 구축 - '28년까지 로봇 AI 파운데이션 모델 및 고사양 휴머노이드 HW 개발 - 힘·토크센서, 촉각센서, 액추에이터 등 휴머노이드 핵심부품 개발
차세대 피지컬 AI 모델 기반 휴머노이드 미래선점기술 개발 전략(2025)	- 미래시장 선점을 위한 휴머노이드 분야 글로벌 TOP 원천기술 확보, 공통기반·한계돌파·R&D 공백영역의 3대 축을 중심으로 9대 중점기술 개발 추진 - 휴머노이드 역량 수준을 '24년 세계 6위 → '40년 3위로 향상 목표 - 참여 석·박사 연구인력을 '40년까지 누적 1,000명으로 확대하고, '30년, '35년, '40년 단계별 시제품 개발·시연 추진
제조AI 2030 전략(2026)	- 실·가상 데이터 및 제조 암묵지를 활용한 제조 특화 휴머노이드 실증 확대 ※ ('25) 7개 업종 10개 현장 → ('26) 20개소 이상 → ('27) 누적 100개소 - 대형 제조AI 에이전트·휴머노이드·제조 피지컬 AI를 집약한 풀스택 AI팩토리 기술 개발 - 물리법칙 기반 AI 모델, 기기·로봇 연계, 저지연·고신뢰 네트워크 및 전주기 융합보안 기술 개발
피지컬 AI 핵심 경쟁력 확보 전략(2026)	- 세계 최고 수준의 피지컬 AI 풀스택 기술 확보 및 제조·농업·국방·돌봄 등 전 영역 확산 추진 - 범부처 데이터 라이브러리를 구축하고 범용·특화 데이터의 수집·활용체계 마련 - 피지컬 AI 파운데이션 모델·월드모델·컴퓨팅 플랫폼 등 3대 기반기술을 자체 확보하고 디바이스·통신·보안 기술 개발 병행 - 다양한 분야의 실증·상용화와 법·제도, 투자·인재, 표준·인증 등 생태계 조성 추진

자료: 한국 정책문건 저자 정리

4 정부R&D 투자 동향

□ (주요국) 최근 주요국 정부 R&D의 공통적인 변화는 '잘 걷는 이족보행 로봇 개발'에서 '범용 휴머노이드가 다양한 환경에서 인지→추론→조작→학습할 수 있도록 하는 피지컬 AI 개발'로 무게중심이 이동

〈표 5〉 주요국 휴머노이드 분야 대표 정부R&D 투자 내용

국가	미국	중국	일본	EU
프로젝트명	NSF Foundational Research in Robotics (FRR)	공업정보화 분야 혁신과제 임무·도전형 R&D – 휴머노이드 로봇 및 체화지능 기술	로봇 기반모델 R&D (GENIAC / 포스트 5G)	EIC Advanced Innovation Challenge – Accelerating Physical AI
주관	NSF (CISE·ENG)	공업정보화부(MIIT) ·응급관리부 등	METI·NEDO	European Innovation Council
기간	'20 ~	'26 ~ '28(목표)	'26 ~ (원칙 1년, 최대 3년)	'26 ~ '29 (Stage 1: 최대 9개월, Stage 2: 최대 2.5년)
규모	사업 전체 고정예산 미공표 개별 과제 중심	중앙정부 총액 미공개	개별 과제 지원 방식	2026 Stage 1: €3M(10개×€0.3M), Stage 2: 과제당 최대 €2.5M
주요 내용	AI·인지·학습·제어 ·이동·조작 등 Embodied Intelligence 및 로봇 원천기술 연구 (휴머노이드·legged robot 연구도 지원 가능)	멀티모달 Embodied AI 대형 모델, 월드 모델, 지능형 로봇 기술 등 개발 (2028년까지 시각·언어 ·힘/촉각·본체상태 등 4종 이상 모달리티 융합 등의 정량목표 제시 ※ 휴머노이드+Embodied AI를 국가 핵심 기술공략 과제로 지정	VLM·월드 모델 등을 활용해 로봇이 실제 환경을 인식·판단·행동하도록 하는 Robot Foundation Model 개발 (2026년 후속 공모부터 휴머노이드·모바일 매니퓰레이터 등 다목적 로봇 포함)	Embodied Intelligence 기반 Physical AI 인지·학습 ·자율 의사결정·안전한 인간-로봇 상호작용 등을 실환경에서 구현 (휴머노이드 프로젝트 (HIVE, Robody 등) 포함)
수행주체	대학·연구기관	기업·연구기관 컨소시엄	기업·대학 등	기업·대학·연구기관
투자방향 변화	DARPA식 챌린지 → AI·Embodied Intelligence 원천연구	국가 전략, 핵심기술 임무·도전형, 산업화	하드웨어 플랫폼 → 로봇 파운데이션 모델	Horizon 로보틱스 → Physical AI/ Embodied Intelligence

자료: 美 NSF 홈페이지(2025), 中 NCSTI 홈페이지(2026), 日 NEDO 홈페이지(2026), 歐 EIC 홈페이지(2026)

□ (국내) 휴머노이드 분야 정부R&D 투자는 초기 단계에 있으며, 주요 사업 수행 부처는 과기정통부와 산업부이나 출연연구소에서도 현장 적용성 및 자율 판단성 확보 등을 특징으로 하는 휴머노이드 개발 수행 중

❍ (부처) 과기정통부는 파운데이션 모델 개발 등 AI(SW) 핵심기술 확보를, 산업부는 휴머노이드 앵커기업 중심의 산업생태계 구성 및 지원을 주요 목표로 하여 R&D 사업에 투자

❍ (출연연) 전략연구단, 전략연구사업 등을 활용한 대규모 투자를 통해 실제 폼팩터 제작부터 AI 모델 개발까지 진행하여 각 연구소만의 플랫폼*을 구축·고도화하기 위해 노력 중

* (기계연) 카이로스(KAIROS), (KIST) 케이펙스(KAPEX)

〈표 6〉 휴머노이드 분야 정부R&D 주요 사업

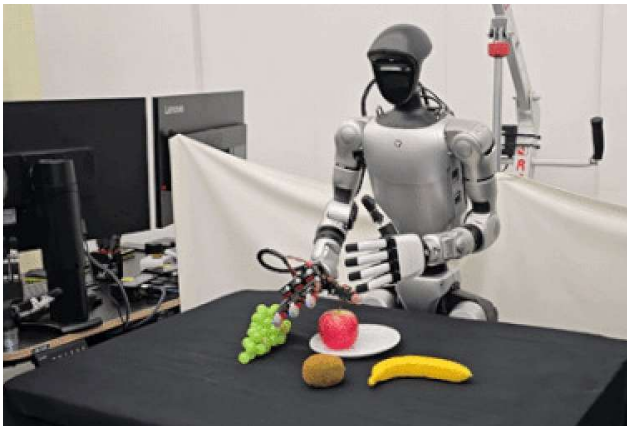
부처·기관	과기정통부	산업부	기계연	KIST
			글로벌TOP전략연구단	출연연전략연구사업
사업명	AI휴머노이드개발을위한 민관협력원천기술고도화	휴머노이드 로봇AX기술개발	자율성장AI 휴머노이드전략연구단	자율구성모듈형 휴머노이드개발단
사업기간	'26 ~ '30 (5년)	'26 ~ '30 (5년)	'25.5월 ~ '30.4월(5년)	'26 ~ '30 (5년)
총사업비	485억원(국비 354억원)	국비 295억원	국비 1,050억원	국비 228억원
'26년 예산	64억원	59억원	210억원	33억원
사업목적	민·관 협력 기반 체화 AI휴머노이드 핵심기술 패키지 개발·실증	제조현장·일상생활용 휴머노이드 로봇 기술개발 내재화	산업현장·일상용 휴머노이드 로봇 실현 ※엔지니어, 하우스키퍼 등	자율판단 기반 작업 최적으로 신체를 스스로 선택·구성하는 모듈형 휴머노이드 개발

자료: 열린재정 재정정보공개시스템(2026), 한국기계연구원(2025), 중앙일보(2026) 저자 정리



[그림 19] 탈춤을 추고 있는 기계연의 카이로스

자료: 투데이에너지(2026)



[그림 20] KIST의 케이펙스가 과일 모형을 잡는 모습

자료: 뉴스1(2025)

□ (과제) '25년 기준 예산 5억 원 이상의 정부R&D 과제에 투자한 부처로는 과기정통부, 산업부, 복지부가 있으며, 다양한 목표의 과제로 구성된 포트폴리오 형태로 투자가 진행되고 있음

❍ (과기정통부) 휴머노이드의 촉각·후각 등 감각 센서 및 데이터 처리 기술, 로봇 학습·실패회복 기술과 센서·AI·인간-로봇 상호작용 기반 실환경 실증 기술개발에 중점 투자

〈표 7〉 휴머노이드 분야 정부R&D 주요 과제 – 과학기술정보통신부

과제명	안전로봇 실시간 상호작용 가능 휴머노이드 골격 맞춤형 3D 인쇄회로기판 소재 및 공정 기술개발	휴머노이드 후각디스플레이센터	실세계 조작과 보행을 위한 멀티모달 휴머노이드 파운데이션 AI 모델 개발	AI·안전로봇(Googi) 및 기업 수요기반의 로봇 고도화 기술 개발
사업명	나노·소재기술개발 (국가전략기술소재개발)	집단연구지원 (선도연구센터(IRC))	최고급AI해외인재유치지원	대학연구소·스타트업 공동혁신R&D지원
'25년 예산	14억원	50억원	10억원	15억원
과제내용	자유형상 입체면상 직접인쇄 및 패키징 기술, 휴머노이드용 3D프린팅 촉각 센서 어레이 인쇄 및 센서 성능 평가 등	바이오소재 기반 후각 수용체 개발, 냄새분자 신호패턴화 기술개발, 다중 센서 데이터 통합 및 분석 등	제약 기반·실패 데이터의 포괄 학습, 작업 성공률, 실패 회복률, 안전 준수율 등을 지표로 삼아 Real2Sim2Real 전이 효과를 검증	사족보행·휴머노이드 로봇의 센서·AI·HRI·충격흡수 기술을 개발하고 실환경 테스트베드를 통해 적용 가능성을 검증

자료: NTIS(2026) 저자 정리

❍ (산업부) 모터·액추에이터·감속기 등 핵심부품의 성능 고도화와 전신 플랫폼 통합, 다중감각·AI 기술 및 실증환경 구축, 비즈니스 현장 적용을 위한 훈련·표준화 데이터 구축에 중점 투자

〈표 8〉 휴머노이드 분야 정부R&D 주요 과제 – 산업통상부

과제명	AI 휴머노이드 로봇 기술혁신 센터 구축	고기동 휴머노이드를 위한 소형 고출력 축방향 자석 모터 기반 구동모듈 시리즈화 개발·실증	AI 내장형 다중감각지능 통합모듈 및 로봇 플랫폼 실증기술 개발	초감각 증강 양방향 소통 가능한 휴머노이드 플랫폼
사업명	산업혁신기반구축	소재부품기술개발 (이종기술융합형)		산업기술알키미스트 프로젝트사업
'25년 예산	15억원	6.4억원	9.9억원	5.1억원
과제내용	AI 휴머노이드 로봇을 실제 비즈니스 현장에 투입할 수 있도록 훈련 체계를 마련하고, 이를 뒷받침할 표준화 데이터셋을 구축	모터, 액추에이터, 감속기 제작 및 성능 평가 후 휴머노이드 전신 플랫폼 내 실증 시나리오 및 실시간 보행 패턴 기반 모듈 통합	초기 실증 시나리오 기획 및 실증 환경 구축, 다중감각 센서 통합 로봇플랫폼 개발, AI 기술개발 및 적용	인지/감각 복원을 위해 촉각 자극 기반 Haptic 액추에이터, 시청각자극을 위한 AR/VR 기반 멀티모달, 감각 증강을 위한 시스템 등 기본 설계

자료: NTIS(2026) 저자 정리

❍ (복지부) 임상 요구와 수술데이터를 기반으로 수술보조 휴머노이드의 HW·AI·제어 기술을 통합 개발하고, 영상·음성 AI 및 안전제어 기능과 시제품·실증을 통한 성능검증·인허가 기반 마련에 투자

〈표 9〉 휴머노이드 분야 정부R&D 주요 과제 – 보건복지부

과제명	실시간 수술 상황과 의료진의 의도에 기반한 휴머노이드 수술 보조 로봇	신뢰가능한 시각·언어·행동 모델 인공지능 기반 휴머노이드형 수술 보조 로봇 개발	AI 기반 수술 환경 적응형 수술보조로봇 플랫폼 개발
사업명	한국형 ARPA-H 프로젝트(임무중심R&D)		
'25년 예산	5억원	5억원	5억원
과제내용	의료진 요구·수술데이터 확보를 기반으로 휴머노이드 수술보조 로봇과 영상·음성 AI, 안전제어 기술을 개발하고 시제품 성능을 검증	임상·하드웨어·소프트웨어 간 협업을 통해 수술데이터 확보, 로봇 하드웨어 및 AI·제어 기술을 통합 개발하고 L0 수준 기능 검증	임상 요구를 반영한 수술보조 휴머노이드 시제품과 제어·Vision AI·LLM을 개발하고 동물실증 및 인허가 기반을 마련

자료: NTIS(2026) 저자 정리

5 결론 및 시사점

□ 정부 R&D는 국산 휴머노이드 개발과 병행하여 휴머노이드가 지속적으로 진화 가능한 생태계의 도입과 구축을 목표로 제시하여야 함

❍ 차세대 휴머노이드의 경쟁력은 실증을 기반으로 얼마나 많은 양질의 행동데이터를 확보하고, 이를 다시 AI 모델의 학습과 제품 개선에 활용하는가에 의해 결정될 것으로 예측됨

❍ 개별 기업이 자체적으로 충분한 행동 데이터와 대규모 AI 컴퓨팅 인프라를 확보하기에는 난도가 있으므로 정부는 산업계의 플레이어들이 공통으로 활용 가능한 행동데이터·시뮬레이션 환경과 컴퓨팅 인프라 등의 기반을 집적 구축하여 국내 기업의 진입 장벽을 완화하는 것에 주력해야 함

□ 이에 따라, 향후의 휴머노이드 R&D 성과는 완성된 휴머노이드의 수에서 나아가 데이터 플라이휠(Data Flywheel)이 얼마나 빠르게 이루어지는가를 중점적으로 검토할 필요

❍ 휴머노이드 산업의 방향성을 고려하여, 정부 R&D의 핵심 성과는 고도화된 폼팩터 구축에 더해 국내에서 하드웨어→AI→데이터→실증→재학습으로 이어지는 데이터 플라이휠의 구축 여부와 이의 관리가 포함되어야 함

❍ 구체적으로, 개발된 휴머노이드 수, 소재·부품 국산화율 등 기존의 정량적 성과지표에 데이터 축적량·재학습 주기·모델 성능 개선속도 등 생태계의 순환 속도를 측정할 수 있는 성과체계 도입 필요

□ 또한, 휴머노이드 도입이 필요한 특화 환경에서의 재학습 순환이 빠르게 형성되도록 실제 수요를 중심으로 한 실증체계 구체화 필요

❍ 휴머노이드가 요구되는 산업(제조·물류·돌봄 등)과 세부적인 작업 지시를 구체적으로 선정하고, 실제 현장에서 반복적인 실증을 수행함으로써 각 환경에 특화된 행동데이터가 지속적으로 축적될 수 있도록 지원 필요

❍ 특히, 생성된 데이터가 단발성 실증에 그치지 않고 다시 특화된 모델 학습과 개선으로 환류되도록 사업을 구성하고, 생성된 데이터를 다수의 기관이 활용할 수 있도록 데이터셋 생성 장려

□ 휴머노이드 정책의 목표는 국내에 다양한 기관·기업이 활용할 수 있는 데이터·컴퓨팅 인프라 기반을 구축하고, 여기에 한국이 보유한 하드웨어 기술을 더해 다양한 형태의 국내외 휴머노이드를 생산·학습 가능한 개방형 생태계를 구축하는 데 주력할 필요

❍ 미국의 AI 역량과 중국의 대규모 공급망을 동일한 방식으로 추격하기보다 한국의 강점인 생산 역량을 AI·특화 데이터셋·컴퓨팅 인프라와 연결, 지속적인 학습과 산업 확장이 가능한 개방형 생태계를 구축함으로써 글로벌 휴머노이드 산업에서의 경쟁력 제고 필요

❍ 특정 폼팩터의 휴머노이드 개발 성공 여부와 무관하게 국내에 구축될 생태계를 활용, 글로벌 휴머노이드 산업에서의 핵심 가치사슬을 확보할 수 있다면 산업 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 예측

참고문헌

〈보고서 및 사이트〉

- The White House, Winning the AI Race: America's AI Action Plan, 2025.7.23.
- ARM Institute, 2025 Impact Report, 2026.5.27.
- 한국유럽연구센터(KERC), 2026년판 KERC SUPPORTERS 유럽 주요 분야별 연구 및 정책 동향, 2026.4.23.
- 한국로봇산업진흥원(KIRIA), 일본 AI 로보틱스 전략, 2026.5.21.
- https://www.nist.gov/programs-projects/physical-ai-and-data-generation-robotics
- https://arminstitute.org/news/25-01-core/
- https://kw.beijing.gov.cn/zwgk/zcwj/202502/t20250227_4020661.html
- https://stic.sz.gov.cn/gkmlpt/content/12/12851/post_12851036.html#4165
- https://www.miit.gov.cn/zwgk/zcwj/wjfb/tz/art/2026/art_f291ccd3da4c47ce95741de63cc088e6.html
- https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/robot/index.html
- https://www.meti.go.jp/speeches/kaiken/2026/20260630001.html
- https://cordis.europa.eu/project/id/101070596
- https://cordis.europa.eu/programme/id/HORIZON_HORIZON-EIC-2026-AIC-01
- https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/apply-ai
- https://futurium.ec.europa.eu/de/apply-ai-alliance/news/apply-ai-strategy-accelerating-ai-powered-robotics-europe

〈보도자료 및 뉴스〉

- 산업통상자원부, 2024~2028년 로봇산업 육성을 위한 청사진 나왔다, 2024.1.16.
- 산업통상자원부, K-휴머노이드 연합 출범, 2025.4.10.
- 산업통상부, 인공지능이 이끄는 제조업의 대전환, 2030년 청사진 나왔다, 2026.6.29
- 과학기술정보통신부, 2040년 인간형 로봇(휴머노이드) 일상화 시대 대비, 미래선점기술 확보 방향 제시, 2025.5.29
- 과학기술정보통신부, 대한민국을 명실상부한 물리적 인공지능(피지컬 AI) 1강으로,,, 과기정통부, 「물리적 인공지능(피지컬 AI) 핵심 경쟁력 확보 전략」 발표, 2026.7.1
- 머니투데이, '베·상·선' 삼각 엔진, 질주하는 차이나로보틱스, 2026.6.24.

저자

KISTEP 성장동력투자전략센터 김준희 부연구위원 (tedpoll@kistep.re.kr, 043-750-2649)

KISTEP 성장동력투자전략센터 정두엽 부연구위원 (dooyupjung@kistep.re.kr, 043-750-2728)

KISTEP 성장동력투자전략센터 유하린 위촉연구원 (yyhr00@kistep.re.kr, 043-750-2742)

| 편집위원 소개 |

전 승 수 선임연구위원

이 광 현 연구위원

이 승 필 연구위원

주 경 원 부연구위원

허 아 람 선임전문관리원