

생성형 AI + 로봇, AI 휴머노이드 시대

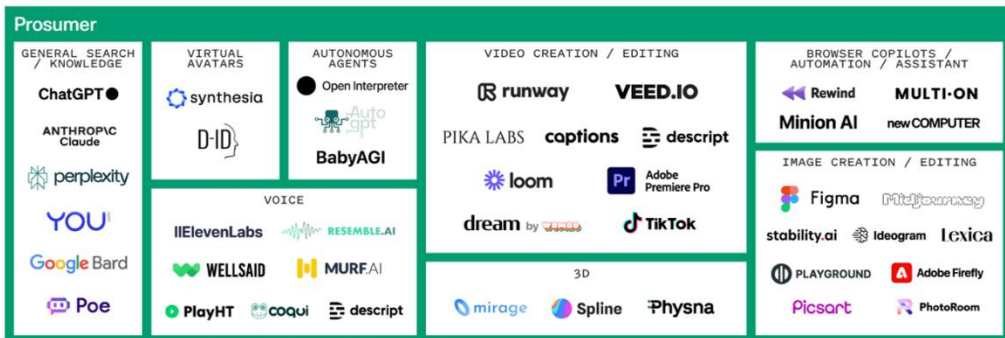
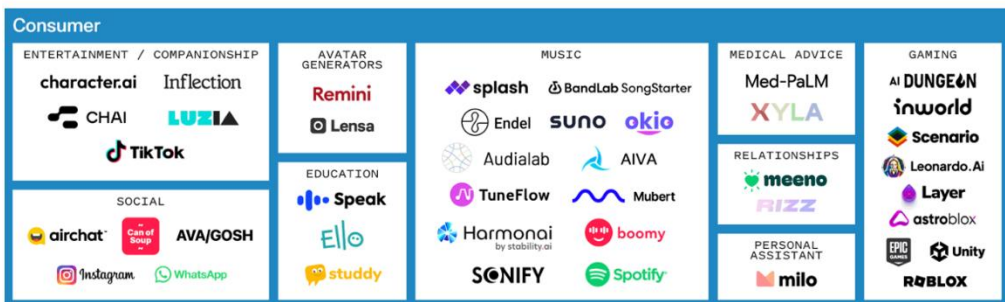
2025. 03. 26

KIST AI.로봇연구소
김익재

Generative AI (생성형 AI)

✓ 생성형 AI 기술의 급속한 발전 과 파급력

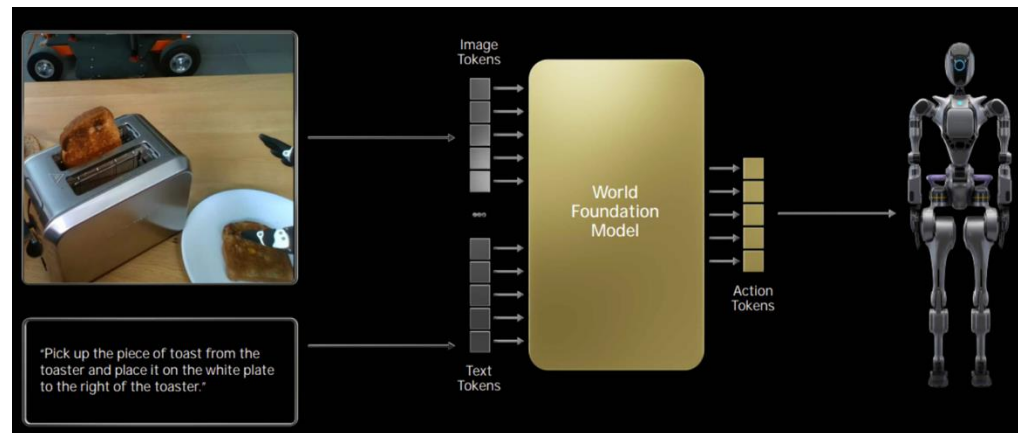
- 최근 챗GPT, DALL-E, 미드저니 등 생성형 AI 기술이 다양한 분야에서 창의적 콘텐츠를 생산하며 큰 사회적 반향을 일으키고 있음
- 생성형 AI는 기존 인간의 창의적 작업 영역을 대체하거나 보완하는 수준으로 발전하여 사회 전반의 업무 방식을 근본적으로 변화시키고 있음



Physical AI (피지컬 AI)

✓ "로봇을 위한 챗GPT 시대가 다가오고 있다" (젠슨황)

- 휴머노이드 로봇·자율주행차와 같은 물리적 기기에 탑재되는 인공지능(AI)을 의미
- 기기에 채택된 AI가 실제 물리적 거리감을 인식해 다양한 활동이 가능하며, AI가 실제 물리적 기기에 이식된다는 점에서 'AI 실물화'
- 생성형 AI가 디지털 공간에서의 작업에 중점을 둔다면, 물리적 AI는 실제 세계를 이해하고 상호 작용을 한다는 특징
- 물리적인 역학, 공간적인 관계, 물리적 환경의 뉘앙스를 이해하는 AI 모델이 필요하고, 로봇은 Physical AI 모델을 필요로 함



CES 2025, Nvidia CEO Jensen Huan

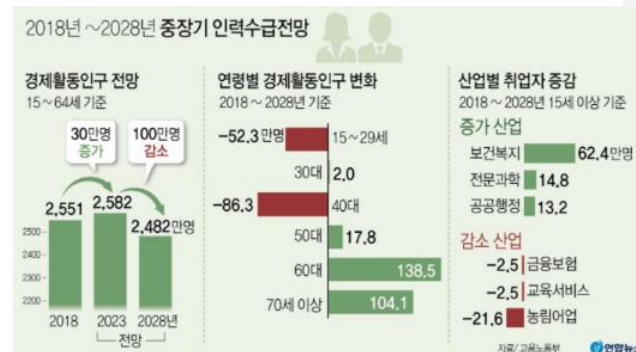
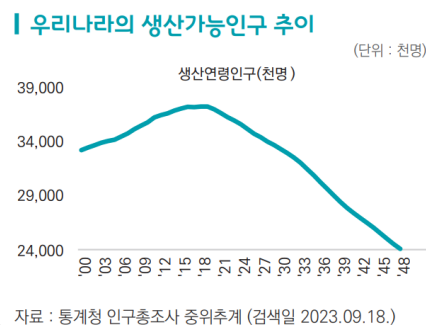
✓ **생산 가능 인구 감소로 인한 노동력 부족으로 국가 경쟁력 약화 전망**

- 우리나라는 2025년 초고령 사회, 2033년 저출생 시대 진입

- 65세 이상 고령층 비중은 증가(22년 17.5% → '50년 40.1%)
- 생산가능인구는 감소('22년 71.1% → '50년 51.1%)
- 맞벌이 가구 비중('23년 48.2%), 1인취업가구 비중(63.3%) 매년 증가

※ 생산가능인구는 만 15-64세의 인구로, 생산연령 인구라고도 함

- 생산 가능 인구 감소 및 인구구조 변화에 따른 부정적 효과 상쇄를 위한 정책



✔ **AI로봇을 통한 제조, 물류, 가사, 돌봄 등 노동 공백 대체 가능성 급부상**

- 생산 가능 인구 감소가 경제성장 둔화로 직결되는 상황에서 **노동공급의 축소 극복 방안 마련 필수**

- 수년내 부족한 노동력을 대체하기 위해 휴머노이드와 같은 **AI로봇 산업현장 투입**이 예상

- '23년 Tesla: 수년안에 공장에서 일할 수 있는 2만불 수준의 휴머노이드 개발 보급 발표
- '25년 Figure AI: 2029년까지 휴머노이드 10만대 보급 발표
- '22년 Goldman Sachs: 2030년 미국 제조업 인력 부족분의 4%를 채워줄 수 있고, 2035년 글로벌 노인케어의 2%를 감당할 것으로 예상

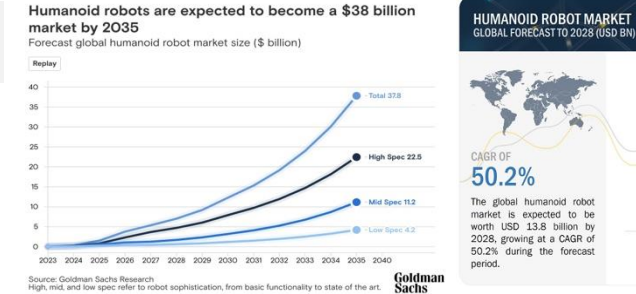
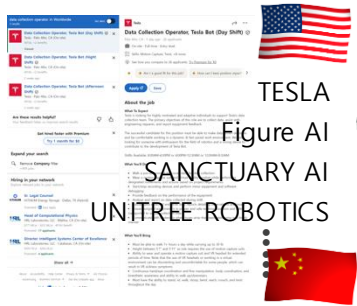


이미 시작된 휴머노이드 전쟁

- ✓

차세대 핵심 성장 산업: 스마트폰, 전기차 다음은 휴머노이드
- 휴머노이드 로봇 시장 매출은 '28년까지 약 169억 9천만 달러(약 22조원), '35년까지 378억 달러(약 50조원)로 전망 (Goldman Sachs)
 - '24년 보고서 '22년 보고서 대비 3~5배 상향조정, 로봇 부품 가격 인하와 인공지능 발전이 핵심 요인
 - 휴머노이드 로봇 시장은 '23년부터 '28년까지 **연평균 성장률 (CAGR) 50.2%**를 기록할 것으로 전망 (Market and market)
 - 수명비용 20만불 휴머노이드를 2만시간 사용후 폐기할 경우 시간당 비용 '35년 1달러, '40년 0.1달러까지 하락할 것으로 전망 (RethinkX)
- ✓

'23년부터 미·중 기업 주도의 휴머노이드 기술 패권 경쟁 – “글로벌 AI기업의 전쟁터”



Jensen Huang

CEO of NVIDIA

(2025.01.06. CES 2025 기조연설)

젠슨 황이 짚은 미래 먹거리...피·지·컬·A·I [스페셜리포트]

Elon Musk

CEO of TESLA

(2025.02.01. 테슬라 컨퍼런스콜)

2025년에 옵티머스 최대 1만대 생산, 이후 매년 10배씩 증산 계획

- ✓

추격을 준비하는 대한민국, 선진국 대비 기술격차 급속도로 확대 중

- '24년 12월 국가첨단전략기술에 “휴머노이드 로봇” 지정
- '25년 CES 등에서 삼성, LG 등 대기업 휴머노이드 개발을 발표
- '24년 과기정통부, 산업부 등에서 요소기술에 대한 AI휴머노이드 R&D 지원



뉴시스 PICK · 1주 전 · 네이버뉴스

테슬라·엔비디아에 삼성·LG도 뛰어든다[휴머노이드 경쟁③]

삼성전자와 LG전자도 휴머노이드 로봇 개발을 서두르고 있다. 삼성전자는 국내 로봇 전문기업 레인보우로보틱스에 지난 2023년 868억원을 투자해 2대 주주에 올랐으며, 지난해 콜옵션을 통해 지분을 35%로 확대, 최...

▶ 생산 인구 감소에 따른 노동력 부족 문제 해결을 위한 대안

고령화 및 출산율 저하로 제조, 물류 등
중요 분야에서 심각한 노동력 부족 발생
→ 자동화를 통한 생산성 및 효율성,
안전성 향상을 위한 대안

ChosunBiz

“심각한 저출산에 인력부족 위기... 30~44세 女·고속권 외국인 고용 늘려야”

“10년 뒤 저숙련 제조업 고용자 10.2% 감소”

합계출산율 0.78명 ‘세계 최저’

“2030년부터 노동인력 부족 우려”

여성 취업 늘면 고속권 서비스업 고용 증대 효과

50~66세 고용 늘면 저숙련 서비스업 인력 확충

2023.05.09.

▶ 휴머노이드 로봇의 상용화 및 대량 생산에 대한 기대감 상승

미국(Tesla, Figure AI, Agility Robotics), 중국(Unitree,
Fourier Intelligence, Xiaomi) 등의 주요 기업들이
새로운 기능을 탑재한 휴머노이드 로봇을
선보이며 상용화 시대를 주도

maeil 매일일보

[기획]21조 '위드 로봇' 시장 잡아라... 휴머노이드 시장 들쭉

2023.11.13

▶ 글로벌 시장 잠재력 높아...2027년까지 연평균 53.45% 성장 전망
비대면 전환·노동력 부족 현상에 수요 급증...각국서 개발 착수 나서
완성차부터 물류업체까지 '로봇 홀릭'...각 분야 도입·적용 사례 증가
성능 고도화·신뢰도 확보는 숙제...연구개발 투자 확대 필요성 제기

▶ 정체된 국내 휴머노이드 개발에 대한 위기감 고조

‘네트워크 기반 휴머노이드 로봇 기술 개발’
이후 정부의 지원은 전무함

→ 일부 연구소, 기업 및 대학들이 독립적으로
소규모 연구 개발을 추진

국내의 휴머노이드 로봇 기술은 전 세대 로
봇에 초점을 맞추어 있으며 세계적인 선두
주자들에 비해 뒤쳐진 상태

→ 빠른 시간 내에 추격하고 추월을 위한 기술
개발 지원이 필요

이데일리

[단독] 3년 후 ‘휴머노이드’ 시대 온다?.. ‘휴보’ 이을 韓프로젝트는 ‘0’

2024.03.09



영화 (1999)
"Bicentennial Man"

▶ 인간 생활환경에의 **적응성** (Adaptability in Human Environment)

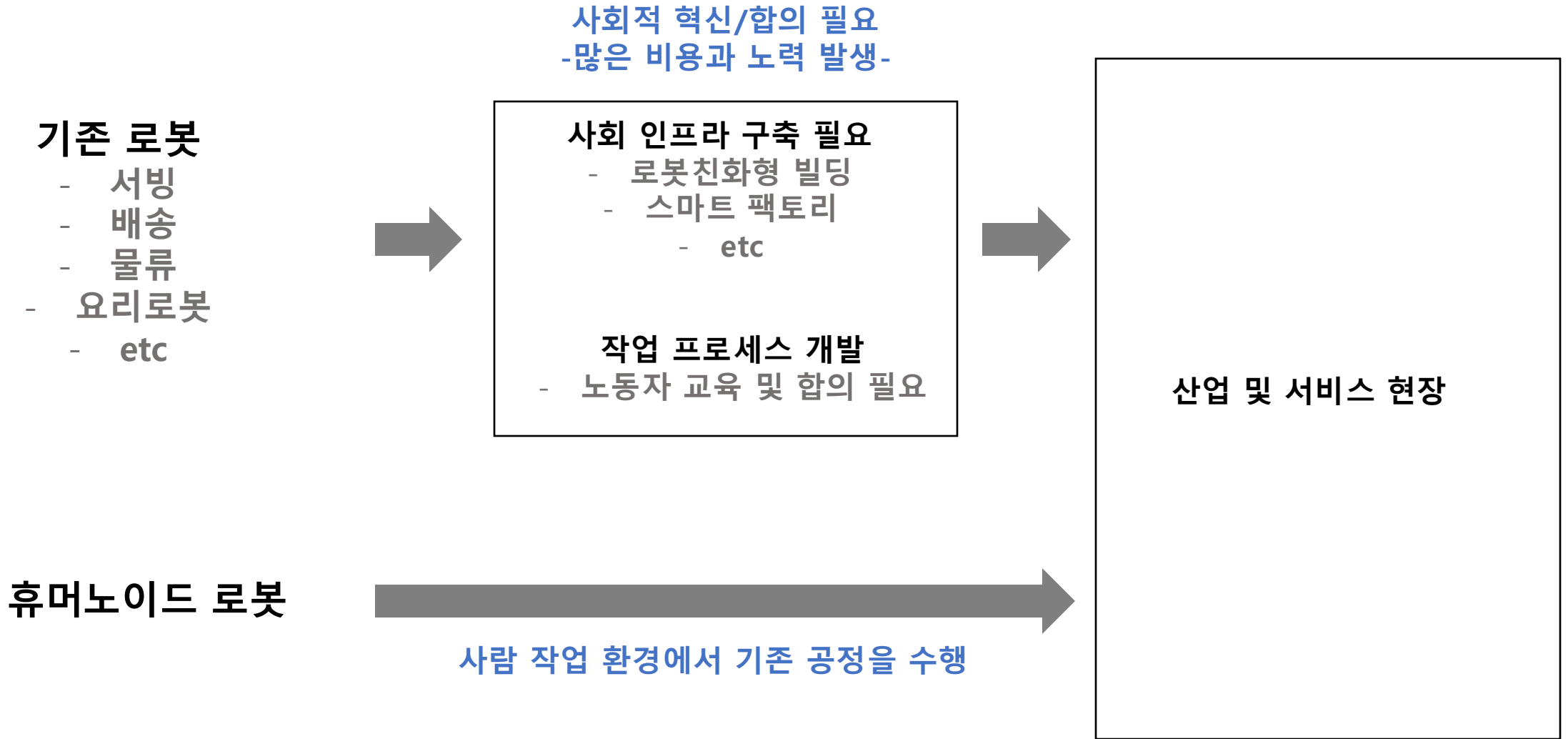
- ✓ 사람의 생활 공간 및 도구에 최적화
- ✓ 인간 환경 내 **고이동성** 및 **넓은 적용 범위**

▶ 인간과의 **동형성** (Isomorphism)

- ✓ 자연스러운 **인간과의 상호작용**
- ✓ 작업 및 동작 교시의 **편의성**

▶ 인간과의 **친화성** (Friendliness & Affinity)

- ✓ 사람과 같은 외형에서 오는 **친근감**
- ✓ 사람에게 위화감이 없는 **동작 및 운동성**



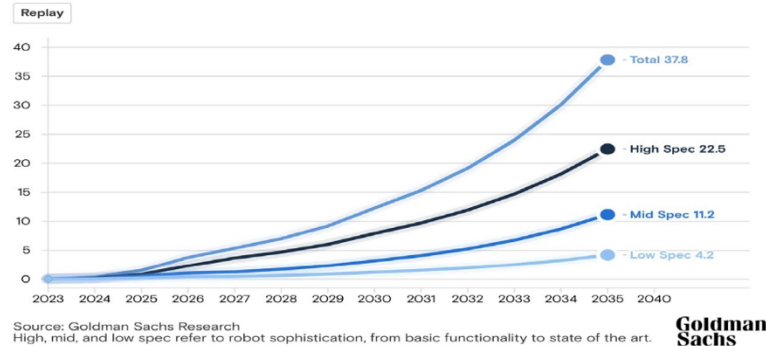
❖ 기존 로봇은 사회적 혁신이 동반되어야 한다면, 휴머노이드 로봇은 기술 혁신 중심이라는 차별성이 있음



해외시장

Humanoid robots are expected to become a \$38 billion market by 2035

Forecast global humanoid robot market size (\$ billion)

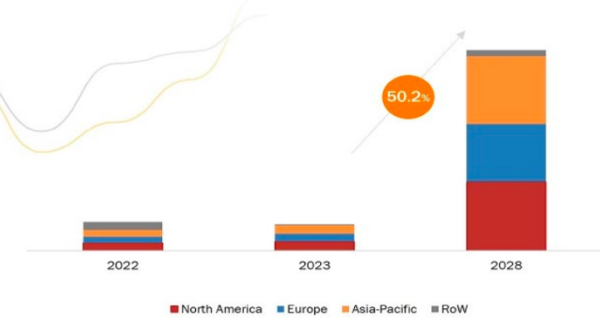


HUMANOID ROBOT MARKET GLOBAL FORECAST TO 2028 (USD BN)



CAGR OF
50.2%

The global humanoid robot market is expected to be worth USD 13.8 billion by 2028, growing at a CAGR of 50.2% during the forecast period.



- Goldman Sachs는 휴머노이드 로봇 시장은 **2028년까지 약 169억 9천만 달러(약 22조원), 2035년까지 378억 달러(약 50조원)**로 전망
- 휴머노이드 로봇 시장은 2023년부터 2028년까지 **연평균 성장률 (CAGR) 50.2%**를 기록할 것으로 기대됨
- 미국 제조업 노동력 부족의 4%, 2035년까지 전세계 노인 간병 수요의 2%를 채울 수 있을 것으로 전망

국내시장

- 국내의 휴머노이드 로봇 시장은 태동기로 점진적으로 **이동로봇 중심에서 휴머노이드 로봇으로 진화**할 전망
- 삼성, 현대자동차, LG, 두산로보틱스, 한화로보틱스 등 주요 기업들이 **휴머노이드 로봇의 개발 시장에 진출**
- 서비스 로봇 기술에서는 미국과 2.5년, 재난 구조/극한 탐사 및 스마트 제조 로봇 기술 분야에서는 미국과 3년의 기술 격차

AS WAS : 과거 휴머노이드 로봇



KIST MAHRU

삼성 Roboray

KAIST HUBO

서울대 TOCABI



HONDA ASIMO



DLR TORO



AIST HRP



IIT I-CUP



NASA Valkyrie



PAL TALOS



Toyota HR-3



IHMC Atlas

- 고감속비 모터, 고하중 HW
- 느리지만 정밀한 보행 및 작업 제어 위주의 연구
- 연구용 플랫폼으로 주로 활용

구동 기술 기반
운동 능력 개선

인공 지능 기반
작업 능력 개선

AS IS : 현재 휴머노이드 로봇



Fourier GR-1



Unitree H1



- 경량 HW 구조 및 고속-고출력 구동기
- 높은 안정성의 민첩한 이동 능력 지향



Figure 01

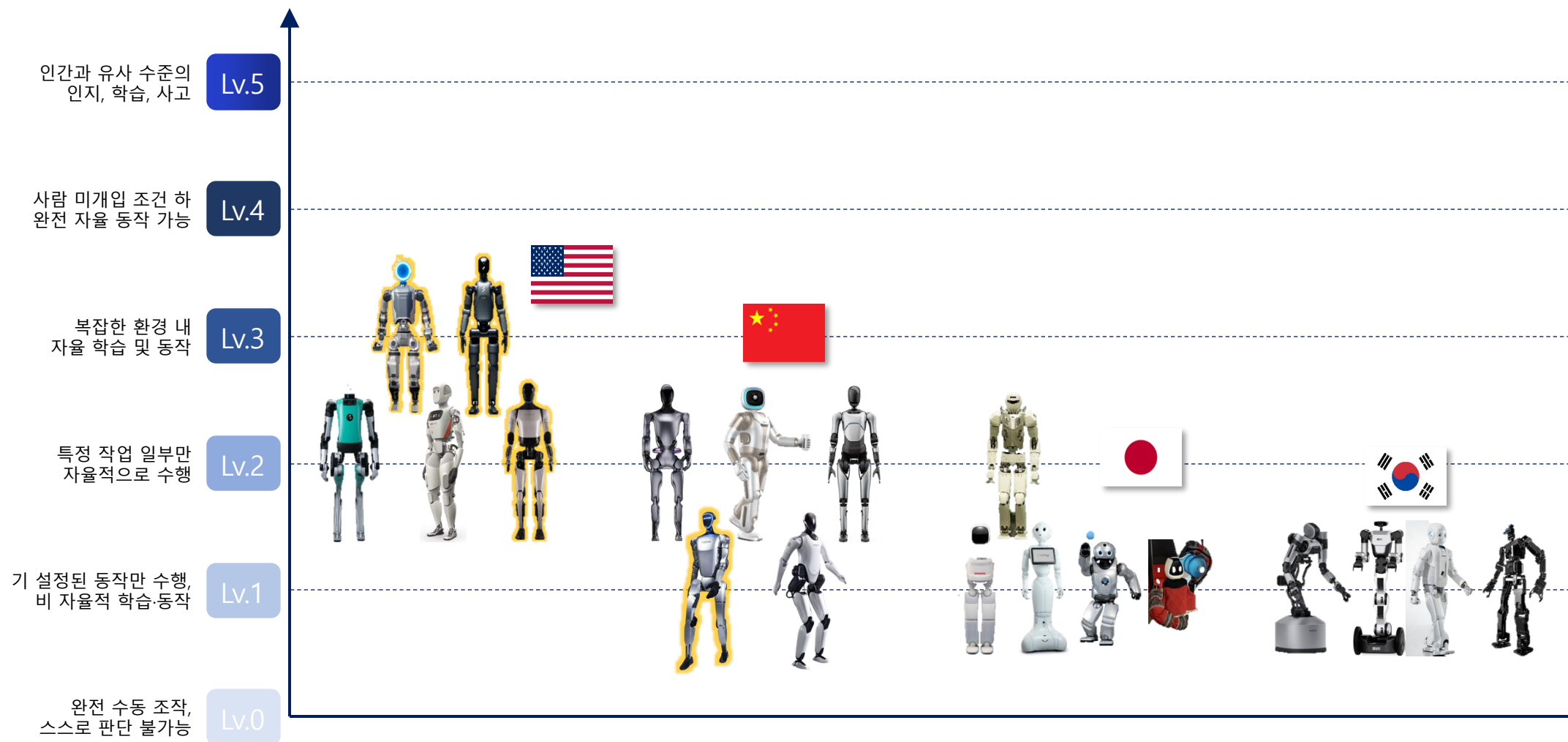


TESLA Optimus



- 전통적인 HW 구성을 개선하여 작업 수행에 초점
- AI 기반의 높은 작업 능력 지향





KIST 융합정책센터 분석 자료 中

Google, Gemini Robotics



[주요특징]

멀티모달 AI (Gemini 1.5 Pro)를 로봇에 직접 탑재 → 로봇에 LLM 기반의 일반지능을 이식

- 비전(시각), 언어, 행동을 통합한 VLA (Vision-Language-Action) 시스템
- 로봇이 사전 프로그래밍 없이 자연어 명령으로 새로운 작업을 학습 가능

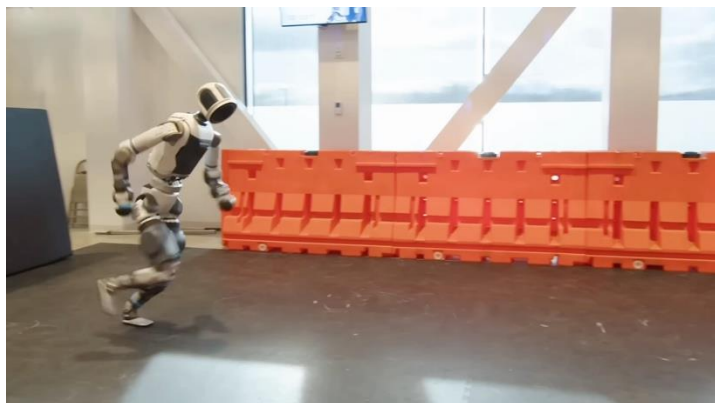
(예: 레고 조립법을 설명해주면, 직접 보고 조립하며 학습)

- 사용자의 제스처, 물체의 상태 변화 등을 실시간으로 이해하고 반응

[기술적 강점]

- Few-shot / Zero-shot learning 기반의 물리 세계 적응력
- LLM의 기억과 계획 능력을 활용한 고차원적 작업 계획 및 수행
- RT-2 (Robotics Transformer 2)의 후속 개념으로 보이며, 로봇의 행동 정책을 언어로 제어하는 구조

Boston Dynamics, Atlas



[주요특징]

- 기존의 역동적 움직임 특화 로봇에서 → 보다 실제 작업 중심의 로봇으로 전환 중
- 복잡한 작업 공간에서 뛰고, 물건을 집고, 이동하는 등의 높은 기계제어 능력 시연
- Atlas는 여전히 가장 고도화된 로봇 제어 기술(다이나믹 밸런싱, 고속 연산)을 시연하고 있음

[기술적 강점]

- 다관절 협응제어, 고속 피드백 루프 기반의 역학 제어 기술 최고 수준
- 하드웨어 설계 자체가 인간을 능가하는 움직임 구현에 초점
- AI보다는 정밀한 센서 피드백 기반 제어에 강점

Tesla, Optimus



[주요특징]

- 사람을 대체하는 범용 노동력이라는 목적 아래 개발된 범용 휴머노이드 로봇
- Tesla 자체 공장에서 실사용을 전제로 개발 중이며, 실제로 공장 내 단순 반복 작업에 투입되고 있음
- 2023~2024년 버전은 자율 보행, 물체 분류 및 조작, 창고 정리, 스트레칭(가동범위 테스트) 등 기능을 시연
- Tesla의 Full Self-Driving(FSD)에서 축적된 AI 비전 및 자율 판단 기술을 로봇에 이식

[기술적 강점]

- End-to-End 비전 기반 제어
 - ✓ 기존 로봇보다 센서 의존도를 줄이고 학습 기반으로 물체를 조작
 - ✓ Tesla의 AI 비전 스택(FSD 기반) 활용
- 모듈화된 설계 + 자체 제조
 - ✓ 전기모터, 액추에이터, 배터리, 센서 등을 모두 Tesla 자체 개발
 - ✓ 단일 제조 플랫폼 기반 생산 효율성과 단가 경쟁력 확보

Figure AI, Helix



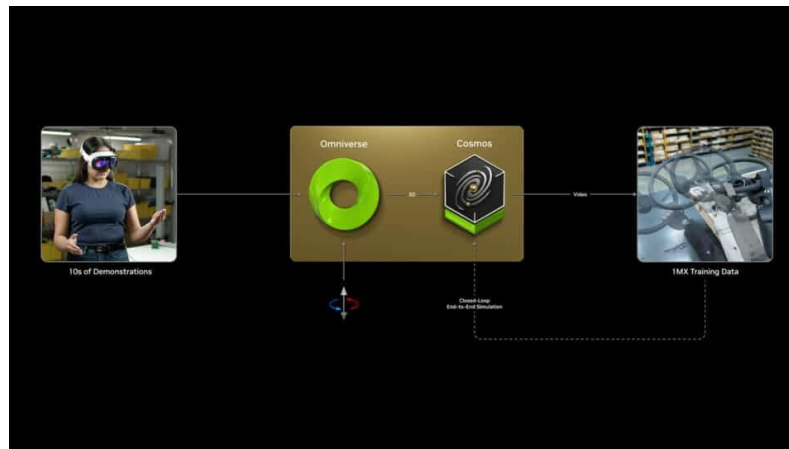
[주요특징]

- Tesla Optimus와 유사한 형태의 산업용 작업 특화 휴머노이드
- 최근 공개된 VLA 모델인 Helix를 통해, 대화형 작업 명령 수행 및 작업 인식-계획-행동 실행 능력 선보임
- OpenAI와의 협력으로 LLM과 로봇 비전을 결합한 멀티모달 이해력 강화

[기술적 강점]

- 상용화를 목표로 한 설계 (크기, 전력소비, 연속작업, 인터페이스)
- LLM과 로봇 비전의 실시간 통합 기반 → 직관적 지시 수행
- 실제 산업 환경에 배치 가능한 수준의 엔지니어링 밸런스
- 와 로드맵 제시

Nvidia, Cosmos



[주요특징]

“물리적 AI(Physical AI)” 개발을 위한 새로운 AI 훈련 플랫폼 로봇, 자율주행차, 디지털 휴먼 등 물리 세계에서 실제로 작동하는 AI 시스템을 훈련할 수 있도록 설계되었음

[구성 요소]

- World Foundation Model (WFM)
 - ✓ 현실 세계를 디지털로 재현하는 생성형 월드 모델
 - ✓ 물리 시뮬레이션, 시각 환경, 인간-로봇 상호작용 등을 학습
 - ✓ 다양한 상황과 환경을 AI가 가상에서 경험하고 학습함으로써 실제 적용이 용이
- Tokenizers & Guardrails
 - ✓ 멀티모달 데이터를 효율적으로 처리하기 위한 고급 토큰라이저(tokenizer) 내장
- 가속화된 비디오 파이프라인
 - ✓ AI가 비디오와 시각 데이터를 학습할 수 있도록 GPU 기반 대규모 영상 처리

Nvidia, GR00T



[주요특징]

GR00T은 로봇 파운데이션 모델로, Generalist Robot 00 Technology를 의미

Isaac GR00T N1은 범용 휴머노이드 로봇을 위한 최초의 오픈 파운데이션 모델로, 로봇이 인간 환경에서 다양한 작업을 수행할 수 있도록 설계됨

[기술적 강점]

- 이중 시스템 아키텍처:
 - ✓ 시스템 2: 시각-언어 모델로, 환경과 지시를 해석하여 작업 계획 수립
 - ✓ 시스템 1: 디퓨전 트랜스포머를 활용한 액션 모델로, 시스템 2의 계획을 실시간으로 정밀한 로봇 동작으로 변환
- 다양한 데이터로 학습:
 - ✓ 인간의 시점에서 촬영된 비디오, 실제 로봇 데이터, NVIDIA Omniverse 플랫폼을 활용한 대규모 합성 데이터 등으로 훈련되어 다양한 상황 대응
- 범용성:
 - ✓ 단일 모델과 가중치로 다양한 로봇 플랫폼에서 동작

기술만의 문제가 아니라, 시장전략과 생태계 설계의 문제

✓ 비용 효율성 확보

- 대량 생산 또는 모듈화 설계를 통해 **\$10,000~\$20,000 수준의 단가** 실현 목표
- Tesla, Figure 등은 **자체 공정, 부품 통합**으로 원가 절감 노림

✓ 로봇 OS & AI 파운데이션 확보

- NVIDIA GR00T, Google RT-2, OpenAI 기반 VLA 등 **범용 지능 모델과의 결합**
- 단순 제어를 넘어선 **언어 기반 행동 지시 수행** 능력 확보

✓ 산업현장 중심의 초기 적용

- 자동차·물류 공장을 초기 타깃으로 설정 (단순·반복적 작업)
- ROI가 빠른 작업을 우선 적용 → 고객 설득력 높임

✓ 글로벌 파트너십 & 투자 유치

- Figure(OpenAI, Microsoft), Sanctuary(Microsoft), Appttronik(Google) 등
- 전략적 투자와 고객 확보를 동시에 추진

✓ Sim2Real 기반의 학습 고도화

- 시뮬레이터(Omniverse, Isaac Sim 등)에서 훈련 후 실제 환경에 전이
- 시간과 비용을 절약하고 다양한 환경 대응 가능

기업	주요 전략 키워드	설명
Figure AI	LLM 통합 + 산업 현장 실증	- OpenAI와 협력하여 자연어 기반 제어 기능 탑재- BMW 등 실제 공장 적용 사례 확보 → 신뢰 기반 확보- 범용성과 현장적용성 동시에 강조
Tesla (Optimus)	내부 공장 실증 → 수직통합	- Tesla Gigafactory에서 자체 테스트- AI/센서/액추에이터 자체 개발 → 비용 절감- 완전한 수직계열화를 통해 빠른 내재화 추구
Appttronik	대형 제조업체와 얼라이언스	- Mercedes-Benz와 협업하여 실제 조립라인 테스트- Google의 DeepMind와 협업하여 지능 향상- 초기에는 협업 위주의 로드맵 추구
Agility Robotics	물류 특화 + 빠른 배치 전략	- Amazon 물류창고에 로봇 도입 테스트- 산업용 보행 로봇으로 단기 ROI 노림- 반복 작업 중심으로 빠르게 도입 가능
Sanctuary AI	디지털 휴먼 모델 기반 로봇 지능 개발	- 인간과 유사한 인지·언어 처리 구조 구현- 다양한 산업 분야에 맞춤형 AI 파운데이션 적용- Microsoft, Bell 등 파트너십 중심으로 확장 중
Fourier Intelligence	중국 시장 기반의 대량 배치 전략	- 중국 정부·기업과 협력해 조기 보급 추진- 의료/재활/제조 복합형 로봇으로 다분야 진입- 단가 절감형 하드웨어와 병행 개발

시장 적합성(Product-Market Fit), 비용 효율성, 파트너십 전략을 핵심으로 하는 다양한 전략을 수립
현재 기업들은 단순 로봇 개발 → 지능 통합 → 산업 실증 → 확산 전략의 4단계 확산 구조를 바탕으로 확장

우리나라 휴머노이드 분석

[강점]

- 강력한 제조업 기반과 정밀한 전자 기술
 - ✓ 반도체, 디스플레이, 센서 등 핵심 부품의 세계적 경쟁력, 정밀 가공 및 자동화 라인 등에서 산업용 로봇 활용도가 높음
 - ✓ 생산성, 신뢰성 측면에서 높은 수준의 제조 로봇 운영 역량 보유
- 우수한 ICT 및 통신 인프라
 - ✓ 세계 최고수준의 5G 통신망 보급률, 데이터 센터, 클라우드 인프라 등 디지털 생태계의 기반 우수
- 산업적 응용 가능성 우수
 - ✓ 특히 제조업 기반이 강한 한국에서는 산업 현장 적용과 협동 로봇(cobot)의 노하우가 축적되어 있어, 휴머노이드 로봇이 산업·서비스 현장에 빠르게 적용될 수 있는 잠재력이 큼
- 인적 자원 및 기술 적응 속도
 - ✓ 고학력 인재 다수, 새로운 기술 수용성 빠름

[약점 및 개선이 필요한 영역]

- 생성형 AI 및 VLM(Vision-Language Model) 분야의 낮은 경쟁력
 - ✓ Open AI, Google, Meta 등과의 비교 시 기초모델 기술 격차 큼
 - ✓ 국내 대형 멀티모달 모델 개발 역량 부족 (LLM, VLM, VLA 등)
- 투자 규모 및 생태계의 한계
 - ✓ 최근 미국과 중국의 막대한 민간 투자 및 정부 지원 대비 한국은 민간 부문의 적극적인 투자가 상대적으로 부족하고, 생태계 조성 측면에서도 미흡
- AI 소프트웨어와 로봇 하드웨어의 융합 미흡
 - ✓ 하드웨어 중심 기술은 강하지만, AI 소프트웨어와의 통합 부족
 - ✓ 자율인지, 시각인식, 자연어 처리 등과 기계 제어간 통합 부족
 - ✓ 산업 간 협업보다 기업 내부의 수직통합 구조가 많음

전략적 방향

• AI 소프트웨어 중심의 전략적 전환

- ✓ 단순 로봇 제어 수준에서 벗어나, VLM, VLA, LLM 기반 제어 시스템 개발 필요
- ✓ 자체 LLM 개발 혹은 글로벌 LLM(Open Source 기반) 활용한 로봇 파운데이션 개발
(예: Figure AI의 Helix, NVIDIA의 GR00T처럼 자연어 → 행동 전환 가능한 모델 확보)

한국형 "GR00T-Lite" 프로젝트로 경량화된 범용 로봇 행동 모델 개발

• 국내 제조업 강점을 활용한 실증 우위 확보

- ✓ 현대자동차, 삼성전자, LG전자, 포스코 등 대형 제조라인을 휴머노이드 실증 테스트베드로 전환
- ✓ 로봇 도입을 통한 생산성 향상 사례 추적 → 글로벌 수준 PoC 확보

"AI+로봇 스마트팩토리 규제 샌드박스" 추진, 정부 주도 대규모 실증 프로젝트

• 범정부 차원의 통합 전략 수립

- ✓ 로봇, AI, 반도체, 통신을 융합한 로드맵 필요 (산업부+과기부+중기부 협력)
- ✓ 차세대 전략산업으로 'AI 휴머노이드 로봇'을 지정하여 중장기 투자

"AI 휴머노이드 국가 전략 로드맵 2030" 수립 및 연간 5,000억 이상 R&D 예산 책정

• Sim2Real 인프라 및 데이터 허브 구축

- ✓ Google, NVIDIA는 Omniverse, Isaac Sim 등 시뮬레이션 학습 기반 확보
- ✓ 국내에도 시뮬레이션 기반 로봇 행동학습 인프라 마련 필요

출연연 및 대학, 기업 등 공동활용 "AI 로봇 행동 시뮬레이션 및 데이터 센터" 구축





기술적, 윤리적, 사회적 측면 이슈 분석 및 해결과제

✓ AI 로봇의 신뢰성과 안전성 확보 문제

- 휴머노이드는 사람과 유사한 형태로 인간의 생활 및 작업 공간에 직접 투입되므로, **예측 불가능한 상황에서의 오작동이나 사고 위험**이 존재
- 특히 로봇이 자율적으로 판단하고 움직일 경우, **센서 오작동, 판단 오류, 환경 인식 실패**
 - ✓ Atlas, Digit, Figure 등도 여전히 일부 환경에서는 비틀거리거나 물체 인식을 잘못하는 장면이 공개됨
 - ✓ 산업 현장에서는 **사람과 충돌하거나, 실수로 위험물에 접근할 가능성**도 있음

[해결과제]

- 물리적 안정성 인증 표준 개발 (로봇 국제 인증 규격 확대 필요)
- 고신뢰 제어 시스템 및 이중화된 감지 센서 설계
- AI 기반 상황 예측 및 위험 회피 시뮬레이션 시스템 내장

✓ 생성형 AI의 데이터 신뢰성 및 정확성 평가 필요성

- 많은 휴머노이드 로봇은 이제 LLM (예: OpenAI, Gemini 등)을 탑재하여 **자연어로 지시를 받고, 시각적 판단을 내리는** 방식으로 작동함
- 하지만 **학습 데이터가 불완전하거나 편향될 경우**, 로봇이 위험하거나 부정확한 판단을 할 수 있음
 - ✓ “컵을 치워줘”라는 명령에 대해 로봇이 깨지기 쉬운 유리잔을 떨어뜨리며 옮기거나, 의도와 다른 물체를 이동
 - ✓ 비구조화 환경에서의 오판 → 로봇이 **무의식적 위험 행동** 수행 가능

[해결과제]

- **생성형 AI의 ‘설명가능성(XAI)’ 확보** → 왜 이런 행동을 했는지를 사용자와 공유할 수 있는 메커니즘 필요
- **데이터셋의 안전성 검증 절차 마련** (윤리적 검토 포함)
- 한국형 로봇용 파운데이션 모델 개발 시, **실내 환경, 제조 작업, 한국어 지시 처리 등 특화 데이터셋 확보** 필요

✓ 로봇의 자율성 증가에 따른 윤리적 문제 (프라이버시, 책임 소재 등)

- 로봇이 센서를 통해 환경을 감지하고, 자율적으로 판단하면서 움직이는 구조로 진화하면서 **‘로봇의 의사결정 책임’**과 **‘데이터 수집 윤리’** 문제가 부각
 - ✓ 로봇이 가정/병원/사무실 등에서 **사람의 사생활 정보**를 수집·기록할 가능성
 - ✓ 사고나 오작동 발생 시, **로봇 제조사, 운영사, AI 개발사 중 누구에게 책임이 있는지** 모호

[해결과제]

- **로봇 프라이버시 보호 지침 및 정보 비식별화 처리 기술 의무화**
- **윤리적 AI 설계 원칙의 로봇 적용 확대** (예: IEEE 7000, EU AI Act 등 참조)
- **로봇 행동의 기록 및 감사(audit trail) 기능 탑재** → 향후 사고 분석 가능하도록



감사합니다.

drjay@kist.re.kr