

피지컬 AI 글로벌 동향 및 대응 전략

2025-제2호

목차

- ① 피지컬 AI 진화와 의의 /p07
- ② 국내외 피지컬 AI 동향 /p11
- ③ 전략적 대응방안 /p26
- ④ 결론 및 시사점 /p33

NIA 한국지능정보원

AI@Data Report

2025 제 2 호
(2025. 10월)

피지컬 AI 글로벌 동향 및 대응 전략

AI@Data 보고서 시리즈는...

AI와 Data 관련된 국내외 기술 및 정책 동향과 이슈 분석을 통해
미래 사회의 트렌드를 주도할 수 있는 정책 아젠다를 제시하기 위해
한국지능정보사회진흥원(NIA)에서 기획, 발간하는 보고서입니다.

- 본 보고서는 과학기술정보통신부와 한국지능정보사회진흥원(NIA)의
‘초거대 AI 데이터 발굴 및 기획’ 사업의 산출물이므로, 본 보고서의 내용을
발표할 때는 반드시 과학기술정보통신부 사업의 연구결과임을 밝혀야합니다.
- 보고서 내용의 무단전재를 금하며, 가공·인용할 때는 반드시 출처를
「한국지능정보사회진흥원(NIA)」이라고 밝혀 주시기 바랍니다.
- 본 보고서의 내용은 한국지능정보사회진흥원(NIA)의
공식 견해와 다를 수 있습니다.

작성 한국지능정보사회진흥원 김시연 수석(siyeon@nia.or.kr, 053-230-4249)
추지혜 책임(chuu@nia.or.kr, 053-230-4247)

자문 한국로봇산업진흥원 류요엘 책임연구원
한국생산기술연구원 이재선 중소제조공정지원팀장

기획 한국지능정보사회진흥원 인공지능데이터본부
신신애 본부장(sashin@nia.or.kr, 053-230-4200)
심호찬 팀장(shc@nia.or.kr, 053-230-4201)

표·그림 목차

[표1] 피지컬 AI 연구자 및 기관별 학술적 정의	07
[표2] 피지컬 AI 세 가지 기술 축별 정의 및 핵심 기술	08
[표3] 피지컬 AI 적용 분야별 예시	09
[표4] 피지컬 AI 글로벌 기업	14
[표5] 피지컬 AI 국내 기업	16
[표6] 멀티모달 AI 활용 응용 사례	18
[표7] 글로벌 기업의 디지털 트윈 적용 사례	20
[표8] 미국 AI Bill of Rights 5가지 원칙	22
[표9] 일본 로봇 신성장 전략 주요 정책 목표	23
[표10] AI허브 내 피지컬 관련 데이터셋 예시	26
[표11] 주요 멀티모달 AI 모델 비교	29
[표12] 주요 부처별 R&D 예산 중 인공지능 투자 현황	31
[표13] 국가 파트너십 예시	33
[그림1] 피지컬 AI의 인지-판단-실행 단계별 기술 연계 구조	08
[그림2] 젠스황 AI 기술 발전 4단계 제시	10
[그림3] 인공지능 센서 시장 규모 및 '25-'34년 예측	11
[그림4] AI 반도체 시장 규모 및 '24-'29년 예측	11
[그림5] 멀티모달 AI 시장 규모 및 '24-'30년 예측	12
[그림6] 디지털트윈 시장 규모 및 '24-'30년 예측	12
[그림7] 물류 분야 피지컬 AI 적용 예시	13
[그림8] 헬스케어 분야 피지컬 AI 적용 예시	13
[그림9] 전세계 제조업 로봇 밀도 순위	15
[그림10] 인천국제공항 AI 기반 전기차 자동충전 로봇(현대자동차그룹)	15
[그림11] NVIDIA의 On-device AI 반도체 Jetson 시리즈	17
[그림12] VLA 모델의 시각·언어·행동 통합 학습 예시	19
[그림13] 자율주행 분야의 디지털 트윈 기반 데이터 피드백 루프	20
[그림14] EU AI Act 위험 기반 접근	21
[그림15] 제4차 지능형 로봇 기본계획 비전	24
[그림16] 휴머노이드 로봇 9대 중점 기술 개발 전략 목표	25
[그림17] 스마트팩토리 솔루션이 적용된 창원 LG스마트파크 냉장고 생산라인	27
[그림18] 글로벌 AI 데이터센터 시장 규모 및 국가별 점유율	30

PREVIEW 피지컬 AI 글로벌 동향 및 대응 전략 한눈에 보기

■ 피지컬 AI 개념과 의의

- ▶▶ **(개념)** 디지털을 넘어 물리적 세계와 상호작용하며 스스로 학습하고 진화하는 차세대 지능 시스템
 - (학술적) 물리적 실체를 기반으로 현실 세계와 상호작용하며 적응적으로 학습·진화하는 지능 시스템
 - (기술적) 가상-지능-현실의 핵심 기술 스택이 '인지-판단-실행' 루프 안에서 유기적으로 결합된 시스템
- ▶▶ **(의의)** 제조·물류·헬스케어·국방 등 전략 산업에서 자율성과 안전성을 동시 확보하며 기존 자동화를 넘어서는 산업 혁신의 촉매이자 국가 경쟁력 핵심 자산

■ 국내외 피지컬 AI 동향

- ▶▶ **(시장)** 핵심 기술 스택이 연평균 24~44% 폭발적 성장을 기록하며 피지컬 AI 생태계 고성장 견인
 - (엣지·자율 확산에 따른 H/W 수요 급증) 센서 연 43%, AI 반도체 연 24% 고성장이 예상되며, IoT·자율주행·엣지 AI 확산 수요를 흡수
 - (멀티모달 AI 고성장) 산업별 디지털 전환으로 멀티모달 AI 시장은 연 36% 이상 고성장 전망
 - (가상-물리 연계 수요 폭증) 디지털트윈 시장은 가상-물리 연계 수요로 연 34% 이상의 고성장 예상
- ▶▶ **(산업)** 글로벌 기업들의 빠른 상용화 속, 한국은 테스트베드 강점 대비 플랫폼 주도력 미흡
 - (대규모 투자 진행) 글로벌 기업들은 창고·항만 자동화, 수술 로봇, 휴머노이드에 대규모로 투자하며 성과를 쌓고 있고, 한국은 부산신항·인천공항 실증과 협동·서비스 로봇 중심으로 초기 상용화 진행 중
 - (테스트베드 강점/플랫폼 약점) 한국은 제조 로봇 밀도 세계 1위와 항만·공항 테스트베드 강점이 있지만 국제 표준 주도력, HRI 안전 검증, 분절적 R&D, AI 반도체·센서 생태계는 상대적으로 미흡
 - (상용화 격차 확대) 글로벌은 물류와 의료 로봇 상용화에서 한발 앞서 휴머노이드 시범 양산 단계로 진입했으나, 한국은 테스트베드를 통한 초기 레퍼런스 축적 단계
- ▶▶ **(기술)** 인지-판단-실행 전 과정에서 엣지 연산·멀티모달 융합·디지털 트윈 검증·센서 중심으로 진화
 - (밀리초 제어·안전 내재화) AI 반도체+센서 결합으로 밀리초 제어·안전 제어를 구현, 현장 적응성 제고
 - (다중 센서 융합 고도화) 멀티모달 AI로 시각·음성·촉각 등 이질 데이터 융합, 정밀 인지·의사결정 강화
 - (고위험 가상 검증 상시화) 디지털 트윈/시뮬레이션으로 고위험 상황을 가상 재현해 저비용·저위험 검증 확산
 - (언어·행동 융합 지능 고도화) VLA 기반으로 시각·언어·행동을 통합 학습해, 로봇이 언어 명령을 이해하고 자율적으로 판단·수행하는 지능형 제어 고도화
 - (예측·계획형 학습 확산) World 모델을 통해 AI가 환경 변화를 내재적으로 예측·모사하여, 시뮬레이션 기반의 자율 학습·계획 역량 강화

» (정책·규제) 주요국은 규제 강도와 투자 방식에서 차별화된 전략을 전개하고 있으며, 한국은 테스트베드·실증 중심 확산 전략을 추진 중

국가	규제 접근	투자 초점
미국	• NIST RMF·AI 권리장전(가이드라인 중심)	• DOD·DARPA·NASA, 자율시스템·엣지 AI
EU	• AI Act(고위험군 인증·감독+샌드박스)	• 디지털 트윈·로보틱스·안전 인증 인프라
일본	• 로봇 신성장 전략(서비스·의료 확대)	• 돌봄·물류 로봇, 고령화 대응
중국	• 중국제조2025·로봇5개년(휴머노이드 집중)	• 핵심부품 자립·휴머노이드 생태계
한국	• 제4차 로봇 기본계획·초거대AI 전략	• 스마트공장·항만·병원 거점 실증 및 로봇

■ 전략적 대응 방안

» (산업) 제조·물류·헬스케어에서 테스트베드 성과를 표준·조달로 고정하고, 안전·신뢰 기반 솔루션을 산업현장 전반으로 확산

- (트윈+협동로봇 표준화) 제조 분야는 디지털 트윈·협동로봇 표준화로 생산성·품질 혁신 필요
- (테스트베드 플랫폼화) 물류 분야는 항만·공항 테스트베드 성과를 플랫폼화해 확산 필요
- (돌봄로봇 보급 활성화) 헬스케어 분야는 돌봄·재활 로봇 보급이 절실하나, 안전성 및 임상효과 입증 부족으로 인해 표준화, 단계적 보급, 실증 검증을 통한 해결 요구

» (기술) 디지털 트윈·합성데이터로 학습 공백을 보완하고, NPU·정밀 센서 기반 엣지 플랫폼과 로봇 특화 멀티모달 모델 확보에 집중

- (밀리초 제어 내재화) 엣지·센서 기술에서 NPU·정밀 센서 기반 초저지연 제어 기술을 확보 필요
- (현장지능 및 안전 강화) 산업 특화 멀티모달 모델과 HRI 안전 검증 체계를 강화
- (인프라 부족 해소) 디지털 트윈과 학습 데이터를 활용한 가상학습·검증환경 조기 구축 필수적

» (정책·제도) 국제 규제·표준에 선제 참여하고, 통합 R&D·데이터 인프라·실증·조달 연계로 확산 가속

- (국제표준 조기 확보) EU·미국 프레임과 정합된 국제 규제·표준을 선제 확보
- (통합 R&D를 통한 효율 제고) 부처 분산 R&D를 통합 프레임워크로 전환해 효율성 제고
- (데이터·인프라 고도화) 공개 및 심층 데이터 구축과 품질관리, 실증·시뮬레이션 연계를 아우르는 데이터·인프라 전략 고도화 필요

» (국제협력) 한·미·일·EU 공동실증과 다자 표준화 협력을 통해 레퍼런스와 시장 접근을 동시 확보하며 글로벌 규칙 설계에 참여

- (시장·규범 패키지) 국제 표준화와 수출 계약을 연계한 시장·규범 통합 전략 추진 필요
- (공동실증 레퍼런스) 한·미·일·EU와 공동실증으로 글로벌 레퍼런스 축적 필요

CHAPTER 1 피지컬 AI 개념 및 의의

1.1 피지컬 AI(Physical AI)란?

» (학술적 정의) 물리적 실체성을 기반으로 환경과 직접 상호작용하며, 인지-판단-행동의 루프를 통해 자율적·적응적으로 학습·실행하는 지능형 시스템으로 정의

- 물리적 실체성(embodiment), 인지-행동 통합, 환경 적응적 학습이 모든 정의에서 강조

※ 물리적 실체성: 모든 정의가 물리적 형태와 환경과의 직접 상호작용을 강조

※ 인지-행동 통합: 인지적 추론과 물리적 행동의 긴밀한 결합

※ 적응적 학습: 환경과의 상호작용을 통한 지속적 학습과 적응

〈 표 1 〉 피지컬 AI 연구자 및 기관별 학술적 정의

연구자/기관	정의	핵심 특징
Bousetouane (2024) ¹⁾	• 지능형 실체 시스템으로 물리 세계와 직접 상호작용하도록 설계	물리역학 이해, 실시간 인지-의사결정-실행, 산업별 특화 LLM
Daniela Rus (2025) ²⁾	• 동적 환경을 이해하고, 예측 불가능성에 대처하며, 실시간으로 의사결정을 내릴 수 있는 새로운 형태의 지능적 기계	물리학 기반 지능, 인과성 이해, 에너지 효율성 강조
Zhao et al. (2024) ³⁾	• 센서를 통해 환경을 인지하고 액추에이터와 같은 물리적 수단을 통해 환경과 직접 상호작용하여 의사결정을 내리고 행동	뇌-몸-환경 시너지, 적응적 학습, 생체모방 행동
Renny et al. (2025) ⁴⁾	• 디지털 AI의 중요한 진화로서, 물리적 세계와 직접 상호작용하며 인간의 기능을 더 큰 정도로 모방	통합형 PAI vs 분산형 PAI 분류, 다양한 산업 적용
NVIDIA (2025)	• 자율 머신이 현실(물리적) 세계에서 복잡한 행동을 인지하고, 이해하고, 수행할 수 있게 하는 기술	생성형 PAI, 디지털 트윈 학습, 3D 공간·물리 행동 이해

1) arXiv(2024). <https://arxiv.org/html/2501.08944v1>

2) MIT News(2025). <https://news.mit.edu/news-clip/wired-451>

3) NIH(2024). <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11047907/>

4) JAIEA(2025). <https://ioinformatic.org/index.php/JAIEA/article/view/1101>

» (기술적 정의) 가상에서의 학습 및 검증-복합적 현실 세계를 이해하는 지능-물리적 데이터를 감지하고 처리하는 기반의 세 가지 축으로 나누어 정의⁵⁾

- (‘인지-판단-실행’ 순환 구조) 가상과 현실을 넘나들며 학습(가상)·판단(지능)·실행(현실)하는 지능-물리 융합형 기술 스택으로, 세 가지 기술 축은 ‘인지-판단-실행’ 순환 구조 안에서 유기적으로 결합하여 작동⁶⁾

〈 표 2 〉 피지컬 AI 세 가지 기술 축별 정의 및 핵심 기술

단계	정의	핵심 기술	주요 기능
인지 단계 (현실 세계의 데이터화)	• 물리적 세계를 디지털 신호로 변환하여 의미 있는 정보로 재구성	• (센서) 인간의 감각기관처럼 시각·청각·촉각 등 복합 데이터 수집 • (멀티모달 AI) 다양한 데이터를 통합·해석해 상황·객체·맥락 파악	물리 환경 인식 및 디지털화
판단 단계 (가상 세계의 학습·의사결정)	• 인지된 정보를 기반으로 최적의 행동을 결정하는 두뇌 역할	• (디지털 트윈) 모방학습·강화 학습을 통해 안전·효율적 학습 • (World 모델) 내재적 시뮬레이션 기반 예측 • (VLA) 시각+언어 명령을 통합 이해하여 행동 계획 수립	지능적 학습·의사결정 허브
실행 단계 (현실 세계의 물리적 구현)	• 판단 결과를 물리적 행동으로 구현하고 피드백을 통해 적응	• (액추에이터) 로봇 팔·바퀴 등 물리적 구동 • (AI 반도체) 정밀·저지연 제어 지원	행동 실행 및 피드백 루프 완성

※ VLA(Vision-Language-Action): 시각 정보와 언어 명령을 함께 이해해 로봇 행동으로 변환하는 AI 모델

※ 모방학습: 작업자의 업무 데이터를 인공지능이 학습해 로봇이 이를 구현하는 차세대 로봇 기술

※ 강화학습: 로봇, AI 등 에이전트가 환경과 상호작용하면서 행동을 스스로 학습

- (작동 메커니즘) 센서를 통한 현실 데이터 인지에서 시작해 AI 모델의 판단과 물리적 실행을 거쳐 다시 데이터를 축적하는 순환 구조로, 반도체 인프라 위에서 지능과 물리 세계가 통합적으로 작동하는 기술 생태계



【 그림 1 】 피지컬 AI의 인지-판단-실행 단계별 기술 연계 구조

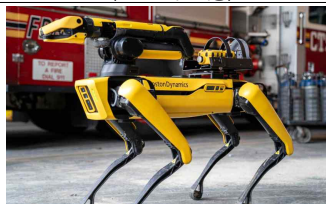
5) NVIDIA. <https://www.nvidia.com/en-us/glossary/generative-physical-ai/>

6) arXiv(2024). <https://arxiv.org/html/2501.08944v1>

» (적용 예시) 주요 산업 및 사회 인프라 전반에서 로봇·센서·엣지컴퓨팅을 결합한 피지컬 AI 기술 적용을 통해 자율화·자동화 서비스 모델을 개발

- (적용 분야 예시) 제조, 물류·운송, 헬스케어, 서비스·소매, 국방·안보, 스마트 인프라 등

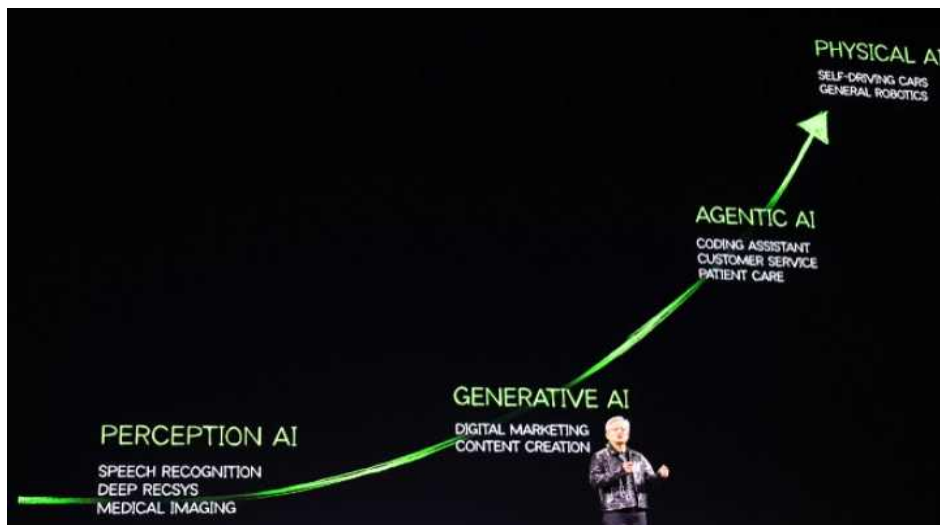
〈 표 3 〉 피지컬 AI 적용 분야별 예시

분야	내용	예시
제조	• 스마트팩토리 내 로봇 자동화, 예측 유지보수, 자율 생산 공정 • 주요 기업: 두산로보틱스(협동로봇), 현대차·현대로템(산업용 웨어러블 로봇) 등	 (두산로보틱스 제공)
물류·운송	• 항만·공항 무인화, 창고 로봇, 패키징/피킹 자동화, 라스트 마일 배송 로봇 등 • 주요 기업: DHL-Boston Dynamics(Stretch), CJ 대한통운(물류 로봇) 등	 (Boston Dynamics 제공)
헬스케어	• 돌봄·재활 로봇, 수술 로봇, 병원 물류 로봇 등 • 주요 기업: 인튜이티브서지컬(다빈치 수술 로봇), 메드트로닉(수술 로봇 휴고) 등	 (인튜이티브서지컬 제공)
서비스·소매	• 안내·접객·청소 로봇, F&B 조리·바리스타 로봇, 리테일 매장 내 고객 응대·배송 등 • 주요 기업: LG전자(CLOi ServeBot), 두산로보틱스(카페·F&B 협업 로봇) 등	 (LG전자 제공)
국방·안보	• 무인 전투 로봇, 경찰·경계 드론, 위험지역 투입 로봇 등 • 주요 기업: Boston Dynamics(Spot 경찰 로봇), LIG넥스원(자율 드론/로봇, 자율작전 등 고도화 중) 등	 (Boston Dynamics 제공)
스마트 인프라	• 공항·항만·빌딩 자동화, 디지털 트윈 기반 시설 관리, 전기차 충전 로봇, 스마트 건설 로봇 등 • 주요 기업: 현대차(인천공항 AI 충전 로봇), 네이버(ARC 기반 빌딩 로봇, 제2사옥 1784) 등	 (현대자동차그룹 제공)

※ 본 자료의 이미지는 각 기업의 공식 웹사이트 및 언론 공개자료를 인용

1.2 피지컬 AI(Physical AI)의 진화와 의의

- » (AI의 진화) NVIDIA CEO 젠슨황은 CES 2025에서 AI 기술의 발전을 4단계로 제시하였으며, 피지컬 AI는 AI 패러다임의 종착지이자 산업 혁신의 핵심 축으로 부상
- 1단계 지각 AI(Perception AI) : 인간의 오감처럼 외부 자극(음성, 이미지 등)을 인식하고 이해하는 AI로, 사물 인식·음성 인식·영상 분석 등 기초 지능의 기반이 되는 단계
 - 2단계 생성 AI(Generative AI) : 학습된 데이터를 기반으로 텍스트, 이미지, 코드 등 새로운 콘텐츠를 생성하는 AI로, 단순 이해를 넘어 창의적 산출물을 생성하여 인간의 의사소통·창작 활동 지원
 - 3단계 에이전트 AI(Agentic AI) : 사용자의 명령과 문맥을 이해하고, 여러 도구를 조합해 목적 지향적 작업을 수행하는 자율적인 AI로, 단순 응답을 넘어 복합적 과제를 해결하는 단계
 - 4단계 물리적 AI(Physical AI) : 지각·생성·에이전트 능력을 통합하여 실제 환경에서 물리적 작업을 수행하는 AI로, 디지털 공간을 넘어 물리적 세계에서 협력하여 산업 현장을 혁신하는 단계



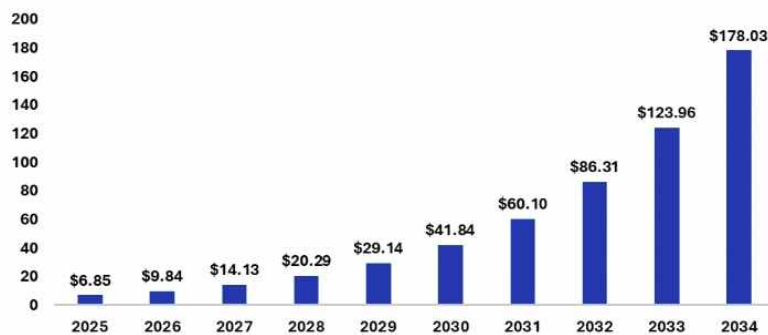
[그림 2] 젠슨황 AI 기술 발전 4단계 제시(NVIDIA 제공)

- » (피지컬 AI 의의) 산업 혁신·기술 융합·국가 안보를 동시에 뒤흔드는 차세대 전략 자산으로, 국가 경쟁력과 글로벌 패권을 좌우할 핵심 기술 축
- (산업 패러다임 전환) 제조·물류·헬스케어·국방 등 전략 산업 전반에서 기존 자동화를 넘어 자율성과 안전성을 동시에 확보하며, 산업 생산성과 효율성을 근본적으로 재편
 - (초융합 플랫폼) AI·로봇·센서·반도체 융합을 통해 단순 기술을 넘어서는 고도화된 시스템 형성
 - (안보·주권 경쟁력) 단순한 기술을 넘어 국가 안보와 경제 패권을 좌우하는 핵심 자산으로 부상, 글로벌 주도권 선점을 위한 선제적 투자와 전략적 대응이 필수

CHAPTER 2 국내외 피지컬 AI 동향

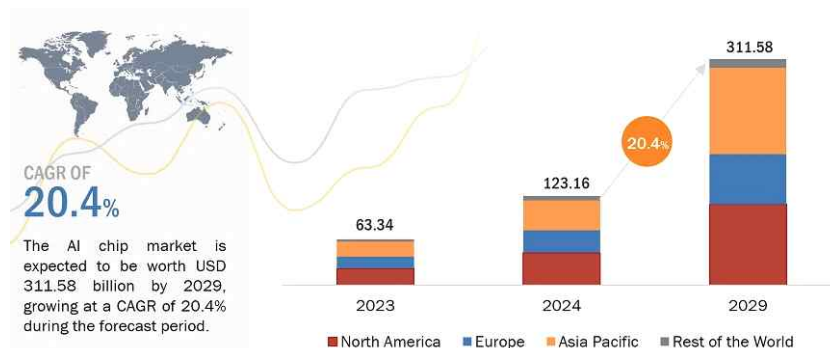
2.1 시장·산업 동향

- » (피지컬 AI 생태계 고성장세) 디지털 트윈·멀티모달 AI·AI 반도체/센서 등 핵심 스택이 모두 24~43%대의 고성장을 기록하며, 피지컬 AI 생태계의 폭발적 확산 기반을 형성
- (IoT·자율주행 확산으로 인한 센서 시장 성장세) '24년 47억 7천만 달러에서 '34년 1,780억 3천만 달러가 예상되어 CAGR 43.61%로, 웨어러블 기기와 사물인터넷(IoT) 보급 확대, 자율주행차·로봇 도입 가속화로 고성장 예상⁷⁾



[그림 3] 인공지능 센서 시장 규모 및 예측

- (생성형 AI·엣지 연산 확산으로 AI 반도체 수요 급증) '24년 1,231억 6천만 달러로 평가되었고, '29년에는 3,115억 8천만 달러로 성장할 것으로 예측되며, CAGR 20.4%로 AI 서버 도입 증가와 생성형 AI 기술 확산으로 GPU·NPU·엣지 칩 수요가 급증할 것으로 예상⁸⁾

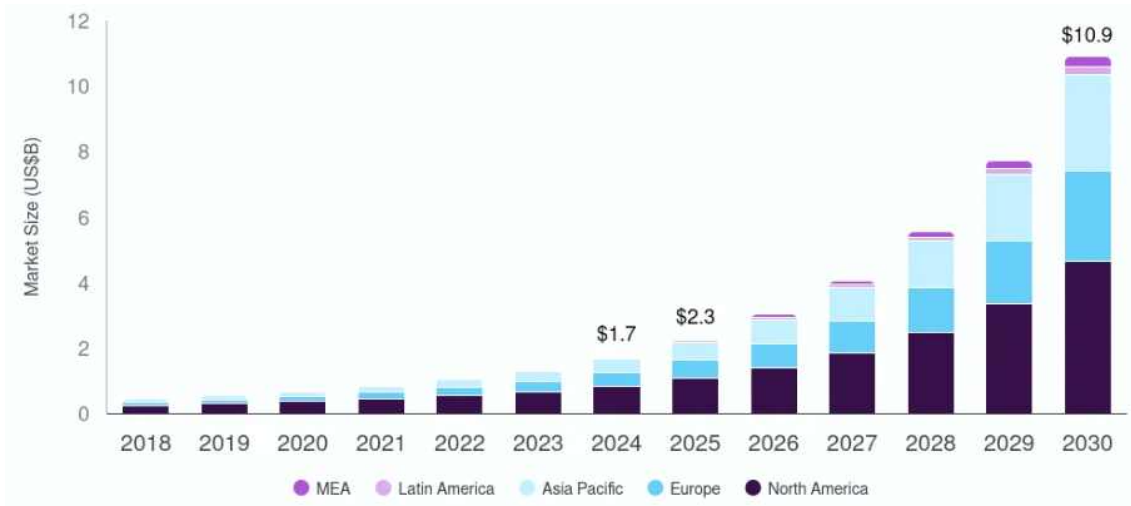


[그림 4] AI 반도체 시장 규모 및 예측

7) Precedence Research(2025). <https://www.precedenceresearch.com/artificial-intelligence-sensor-market>

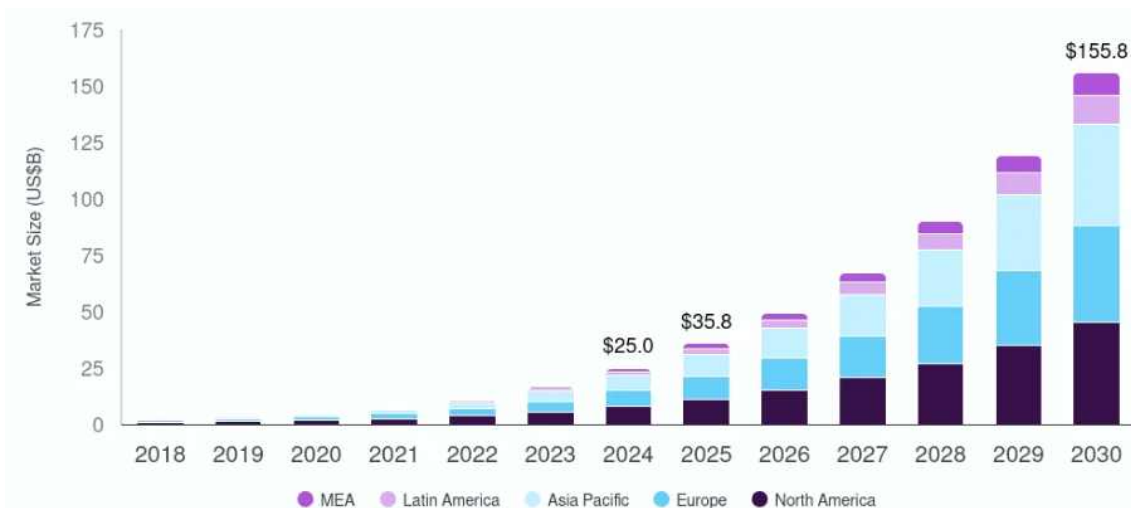
8) MarketsandMarkets(2025). <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/artificial-intelligence-chipset-market-237558655.html>

- (산업 전반의 디지털 전환으로 인한 멀티모달 AI 고성장세) '24년 17억 3천만 달러로 추산되었고, '30년 108억 9천만 달러가 전망되어 CAGR 36.8%로, 다양한 산업 전반에서 비정형 멀티미디어 데이터를 활용한 의사결정 및 자동화 요구가 급증하여 폭발적 성장 예상⁹⁾



[그림 5] 멀티모달 AI 시장 규모 및 예측

- (가상-물리 연계 수요 급증으로 디지털트윈 시장의 폭발적 성장) '24년 249억 7천만 달러로 추산되었고, '30년 1,558억 4천만 달러가 전망되어 CAGR 34.2%, 물리적 세계와 가상 세계 간의 격차를 메우며 제조·물류·스마트시티 등에서 폭발적 성장 예상¹⁰⁾



[그림 6] 디지털트윈 시장 규모 및 예측

9) GRAND VIEW RESEARCH(2025).

<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/multimodal-artificial-intelligence-ai-market-report>

10) GRAND VIEW RESEARCH(2025). <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/digital-twin-market>

» (글로벌 산업 확산) 제조·물류 주도 성장에서, 헬스케어·휴머노이드로 응용범위 다변화 中

- (HRC·디지털트윈 결합으로 대·중소 제조 전반 확산) 단순 자동화 단계를 넘어 AI 기반 공정 최적화·예측 유지보수·디지털 트윈 연계 품질 관리로 진화하고 있고, 특히 인간-로봇 협업 확산으로 대기업에서 중소 제조업 현장까지 적용 범위 확대
- (이커머스·인력난이 물류업 RaaS 확산 견인) 전자상거래 급증과 인력난으로, 물류센터·항만·공항에서는 자율주행 운송로봇, 자동 피킹·팔레타이징, 지능형 분류 시스템이 표준화되고 있으며, 최근에는 RaaS(서비스형 로봇) 모델이 확산되어 초기 도입비용을 낮추는 방식이 확산

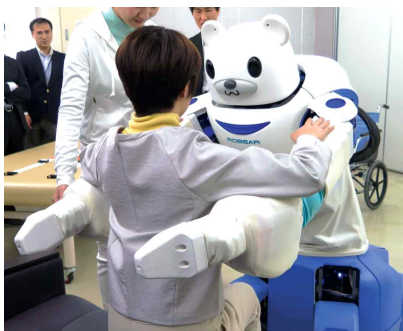


▲ RaaS를 통한 창고 자동화(Mondial Relay 제공) ▲ 인공지능 기반 협업 로봇 피킹 시스템(Mecalux 제공)

[그림 7] 물류 분야 피지컬 AI 적용 예시

- (고령화·비대면 수요로 헬스케어 분야 피지컬 AI 도입 확대) 수술 로봇 외에도 병원 내 자율주행 물류 로봇, 돌봄 로봇, 재활 로봇 등 비(非)수술 분야까지 활용이 확대되고 있으며, 특히 고령화 사회의 구조적 수요와 팬데믹 이후 비대면 의료 서비스 확대가 로봇 도입을 촉진하는 핵심 요인

※ 일본은 고령자 요양시설에 돌봄 로봇 3만 대 이상 보급, EU는 재활 로봇 프로젝트에 5억 유로 이상 투자



▲ 일본의 리프팅로봇 로베어(RIKEN 제공)

▲ AI 돌봄 로봇(속초시청 제공)

[그림 8] 헬스케어 분야 피지컬 AI 적용 예시

- (휴머노이드 R&D 집중) 단순 보행·움직임 수준을 넘어, 사람과 협력 가능한 멀티태스킹 능력에 R&D가 집중되고 있으며, 안전성·신뢰성 확보, 에너지 효율, 가격 경쟁력이 상용화의 주요 과제로 부상

» (글로벌 산업동향) Amazon, Tesla, Boston Dynamics, Intuitive Surgical 등 글로벌 기업들이 대규모 투자를 단행하며, 차세대 플랫폼 주도권 경쟁이 본격화

- (Amazon) 글로벌 물류 거점 자동화를 위해 Symbolic과 협력하여 풀필먼트 센터에 지능형 로봇을 대규모 도입 중이며 Amazon Robotics 운영을 통해 피킹·분류 효율을 25% 이상 개선하는 등 물류 자동화 플랫폼 기업으로 입지를 강화¹¹⁾
- (Tesla) Optimus 휴머노이드 로봇을 개발해 제조현장의 단순 반복 노동을 대체하고, 장기적으로는 서비스·가정 영역까지 확장 가능한 범용 로봇 플랫폼을 지향하고 있으며, 현재 사람 손 디자인을 적용하여 정밀한 작업이 가능한 3세대 프로토타입 공개
- (Boston Dynamics) 물류 자동화 로봇 Stretch의 상용화를 본격화하며, DHL과 1,000대 공급 계약(2025)을 체결, 기존 4족 보행 로봇 Spot은 건설·국방·보안 분야로 활용 범위를 넓히며 피지컬 AI의 다목적 적용 가능성을 입증¹²⁾
- (Intuitive Surgical) 세계 최초 상용 수술 로봇 다빈치를 기반으로 '24년까지 10,600대 이상 보급했고 최근 AI 영상인식·디지털 트윈 시뮬레이션을 접목해 정밀성과 안전성을 강화하는 방향으로 발전¹³⁾

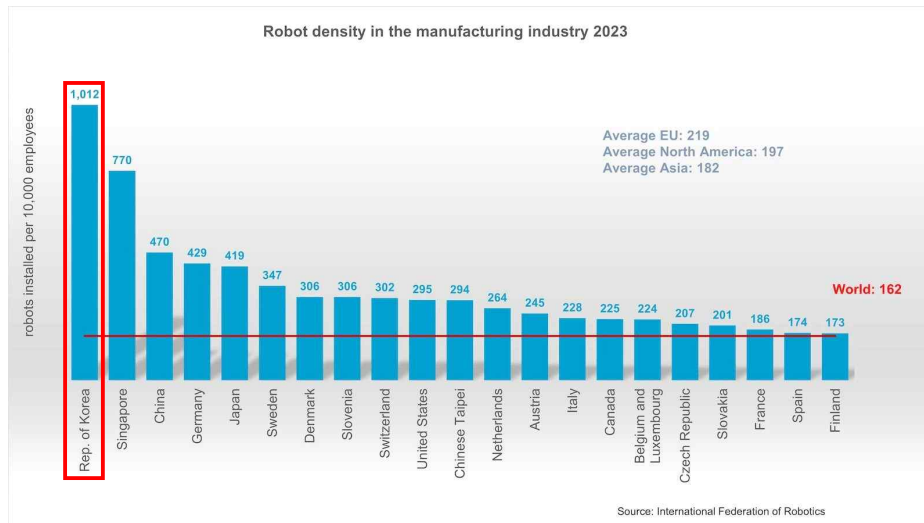
〈 표 4 〉 피지컬 AI 글로벌 기업

기업	주요 사례	기술·응용 특징	사업화 전략
 Amazon	• Symbolic과 협력해 풀필먼트 센터 자동화 • Amazon Robotics 운영	• 피킹·분류·이동 로봇을 물류센터 전 과정에 적용 -효율성 +25% 향상	• RaaS(서비스형 로봇) 모델 도입 • 물류 플랫폼 사업 확장
 Tesla	• Optimus3 프로토타입 공개 -사람 손 디자인 적용	• 보행·손동작·반복 작업 자동화 • 범용 인력 대체 목표	• 제조업 노동 대체 → 가정·서비스 영역 확장
 Boston Dynamics	• DHL과 Stretch 1,000대 공급 계약 • Spot 로봇 건설·보안 활용	• 물류 자동화(팔레타이징 등)와 4족 보행 기반 다목적 적용	• 물류 로봇 대량 상용화 • Spot으로 신시장(건설·국방) 확대
 Intuitive Surgical	• 다빈치(da Vinci) 수술 로봇 8,000대 이상 보급	• AI 기반 영상 인식·디지털 트윈 접목 • 정밀 수술 지원	• 수술 로봇 시장 지배력 유지 • 고도화 솔루션으로 점유율 강화

11) Amazon(2025). <https://www.aboutamazon.com/news/operations/amazon-robotics-robots-fulfillment-center>
 12) THEROBOTREPORT(2025). <https://www.therobotreport.com/dhl-buying-1000-stretch-robots-from-boston-dynamics/>
 13) Klover.ai(2025). <https://www.klover.ai/intuitive-surgical-ai-strategy-analysis-of-dominance-in-surgical-ai/>

» (국내 산업 확산) 국내 피지컬 AI 산업은 세계 최고 수준의 제조 자동화 인프라와 항만·공항 실증 프로젝트를 기반으로, 산업 전반에서 상용화 잠재력이 빠르게 확대

- (제조업 자동화 강점) 한국 제조업의 로봇 밀도는 근로자 1만 명당 1,012대로 세계 1위를 기록, 초고도 자동화 인프라를 기반으로 피지컬 AI 상용화 잠재력이 매우 높음



※ 로봇신문(2024). 우리나라 로봇밀도 1만명당 1012대로 세계 1위.

[그림 9] 전세계 제조업 로봇 밀도 순위

- (항만 물류 대규모 AGV실증으로 자동화 전환 가속) 부산신항 7부두에서 현대로템이 AGV(Automatic Guided Vehicle)* 57대 공급 계약을 체결, 관제·충전 인프라까지 포함한 완전 자동화 컨테이너 터미널 실증 사업이 본격화¹⁴⁾

* AGV: 부두의 컨테이너를 적재해 하차 장소까지 자동으로 옮기는 항만 물류 자동화 설비

- (공항 실증에서 스마트 인프라 서비스 확산 전망) 인천국제공항에서는 현대차그룹이 AI 기반 전기차 자동충전 로봇을 실증 중이며, 향후 여객·화물 처리 과정의 로봇 활용 확산 가능성이 큼



[그림 10] 인천국제공항 AI 기반 전기차 자동충전 로봇(현대자동차그룹 제공)

14) 연합뉴스(2025). <https://www.yna.co.kr/view/AKR20250717050100003>

» (국내 산업동향) 현대차·현대로템, LG전자, 두산로보틱스, 네이버, 삼성 등이 피지컬 AI 시장 참여를 확대하며 글로벌 경쟁력을 모색 중

- (현대차·현대로템) 부산신항 AGV 57대 공급과 인천공항 자동충전 로봇 실증을 통해 항만·공항 인프라의 완전 자율화를 선도하며, 모빌리티·스마트 인프라 분야에서 피지컬 AI 상용화를 주도
- (LG전자) CLOi 시리즈를 앞세워 리테일·헬스케어·호텔 등 다양한 서비스 현장에 진출하고, RaaS 구독 모델을 통해 초기 도입 장벽을 낮추며 글로벌 파트너십으로 해외 시장까지 공략
- (두산로보틱스) 협동로봇 국내 1위·글로벌 Top 5 기업으로, Doosan Bobcat 네트워크를 기반으로 북미·유럽 진출을 가속화하고 있으며, 푸드테크·서비스 로봇 등 신시장 개척을 통해 사업 다각화를 추진¹⁵⁾
- (네이버) 1784 로봇 친화형 빌딩에서 100여 대 로봇과 ARC 클라우드 시스템을 실증 운영하며, 데이터 기반의 통합 제어·서비스 실험을 통해 글로벌 로보틱스 플랫폼으로 도약을 준비

〈 표 5 〉 피지컬 AI 국내 기업

기업	주요 사례	기술·응용 특징	사업화 전략
 현대차· 현대로템	• 부산신항 7부두 AGV 57대 공급 계약 • 인천공항 AI 전기차 자동충전 로봇 실증	• 항만·공항 등 대형 인프라에 무인운송·자율 제어 기술 적용 • 관제·충전 등 인프라 통합 운영	• 대형 공공 프로젝트 중심 레퍼런스 확보 • 글로벌 항만·공항 로봇 수출 기반 마련
 LG전자 LG전자	• CLOi 로봇 시리즈(서빙·청소) • 병원·호텔·리테일 현장 도입	• AI 비전 인식·자율주행·HRI (인간-로봇 협업) 기술 접목 • 서비스 로봇 기능 고도화	• RaaS 구독 모델 확산 • 글로벌 스타트업과 협업해 해외 시장 진출
 두산로보틱스	• 협동로봇 글로벌 판매 • 제조·푸드테크·서비스 분야 확장	• 안전성·유연성을 강화한 협동로봇 • 원격 제어·자동화 소프트웨어 통합	• Doosan Bobcat 네트워크 활용해 북미·유럽 진출 • 응용 분야 다각화로 성장
 네이버	• 1784 빌딩 내 100여 대 로봇 상시 운영 • ARC(로봇 클라우드) 기반 통합 제어	• 클라우드 기반 로봇-빌딩 연계(엘리베이터·동선 제어) • 대규모 실증 데이터 축적	• 플랫폼·데이터 중심 로봇 생태계 구축 • B2B 서비스 확산 및 글로벌 레퍼런스 확보

15) CEOSCORE DAILY(2024). <https://m.ceoscoredaily.com/page/view/2024041114555903826>

2.2 기술 동향

» (AI 반도체) GPU, NPU, 엣지 AI 칩을 통해 로봇·드론·자율주행차의 실시간 제어와 추론을 가능하게 하며, 피지컬 AI의 학습·판단·제어를 뒷받침하는 핵심 인프라

- (초저지연 필요성) 피지컬 AI는 자율주행차·로봇·드론 등에서 밀리초 단위 반응이 필요하지만, 기존 클라우드 연산은 네트워크 지연·에너지 소모 한계 존재
- (칩별 특징) GPU는 대규모 병렬 연산에 강점, NPU는 신경망 연산에 특화되어 초저지연 연산 지원, Edge AI 칩은 전력 효율성을 극대화해 현장 배치 가능
- (글로벌 경쟁 강화) NVIDIA·Qualcomm·Google·Intel 등은 GPU·NPU 기반 엣지 AI 칩으로 로봇·드론·자율주행 플랫폼을 고도화하며 시장 주도권 강화

※ NVIDIA는 Jetson 시리즈 등 온디바이스 AI 반도체를 출시, 피지컬 AI 최적화 추진



[그림 11] NVIDIA의 On-device AI 반도체 Jetson 시리즈(NVIDIA 제공)

- (국내 기업) 삼성전자·SK하이닉스·현대자동차 등은 NPU·PIM 반도체, HBM 메모리, 자율주행용 연산 칩 등을 개발하며 글로벌 격차 해소와 자체 생태계 구축에 집중
- » (센서 기술) 피지컬 AI가 물리 세계를 인지하는 ‘눈’과 ‘귀’로, 다중 센서 융합과 고성능·저전력화가 핵심 발전 방향이며 신개념 센서의 상용화가 본격화 단계
- (센서 기술 필요성) LiDAR·3D 카메라·IMU(관성측정장치)·촉각 센서는 자율주행과 로봇 동작 제어의 안전성 확보에 필수
 - (발전 추세) 고해상도·저전력 센서와 멀티모달 센서 융합 기술 발전이 가속화되고, 이벤트 카메라·소프트 촉각 센서 등 신개념 센서들이 기존 한계를 보완하며 산업 현장 적용을 준비 중
 - (글로벌 선도) Velodyne·Luminar(라이다), Sony·Omnivision(이미지 센서), Synaptics·HaptX(촉각) 등이 주도
 - (국내 기업의 생태계 확대) LG이노텍, 한화시스템, 현대모비스 등이 생태계 확대 노력 추진 중

» (멀티모달 AI) 다양한 센서와 데이터 소스를 통합적으로 처리하여 피지컬 AI가 물리 환경을 정밀하게 인지하고 상황에 대응할 수 있게 하는 핵심 기술

- (데이터를 융합하여 다중적 환경 인지) 실제 환경에서 시각·음향·촉각·위치 정보 등 다양한 신호를 동시에 수집하고, 멀티모달 AI는 이질적 데이터를 융합해 다중적 환경 이해를 가능하게 하며, 이는 로봇이나 자율 시스템이 안정적으로 판단할 수 있는 기반 제공

※ 이미지와 음성을 동시에 처리하여 사람의 표정·어조를 기반으로 감정을 해석할 수 있으며, 영상·촉각 데이터를 결합하여 로봇이 물체의 위치와 재질을 동시에 파악할 수 있음

- (다양한 산업 활용) 다양한 산업 현장에서 피지컬 AI의 활용 범위를 넓히고 있음

〈 표 6 〉 멀티모달 AI 활용 응용 사례

로봇 유형	멀티모달 AI 활용 특징	구체적 응용 시나리오
물류 로봇	• 카메라·라이다 기반 시각 데이터와 경로 탐색 알고리즘을 통합하고, 음성 명령과 연동하여 작업 수행	• 창고 내 물체 자동 인식 및 분류 • 라이다 기반 실시간 경로 탐색 및 충돌 회피 • 음성 지시에 따른 자율 이동
돌봄 로봇	• 영상(상태 모니터링)·음성(대화)·동작 제어를 융합하여 인간과 상호작용	• 카메라로 환자의 표정·자세 분석 • 음성 기반 대화와 건강 체크 • 약 전달·위치 이동 등 돌봄 동작 수행
휴머노이드 로봇	• 영상·음성·가속도·IMU 데이터를 종합하여 복합 작업과 인간과의 협업 수행	• 시각·청각 기반의 대화 및 지시 이해 • 가속도·IMU 데이터로 균형 유지 • 물체 이동·조립·안내 등 다중 작업 처리

- (글로벌 동향) OpenAI GPT-4o, Google Gemini 등은 텍스트·음성·이미지·영상 통합 처리를 통해 로봇·디지털 서비스에 적용되었으며, NVIDIA는 생성형 추론과 멀티모달·멀티센서 처리를 실시간으로 지원하는 피지컬 AI 플랫폼인 'Jetson Thor' 설계
- (국내 동향) KAIST, 슈퍼브에이아이는 '독자 AI 파운데이션 모델 개발' 사업 등을 통해, 텍스트뿐 아니라 이미지·언어·행동·로봇 상호작용 등을 포함하는 멀티모달 AI 모델 및 피지컬 AI(Physical AI) 중심 기술 확보 중¹⁶⁾¹⁷⁾

16) 카이스트 연구뉴스(2025).

https://researchnews.kaist.ac.kr/researchnews/html/news/?mode=V&mng_no=50390&skey=keyword&sval=AI%EB%8C%80%ED%95%99%EC%9B%90&list_s_date=&list_e_date=&GotoPage=1

17) 뉴스1(2025), <https://www.news1.kr/industry/sb-founded/5869600>

» (Vision-Language-Action) 시각·언어·행동을 통합적으로 학습하여 로봇이 인간의 언어적 지시를 이해하고, 시각 정보를 바탕으로 자율적으로 행동을 수행할 수 있게 하는 통합 인지-행동 모델¹⁸⁾

- (범용 인지·행동 기반 확립) 시각과 언어를 결합해 인간 수준의 추론과 의사결정을 가능하게 하며, 물리적 상호작용이 필요한 로봇·자율주행·드론 등에서 범용 인지 행동 능력을 구현하는 기반
- (언어 주도형 로봇 지능 진화) VLA는 대규모 멀티모달 파운데이션 모델과 결합되며 빠르게 고도화되어 강화학습을 통한 행동 최적화뿐 아니라, 사전학습된 언어모델과 시각 인식 모델을 결합해 “언어로 행동을 유도하는 로봇 지능” 형태로 진화
- (글로벌 동향) 시각·언어·행동을 통합 학습하는 멀티모달 파운데이션 모델이 로봇 지능에 본격 적용되며, NVIDIA Project GR00T와 Google Gemini Robotics 1.5는 피지컬 AI 기반 범용 VLA 개발을 가속화



▲ VLA 모델 학습을 위한 멀티모달 데이터셋



▲ VLA 모델의 인식-이해-행동계획 결과

※ NVIDIA 제공. GR00T N1.5.

[그림 12] VLA 모델의 시각·언어·행동 통합 학습 예시

» (World 모델) AI가 외부 환경의 물리적 변화를 내부적으로 예측·모사하는 내재적 시뮬레이터로, 피지컬 AI가 실제 행동 전에 “무엇이 일어날지”를 스스로 상상하고 계획¹⁹⁾

- (내재적 예측·학습 기반 확립) 환경 데이터를 통해 세상의 물리 규칙을 학습하고, 가상 예측 시뮬레이션을 통해 현실 실험 없이도 학습과 계획을 수행
- (지능형 예측모델) 강화학습과 모델 기반 추론을 결합해, 로봇이 시각·언어 정보를 바탕으로 현실을 머릿속에서 예측·상상하며 시뮬레이션 없이 행동을 계획·학습할 수 있는 지능형 예측 모델로 발전
- (글로벌 동향) DeepMind는 Dreamer, Genie 등을 통해 자율 시뮬레이션 기반 강화학습 구현

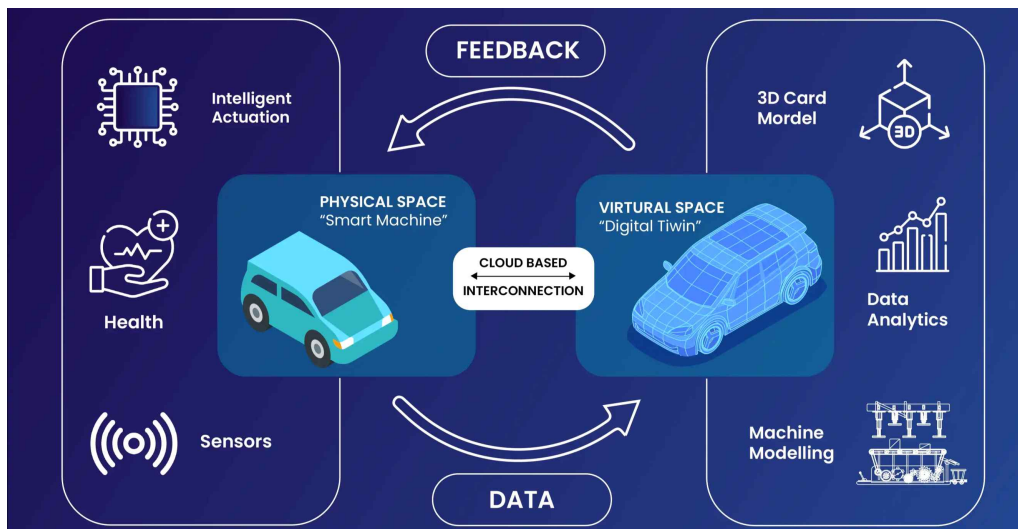
18) Ranjan et al(2025). Vision-Language-Action Models: Concepts, Progress, Applications and Challenge.

19) Jingtao et al(2024). Understanding World or Predicting Future? A Comprehensive Survey of World Models.

» (디지털 트윈·시뮬레이션) 물리 환경을 가상 공간에 정밀하게 재현하여 학습·검증 비용을 절감하고 피지컬 AI의 개발·검증·최적화를 가능하게 하여 안정성과 효율성을 높이는 핵심 기술

- (가상 실험실 역할) 자율주행차, 스마트팩토리, 항만 물류, 에너지 설비 등과 같이 실제 환경에서 실험하기 어려운 분야에서 디지털 트윈은 저비용·저위험으로 다양한 시나리오를 검증
- (실시간 연동) 디지털 트윈과 시뮬레이션 기술은 AI와의 융합을 통해 지능화되고 있으며, IoT 센서·엣지 디바이스에서 수집된 데이터를 실시간으로 가상세계에 연동해 분석·제어 신호를 산출하고 이를 다시 물리세계에 반영하는 피드백 루프 구조가 핵심 발전 방향으로 부상

※ 데이터 피드백 루프는 피지컬 AI가 실제 환경에서 안정성과 신뢰성 확보하는데 기여



※ toobler(2024). How Digital Twins and IoT Work Together.

[그림 13] 자율주행 분야의 디지털 트윈 기반 데이터 피드백 루프

- (글로벌 적용 사례) 글로벌 기업들은 디지털 트윈 기술을 활용하여 제조 프로세스 및 운영 방식 전반에서 혁신을 이끌어내며, 효율성과 경쟁력을 확보

< 표 7 > 글로벌 기업의 디지털 트윈 적용 사례

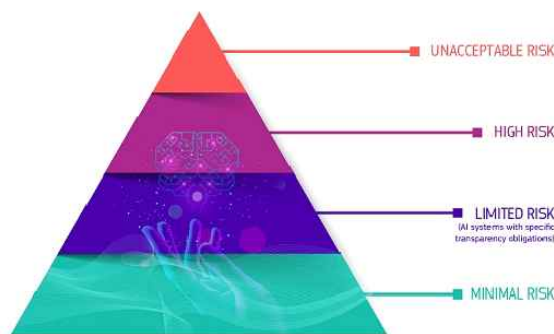
기업	적용 분야/방식	주요 성과
Siemens	- 제조공정 최적화 -공장 전체를 디지털 트윈으로 구현	- 생산성 8배 증가 - 제품 불량률 대폭 감소
GE	항공기 엔진 성능 및 유지보수 예측	- 예측 정확도 향상 - 디지털 트윈 개념 최초 도입(2002년)
현대중공업	- 조선업 공정 혁신 -디지털 트윈 기반 가상 시운전 -트윈포스(TWIN FOS) 시스템 구축	- 조선 공정 효율화 - 운영·검증 비용 절감

※ 트윈포스: 조선소의 실제 환경을 3D 모델 기반의 디지털 트윈으로 구현하는 미래첨단조선소 프로젝트 중 하나

2.3 정책·규제 동향

» (EU, AI Act) EU는 2024년 최종 합의된 'AI Act'를 통해 세계 최초의 포괄적 인공지능 규제체계를 마련하고, 피지컬 AI를 고위험 분야로 분류하여 엄격한 규제 틀을 적용하며, 이를 통해 글로벌 표준화 경쟁에서 영향력 확대

- (4단계 위험 기반 접근) AI Act는 위험 기반 접근을 채택해 AI 시스템을 최소 위험, 제한적 위험, 고위험, 금지의 4단계로 구분하고, 특히 고위험군에 대해 강력한 규제를 적용



※ European Commission. AI Act.

[그림 14] EU AI Act 위험 기반 접근

- (피지컬 AI 고위험군 지정) 피지컬 AI와 직접적으로 연결되는 자율주행차, 협동로봇, 의료기기, 인프라 제어 시스템은 모두 고위험군에 해당하며, 사전 인증·안전 검증·지속적 감독이 의무화
- (고위험 AI 공급자 의무) 고위험 AI 공급자는 위험 관리 시스템 구축, 데이터·학습 프로세스 투명성 확보, 인간 개입 가능성 보장 등 엄격한 요구사항을 충족 필요
- (규제 샌드박스 도입) 규제 샌드박스 제도를 도입하여 스타트업 및 중소기업이 새로운 AI 기술을 안전한 환경에서 시험·검증할 수 있도록 지원

※ 기업은 실제와 유사한 조건에서 기술을 시험하면서도 규제 리스크를 최소화할 수 있으며, 정책 당국은 신기술의 사회적 영향과 위험 요인을 사전에 점검 가능

- (브뤼셀 효과) AI Act는 EU 역내에서 활동하는 모든 기업에 적용되며 글로벌 기업들까지 EU 기준을 따르도록 유도하여, 브뤼셀 효과로 이어져 EU 규제가 국제표준처럼 확산

※ 브뤼셀 효과(Brussels Effect): EU의 규제가 역내 기업뿐 아니라 글로벌 기업에도 사실상 의무 기준으로 확산되어 국제 표준처럼 작동하는 현상

- (글로벌 경쟁력 확보를 위한 전략적 활용) EU는 동시에 안전성과 신뢰성을 갖춘 AI 생태계를 조성함으로써, 자국 기업이 글로벌 시장에서 경쟁력을 확보할 수 있도록 전략적으로 활용

» (미국, AI가이드라인) 규제보다는 가이드라인 중심으로 NIST 「AI Risk Management Framework(RMF)」와 백악관 「AI 권리장전」 등을 통해 자율성·안전성·신뢰성 기준을 제시하며, 산업 혁신 촉진·민간 자율 규제로 피지컬 AI 확산을 지원

- (단계별 리스크 관리 프로세스를 제시하는 프레임워크) '23년 공개된 AI RMF는 법적 구속력은 없지만, 산업계·학계·정부가 함께 활용할 수 있는 자율적 지침으로, 설계·개발·운영 전 과정에서 안전성·투명성·설명가능성·공정성·보안성 확보를 위한 단계별 리스크 관리 프로세스 제시

※ 자율주행, 로봇, 국방 시스템, 의료 등 안전과 직결되는 분야에서 RMF 준용 권장

- (AI 선언적 권리 원칙) 백악관 OSTP(과학기술정책실)는 「AI 권리장전(Blueprint for an AI Bill of Rights)」을 통해 개인정보 보호, 차별 방지, 안전성 보장 등을 선언적 차원에서 제시

〈 표 8 〉 미국 AI Bill of Rights 5가지 원칙

원칙	세부 내용
안전하고 효과적인 시스템	• 불안정하거나 비효율적인 자동화 시스템으로부터 보호
차별 방지	• 알고리즘 차별로부터 보호
데이터 프라이버시	• 남용적 데이터 관행으로부터 보호
통지 및 설명	• 자동화 시스템 사용 시 통지와 설명 제공
인간의 대안, 고려사항, 대체 방안	• 자동화 시스템에 대한 인간의 대안 제공

※ Built In(2024). AI Bill of Rights: What You Should Know

- (산업 촉진) 법제화보다는 가이드라인 중심으로 산업계 자율 준수를 유도하며, 기업들이 빠르게 AI 기술을 상용화할 수 있는 환경을 유지
- (국방 중심 대규모 투자) 피지컬 AI 관련해서는 국방부(DOD), DARPA, NASA* 등이 자율 시스템과 로봇 분야에 집중 투자하고 있으며, 민간 가이드라인과 병행하여 활용

* DARPA: 미국방위고등연구계획국, NASA: 미국 항공우주국

※ DOD가 자율성과 AI 시스템에 '26년 134억 달러 전용 예산 편성하였으며 이 중 2억 달러가 AI 자동화, 1억 5천만 달러가 레거시 비즈니스 시스템 현대화에 배정²⁰⁾

20) MeriTalk(2025). <https://www.meritalk.com/articles/ai-action-plan-trump-calls-for-rapid-ai-development-across-dod/>

» (일본, 로봇 신성장 전략) 고령화 사회 대응과 산업 경쟁력 강화를 위해 ‘로봇 신성장 전략’을 추진하며, 서비스 로봇과 산업용 로봇의 활용 확대를 중점적으로 지원

- (서비스 확산 중심 정책 프레임워크) 일본 정부는 「로봇 신성장 전략(‘15, 개정 지속)」을 통해 제조업뿐 아니라 의료·돌봄·물류 등 서비스 분야로 로봇 활용을 확대하는 정책을 수립

〈 표 9 〉 일본 로봇 신성장 전략 주요 정책 목표

정책목표	세부 내용
시장 규모 확대	• ‘15년 6,500억엔에서 ‘30년대 초 2조 4,000억엔으로 3배 확대
서비스 분야 로봇 활용	• 장기적으로 서비스 분야에서 70% 로봇 활용 목표
총 투자 규모 확대	• 정부와 민간 부문이 로봇 관련 프로젝트에 1,000억엔 투자

※ The Headquarters for Japan’s Economic Revitalization(2015). New Robot Strategy

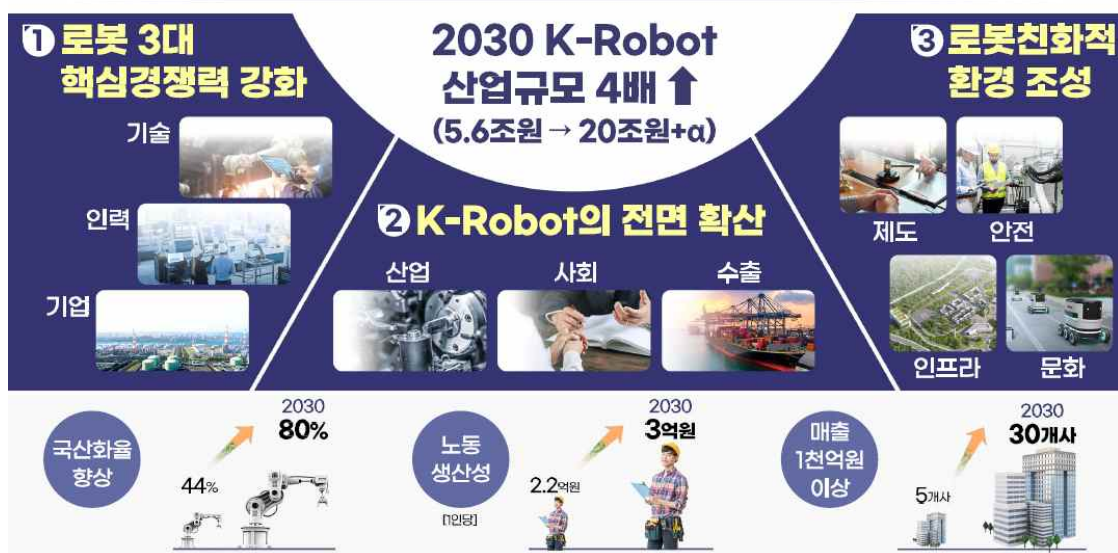
- (돌봄·재활 중심 정부 주도 실증) 경제산업성(METI)과 총무성은 로봇·AI 실증 프로젝트를 운영하며, 특히 돌봄·재활 로봇, 서비스 로봇을 고령화 사회의 핵심 해법으로 제시
- (국가 혁신 기반 AI 전략 연계) ‘22년 「AI 전략 2022」에서는 인공지능 활용을 국가 혁신 기반으로 제시하며, 로봇·자율 시스템 연구개발을 AI 전략과 연계

» (중국, 중국제조 2025 및 로봇산업 발전계획) ‘중국제조 2025(中國製造2025)’와 로봇산업 발전 5개년 계획’을 통해 로봇·지능형 제조를 국가 산업정책의 핵심 축으로 삼고 있으며, 최근에는 휴머노이드 로봇을 차세대 전략 분야로 집중 육성

- (국산화·점유율 확대) ‘15년 발표된 「중국제조 2025」는 로봇·스마트 제조를 10대 핵심 산업으로 지정하고, 국산화율 제고와 글로벌 점유율 확대를 목표
- (핵심부품 자립을 위한 5개년 계획) 공업정보화부(MIIT)는 「로봇산업 발전 5개년 계획(‘21~’25)」을 통해 핵심 부품(감속기, 서보모터, 센서)의 기술 자립과 산업 클러스터 육성을 추진
- (국가 주도 R&D) 서비스 로봇, 협동 로봇, 산업용 로봇 분야에서 국가 주도의 대규모 R&D 투자가 진행 중이며, AI 기반 자율제어와 멀티모달 센서 융합 연구가 강화
- (휴머노이드 집중 육성) MIIT는 최근 휴머노이드 로봇을 국가 전략 차원에서 육성하기 위해 수직 통합형 생태계 조성, 지역 실증 프로젝트, 대규모 연구개발 투자를 추진하고 있으며, 이를 통해 세계 시장 선점을 목표

- » (한국, 피지컬 AI 정책 추진) 정부에서는 피지컬AI 발전을 위하여 제4차 지능형로봇 기본계획, 피지컬 AI PoC, 휴머노이드 미래선점 개발 전략, AI 데이터 구축 등을 추진하며, 과기부·산업부는 하드웨어 내재화까지 연계함으로써 전 주기 자립·상용화 가속
- (서비스·제조 확산 중심 정책 프레임워크) 「제4차 지능형로봇 기본계획(’24~’28)」은 ’30년까지 제조·서비스 분야 총 100만대 보급, 핵심부품 자립화율 80%, 핵심인력 1.5만명 양성, 민관 3조원+ 투자 등을 제시하고, 제도·안전·실증 인프라(국가로봇테스트필드)까지 포괄²¹⁾

첨단로봇을 가장 잘 만들고, 잘 활용하는 K-Robot 경제 실현



[그림 15] 제4차 지능형 로봇 기본계획 비전

- (정부 주도 실증+PoC 연계) '25년 산업특화형 「피지컬AI 선도모델 수립 및 PoC」는 미래형 AI Factory* 개념을 중심으로 전략모델 수립·통합플랫폼 설계·기술검증랩 구축·PoC를 패키지로 지원**하여 현장 도입효과 검증→전략·플랫폼 고도화에 재귀 반영하도록 설계²²⁾

* 미래형 AI Factory: 첨단 로봇, AI, 디지털 트윈 및 이종 기기간 협업 기술에 기반하여 24시간 운영 가능한 무인 공장

** 국비 219억, 민간 매칭 40% 이상

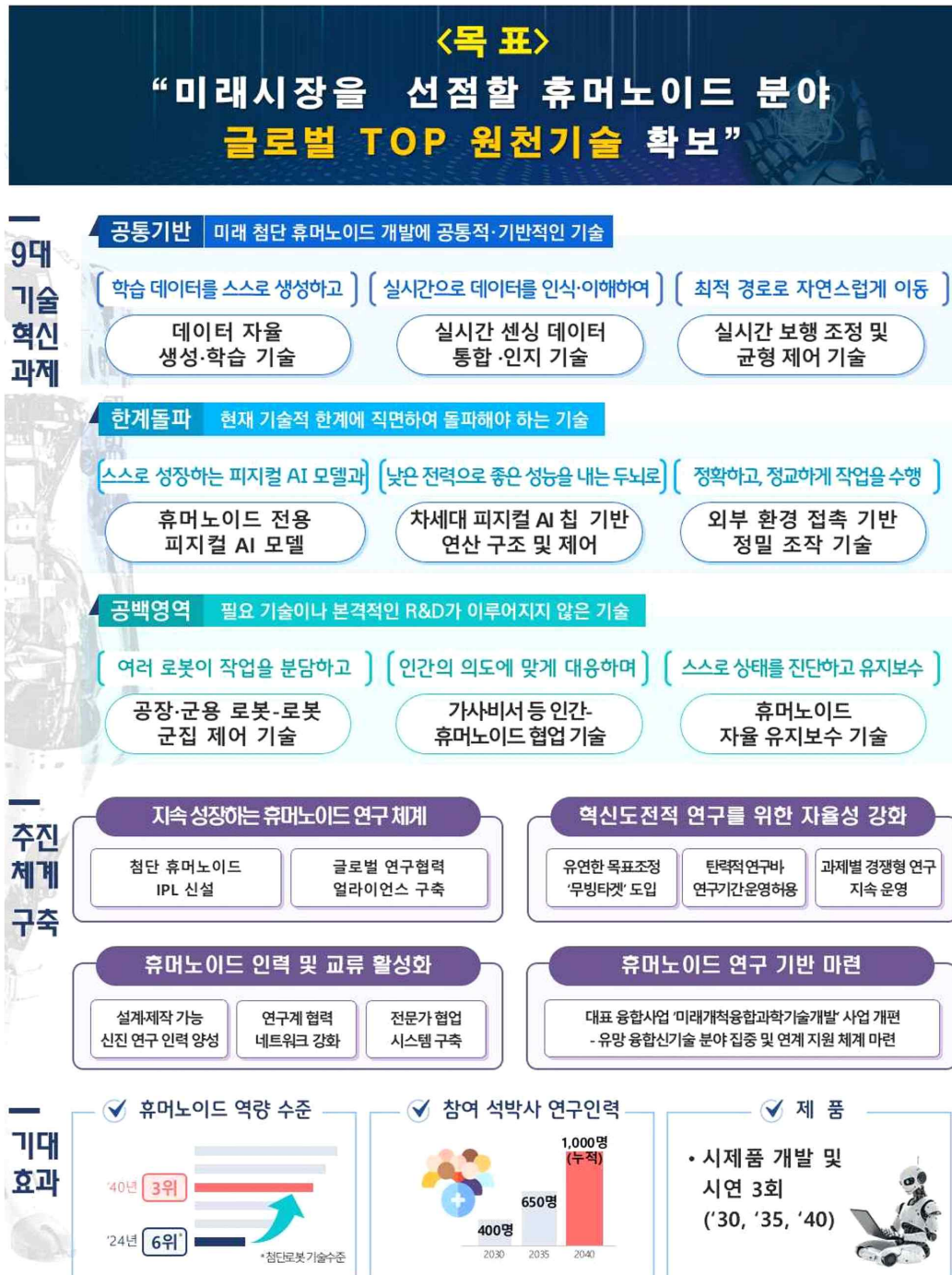
- (부처 합동 피지컬 AI 경쟁력 강화) 과기정통부와 산업부가 협력하여 피지컬 AI를 국가 전략 기술로 육성하고 있으며, 과기정통부는 로봇의 두뇌(소프트웨어) 개발, 산업부는 로봇의 몸체(하드웨어) 국산화·양산화를 추진하여, AI-하드웨어 동시 자립과 제조 현장 적용 가속 목표²³⁾

21) 관계부처 합동. K-로봇경제 실현을 위한 제4차 지능형로봇 기본계획

22) 2025년 산업특화형 「피지컬AI 선도모델 수립 및 PoC」사업 공모 안내서

23) BLOTTER(2025). <https://www.bloter.net/news/articleView.html?idxno=643734>

- (K-휴머노이드 개발전략) 과기정통부는 '40년 범용 휴머노이드 일상화 시대를 대비하여 차세대 피지컬 AI 모델 기반 휴머노이드 미래선점기술 개발 전략(안)을 발표하였으며, 공통 기반·한계 돌파·연구개발 공백 영역의 세 가지 축 아래 9대 중점기술 과제를 설정²⁴⁾



[그림 16] 휴머노이드 로봇 9대 중점 기술 개발 전략 목표

24) 로봇신문(2025). <https://www.irobotnews.com/news/articleView.html?idxno=40295>

- (AI 허브) 과기정통부와 한국지능정보사회진흥원에서는 민간 수요를 기반으로 한 AI 학습용 데이터를 구축하여 AI허브(aihub.or.kr)에 개방 중에 있으며, 이 중 현실 세계와 상호작용하는 피지컬 AI 기반이 되는 데이터들도 다수 개방되어 있고, 다음의 요소를 포함

- 이미지를 포함한 비전 센서 데이터(RGB, Depth, LiDAR 등)
- 모션/제스처/행동 로그 (모션 캡처, 키포인트, 포즈, 힘/토크/피드백 등)
- 로봇의 행동-제어(action)이나 상호작용(action+환경 반응) 데이터
- 가상환경이나 시뮬레이션 데이터
- 환경맵, 실내외 공간 데이터 및 SLAM / Navigation용 데이터

〈 표 10 〉 AI허브 내 피지컬 관련 데이터셋 예시

데이터명	분야/유형	데이터 주요 특징	활용 영역(예시)
로봇행동 데이터 (소형객체 파지)	로보틱스	물류 산업 현장에서 다양한 사물을 로봇을 이용하여 파지할 수 있는 인공지능 모델 연구 및 개발을 위하여 흡착식 그리퍼로 파지할 수 있는 소형 날개 상체에 대한 로봇 파지 행동 데이터셋	파지(grasp) 전략, 로봇팔 제어, 물류 자동화 등
가구·가전·사무기기 사용 모션 캡처 데이터	영상이미지/모션캡처	가정 및 사무실에서 일반적으로 사용되는 총 60종의 객체를 선정하여 각 객체별 사용 동작을 신체 및 연령 등의 조건으로 구분하여 다양성을 확보한 데이터셋	휴머노이드 로봇 동작, 애니메이션, 동작 예측, 객체 상호작용 동작 모델링
자연 발화 동영상 - 인체 3D 포즈 데이터	멀티모달/3D 포즈&페이셜	모션 및 포즈 관련 디지털 콘텐츠 제작과 3D 애니메이션 분야에서 인공지능 활용을 위한 자연 발화 포함 동영상 및 모션 캡처(포즈/표정) 데이터셋	메타버스, 휴먼-로봇 상호작용, 감정 인식, 포즈 추정 모델 학습 등
배송로봇 비도로 운행 데이터	로보틱스/자율주행	2D 이미지 데이터 기반으로 개발한 주행가능 영역 인식 모델과 3D LiDAR 데이터를 기반으로 개발한 동적 장애물 인식 모델을 활용한 배송로봇의 비도로 환경 자율주행을 위한 데이터셋	자율주행/운행 로봇의 내비게이션, 비포장 환경 적응, 장애물 회피 모델 등
로봇 핸드용 객체 특성 식별 데이터	로보틱스/컴퓨터비전	가사지원 로봇이 다양한 물체를 구분·인식하고 그 물체의 기본동작을 수행하기 위한 객체별 특성 데이터셋	물체 인식, 객체 분류, 핸드-물체 상호작용, grasp planning, 로봇 시각 시스템
실내 공간 유지관리 서비스 로봇 데이터	로보틱스/텍스트+운영 정보	실내 공간에서 사용되는 서비스 로봇의 상태 및 세부 운영 정보 데이터를 기반으로, 선제적 유지보수를 수행할 수 있는 데이터 분석 시스템 구축 및 학습 모델 개발을 위한 데이터셋	로봇 운영 예측 유지 보수, 상태 모니터링 등

- 위 데이터가 국내 로보틱스·자율주행 연구 및 서비스 개발에 활용될 수 있는 기초 인프라를 제공하고 있으나, 환경의 다양성 제한/실시간성 데이터 부족/국제적 호환성 부족 등의 한계를 지니고 있어 국제 경쟁력 확보를 위한 고도화된 데이터 생태계가 요구

CHAPTER 3 전략적 대응 방안

3.1 산업별 전략

» (K-제조) 노후 설비와 단절된 데이터 구조 때문에 글로벌 스마트팩토리 수준에 뒤처져 있어, 디지털 트윈과 자율 제어 기술 도입이 시급하며, 대기업 성공 사례를 산업 전반으로 확산하기 위한 국가 차원의 지원·표준화가 필요

- (현황 및 한계) 구형 설비가 많아 데이터를 연결하기 어렵고, 공정 효율성도 낮은 편
- (기술 도입 필요) 설비를 센서로 연결하고, 공정을 디지털 트윈으로 가상화해 시뮬레이션 하면서 최적 조건을 찾는 방식이 필요
- (협동로봇 확산) 협동로봇은 충돌 방지·비상정지 같은 안전 기능을 갖춘 상태에서 단계적으로 확대 적용해야 하며, 중소기업에도 적용할 수 있는 표준화된 솔루션이 보급되어야 함
- (실증 및 확산) 대기업에서 실증된 전략을 국가 차원 지원과 표준화를 통해 산업 전반으로 확산 필요

※ [LG전자 창원 스마트팩토리]

- (적용 기술) AI 비전 검사(불량 탐지율 90% 이상), 예지보전(PdM)으로 설비 다운타임 최소화, 디지털 트윈 기반 공정 최적화
- (운영/성과) 생산성 17% 향상, 에너지 효율 30% 개선, 품질비용(불량률) 70% 절감²⁵⁾
- (확산 포인트) 스마트팩토리 보급 확산 사업·R&D 바우처 지원을 활용해 중견·중소 제조업체로 표준화된 AI·로봇·센서 패키지를 보급하고 공공조달 우선구매 제도를 통해 국산 스마트팩토리 솔루션 확산 추진



[그림 17] 스마트팩토리 솔루션이 적용된 창원 LG스마트파크 냉장고 생산라인

25) 연합뉴스(2024). <https://www.yna.co.kr/view/AKR20240718031000003>

» (K-물류) 항만·공항 같은 거점에서 자동화 수요가 급증하고 있으나, 안전성과 효율성을 동시에 달성하기 어려워 실증 기반 기술 검증이 필요하며, 지역 거점을 넘어 전국 단위로 확산가능한 추진 여건 조성이 요구됨

- (현황과 한계) 작업 밀도가 높고 상황 변화가 많아, 단순 자동화만으로는 충돌·사고 위험 존재
- (플랫폼 구축 필요) 자율주행 운송차(AGV), 드론, 자동 크레인 등을 통합 관리할 수 있는 플랫폼을 구축하고, 항만·공항을 테스트베드로 지정해 시범 운영 필요
- (시뮬레이션 검증) 다양한 기상 조건·돌발 상황을 시뮬레이션에서 학습시킨 뒤 현장에서 검증하고, 처리량·사고율 등 성과 지표를 투명하게 공개하는 체계 마련 필요
- (확산 필요성) 현재는 일부 거점 성과에 그치고 있으며, 전국 주요 항만·공항으로 확산하기 위한 추진 여건 조성 필요

[광양항 항만자동화 테스트베드]

- (적용 기술) 자율주행 AGV·자동 크레인, 야드 디지털 트윈, 다중 센서 융합, 5G 기반 저지연 통신
- (운영/성과) 컨테이너 처리량 50% 향상, 장비 충돌 사고 80% 이상 감소, 체선 시간(대기) 15% 단축²⁶⁾
- (확산 포인트) 항만자동화 국책사업 및 물류 테스트베드 지원사업과 연계해 부산항·인천항으로 확산 추진, 향후 공공조달 우선구매 제도를 활용해 국산 솔루션 시장 창출



※ 해사신문(2024).

» (K-헬스케어) 고령화와 의료 인력 부족으로 돌봄·재활 로봇의 필요성이 급증하고 있으나, 안전성 검증과 임상 효과 입증이 부족하여 보급에 제약이 있으며, 이를 해결하기 위해 표준화·단계적 보급·실증 검증이 요구

- (현황과 한계) 한국은 빠른 고령화로 돌봄 수요가 커지고 있지만, 요양·의료 인력이 충분하지 않아 로봇 활용이 불가피하나 환자와 직접 접촉하는 로봇은 안전과 신뢰성이 확보되지 않으면 보급 어려움
- (전략 방향) 돌봄·재활 로봇 중심의 고령화 대응 서비스 표준화, 병원·요양시설부터 단계적 보급 추진 필요
- (평가체계 마련) 병동 물류·이동 보조·낙상 예방 등 운영 효율성과, 재활 성과·환자 만족도 등 임상 효과를 동시에 평가하는 이중 지표 체계 마련 필요
- (확산 모델) 실증 성과는 공공 선도조달을 통해 초기 시장을 만들고, 이후 요양원·지방의료원 → 민간 병원/시설로 확산하는 단계적 모델 구축 필요
- (안전 가이드라인) 사람과 로봇이 협력할 때 발생할 수 있는 접촉·근접·자세 보조 상황을 고려해, 인간-로봇 상호작용(HRI) 안전 가이드라인을 국제 기준과 부합화하여 도입 장벽 최소화 필요

26) 연합뉴스(2021). <https://www.yna.co.kr/view/AKR20211126084400054>

3.2 기술 전략

» **(AI 반도체·센서 생태계 강화 필요)** 메모리 중심 구조를 넘어 로봇·드론 등 현장 지능형 제어가 가능한 기술 역량을 확보하여, 저전력·고성능의 AI 하드웨어 국내 자립 생태계 구축 필요

- (국내 한계) 현재 메모리 중심 구조에 치중돼 있어 로봇·드론 등 현장 제어용 AI 칩 경쟁력 부족
- (GPU 제약) GPU는 대규모 병렬 연산에 강점을 가지지만, 낮은 전성비와 메모리 벽 문제가 지속적으로 제기되어, 엔비디아 등 빅테크 기업은 저전력·고성능 GPU 개발에 집중
- (NPU 부상) NPU는 성능과 소비전력 효율에서 GPU를 압도할 수 있을 정도로 성장하고 있으며, 향후 수요와 공급이 확대될 경우 GPU 대비 범용성과 효율성이 강화 전망
- (플랫폼 구축 필요) NPU·엣지 AI 칩과 LiDAR·3D 카메라·소프트 촉각 센서 등을 연계한 국산 플랫폼을 구축해, 글로벌 기업(NVIDIA·Qualcomm 등)에 의존하는 구조를 탈피해야 함

» **(멀티모달 AI 초기단계)** 한국은 멀티모달 AI 연구가 초기 단계에 머물고 있어, 로봇용 대규모 멀티모달 모델 개발과 산업별 적용이 시급

- (글로벌 대비 국내 수준 미비) 글로벌 기업들은 텍스트·영상·음성을 동시에 처리하는 GPT-4o, Gemini 등을 상용화했지만, 국내는 아직 개별 연구 수준

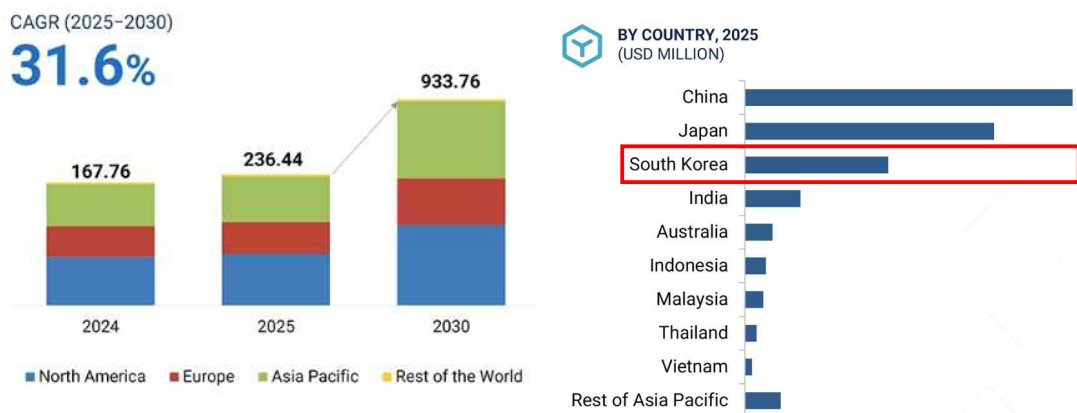
〈 표 11 〉 주요 멀티모달 AI 모델 비교

모델명	개발사	주요 특징	지원 모달리티
GPT-4o	OpenAI	• 실시간 음성대화 • 고급 추론	• 텍스트, 이미지, 음성
Gemini 2.5 Pro	Google	• 초장기 컨텍스트 • Deep Think 모드	• 텍스트, 이미지, 동영상, 음성
Claude 3.7	Anthropic	• 안전성, 윤리적 AI	• 텍스트, 이미지
Qwen-VL	Alibaba	• 오픈소스 • 다국어 지원	• 텍스트, 이미지

- (응용 필요성) 물류·돌봄·휴머노이드 로봇 등 핵심 응용분야에 특화된 멀티모달 AI를 개발하여 실제 작업 현장에서 로봇이 사람과 협업할 수 있는 능력을 확보하는 것이 중요

» (국내 데이터·실증 인프라 부족) 국내 AI 데이터센터 등 물리적 인프라 부족으로 실제 데이터 확보 및 대규모 실증 환경 구축에 제약이 크기 때문에 디지털트윈과 합성데이터를 활용한 가상학습·검증 환경을 조기에 구축하여 이러한 현실적 제약 보완 필요

- (디지털트윈 활용) 실제 시스템의 디지털 복제본을 제공하여 물리적 환경 없이도 다양한 시나리오를 시뮬레이션하여 고비용·고위험 실증 제약을 극복하고 효율적 개발 및 검증
- (합성 데이터 활용) 실제 데이터의 부족을 해결하며 희귀하거나 위험한 상황에 대한 학습 데이터를 효과적으로 생성



- 글로벌 AI 데이터센터 시장이 연평균 31.6%로 빠르게 성장하며, 아시아태평양 지역도 주요 성장 동력임을 보여주지만, 글로벌 대비 한국을 포함한 아시아태평양 지역의 AI 데이터센터 인프라가 여전히 부족한 상황

※ MARKETS AND MARKETS(2025). AI 데이터 센터 시장 규모('25-'30).

[그림 18] 글로벌 AI 데이터센터 시장 규모 및 국가별 점유율

» (HRI 안전성 검증 고도화 필요) 한국의 인간-로봇 상호작용(HRI)은 로봇의 국제 표준 부합성 확보 노력을 지속하는 가운데, 핵심 안전 기능 검증 기술 및 데이터 상호운용성 기술 적용을 고도화하여 실효성 있는 기술 검증 체계 발전 추진 필요

- (기술 현황 인정 및 고도화 요구) ISO 10218 등 국내 HRI 핵심 안전 기능은 국제 표준 기어 및 시험기관 구축 등 기반은 마련되었으나, 로봇 자율성 증가에 따른 국제 정합성 강화 및 ROS2 등과 같은 데이터 상호운용성 기술 검증 고도화가 요구
- (핵심 기술 개발 및 실증 확대) HRI 안전 검증 기술 개발 및 고도화, 데이터 상호운용성 기반 시스템 연동 기술 확대, HRI 테스트베드 확충 및 실증으로 기술 검증 능력 강화 필요

3.3 정책·제도 전략

▶▶ (국제 표준·윤리 정합성) 국제 수준의 안전·윤리 표준을 선제적으로 마련하고, 이를 국내 법·제도에 반영하여 신뢰 확보 필요

- (국제 정합성) EU AI Act와 미국 NIST RMF 등 주요국의 규제가 국제 기준으로 자리 잡아가는 상황에서, 한국은 초기 단계부터 국제 논의에 적극 참여해 국내 제도와와의 정합성을 확보해야 함
- (정책·제도 반영) 국가별 사회·문화적 맥락을 반영한 로봇·AI 윤리·안전성 평가 프레임워크를 구축해 정책·제도에 반영함으로써 신뢰성과 도입 리스크를 동시에 관리할 필요가 있음
- (산업별 가이드라인) 제조·물류·헬스케어 등 산업별 특수성을 반영한 세부 안전 가이드라인을 마련해 국제 표준화 논의 주도권을 강화하고, 동시에 국내 제도로 환류시키는 선순환 구조 확립이 요구됨

※ [전문가 제언 (선제적 규제 정비 및 HRI 안전성)] EU AI Act 등 국제 규제를 선제적으로 반영하고, 물리적 안전성·데이터 보안·윤리 원칙을 아우르는 종합 규제체계를 마련해야 한다. 기업이 글로벌 기준에 대응할 수 있도록 HRI 안전성 검증 지원 인프라를 구축해야 한다.
→ 선제적 규제 정비가 국내 기술의 글로벌 신뢰 확보로 이어질 것

▶▶ (통합 R&D 체계) 부처별로 분산된 R&D 투자 구조를 통합해 범정부 차원의 '통합 R&D 프레임워크'를 마련하고, 전략산업 중심의 미션 지향형 연구개발을 촉진해야 함

- (분산 문제) 현재 로봇·AI·데이터 R&D가 부처별로 따로 추진되면서 중복과 단절이 발생하므로, 단일 관리 체계로 전환해 정책 일관성 제고 필요

※ 과기정통부가 예산의 대부분을 담당하고 있으나, 중기부·산업부·교육부 등도 각각 별도의 과제를 운영하고 있어 부처별 분산 구조가 지속

〈 표 12 〉 주요 부처별 R&D 예산 중 인공지능 투자 현황

(단위: 백억 원, %)

부처	2020년		2025년		2026년(안)		연평균 증가율 ('20-'26)
	예산	비중	예산	비중	예산	비중	
과기정통부	15.27	72.1	507	56.9	509	50.2	79.40
중기부	2.73	12.9	52	5.8	98	9.7	81.63
산업부	1.95	9.2	203	22.8	188	18.5	114.13
교육부	0.62	2.9	4	0.5	14	1.4	68.12

※ ETRI(2022). 인공지능 투자전략 수립을 위한 기술·정책·투자·시장·생태계 분석
핀포인트뉴스(2025). “내년 AI 예산 10조 돌파...본예산 대비 211% 증가”

- (대형 공동과제 기획 필요) 통합된 체계 아래에서 제조·물류·헬스케어·국방을 중심으로 대형 공동 과제를 기획하고, 연구성과가 산업 현장으로 직접 이전되도록 운영 강화
- (산학연 협력) 공공기관·대기업·스타트업·대학이 함께 참여하는 산학연 협력 컨소시엄을 제도적으로 지원하여, 개별 연구를 넘어 생태계 단위의 혁신 역량을 확보해야 함

※ **[전문가 제언 (VLA·World 모델 중심 R&D 전략)]** 피지컬 AI는 단순한 로봇 제어 기술이 아니라 지각-추론-행동을 통합하는 인공지능이다. 이를 위해 VLA 및 World 모델 기반의 R&D를 전략과제로 추진하고, 산업별 특화모델과 합성데이터 학습 환경을 병행해야 한다.
→ 통합 R&D 체계가 구체적 기술 비전과 연결될 때 정책 추진력이 강화

➤ **(데이터·인프라 전략)** 데이터·인프라 전략을 고도화해 연구개발 성과의 산업 확산을 뒷받침하고 실증·상용화 기반을 강화해야 함

- (공개 데이터로 R&D 및 상용화 가속) AI허브에서 개방되는 비전 센서, 모션·제스처, 로봇 제어·상호작용, 시뮬레이션 및 공간 데이터 등은 피지컬 AI 연구개발과 상용화를 가속화하는 핵심 기반
- (심층데이터 단계적 구축과 개방) 자율주행·로봇·헬스케어 현장에서 필요한 로봇 행동 데이터, 센서·환경 데이터 등 심층 데이터셋의 단계적 구축과 개방 필요
- (품질·표준·갱신 체계로 신뢰도 제고) 데이터의 신뢰성과 활용도를 높이기 위해 품질 관리, 표준화된 관리, 지속적 갱신체계 마련 필요
- (데이터-실증-테스트베드 연계로 검증·확산) 데이터 개방이 산업 혁신으로 이어질 수 있도록, 데이터 기반 테스트베드나 데이터-실증 연계형 과제 등 다양한 연계 방안 모색 필요
- (시뮬레이션 연계로 비용·위험 절감) 구축된 데이터는 항만·공항·병원·스마트빌딩 등 거점의 디지털 트윈 기반 시뮬레이션 환경과 연계해 고비용·고위험 실험을 대체하고 검증 비용 절감에 기여

※ **[전문가 제언 (표준화·데이터 인프라 확립)]** 센서·로봇·AI 플랫폼 간 상호운용성이 핵심이다. 정부 주도의 표준화 컨소시엄을 구성하고, 안전·상호운용·데이터 품질을 통합 관리해야 한다.
→ 데이터 품질·표준·인프라를 결합해 피지컬 AI 학습 생태계 구축

3.4 국제협력 전략

» (국제 표준 선점) ISO·IEEE 국제 표준을 선점하여 글로벌 규칙 설계에 참여 필요

- (시장 진입 조건) 피지컬 AI는 로봇, 자율주행, 헬스케어 등 안전성과 윤리성이 직접적으로 요구되는 분야로, 국제 표준 준수가 시장 진입의 핵심 조건으로 작용
- (표준화 경험 존재) 한국은 'AI 데이터 품질 평가 및 관리 공통 기준'이 ISO/IEC 5259-1:2024 국제표준으로 채택되어 표준화 주도 경험을 확보했으나, 이는 일부 기술 영역에 국한²⁷⁾
- (핵심분야 한계) AI 반도체·센서, 인간-로봇 협업(HRI) 안전 기준, 데이터 상호운용성 등 피지컬 AI 핵심 분야에서는 여전히 후발적 위치에 있어 보다 적극적인 대응이 요구됨
- (대응방향) 국내 기업·연구기관·정부가 연합하는 국가 표준화 컨소시엄을 구성하고, 국제 회의에서 한국형 가이드라인을 선제적으로 제시해 표준화 논의의 아젠다 세팅 권한 확보 필요

» (글로벌 실증·협력) 글로벌 테스트베드 공동실증과 한·미·일·EU 다자 협력을 연계하여 피지컬 AI의 상용화 검증을 가속하고 기술·정책 결합력을 강화할 필요가 있음

- (공동실증 필요성) 단일 국가 실증만으로 신뢰성 확보에 한계가 있으므로, 항만·공항·병원·스마트 시티에서 축적한 국내 테스트베드 경험을 기반으로 국제 공동 프로젝트를 확장할 필요가 있음
- (신뢰성 확보) 공동실증 결과를 데이터 상호 공유·인증/인허가 상호인정 모델로 연결해 국산 솔루션의 해외 진출 속도 및 신뢰성을 제고해야 함
- (협력 설계) 파트너 국가별 역할 분담을 명확화하고, 기술 협력과 더불어 규제·윤리·투자 프레임워크를 함께 설계하여 사실상 표준(de facto) 형성 주도권 획득 필요

〈 표 13 〉 국가 파트너십 예시

국가 파트너십	협력 초점	테스트베드/공동실증 예시
한·미	반도체·클라우드·국방 로봇	- 국방/재난 대응 로봇 실증 - 병원 내 온디바이스 AI 검증
한·EU	항만·공항 물류 자동화	- 항만 자동화(AGV·ASC) 공동실험 - 공항 지상조업 로봇 실증
한·일	제조·물류 로봇 HRI 안전	- 협동로봇 안전성 합동 테스트 - 부품 상호 호환성 검증

- (시장·규범 통합) 최종적으로 '표준-실증-투자-규제'가 하나의 패키지로 움직이는 4자 협력 체계를 가동하여, 국내 기술을 글로벌 규칙과 동시 정합시키는 시장·규범 통합 전략을 완성해야 함

27) 전자신문(2024). <https://www.etnews.com/20240718000297>

CHAPTER 4 결론 및 시사점

4.1 결론

- » (산업혁신의 핵심 인프라) 디지털 분석 중심 AI를 넘어 현실 공간에서 인지-판단-실행을 통합하는 기술로, 제조·물류가 초기 성장을 견인하고 헬스케어·휴머노이드로 응용 저변 급속 확장
- » (한국의 기회와 제약 공존) 한국은 제조 로봇 밀도 세계 1위, 항만·공항 테스트베드 등 상용화 잠재력이 높으나 국제 표준 주도력, HRI 안전 검증, 분절적 R&D 구조가 병목으로 작용
- » (핵심 기술과 인프라의 연결이 성패를 좌우) 디지털 트윈·합성데이터-멀티모달 AI-AI 반도체/NPU-정밀 센서의 수직적 통합과 실증-검증-조달-표준이 맞물리는 정책 패키지가 상용화 속도를 결정

4.2 시사점

- » (시장·산업) 피지컬 AI는 제조·물류·헬스케어 테스트베드 성과를 디지털 트윈과 표준 체계로 연결해 안전과 신뢰를 기반으로 전 산업으로 확산할 필요가 있음
 - 제조 분야는 노후 설비-단절 데이터의 병목을 디지털 트윈+센서 연결로 해소하고, 안전기준을 갖춘 협동로봇 표준 솔루션을 중소 제조 현장까지 보급해 생산성·품질을 동시 개선
 - 물류 분야는 항만·공항 테스트베드를 KPI·표준·조달 규격으로 플랫폼화하고 RaaS 확산과 안전·효율 동시 검증을 통해 전 산업으로 파급
 - 헬스케어 분야는 돌봄·재활 로봇 표준 서비스와 임상·안전 이중평가 체계를 구축, 공공 시범 사업을 통한 신뢰 확보 및 민간 확산 기반 조성
- » (기술) 디지털 트윈·합성데이터로 실증 공백을 메우고, NPU+정밀 센서 기반 엣지 플랫폼과 로봇용 멀티모달 모델을 확보하며, HRI 안전 표준·테스트베드로 신뢰를 내재화할 필요
- » (정책·제도) 국제 표준·규제 논의에 선제적으로 참여하고, 통합 R&D·데이터 인프라·실증 연계 체계를 구축해 신뢰와 확산을 동시에 뒷받침해야 함

피지컬 AI 글로벌 동향 및 대응 전략

AI@Data Report

발 행 일 : 2025년 10월

발 행 인 : 황 종 성

발 행 처 : 한국지능정보사회진흥원

주 소 : 대구광역시 동구 첨단로 53

전 화 : 053-230-1114

U R L : www.nia.or.kr