

AI Factory & Token Economy

CONTENTS

[AI Factory & Token Economy]

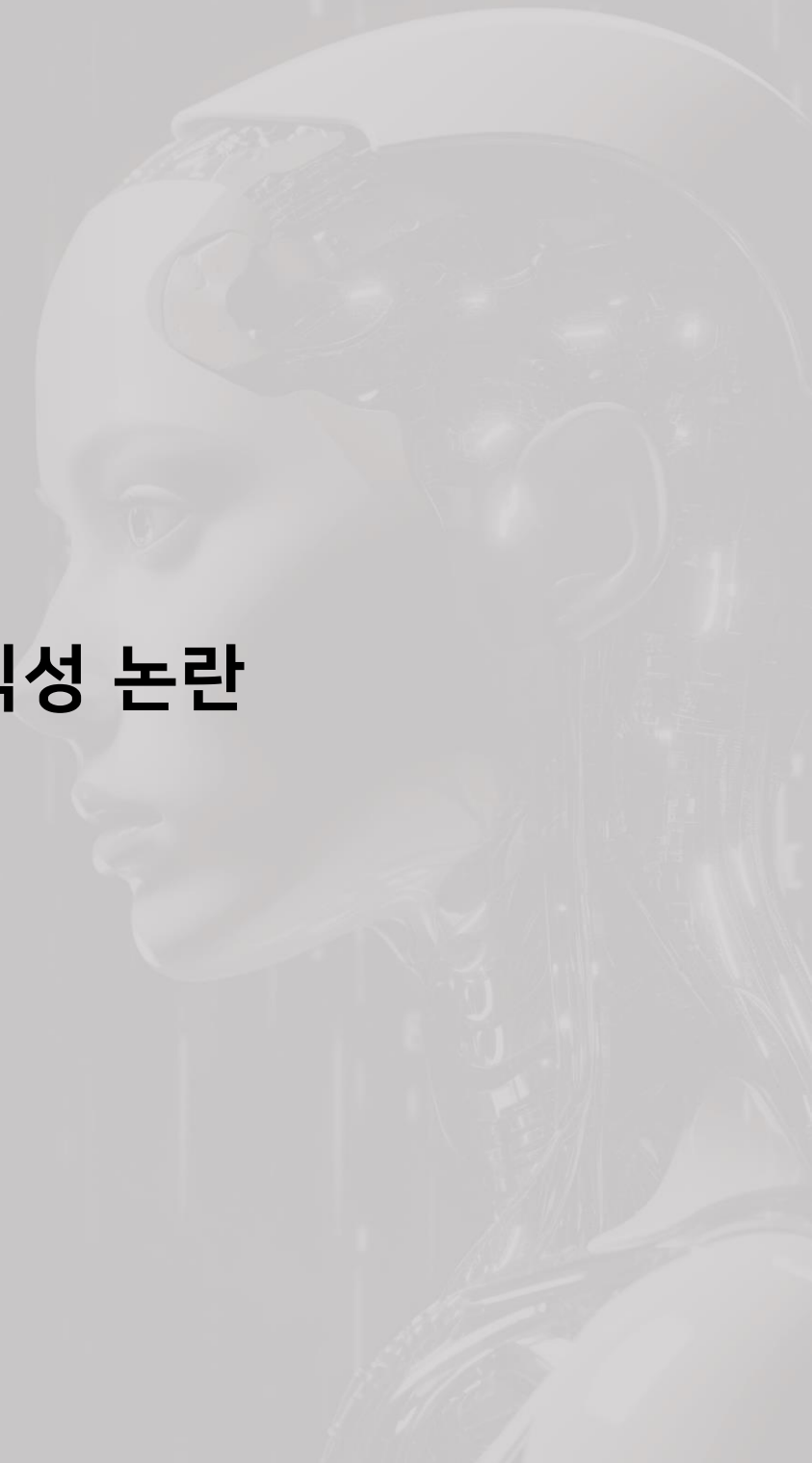
Summary	3
I . AI Capex 확대와 수익성 논란	4
II . AI Factory, 지식을 생산하는 공장	15
III . 도대체 무엇을 바라본 CAPEX 투자인가?	26
IV . 무인화혁명의 메인무대, Physical AI	31
V . Physical AI 시대, 한국의 위치	37
VI . 모션토큰 생산전쟁은 이미 시작됐다	42
VII . AI 시대의 토큰 이코노미(Token Economy)	63
VIII . Conclusion: AI 시대의 최종 Money Flow	72



Summary

- AI 수요에 대응해 글로벌 빅테크의 데이터센터·GPU·전력 투자가 급증하면서 감가상각비와 잉여현금흐름 부담, 투자 회수 지연에 대한 우려 확대. 추가로 AI 모델 경쟁과 중국계 저비용·오픈소스 모델 확산으로 토큰 가격은 하락하고 있으나, 비용 감소가 AI 도입과 사용량을 늘려 전체 토큰 소비를 오히려 증가시키는 '제본스 역설'이 나타날 가능성 존재. 특히 Agentic AI는 추론·도구 호출·검증을 반복하고, Physical AI는 영상·센서·모션 데이터를 실시간으로 처리하기 때문에 토큰·연산 수요가 더욱 확대. 사용량 증가가 가격 하락을 웃돌면 AI 매출과 인프라 가동률이 높아져 CAPEX 회수가 가능해질 것으로 전망
- 대규모 AI 투자는 데이터를 저장·처리하는 기존 데이터센터를 넘어, 데이터와 전력을 투입해 지능을 생산하는 'AI Factory' 구축으로 연결. AI Factory는 GPU·HBM·네트워크·냉각설비 등을 활용해 모델 가중치와 텍스트·이미지·음성·모션 토큰을 생산. 이에 따라 산업의 경쟁 기준도 단순 연산성능에서 전력당 토큰 생산량·처리속도·토큰당 비용으로 이동할 전망
- Physical AI 상용화의 핵심 병목은 로봇 하드웨어보다 현실 세계의 고품질 행동 데이터. 인간의 직관·숙련·촉각·예외 대응 등 암묵지를 로봇이 실행할 수 있는 모션 토큰과 제어정책으로 전환해야 함. 이를 위해 원격조작·모션캡처·촉각 센서·관찰학습·디지털 트윈·합성 데이터 등의 활용이 확대될 것으로 예상
- 모션 데이터와 수익모델의 변화: 글로벌 기업들은 로봇 훈련장·실제 공장·데이터 수집 장비·시뮬레이션 플랫폼을 활용해 모션 데이터 선점 경쟁에 돌입. 먼저 서비스를 배포한 기업은 고객과 데이터를 축적하고, 이를 모델 성능 향상으로 연결하는 데이터 플라이휠을 구축할 수 있음. 축적된 데이터는 용접·조립·검사·물류 등 숙련 작업을 로봇 스킬로 상품화하는 기반이 되며, 수익모델도 로봇 판매에서 RaaS 구독료·작업 수행 대가·스킬 다운로드·데이터 라이선스 등으로 발전할 것으로 전망
- 특히, 한국은 높은 제조업 비중과 세계 최고 수준의 로봇 밀도, 풍부한 공정 데이터와 숙련인력을 보유해 Physical AI 데이터 강국으로 성장할 잠재력 존재. 반면 데이터 권리를 확보하지 못하면 국내 제조 데이터를 해외 플랫폼에 제공하고, 이를 기반으로 개발된 로봇 지능을 다시 구매하는 구조가 형성될 수 있음. 제조 현장의 암묵지를 국내 데이터 자산으로 전환하고, 기업·근로자·개발자 간 기여 기반 수익배분 체계를 마련하는 것이 핵심 과제임
- AI Factory에서 생산된 지능과 로봇 스킬의 가치가 거래되면서 AI 토큰과 Crypto 토큰이 연결되는 광의의 의미의 토큰경제(Token Economy)가 형성될 것으로 전망. AI 에이전트와 로봇의 자율적인 데이터·API·전력 구매를 위해서는 초소액·고빈도 기계 간 결제를 지원하는 스테이블코인과 전용 결제 프로토콜이 필요. 이에 따라 에이전트의 신원·권한·예산·결제·정산·책임을 통합 관리하는 새로운 경제 인프라 구축이 요구됨.

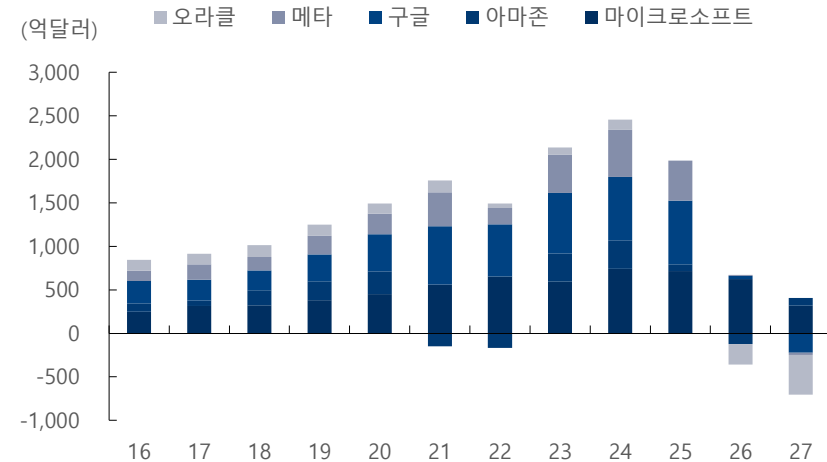
I . AI Capex 확대와 수익성 논란



AI 설비투자 확대, 현금흐름 부담으로 전환

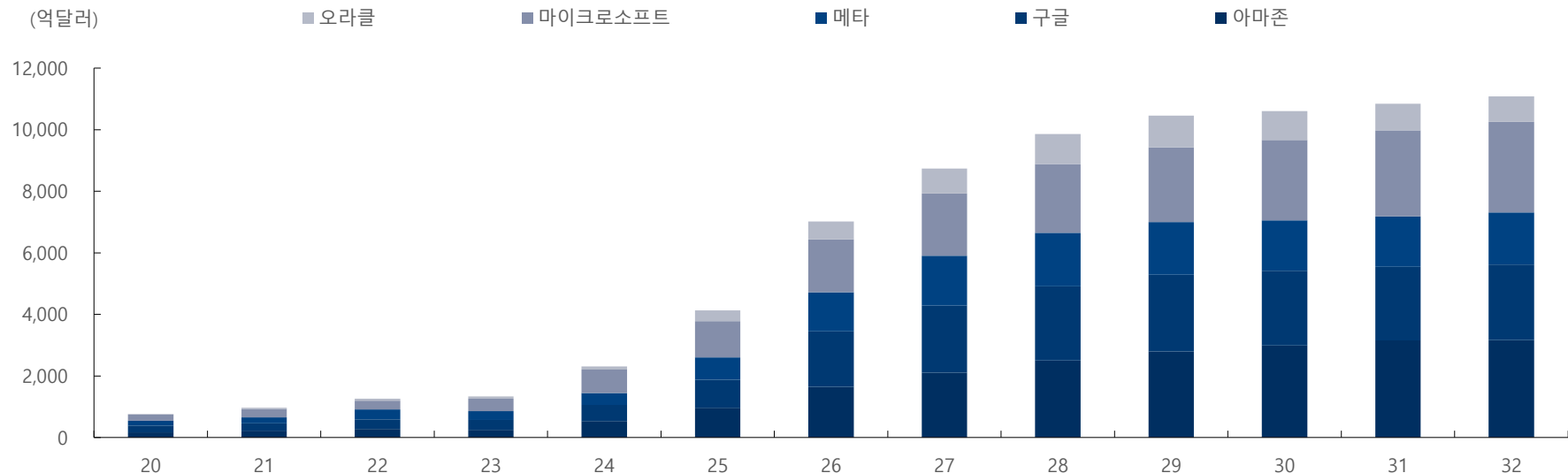
- 주요 하이퍼스케일러는 AI 컴퓨팅 수요 확대에 대응해 데이터센터·GPU·네트워크·전력 인프라 투자를 대폭 확대. 아마존·알파벳·Microsoft·Meta·Oracle 등 주요 5개사의 중장기 누적 투자액은 2028년까지 약 3조 달러에 이를 것으로 전망
- 2026년 CAPEX 전망: 아마존 2,200억 달러, 알파벳 1,950억~2,050억 달러, Microsoft 약 1,750억~1,900억 달러, Meta 1,300억~1,450억 달러, Oracle 약 500억 달러
- 기존 클라우드 투자보다 자본집약도가 높아지면서 감가상각비·전력비·운영비가 동반 상승하고, 단기적으로 잉여현금흐름과 투자수익률 부담이 확대

<그림> 하이퍼스케일러 Capex 지출로 잉여현금흐름(FCF) 부담 확대



자료 : Bloomberg, iM증권 리서치본부

<그림> 글로벌 하이퍼스케일러 Capex 지출 및 예상치

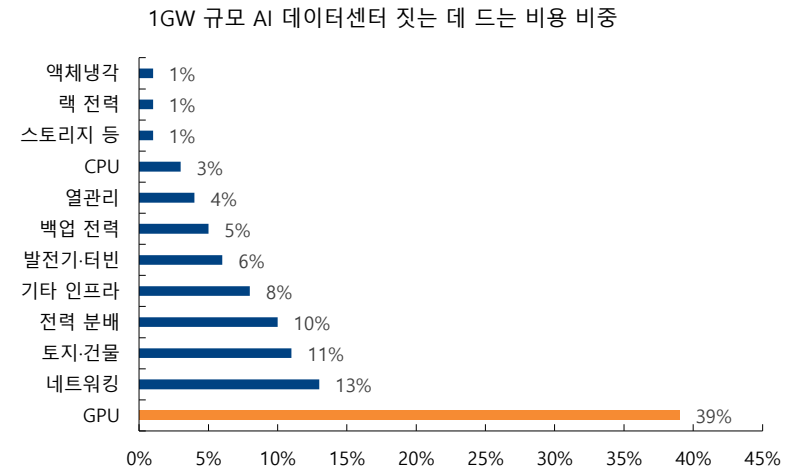


자료 : Bloomberg, iM증권 리서치본부

빅테크 AI 데이터센터 감가상각 논란

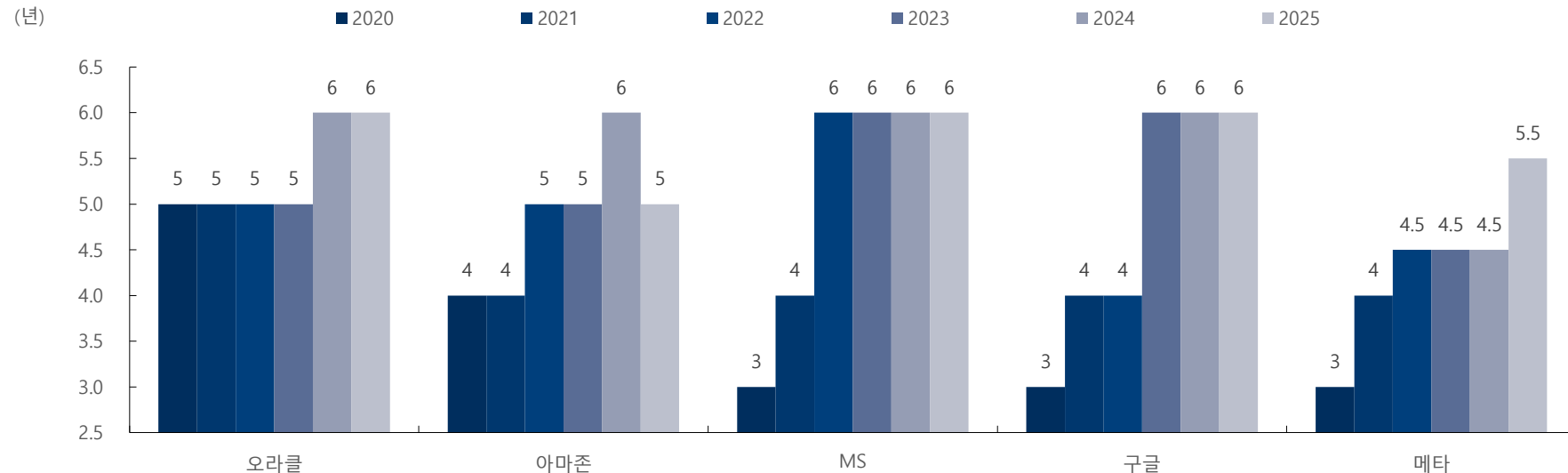
- Bernstein의 특정 1GW AI 데이터센터 비용 모델에서는 GPU가 총투자비의 약 39%를 차지하는 것으로 추정. GPU와 AI 서버는 가격이 높고 기술 전환 주기가 빠르기 때문에, 서버·네트워크 장비의 회계상 내용연수 변경은 감가상각비와 영업이익에 큰 영향을 줄 수 있는 상황
- 마이클 버리는 일부 빅테크가 AI 관련 컴퓨팅 자산의 경제적 수명보다 긴 내용연수를 적용해 감가상각비를 낮추고, 이익을 높게 표시할 위험이 있다고 비판. 실제로 일부 기업은 서버·네트워크 장비의 내용연수를 연장
- 반면 빅테크들은 최신 GPU가 최첨단 모델 학습에 사용된 뒤에도 추론, 추천·광고 시스템, 내부 워크로드, 저사양 모델 운영 등에 재배치될 수 있어 물리적·경제적 활용 기간이 기술 세대교체 주기보다 길 수 있다고 설명

<그림> 1GW 규모의 AI 데이터 센터 짓는 데 드는 비용(%)



자료 : 경향신문, iM증권 리서치본부

<그림> 하이퍼스케일러 연도별 네트워크 장비 내용연수 변화



자료 : 언론종합, iM증권 리서치본부

AI 순환금융 구조, 투자 지속성에 대한 우려 확대

- 최근 엔비디아가 오픈AI의 초대형 데이터센터 임차·자금조달을 지원하기 위해 최대 2,500억 달러 규모의 금융보증을 논의 중이라는 보도가 나오면서, AI 생태계 내 자금 순환 구조에 대한 우려가 재확산
- AI 산업은 빅테크·AI 기업의 CAPEX → GPU·데이터센터 공급망 매출 → AI 서비스 수익화 → 추가 인프라 투자로 이어지는 선순환을 전제로 성장
- 그러나 AI 서비스 매출과 현금창출이 투자 증가 속도를 따라가지 못할 경우, 고객사의 자체 현금흐름보다 공급업체의 투자·보증, 프로젝트 파이낸싱 및 외부 차입에 대한 의존도가 높아질 수 있음

<그림> 엔비디아, 오픈AI 2,500억달러 보증 논의 소식에 순환금융 우려 재점화

엔비디아가 보증하는 오픈AI 데이터센터

위치 미 오하이오주(州) 남부

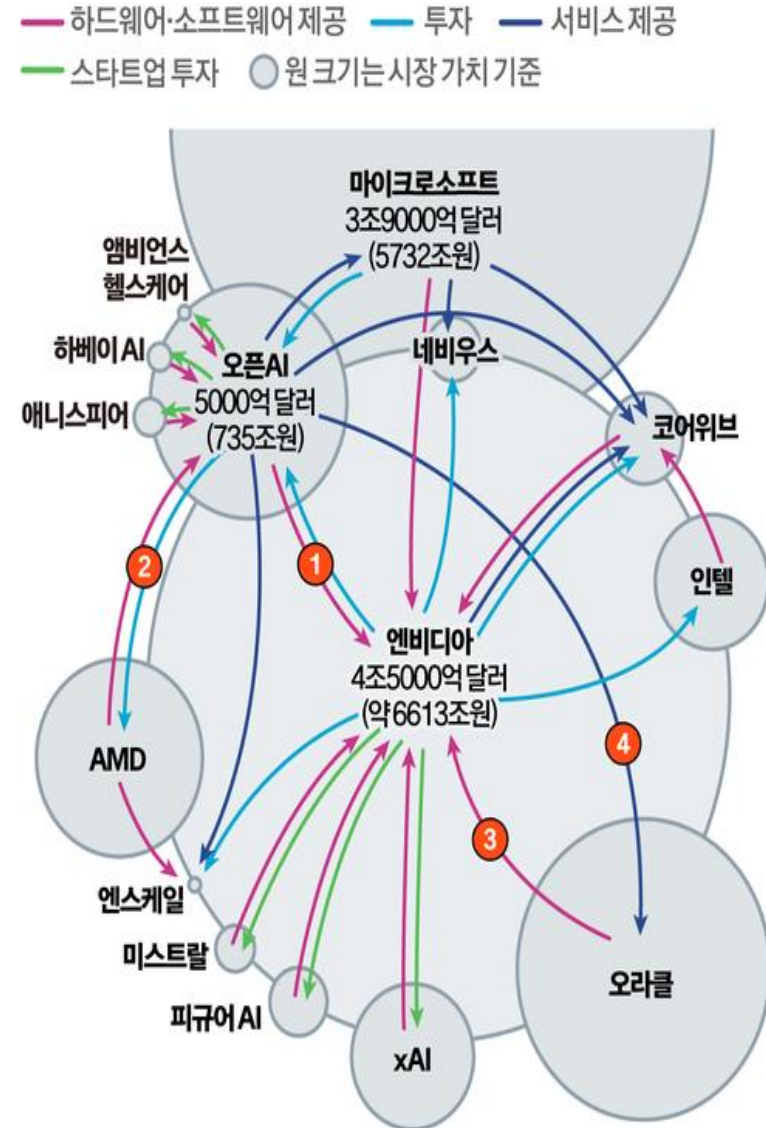
전력 규모 10GW

보증 규모 2500억달러 논의

완공 시기 1단계(약 800MW) 기준
2028년 예상

자료: 조선일보, WSJ, iM증권 리서치본부

<그림> AI 업계 순환금융 구조도



자료: 중앙일보, Bloomberg, iM증권 리서치본부

AI 투자와 수익화 사이의 시간 불일치

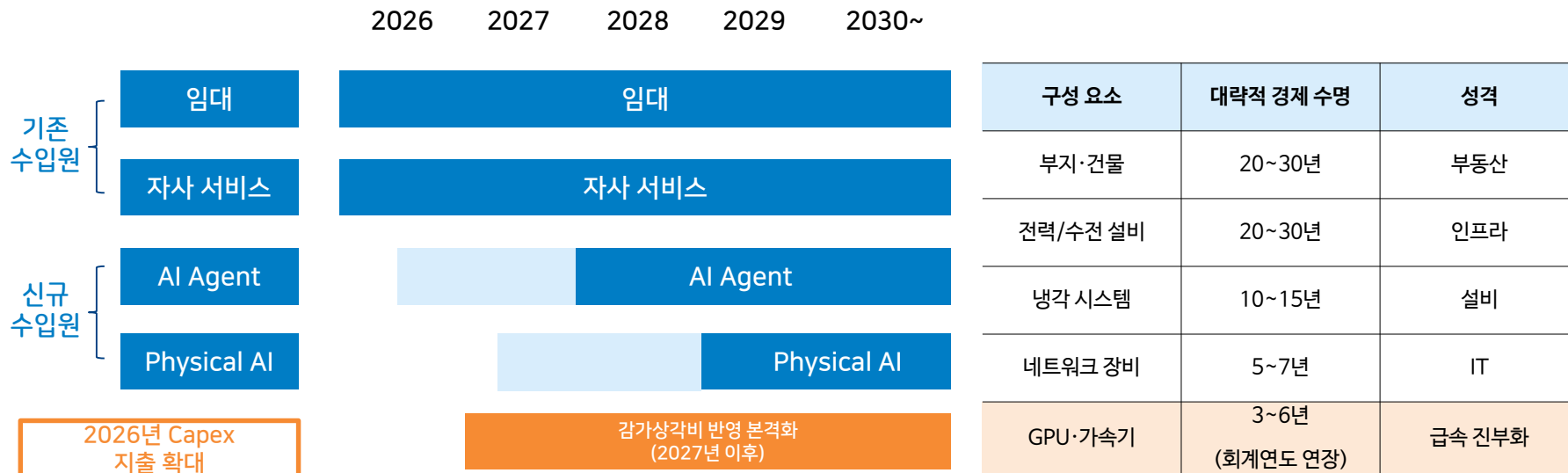
- AI 투자금 회수 경로는 클라우드 임대와 기존 서비스 고도화에서 AI 에이전트·피지컬 AI로 단계적으로 확장. 초기 투자 회수는 AI 클라우드·GPU 임대와 검색·광고·커머스·업무도구 등 자사 서비스의 성능 및 수익성 개선을 중심으로 진행 중
- 자율적으로 업무 수행하는 AI 에이전트와 로봇·자율주행·스마트팩토리 등 피지컬 AI가 신규 수익원으로 기대되나, 대규모 매출 기여까지는 추가적인 기술 성숙과 기업 도입 필요
- 반면 빅테크 AI CAPEX는 2026년 크게 확대되고 있으며, 감가상각비와 운영비는 수년간 손익에 반영. 선행 투자 지출과 후행 수익화 사이의 시간차가 단기 잉여현금흐름과 수익성에 대한 우려 지속시키는 요인

<그림> 하이퍼스케일러 자금 회수 네 가지 경로

회수 경로	주요 수익원	실현 시점	역할과 한계
클라우드 임대	GPU·AI 연산 임대	현재	회수의 대부분을 담당하나 전력·GPU 원가와 고객 지불 능력에 종속
자사 서비스 개선	광고·검색·추천·채류시간 개선	현재	즉시 회수 가능하나 기존 사업 규모가 성장 상한
AI 에이전트	업무 처리·성과 기반 과금	2027~2030년	소프트웨어 예산을 넘어 인건비 예산에 진입
Physical AI	제조·물류·건설 등 물리적 노동 대체	2030년대 이후	SaaS와 달리 노동시장으로 확장되는 최종 종착지

자료 : iM증권 리서치본부

<그림> 하이퍼스케일러 자금 회수의 네가지 경로와 시간 축



자료 : iM증권 리서치본부

AI 과금 구조의 전환: 정액제 모델 → 종량제 모델

- 초기 생성형 AI 서비스는 개인 사용자를 대상으로 월 20~30달러 수준의 정액 구독제를 중심으로 성장. 그러나 매출은 사용자당 일정한 반면, 비용은 모델 호출과 토큰 사용량에 따라 증가하면서 수익·비용 구조 간 불일치가 발생
- 기존 소프트웨어는 사용자가 증가해도 추가 서비스 제공에 드는 한계비용이 상대적으로 낮아 정액제 모델에 적합했음. 반면 AI 서비스는 사용량이 늘어날수록 GPU 연산, 전력, 메모리 및 네트워크 비용이 함께 증가하는 구조. 특히, 정액제 고객 간 사용량 편차가 클 경우, 고사용량 고객의 추론비용이 구독료를 초과해 서비스 수익성을 낮출 수 있음
- 이에 따라 AI 사업자는 정액제만으로 고사용량 고객의 비용을 회수하기보다 **사용량 제한, 요금제 차등화, 크레딧 및 종량제**를 결합하는 방향으로 과금체계를 다변화. 현재 기본 사용량을 포함한 구독료에 초과 사용량을 별도 부과하는 **정액제+종량제 혼합형 모델이 확대되고** 있는 추세

<그림> GPT·Claude·Gemini API 토큰 가격 비교(7.29일 기준, 100만 토큰당 기준)

구분	모델	입력 토큰	출력 토큰	입력+출력 합계
OpenAI	GPT-5.6 Sol	\$5.00	\$30.00	\$35.00
	GPT-5.6 Terra	\$2.50	\$15.00	\$17.50
	GPT-5.6 Luna	\$1.00	\$6.00	\$7.00
Anthropic	Claude Fable 5	\$10.00	\$50.00	\$60.00
	Claude Opus 5	\$5.00	\$25.00	\$30.00
	Claude Sonnet 5	\$2.00	\$10.00	\$12.00
	Claude Haiku 4.5	\$1.00	\$5.00	\$6.00
Google	Gemini 3.1 Pro Preview	\$2.00	\$12.00	\$14.00
	Gemini 3.5 Flash	\$1.50	\$9.00	\$10.50
	Gemini 3.1 Flash-Lite	\$0.25	\$1.50	\$1.75

자료 : 각사, iM증권 리서치본부

토큰(Token), AI 산업의 생산·비용 단위로 부상

- 토큰(Token)은 AI 모델이 입력을 해석하고 출력을 생성하기 위해 처리하는 기본 정보 단위로, 동일한 문장도 언어와 토큰나이저 방식에 따라 토큰 수가 달라질 수 있음
- 2023~2025년 AI 산업은 모델 성능 중심의 경쟁 구도를 형성. 모델 규모, 벤치마크 점수, 컨텍스트 길이가 기술력과 기업가치를 평가하는 핵심 기준으로 작용
- 이후 AI 서비스가 대규모 추론 단계로 진입하면서 경쟁축이 모델의 절대 성능에서 성능과 비용 효율성을 함께 평가하는 구조로 확장. 이에 따라 동일한 전력과 비용으로 목표 품질의 토큰을 얼마나 많이 처리할 수 있는지를 나타내는 전력당·비용당 유효 토큰 처리량이 AI 인프라 효율성과 사업자 수익성을 판단하는 핵심 지표로 부상

<그림> Token은 AI 모델이 입력을 이해하고 결과를 생성할 때 처리하는 최소 정보 단위. 동일 문장이라도 언어와 토큰나이저 방식에 따라 차이 발생

Tokens	Characters
3	12
Hello world!	
Tokens	Characters
5	8
인공지능의 미래	
Tokens	Characters
2	5
안녕하세요	

자료: iM증권 리서치본부

<그림> 마이크로소프트 CEO 사티아 나델라와 엔비디아 CEO 젠슨 황 모두 AI 인프라의 핵심 효율성 지표로 전력당·비용당 토큰 생산량을 강조

"The key metric we're optimizing is tokens per watt, per dollar."

Microsoft CEO Satya Nadella

"Token per watt, token per dollar are the ultimate indicators."

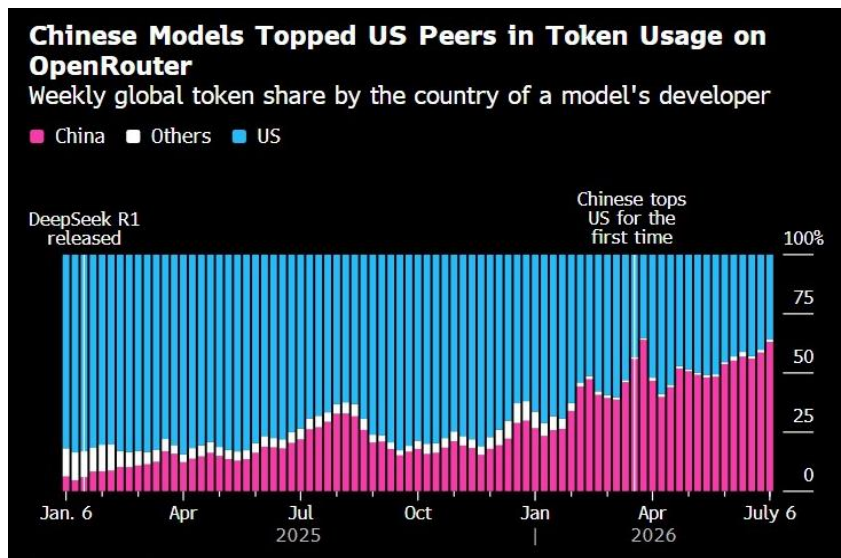
Nvidia CEO Jensen Huang

자료: iM증권 리서치본부

중국 저비용 AI 모델 확산, 토큰 가격 하락 압력

- DeepSeek·Qwen·MiniMax 등 중국계 모델이 낮은 API 가격과 오픈 웨이트 전략을 기반으로 개발자·스타트업 및 일부 기업 업무에 활용되면서, 미국계 프런티어 모델 중심의 시장 구도가 변화. AI 경쟁의 핵심 지표도 최고 벤치마크 성능뿐 아니라 백만 토큰당 비용, 처리량, 응답속도, 전력효율 및 업무당 총비용으로 확장
- 중국계 저비용 모델의 성능이 실무 적용 가능 수준으로 높아질수록, 프런티어 모델 공급자가 높은 추론 단가를 유지하기 어려워지고 토큰 가격 하락 압력이 확대될 가능성
- 특히 하이퍼스케일러가 대규모 AI 설비투자를 집행한 이후 가격 경쟁이 심화될 경우, 토큰당 수익 감소를 사용량 증가와 부가서비스 매출로 상쇄해야 하는 부담이 커질 수 있음

<그림> 전 세계 토큰 사용량에서 중국 모델이 미국 모델을 추월



자료: Bloomberg, iM증권 리서치본부

<그림> 미국 기업이 사용하는 중국 모델 중 DeepSeek가 1위



자료: Bloomberg, iM증권 리서치본부

<그림> 미국 기업의 중국 모델 사용 비중이 50% 부근까지 상승



자료: Bloomberg, iM증권 리서치본부

제본스 역설: 단가 하락보다 물량 증가가 빠를 수 있을까?

- 동일한 성능을 구현하는 추론비용이 하락하면서 토큰 단가가 낮아지고, AI 모델·서비스 사업자 간 가격 경쟁도 심화. AI 업계는 비용 하락이 기업의 AI 도입 범위와 사용 빈도를 확대해 **전체 토큰 소비량을 증가시키는 제본스 역설 효과**가 나타날 것으로 기대
- 특히 AI 에이전트가 확산되면 검색·분석·코딩·도구 호출·검증 등의 작업이 반복적으로 수행되면서, 사용자 요청 한 건당 토큰 소비량이 크게 증가할 가능성. 토큰당 가격은 하락하더라도 **토큰 사용량이 더 빠르게 증가하면 전체 AI 매출과 컴퓨팅 수요는 확대될 수 있으며**, 이는 데이터센터·GPU 등 AI 인프라의 가동률과 투자 회수 가능성을 높이는 요인. 다만, 사용량 증가가 단가 하락과 운영비 증가를 충분히 상쇄하지 못할 경우, 매출 확대에도 수익성이 개선되지 않을 가능성은 존재

※ 제본스 역설: 기술발전으로 자원의 효율이 증가하면 기대와는 달리 자원의 총소비량이 감소하는 것이 아니라 오히려 증가하는 현상. 과거, 증기기관 발전으로 석탄 소비량이 감소하는 것이 아니라 석탄 사용량이 증가한 바 있음

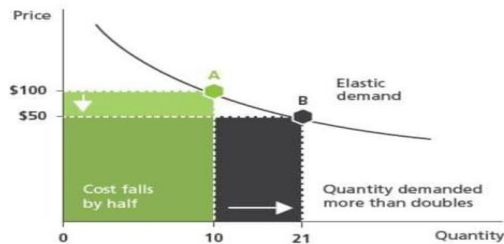
<그림> 제본스 역설: 기술 발전으로 자원의 효율이 증가하면 기대와는 달리 자원의 총소비량이 감소하는 것이 아니라 오히려 증가하는 현상

Jevons paradox & AI

Graphic sources: AFL, Wikipedia

Adapted by: Panagiotis Kriaris

"Efficiency improvements can lead to higher **consumption**, and not lower, due to increased **demand**".

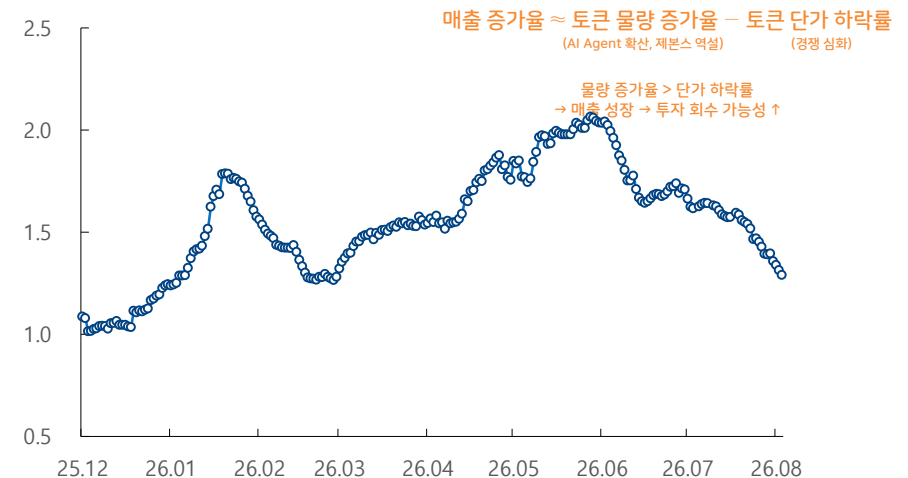


자료: AFL, Wikipedia, iM증권 리서치본부

<그림> AI 인프라 투자의 성패는 토큰 가격이 아니라, 단가 하락을 상회하는 토큰 수요 증가 여부에 좌우

(\$/백만토큰)

LLM Token Index

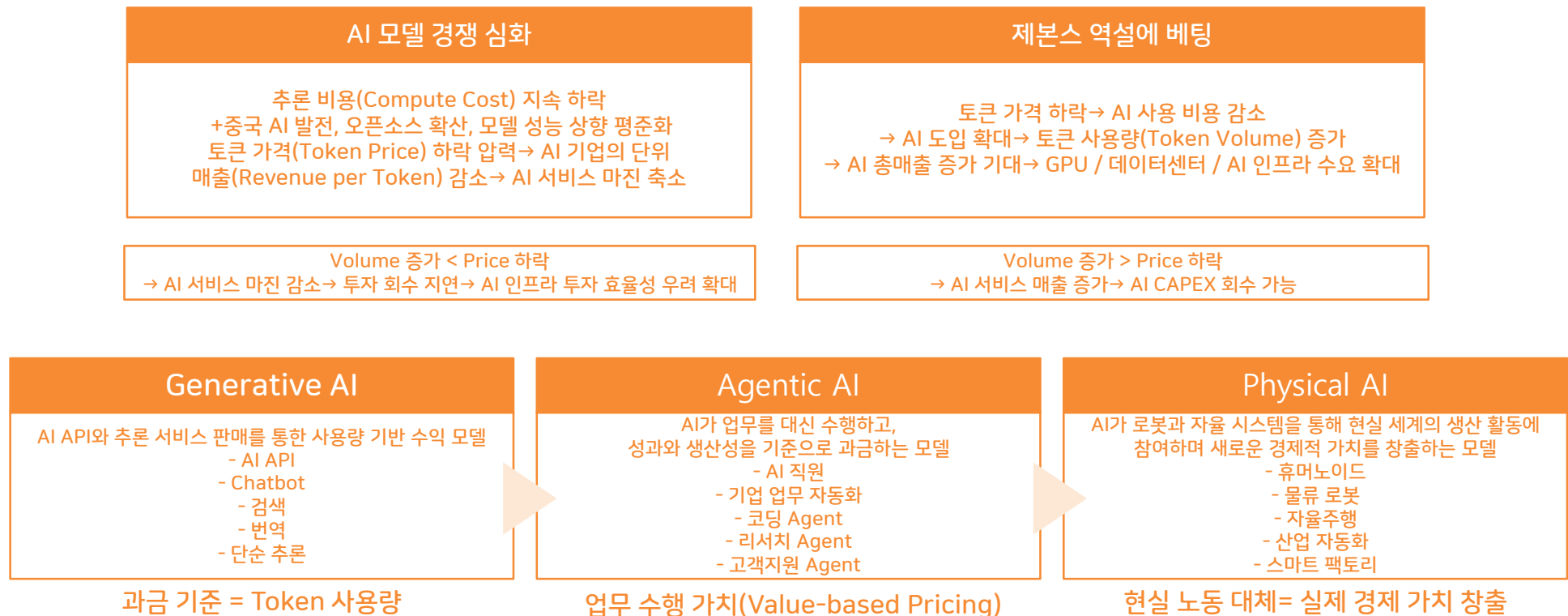


자료: Bloomberg, iM증권 리서치본부

Token Deflation 시대, AI CAPEX 회수 모델의 변화

- AI 산업은 토큰 가격 하락을 사용량 증가로 극복하는 제본스 역설에 의존하고 있으나, 중국 AI 경쟁 심화로 가격 하락 압력이 커질 경우 Generative AI 토큰 판매만으로는 대규모 AI CAPEX 회수가 어려울 수 있음. 향후 AI 투자 회수의 핵심은 Agentic AI와 Physical AI를 통한 실질적인 생산성 향상과 새로운 수익 창출 여부임

<그림> Generative AI에서 Agentic AI와 Physical AI를 통한 실질적인 생산성 향상과 새로운 수익 창출 필요

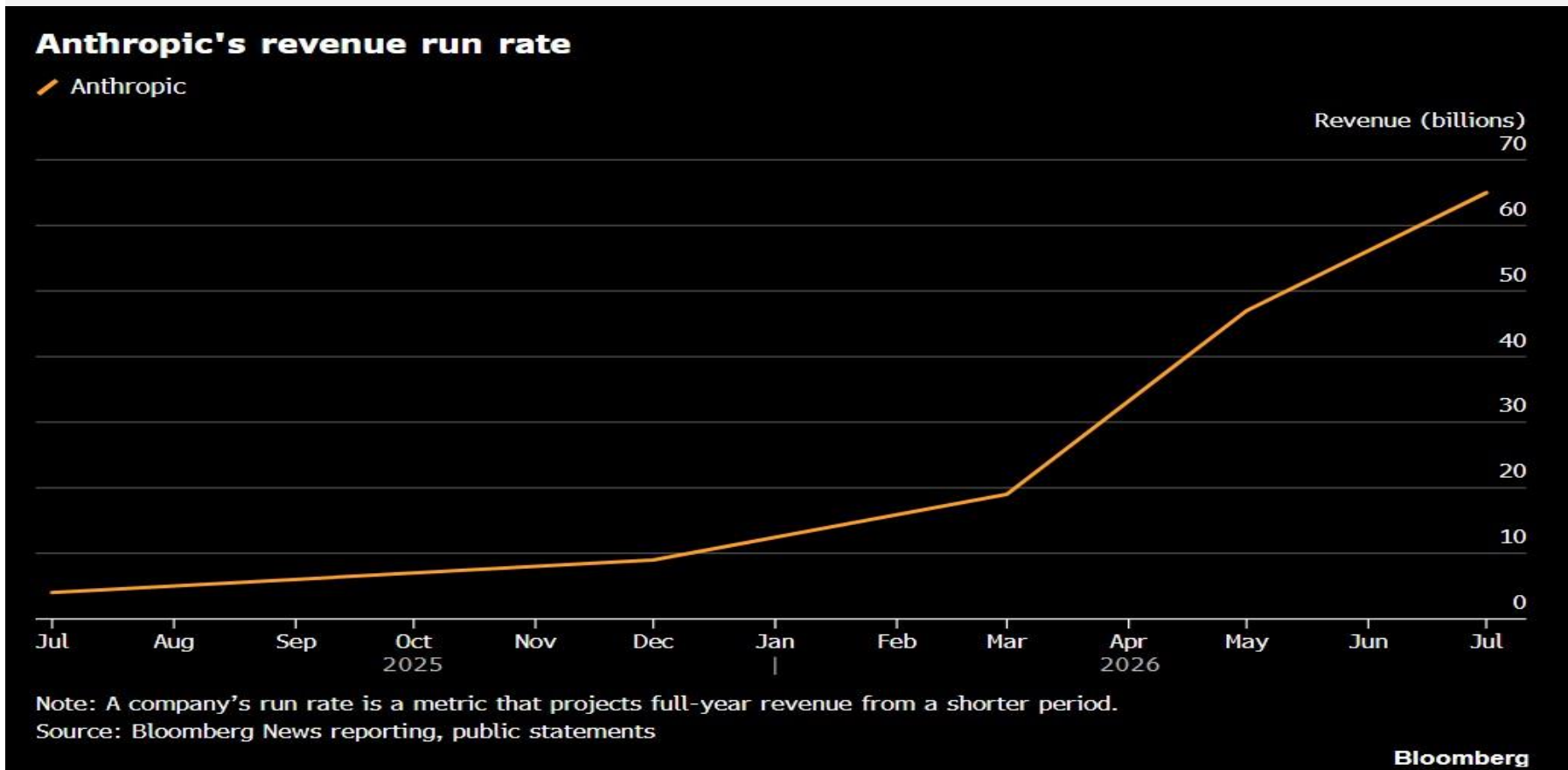


- ① 단가: 물량 증가율이 단가 하락률을 상회하는 구간의 유지
- ② 영역: 과금 기준이 토큰 사용량에서 업무 수행 가치, Agentic AI 그리고 Physical AI까지 확장
- ③ 인프라: 결제(거래 토큰)와 기여분배(권리 토큰) 체계의 인프라 완성

Anthropic으로 증명한 Agentic AI의 수익화 가능성

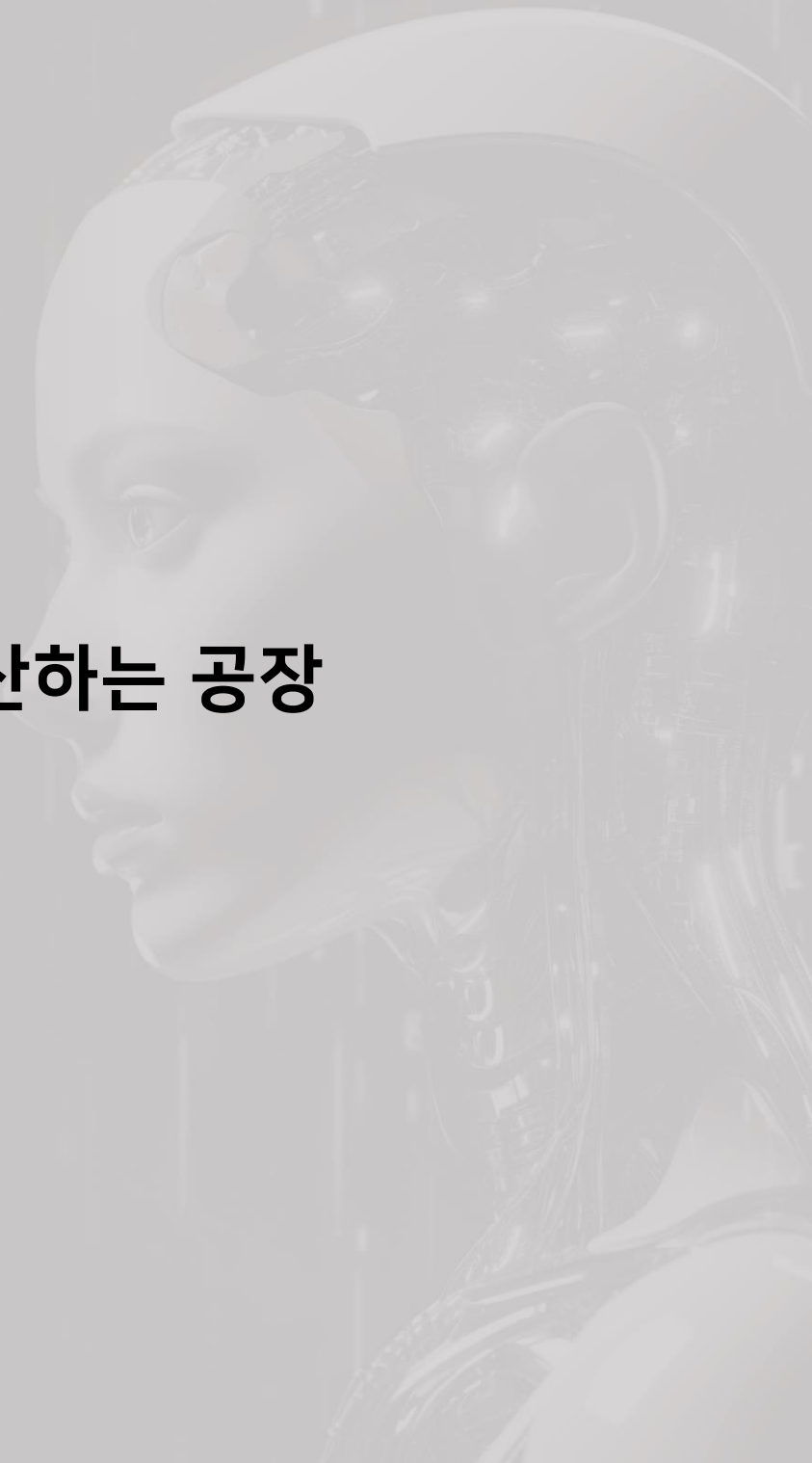
- LLM 토큰 가격이 빠르게 하락하고 있음에도 앤트로픽의 매출은 가파르게 증가 중. 이는 토큰 가격 하락이 AI 수요를 축소하는 것이 아니라, 오히려 새로운 업무 자동화 수요를 창출하는 제본스 역설로 해석 가능. 특히 Claude Code와 같은 Agentic AI는 하나의 질문에 답변하는 데 그치지 않고 계획 수립, 도구 호출, 실행, 검증과 수정을 반복하기 때문에 업무당 토큰 소비량이 크게 증가하고 있는 상황. 토큰 단가 하락으로 에이전트 활용의 경제성이 높아지면 기업은 더 많은 업무를 AI에 위임하고, 이용자당 토큰 사용량과 전체 AI 지출은 확대될 것으로 예상

<그림> Anthropic 연환산 매출 650억 달러 돌파, Agentic AI가 촉발한 제본스 역설



자료: Bloomberg, iM증권 리서치본부

II . AI Factory, 지식을 생산하는 공장



nVIDIA 젠슨황이 말하는 AI Factory의 정의

<그림> AI Factory에 대한 개념을 활발히 전하고 있는 엔비디아 젠슨 황

“AI Factory는 컴퓨터서버를 모아둔 일반 데이터센터가 아니라, 전력(Electricity)이라는 원료를 투입해 디지털 인텔리전스 (Intelligence or Tokens)를 대규모로 제조해 내는 새로운 형태의 산업인프라다.”

“과거의 공장이 원자재를 가공해 물리적인 제품을 찍어냈듯, AI Factory는 데이터(Raw Data)를 원료로 삼아 AI모델의 가중치(Weights)와 토큰(Token)이라는 디지털 부가가치를 연속공정으로 생산해낸다.”

칭와대 왕위 교수가 말하는 Token의 중요성 - 생산의 3요소(자본,노동,토지)와 더불어 토큰이 핵심

<그림> 왕위 교수가 말한 생산요소로서의 토큰. 반도체에서 미국보다 열위인 중국은 전력당 연산량보다 전력당 토큰량으로 효율적 토큰생산의 중요성 역설

“Token(词元, 츠위안)은 인공지능
시대의 핵심
생산요소(核心的生产要素)다.”
라며, ‘전기 에너지→컴퓨팅
파워→Token 생성→복합적인
작업 및 활동 수행’의 과정이
인공지능 시대에 가장 중요함을
역설.

그리고 TOPS/J의 현재 중요도가
Tokens/J로 전환되며 효율적
토큰생산이 핵심이 될 것을 예견



SK 최태원 회장 - AI 팩토리는 지능을 생산하는 공장, 한국, 일본을 시작으로 Asia AI Infra 구축 시사

<그림> AI Factory에 대한 가장 활발한 의견을 밝히고 있는 SK그룹 최태원 회장

“대한민국은 AI를 소비하는 나라가 아니라 지능을 생산하고 수출하는 나라가 되어 한다”

“이를 위해서는 지능을 생산하는 공장인 AI 팩토리를 빠르게, 그리고 대규모로 구축해야 한다”

“기존 데이터센터가 데이터를 단순 저장하는 스토리지(Storage·저장소) 역할에 머물렀다면 AI 시대의 데이터센터는 지능을 생산하는 ‘AI 팩토리’로 진화하고 있다”

“AI 팩토리를 한국에서 먼저 건설하고 단계적으로 확장하고 아시아 전역으로 AI 인프라를 넓혀 나갈 계획이다. 그 처음은 일본이 될 것”

-미.일 공조를 통한 HBM·GPU·소부장 ‘삼각동맹’



엔비디아가 말하는 AI토큰이란? - AI의 '언어'이자 '통화' 단위

<그림> 토큰은 AI가 처리하기 위해 더 큰 정보 덩어리를 분해하여 만든 작은 데이터 단위로 텍스트, 이미지, 오디오, 동영상, 모션 등 다양한 분야에서 언어이자 통화로 사용



What Are AI Tokens? The Language and Currency Powering Modern AI

AI의 언어이자 통화 단위

Tokens are units of data processed by AI models during training and inference, enabling prediction, generation and reasoning.

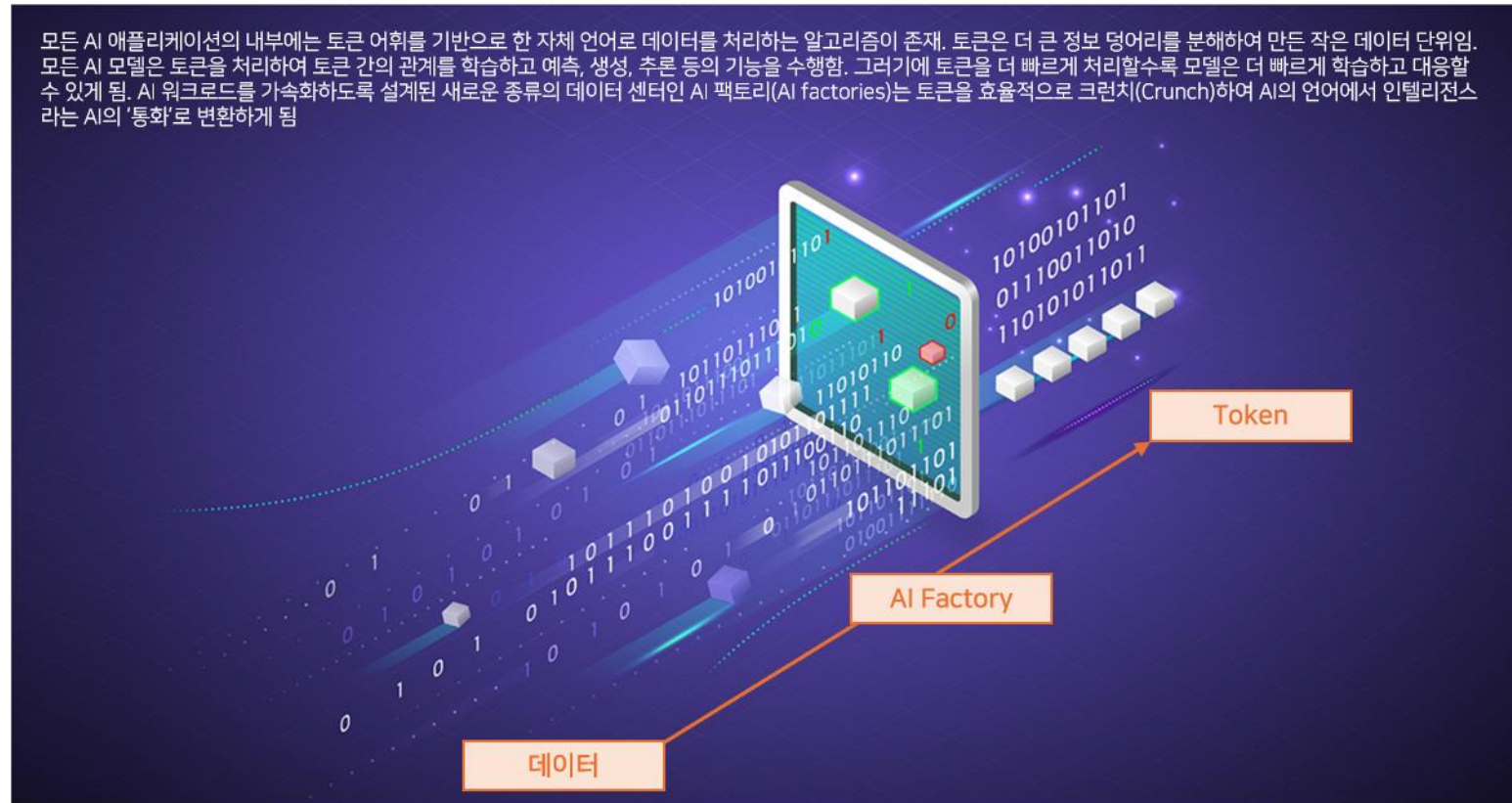
March 17, 2025 by Dave Salvator

토큰은 AI 모델이 학습과 추론 과정 중에 처리하는 데이터의 단위로, 예측, 생성, 추론을 가능하게 만들어 줌.

6 mins 0 Share

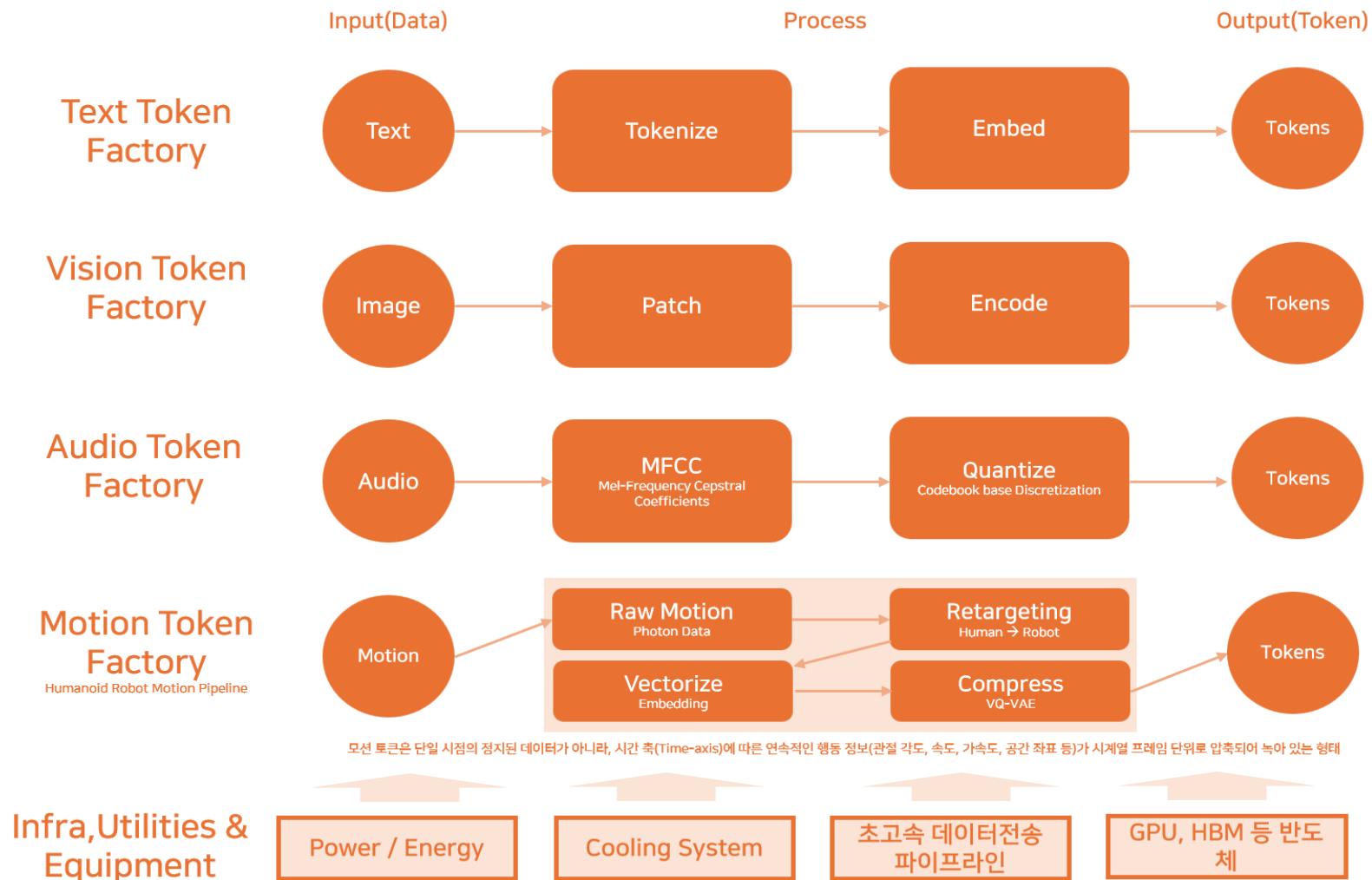
트랜스포머 AI 모델은 텍스트, 이미지, 오디오 클립, 동영상 등 다양한 형태의 데이터를 처리할 때 데이터를 토큰으로 변환시킴. 이 프로세스를 바로 토큰화라고 부름. AI 모델 훈련은 해당 훈련 데이터 세트의 토큰화에서부터 시작하게 되며, 학습 데이터의 크기에 따라 토큰의 수는 수십억 또는 수조 개에 달할 수 있음. 사전 학습 스케일링 법칙(Pretraining scaling law)에 따라 학습에 사용되는 토큰이 많을수록 AI 모델의 품질이 향상됨. AI는 추론의 과정에서 모델에 따라 텍스트, 이미지, 오디오 클립, 비디오, 센서 데이터 또는 유전자 서열 데이터와 같은 프롬프트를 수신하여 일련의 토큰으로 변환시킴. 해당 모델은 이러한 입력 토큰을 처리하여 해당 답변을 토큰으로 생성한 다음, 사용자가 원하는 형태로 변환시켜 보냄.

모든 AI 애플리케이션의 내부에는 토큰 어휘를 기반으로 한 자체 언어로 데이터를 처리하는 알고리즘이 존재. 토큰은 더 큰 정보 덩어리를 분해하여 만든 작은 데이터 단위임. 모든 AI 모델은 토큰을 처리하여 토큰 간의 관계를 학습하고 예측, 생성, 추론 등의 기능을 수행함. 그러기에 토큰을 더 빠르게 처리할수록 모델은 더 빠르게 학습하고 대응할 수 있게 됨. AI 워크로드를 가속화하도록 설계된 새로운 종류의 데이터 센터인 AI 팩토리(AI factories)는 토큰을 효율적으로 크런치(Crunch)하여 AI의 언어에서 인텔리전스라는 AI의 '통화'로 변환하게 됨



AI Factory, Data와 전력을 재료로 지식(Intelligence)인 가중치와 Token을 생산해내는 공장

<그림> AI 팩토리는 데이터를 가공해 지식(토큰)을 만들어내는 공장



AI Factory의 구성 요소 - 투입재료, 설비 및 장비, 특화설비, 완제품

<그림> AI Factory를 구성하는 다양한 요소와 세부항목

AI Factory 구성요소 대분류	중분류	세부항목
투입 재료 (Raw Materials & Utilities)	원재료 (Data)	원시 데이터 (Raw Data) - 크롤링된 웹문서, 이미지, 오디오, 센서 로그 등 가공되지 않은 원시 데이터
		정제된 데이터 (Curated Dataset) - 토큰화, 필터링, 라벨링이 완료된 학습용 연료
		프롬프트 및 지시어 (Prompts & Instructions) - 파인튜닝이나 추론 과정에서 방향성을 잡아주는 가이드라인
	유틸리티 및 인프라 자원 (Utilities)	전력 (Power/Energy) - 대규모 데이터센터 가동 및 쿨링을 위한 전력 공급원
		용수 및 냉각수 (Cooling Water) - 발열량이 높은 하드웨어를 식히기 위한 냉각 시스템
		네트워크 대역폭 (Bandwidth) - 노드 간, 서버 간 초고속 데이터 전송을 위한 파이프라인 (InfiniBand 등)
공장 설비 및 장비 (Manufacturing Equipment)	핵심 연산 장비 (Processing Units)	GPU / TPU / NPU - 병렬 연산을 수행하는 핵심 메인 엔진
		고대역폭 메모리 (HBM) - 데이터 병목현상을 해결하기 위한 초고속 작업대
	공정 제어 및 자동화 시스템 (Control & Orchestration)	오케스트레이터 (Orchestrator) - 쿠버네티스(Kubernetes) 등으로 자원을 할당하고 워크로드를 관리하는 공장 자동화 시스템
		컴파일러 및 최적화 엔진 - 텐서RT(TensorRT) 등 모델을 하드웨어에 맞춰 최적화하는 조립 라인
공정 라인별 특화 설비 (Processing Lines)	저장 및 물류 시스템 (Storage & Logistics)	고속 스토리지 (NVMe SSD / Object Storage) - 대용량 모델 웨이트와 데이터셋을 보관하는 거대 창고
	텍스트 공정 라인 (LLM Factory)	토큰나이저 (Tokenizer), 어텐션 메커니즘 모듈, 임베딩 공간, KV Cache 가속기, RLHF 전용 보상모델 등
	이미지 공정 라인 (Vision/Diffusion Factory)	VAE(Variational Autoencoder), 디노이징(Denoising) 챔버, 비전 인코더, 패치 임베더, ViT가속 하드웨어, 초고속 업스케일러 등
	사운드 공정 라인 (Audio Factory)	오디오스펙트로그램 변환기, 코덱(Vocoder), 음향 특징 추출기, 신호처리용 DSP, 오디오 인코더, Vocoder합성 칩셋 등
완제품 및 부산물 (Outputs)	모션 공정 라인 (Motion/Robotics/Video Factory)	3D 시뮬레이터, 키프레임 추출기, 물리 엔진(Physics Engine), 신경망 렌더링, 센서 퓨전 프로세서, Time-Sync & Edge Logging, HILs, RTOS 전용제어보드 등
	주요 완제품 (Token)	Token - 텍스트 토큰, 이미지 픽셀 텐서, 음성 주파수 토큰, 모션 벡터
	부산물 및 품질 관리	모델 가중치(Weights), 체크포인트(Checkpoints), 평가 지표(Loss/Perplexity 로그)

자료: iM증권 리서치본부

지식을 생산한다는 개념 - 지식이 곧 돈이 되는 시대

<그림> AI 팩토리는 데이터를 가공해 지식(토큰)을 만들어내는 공장 - 이를 통해 실질가치인 노동을 창출, 수익화가 가능

	원재료	공정 및 결과물	수익창출
Generative AI	전 세계의 웹페이지, 논문, 코드, 오디오, 이미지 등의 비정형 데이터 등	LLM(대형언어모델)이 막대한 컴퓨팅 파워(GPU)를 투입해 데이터 속 패턴과 확률을 학습(Pre-training/Fine-tuning)한 뒤, 프롬프트 입력에 반응해 의미 있는 텍스트/이미지 '토큰'을 연속적으로 사출	생산된 토큰의 총량(Input/Output Token)당 단가를 매겨 API 호출 비용이나 구독료(예: 100만 토큰당 얼마의 과금)로 판매. 데이터가 언어적·시각적 상품 토큰으로 전환되는 가장 직관적인 공정
Agentic AI	기업의 사내 데이터베이스, 시장 조사 보고서, 재무제표, 과거 계약서, API 구조, 과거 문제 해결 로그 등	모델이 단순 출력을 하는 것이 아니라, 1단계 추론, 도구 호출(Tool Use), 검증, 수정이라는 복잡한 자기주도적 사고 루프(Reasoning Loop) 회전. 이 과정에서 정답을 도출하기 위해 수많은 중간 추론 토큰(CoT Token)을 폭발적으로 소모하며 연산	단순 텍스트 토큰보다 수십 배 많은 연산량과 추론 과정을 거치기 때문에, 프리미엄 지능형 토큰으로 고단가 과금이 가능. 기업은 이 고도화된 추론 토큰을 구매해 복잡한 업무 프로세스 자동화 시스템 가동
Physical AI	로봇의 센서 값, 자율주행 카메라 영상, 물리 시뮬레이션의 3D 공간 데이터. 인간의 텔레오퍼레이션, 행위에 대한 관찰학습 등	VLA(Vision-Language-Action) 모델이 대규모 물리 데이터를 학습한 뒤, 시각·언어 정보를 실시간으로 분석해 로봇의 모터 각도, 토크, 이동 방향을 지시하는 모션 토큰(Motion Token) 또는 제어 코드로 번역	물리적 공간에서 작동하는 지능형 제어 명령이 토큰 형태로 로봇에 주입, 이는 곧 물리적 노동 수행이라는 실질적 가치로 전환. 하드웨어를 움직이는 핵심 소프트웨어 라이선스나 토큰 기반 인프라 사용료로 수익 창출, RaaS의 형태도 대형 수익원 예상

지식(토큰)을 생산한다는 개념 - 지식이 곧 돈이 되는 시대

<그림> AI 팩토리는 데이터를 가공해 지식(토큰)을 만들어내는 공장 - 이를 통해 실질가치인 노동을 창출, 수익화가 가능



1차산업(농업)



2차산업(제조업)



3차산업(병원)



4차산업(SW개발)



국방

Data

AI Factory

Token



Smart Farming



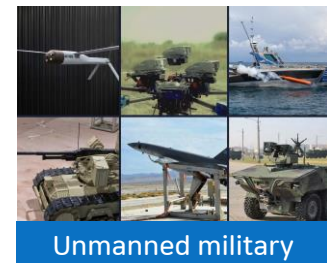
Smart Factory



Smart Hospital



AI SW Development



Unmanned military

AI Factory의 인프라 - AI Data Center, 대량연산을 위해선 지구도 부족하다!

<그림> AI데이터센터와 우주 AI데이터센터, 전력계통과 공조 인프라

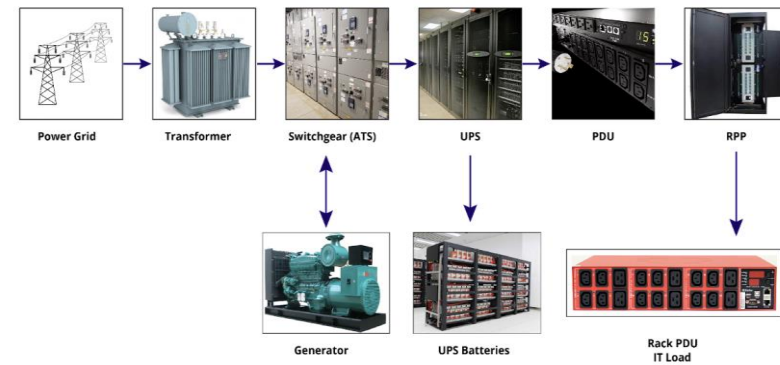
AI Data Center



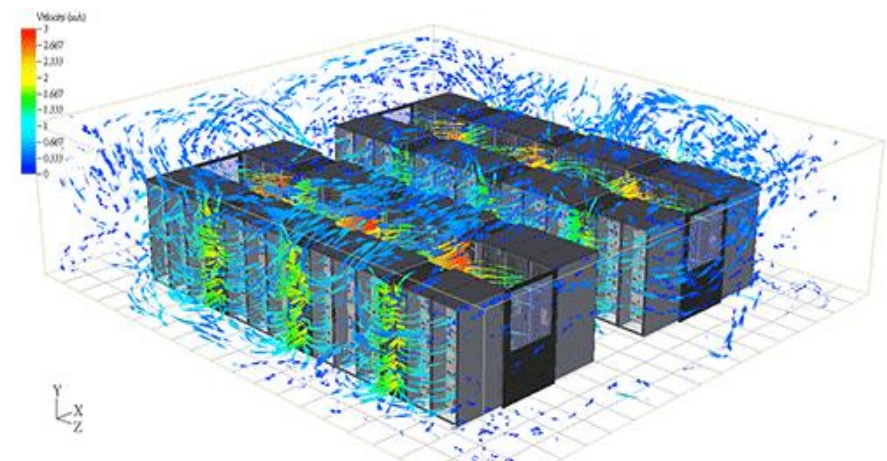
Orbital AI Data Center



AI Data Center Power Distribution System



AI Data Center Thermal Management



대한민국도 All In!!! - 대한민국 3대 메가 프로젝트(반도체, 데이터센터, Physical AI)선정

<그림>대한민국은 단군 이래 최대 규모의 CAPEX 투자를 민관이 동시에 진행



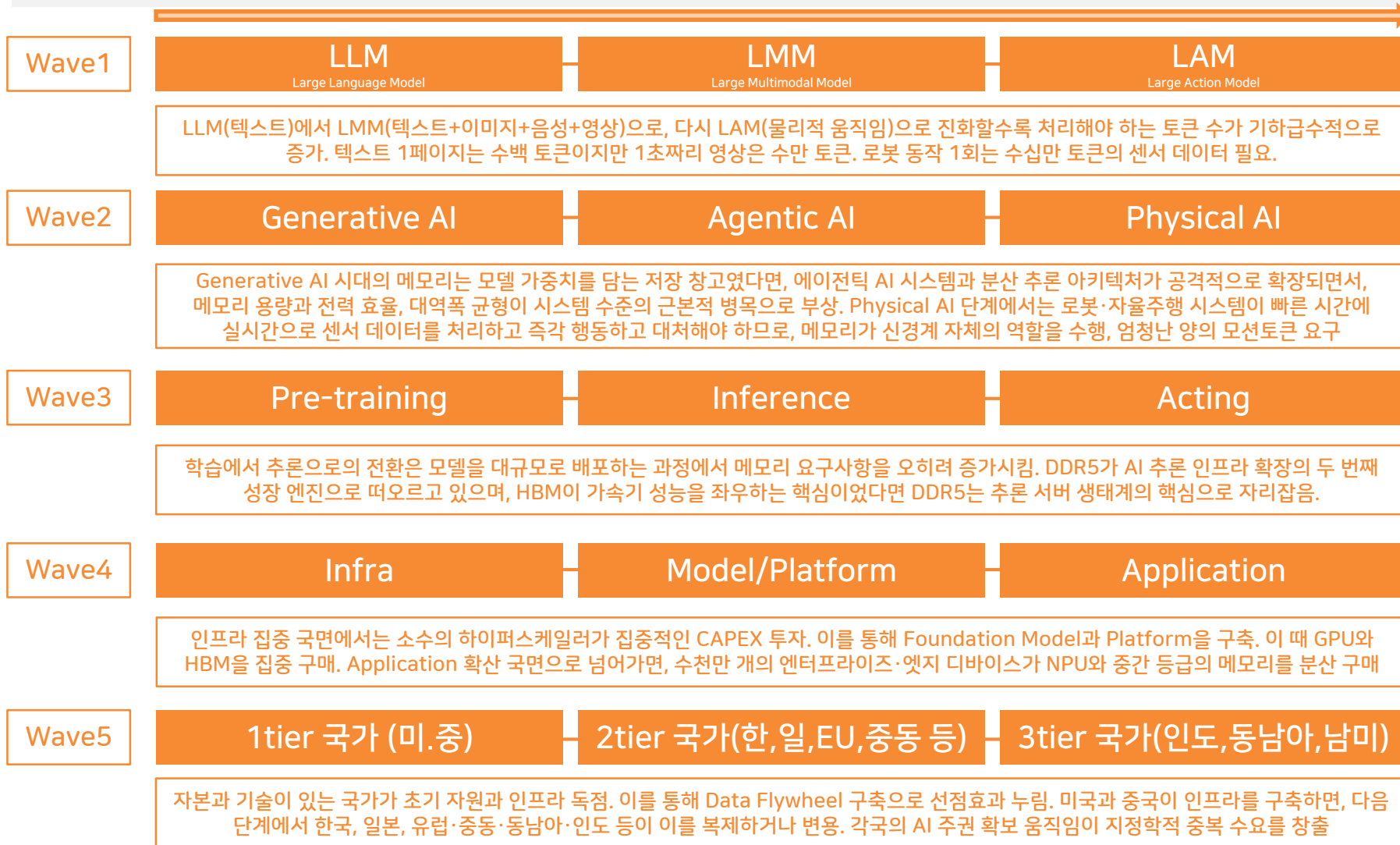
자료: 청와대, 대한민국 정부, iM증권 리서치본부

Ⅲ. 도대체 무엇을 바라본 CAPEX 투자인가?



AI산업의 5가지 진화방향 - 시간의 경과에 따라 투자회수 가능성이 높아지는 흐름

<그림> 크게 5가지 웨이브로 인공지능 산업과 기술 변화 진행, 이에 따른 반도체 수요는 점증



AI산업의 진화방향과 AI CAPEX 우려에 대한 생각 - Data Flywheel의 조기구축을 위한 자본전쟁

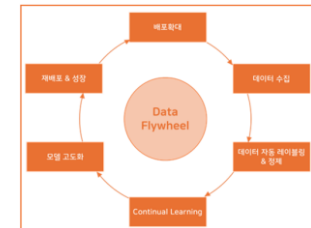
<그림> AI Capex에 대한 우려가 커지고 있지만, 이는 격차의 지수함수화를 염두에 둔 '시간 선점'의 과정, 적자생존에서 살아남는 Player가 독주

GPU, HBM 을 비롯한 희소 자원의 제약 (전력이 Bottleneck)

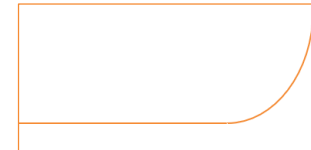
희소 자원	제약 내용	대기 기간
전력망 연결	미국 주요 지역 포화	4~7년
고압 변압기	전 세계 공급 부족	3~5년
스위치기어	2028년까지 매진	2~3년
부지	전력 확보 가능한 부지 희소	선점 경쟁 진행 중

지금 강력한 자본력으로 한정된 자원을 선점한 Player가 수년간 경쟁자 진입 차단 - '시간'을 '자본'으로 '선점'하는 효과

그 기간 동안 AI Data Center를 구축한 1st Tier들은 Data Flywheel 활발히 가동



고객과 데이터를 선점, 격차가 선형이 아닌 지수함수(Exponential function)로 확대



강력한 성능의 플랫폼 완성 → 클라이언트 집중 과금 구조로 Capex가 수익화 (Willing To Pay는 AI가 전문가 대체 가능시 폭발적 증가)

수익화에 성공한 1st Tier들은 M&A 뿐 아니라 Physical AI에서 동일 구조 구축, 후발주자는 Data Flywheel 구축 불가

Physical AI는 데이터의 차원이 다르다 – Tesla Ashok: ‘차원의 저주(Curse of Dimensionality)’

<그림>아속은 LLM 최대 컨텍스트 대비 Physical AI가 요구하는 메모리 용량은 200배 이상이라 언급, Tesla는 Raw Data로 수집해 Tacit knowledge 그대로 학습

테슬라는 Real Data 수집을 위해 30초 분량의 기록에만 자그마치 20억개의 토큰을 Raw data로 수집

- ①비디오 데이터: 7대 카메라 × 36 FPS × 5 메가픽셀 × 30초 기록 / (5×5 픽셀 패치) = $7 \times 36 \times 30 \times 5,000,000 \div 25$ = 약 15.12억 패치 토큰(각 5×5 패치 = 1 토큰으로 가정, ViT 스타일 패치 토큰화)
- ②멀티모달리티 데이터: Navigation maps + route / 100 Hz kinematic data (speed, IMU, odometry 등) → 30초 동안 약 3,000 샘플 / 48 kHz audio data → 30초 동안 약 144만 샘플
- ③30초 분량 고해상도 멀티카메라 비디오 + 센서 데이터를 실시간으로 압축 없이 처리해야하며, 이를 단 2개의 결과 token으로 출력해야 함. (Next Steering + Acceleration or Braking).
- ④테슬라가 추구하는 자율주행의 Flywheel은 “raw real-world data + end-to-end 학습 + fleet-scale active learning”이라는 3단계를 거쳐야 함. 이를 위해선 강력한 컴퓨팅파워가 필요

LLM과 LAM의 격차는 거의 200배 – 1000만 토큰 vs 20억 토큰(30sec Motion Token)

- ①2026년 현재 최대 LLM/LMM 컨텍스트는 Llama 4 Scout / Gemini 3 Pro 등의 1,000만 토큰 수준임. (Claude 4, Grok 4.1 등은 200만~100만 토큰)
- ②이에 비해 테슬라 FSD의 30초 20억 토큰은 현재 LLM 최대 컨텍스트의 200배에 해당하는 거대한 규모임

항목	LLM/LMM 텍스트 토큰	자율주행 (Physical AI) 토큰	차이
30초 입력	Sequence 개념 없음	20억 토큰	-
일반 프롬프트	1,000~10,000 토큰	-	-
최대 컨텍스트 (2026년 기준)	1,000만 토큰 (Llama 4 Scout, Gemini 3 Pro 등)	20억 토큰	200배
등가 텍스트 양	1,000만 토큰 = 750만 단어 = 75권 소설	20억 토큰 = 15억 단어 = 15,000권 소설 (또는 영어 Wikipedia 전체의 수십 배)	200배

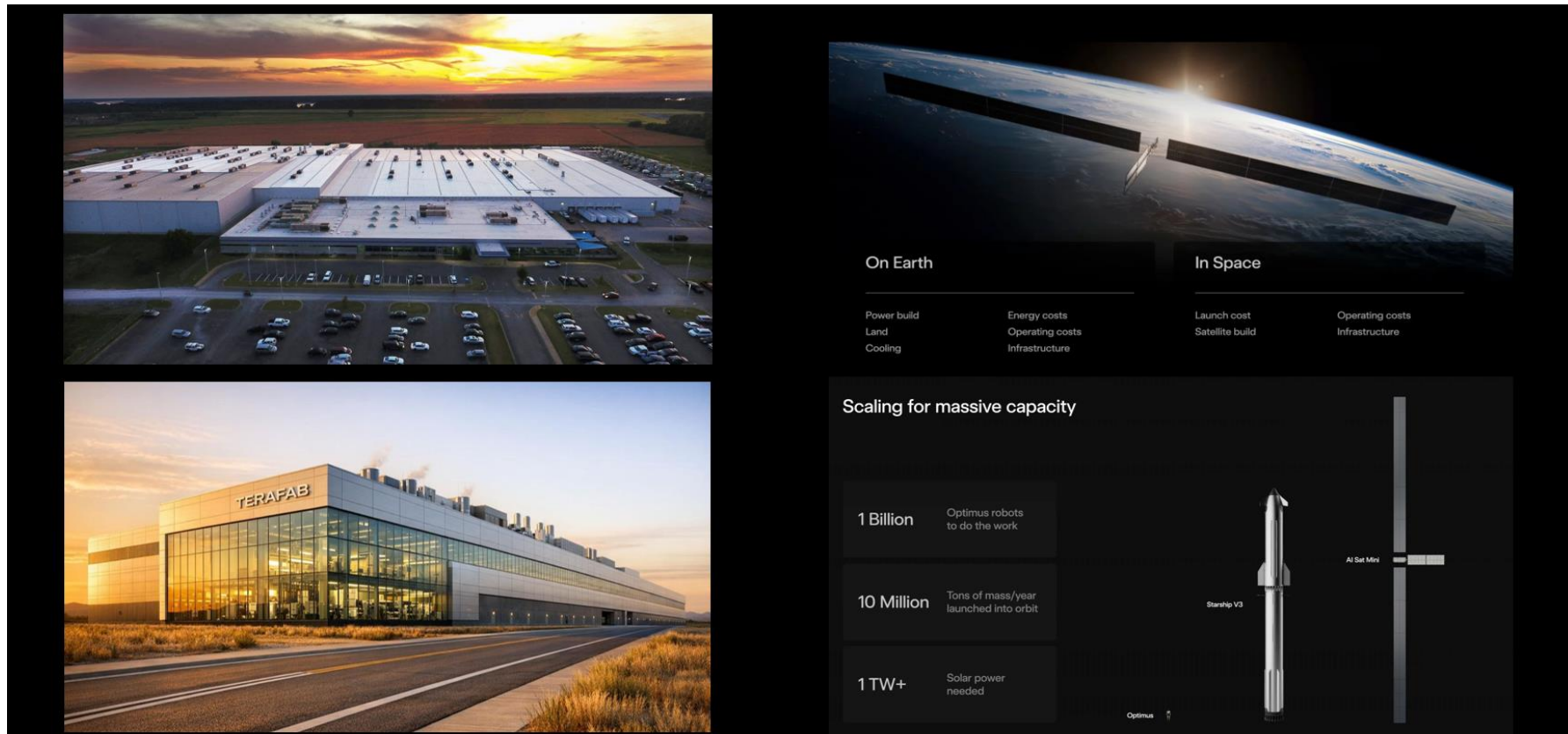
정보 종류	Raw / Uncompressed (테슬라)	압축/ISP 처리된 데이터 (일반적)	Real Data / Raw Data의 중요성
고주파 공간 정보 (미세 질감, 노이즈, 반사)	그대로 보존 (잔물결, 도로 표면 미세 요철, 물방울 반사, 먼 거리 작은 물체)	denoising/sharpening으로 제거 or 왜곡	도로 미끄러움, 물웅덩이, 작은 장애물 판단
동적 범위 (Dynamic Range)	12-bit 이상 원본 photon count	8-bit JPEG로 clipping	야간·역광·터널 같은 극단 조명에서 세부 정보 유지
시간적 정밀도 (Temporal fidelity)	36 FPS 전체 프레임의 미세 움직임 그대로	Video codec (H.264/H.265)으로 motion compensation → 블록 아티팩트, 프레임 드랍	운동 시차(motion parallax)로 깊이·속도 추정
암묵지 / Implicit Knowledge	NN이 raw pixel + 시간 축에서 직접 학습 (인간처럼 ‘느낌’으로 배움)	미리 정해진 feature extractor(CNN backbone)가 추출한 semantic feature만	습한 도로의 광택, 먼 거리 안개 속 물체, 그림자 길이로 속도 판단 등
아티팩트	거의 없음	JPEG blockiness, ringing, color shift	모델이 학습하는 가공된 정보로 리얼 데이터와 차이 발생, 거짓정보도 다량으로 흡수

머스크는 왜 Cortex, Colossus도 모자라 Terafab과 Orbital Data Center까지 언급할까?

- 엄청난 데이터를 요구하는 Physical AI의 특수성

- Cortex는 GPU 15만개, Colossus1은 20만개, Colossus2는 100만개 목표, Terafab은 텍사스 오스틴에 250억 달러를 투입해 연간 1테라와트 규모의 컴퓨팅 파워를 생산하는 것을 목표로 하는 반도체 팹, 테슬라가 칩을 직접 생산하고, 우주에 데이터센터를 띄우겠다는 건 10억대 이상의 휴머노이드 로봇이 필요로 하는 토큰 수요를 지구의 전력망과 냉각 시스템으로는 물리적으로 처리할 수 없다는 계산의 결론

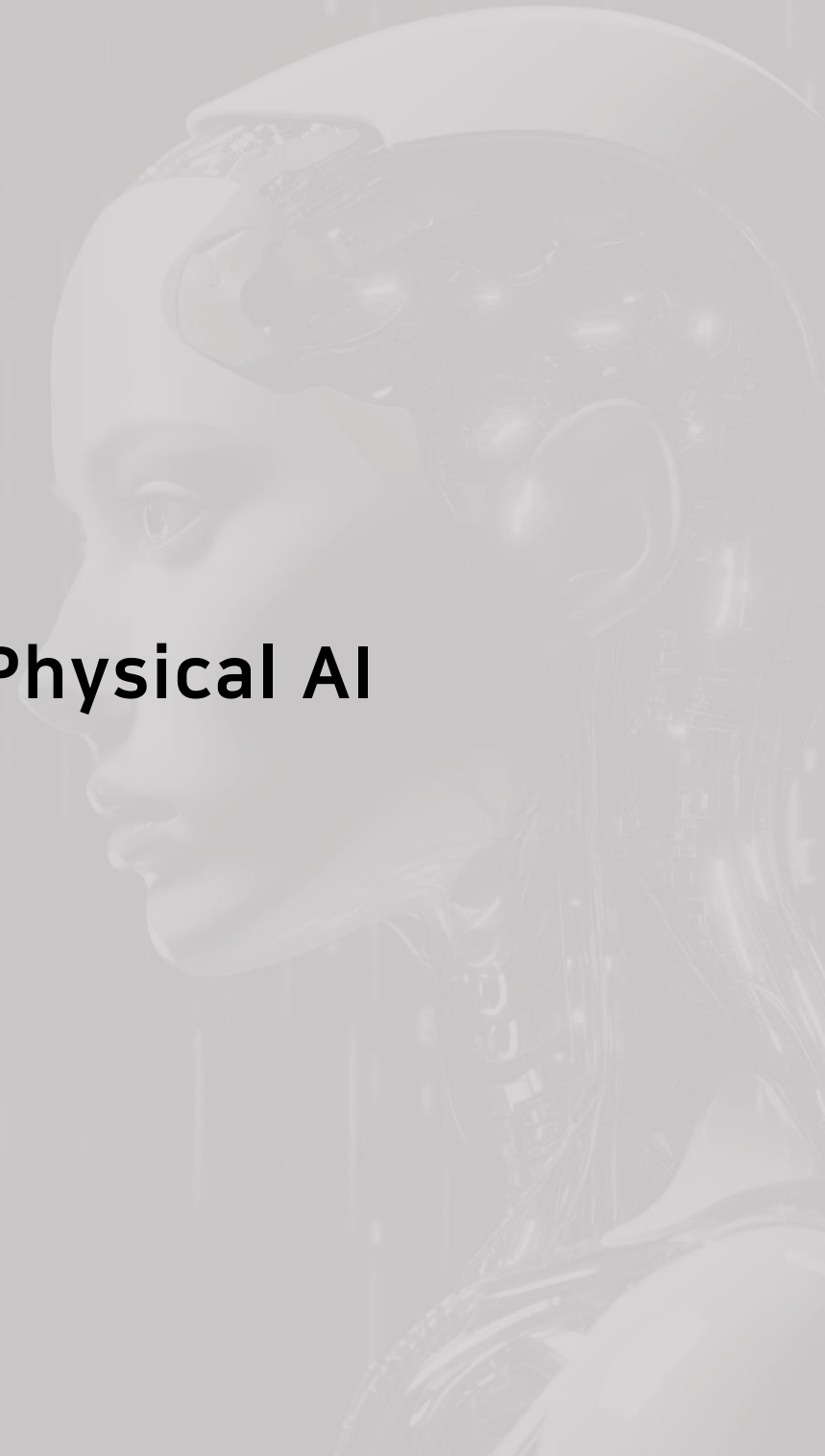
<그림>Colossus2(향후 100만 GPU 계획), Terafab(조감도), Orbital Data Center



자료: Tesla, SpaceX, iM증권 리서치본부

주: 일론머스크는 현재 전 세계 모든 첨단 반도체 파운드리들의 합산 생산량이 자신의 회사들이 필요로 하는 컴퓨트의 약 2%에 불과하다고 발표. 최대 100만개 위성을 LEO(저궤도)에 배치해 궤도 데이터센터 메가컨스텔레이션을 구축하겠다는 청사진도 공개.

IV. 무인화혁명의 메인무대, Physical AI



Physical AI(Embodied AI)는 뇌와 몸이 동시에 고도화되어야 완성

<그림> Physical AI는 뇌에 해당하는 인공지능 생태계와 데이터가, 몸에 해당하는 Robotics 기술, 센서기술, 부품기술, 소재기술 등이 모두 고도화되어야

Embodied AI



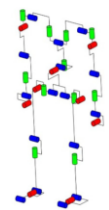
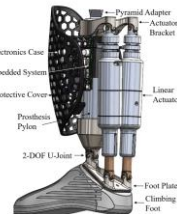
AI(Brain)



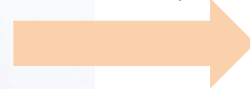
구분	인간의 생물학적 구조	Physical AI 생태계 매칭
고등 사고	대뇌 피질	클라우드/데이터센터 (Foundation Models)
실시간 판단	소뇌 / 간뇌	엣지 컴퓨팅 (On-device AI)
신경 전달	신경계 / 척수	고속 통신망 (EtherCAT) / 로컬 MCU



EtherCAT



Robotics(Body)



인간의 부위	매칭되는 로봇 부품	핵심 기능 및 역할
뼈 (Skeleton)	탄소섬유/알루미늄 외골격	전체 구조 유지 및 장치 보호
관절 (Joints)	하모닉 드라이브 감속기	정밀한 회전 및 각도 유지
근육 (Muscles)	고토크 BLDC 모터	물리적 동력 발생 (Actuation)
힘줄 (Tendons)	와이어 구동 (Tendon) 시스템	원격 힘 전달 및 섬세한 조작
피부 (Skin)	텍타일(촉각) 센서 어레이	압력, 마찰력, 온도 감지
평형감각	6축 IMU 센서	자세 제어 및 전도 방지
시신경	LiDAR + Depth Camera	3D 공간 인지 및 객체 식별

Physical AI 무대에서 뚜렷해지고 있는 양진영 - 테슬라와 엔비디아

<그림> 2026년부터 대량생산을 앞두고 어떤 Stack을 사용하는지에 따라 진영이 나뉘고 있는 휴머노이드 로봇 - 폐쇄형 테슬라와 개방형 엔비디아



폐쇄형

Real data centric approach

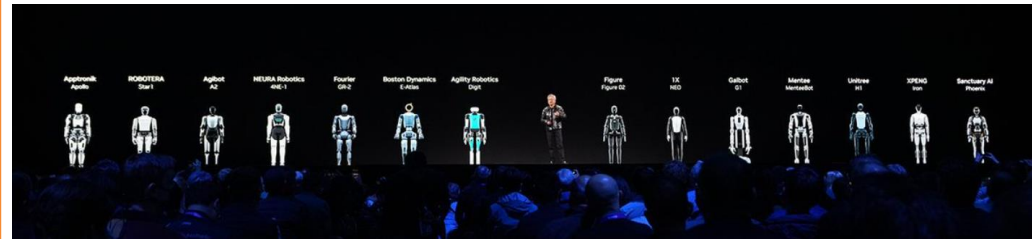
보다 인간의 형태에 근접할 것으로 예상되는 Gen3



개방형

Synthetic data centric approach

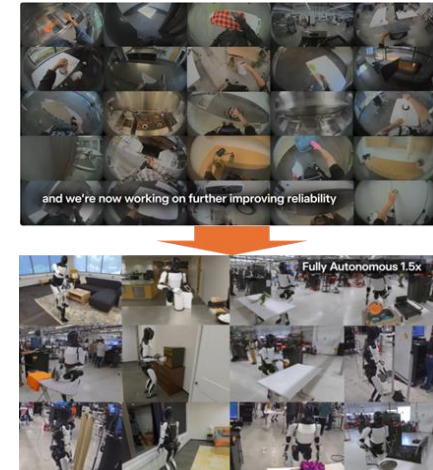
CES2025에 공개된 바 있는 NVIDIA 휴머노이드 진영



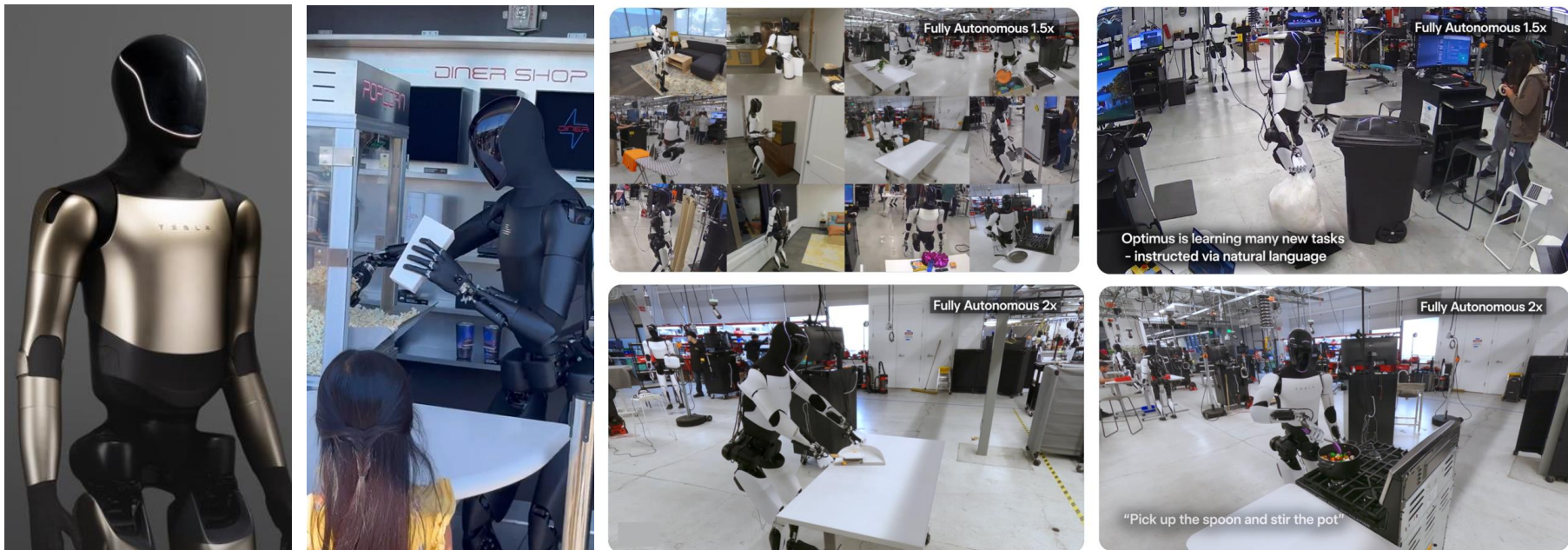
기업명	로봇 모델	특징
Figure AI	Figure 01/02/03	엔비디아, OpenAI, MS가 투자. 엔비디아 칩셋을 뇌로 사용하며 시각 지능을 극대화. (OpenAI와는 결별)
Boston Dynamics	Electric Atlas	최근 유압식에서 전기식으로 전환하며 엔비디아의 Isaac 플랫폼과 Jetson Thor 통합.
Agility Robotics	Digit	물류 현장에 실제 투입 중. GR00T 모델을 통해 보행 및 작업 지능을 고도화.
1X Technologies	NEO Beta	OpenAI와 엔비디아가 협력. 인간과 상호작용하는 부드러운 동작을 위해 엔비디아 AI 활용.
Apptronik	Apollo	NASA와 협력 중이며, 벤츠 공장에 투입. 엔비디아의 실시간 제어 알고리즘 채택.
NEURA Robotics	4NE-1	독일 기업으로 디자인과 인지 지능 분야에서 엔비디아의 GR00T-Dreams 데이터 활용.
Unitree (유니트리)	G1 / H1	가성비 휴머노이드의 선두주자로, 엔비디아 옛지 컴퓨팅 노드를 내장하여 판매.

Tesla: 先원격제어 → 後관찰훈련방식

- Tesla는 모션 캡처 수트와 Teleoperation을 통한 학습을 넘어, 옵티머스가 사람이 작업을 수행하는 영상을 보고 학습하도록 하는 '관찰훈련방식'으로 전환. Tesla의 목표는 Optimus가 Tesla 훈련전담 직원들의 행위 녹화뿐 아니라 YouTube 등 인터넷에서 찾은 제3자 비디오와 영상에서도 광범위하게 학습하는 데 있음. Tesla는 이미 1인칭 인간 비디오에서 얻은 학습 내용을 로봇의 신경망으로 직접 전송하는 획기적인 기술을 개발했으며, 이를 통해 로봇은 새로운 작업을 더 빠르게 부트스트랩할 수 있게 됨
- Tesla는 V14 발표로 옵티머스에도 SDF 기반 Locomotion 기술이 장착. 최근 v14 데모에서 옵티머스가 박스를 쌓는 영상에서 전신 collision-free path는 SDF, 손 조작은 CNN+Diffusion 기반 포즈추정이 결합된 것을 알 수 있음. Tesla OptimusSDF 기반 NeRF-like perception: 실시간 환경의 free space 모델링 (로코모션) + Hand-eye camera + vision model: object pose를 mm 단위로 추정 (매니플레이션)



<그림> 옵티머스의 Gen3 프로토타입 발표를 앞두고 다양한 버전 공개(좌), 관찰학습으로 보다 다양해진 옵티머스의 행동 - 이동부와 작업부의 자연스런 연결(우)

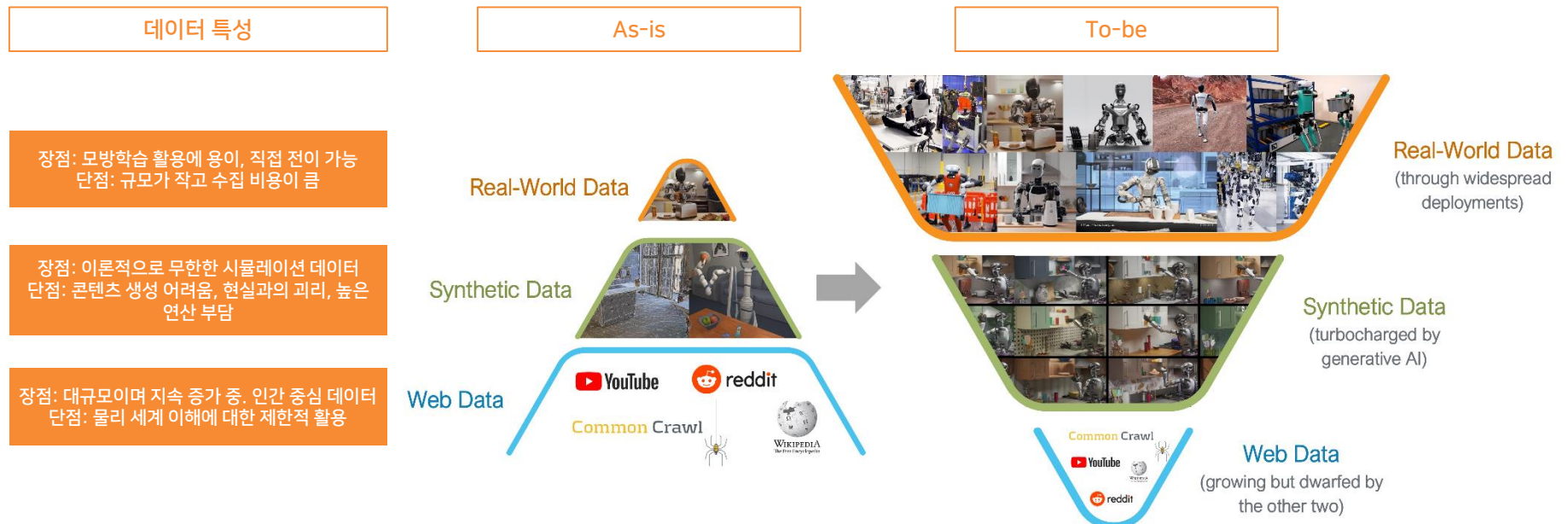


자료: Tesla, X, iM증권 리서치본부

Physical AI 성능 개선을 위한 선결 조건: Data Bottleneck을 해결해야 한다는 것

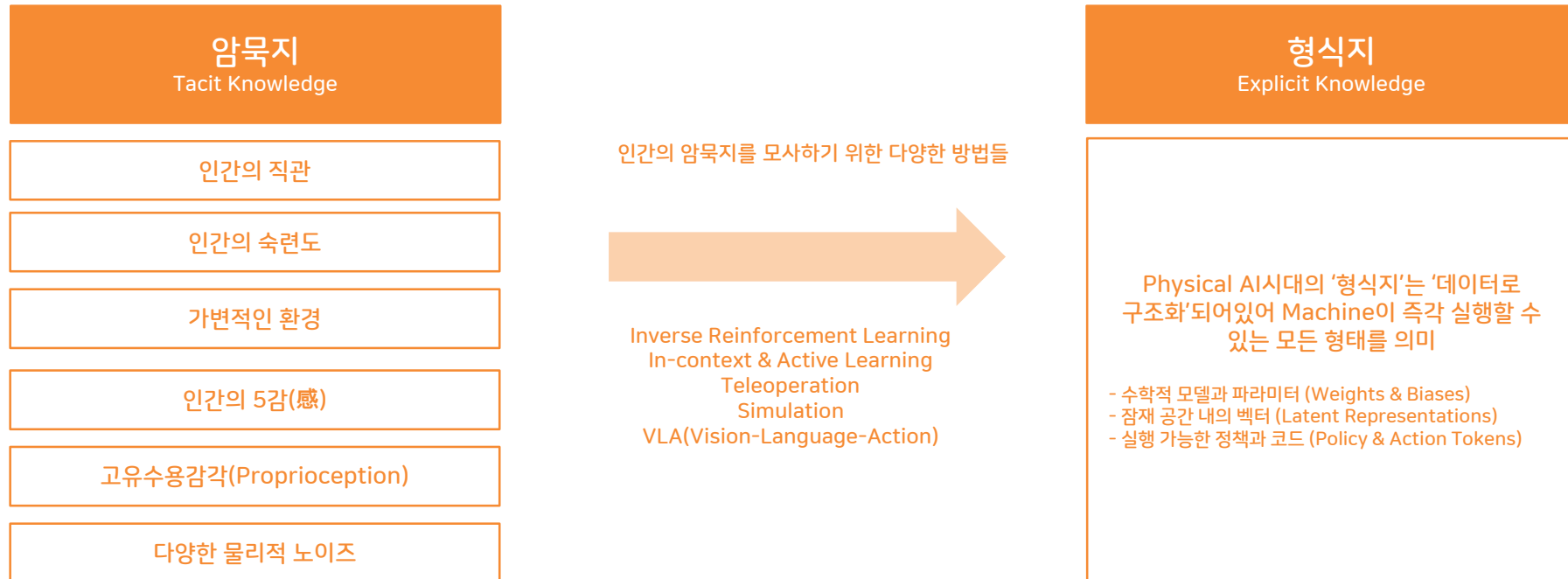
- 피지컬 AI 성능 개선 및 상용화 확산을 위해서는 데이터 병목 해소가 필수. 피지컬 AI는 물리 세계와의 상호작용을 포함한 대규모 학습 데이터가 필수적이거나, 이는 디지털 영역의 웹 데이터와 달리 수집 과정에서 구조적 제약 존재. 피지컬 AI 학습 데이터는 크게 실제 세계 데이터와 합성 데이터로 구분. 실제 세계 데이터는 로봇 모방 학습에 최적화된 고품질 학습 자원이나 로봇의 운용 시간, 수집 비용, 인간 개입 등 물리적 제약에 따라 데이터 축적 및 수집 속도는 선형적 증가로 제한됨
- 이에 따라 데이터 스케일링을 위한 대안으로 생성형 AI 기반의 합성 데이터 활용 전략이 활용되고 있음. 시뮬레이션 환경에서 다양한 시나리오와 엣지 케이스를 생성함으로써 실제 구현이 어렵거나 고비용이 수반되는 학습 데이터를 대량 확보 가능. 합성데이터는 이론적으로 지수적 스케일링이 가능하다는 점에서 피지컬 AI 학습 데이터 확보에 핵심 역할. 향후 합성 데이터 기반 모델 개발 가속화 및 피지컬 AI 어플리케이션의 대규모 배치가 본격화될 경우 실제 세계로부터 수집되는 데이터가 웹 데이터 및 합성 데이터를 능가할 것으로 전망

<그림> Physical AI 학습을 위한 데이터 피라미드의 변화 - Real-World Data를 수집하기 위해서는 대량생산으로 개체수 확대가 가능한 폼팩터 필요



Physical AI의 핵심과제 – 인간의 암묵지를 이해하라!

<그림> 암묵지의 형식지화가 Physical AI 시대 가장 중요한 과제 – 인간의 복잡한 암묵지를 자율주행이나 로봇이 이해하도록 만드는게 가장 어려운 작업

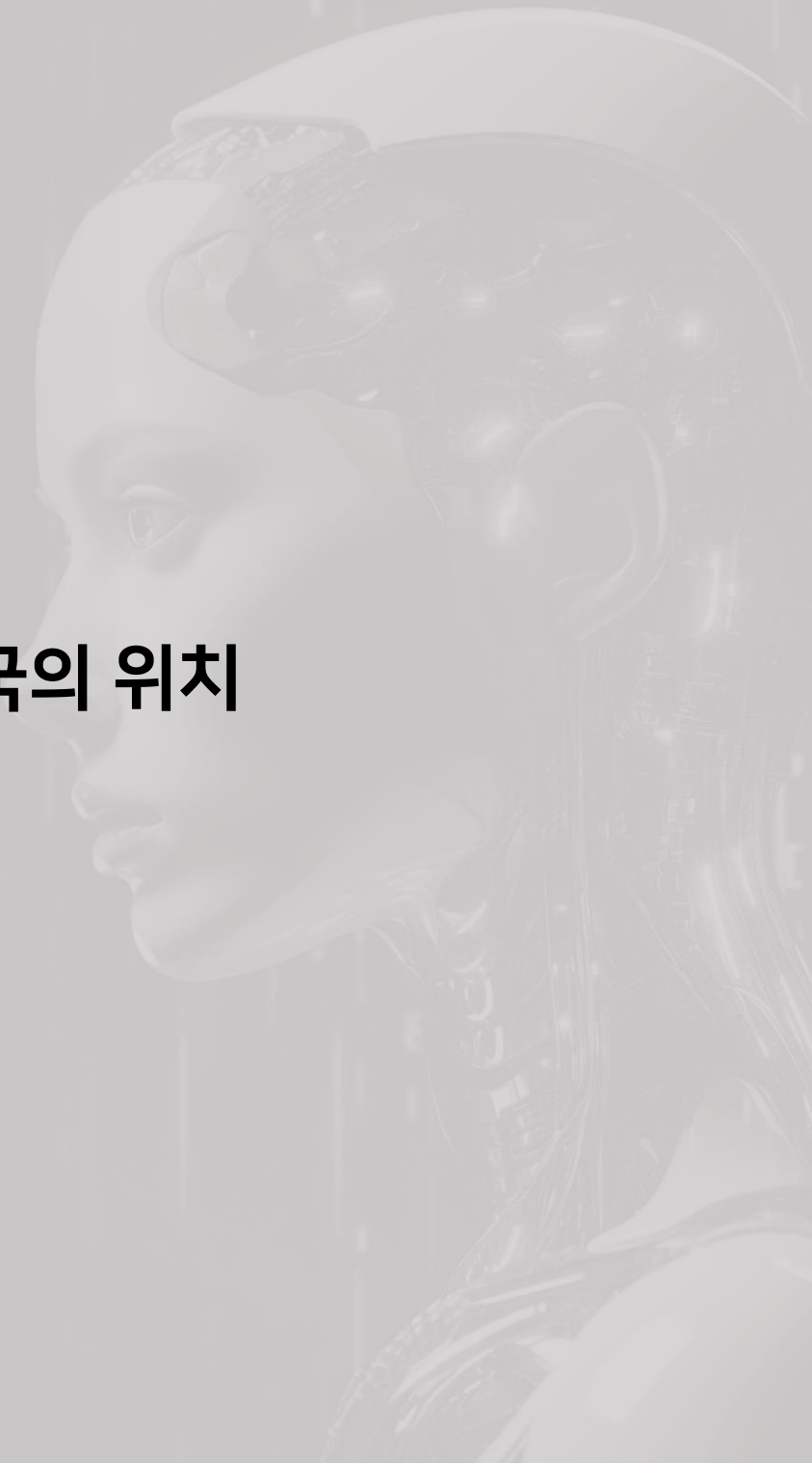


Sim to Real Gap (시뮬레이션과 실제 세계간 차이)

테슬라 - 시뮬레이션은 실제의 완벽한 복제가 될 수 없다는 관점. 최대한 많은 실제 데이터(Real Data)를 학습시켜 모델이 현실의 변동성에 직접 적응하게 만들

엔비디아 - Cosmos 같은 월드모델을 통해 현실과 거의 흡사한 고도로 정교한 가상(Simulation)환경을 먼저 조성한 후, 인공지능이 숭한 시행착오를 통해 깨달은 바를 실제 로봇이나 차량에 이식하는 방법

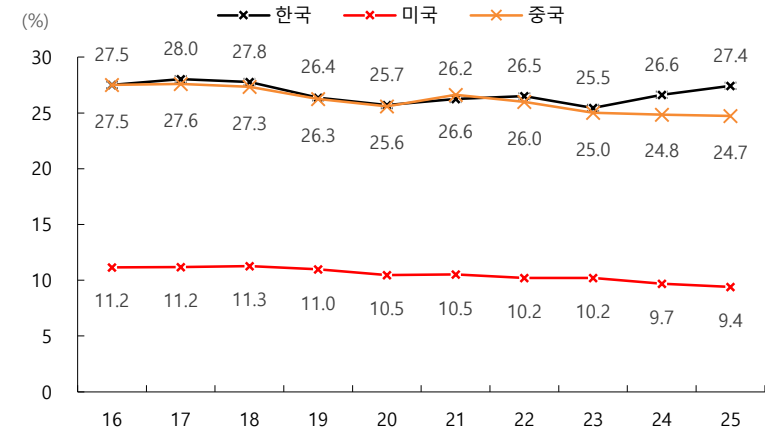
V . Physical AI 시대, 한국의 위치



한국, 제조업 비중은 GDP 대비 27.4% 차지

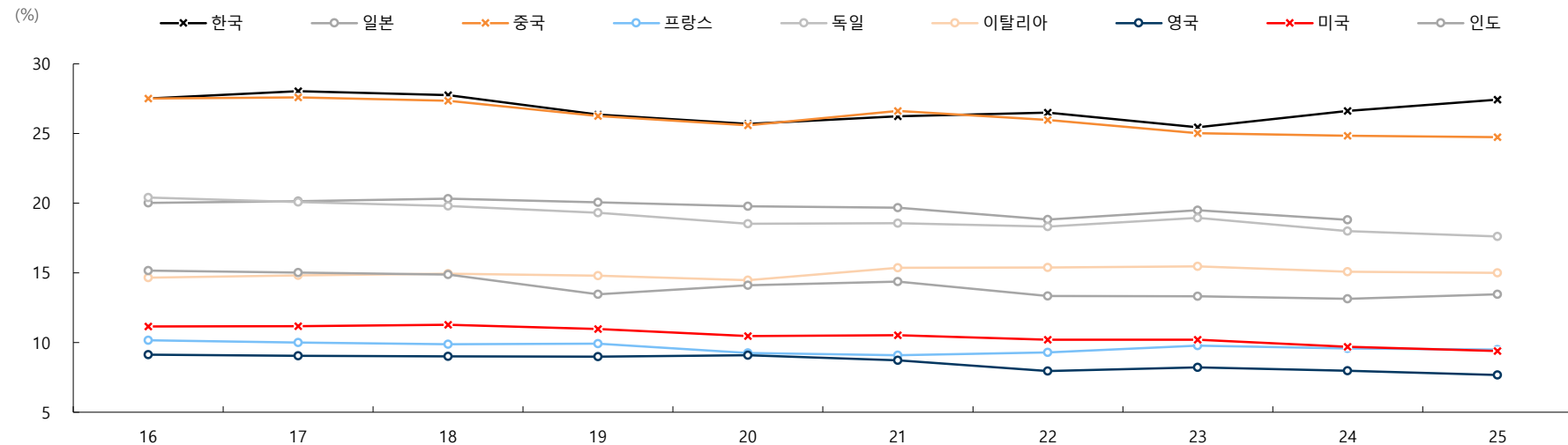
- 현 단계에서 전 국민 기본소득을 도입하기에는 막대한 재정 부담과 자원 조달 방식, 지급 기준 등에 대한 사회적 합의가 부족함. 따라서 보편적 현금 지급에 앞서 Physical AI의 생산성 향상에 직접 기여한 기업과 근로자에게 보상하는 기여 기반 분배체계를 우선 구축할 필요가 있음.
- 특히 한국은 제조업이 GDP의 27.4%를 차지해 중국(24.7%), 미국(9.4%)보다 높고, 반도체·자동차·이차전지·조선·석유화학 등 제조 현장에 공정 데이터와 숙련 노동이 집중돼 있음.
- 이에 노동 데이터의 소유권과 사용권을 명확히 하고, 작업 기록·공정 노하우·숙련 기술이 AI와 로봇의 성능 및 생산성 향상에 기여한 만큼 사용료·로열티·성과배분을 지급하는 **한국형 Physical AI 분배모델**을 선도적으로 마련하는 것이 우선 과제임

<그림> 중국, 한국, 미국 제조업 비중 비교



자료 : Worldbank, Fred, iM증권 리서치본부

<그림> 글로벌 제조업 비중



자료 : Worldbank, Fred, iM증권 리서치본부

주: 미국 제조업 비중(2022~2025년 FRED 수치 참고)

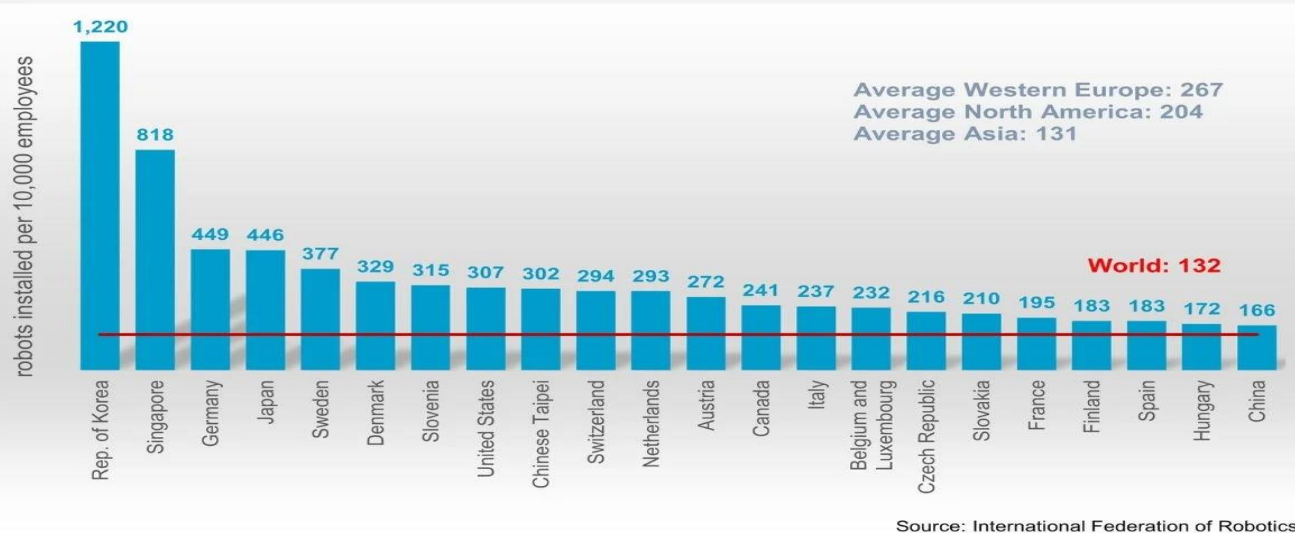
세계 1위 로봇 밀도, 한국은 피지컬 AI 데이터 강국이 될 수 있다

- 한국의 제조업 로봇 밀도는 근로자 1만 명당 1,220대로 세계 평균 132대의 약 9배 수준이며, 2위 싱가포르와도 큰 격차 존재. 이는 한국 제조업 현장에 이미 상당수의 로봇·자동화 설비가 배치돼 있어, 피지컬 AI 학습에 필요한 작업 데이터와 기계 데이터 생성 잠재력 풍부함을 시사
- 현재 한국의 높은 로봇 밀도는 하드웨어 경쟁력의 근거이지만, 향후 제조업 데이터의 소유권과 거래 구조를 먼저 만들지 못하면 세계 최대의 피지컬 AI 데이터 공급지에 머물 가능성 존재. 즉, 한국 공장에서 생산된 데이터를 해외 AI·로봇 기업이 가져가 모델을 학습하고, 한국 기업이 다시 해당 모델과 서비스를 구매하는 구조가 형성될 경우, 한국은 제조업 현장을 제공하고도 부가가치 대부분을 해외 플랫폼에 넘기게 될 수 있음

<그림> 한국의 제조업 로봇 밀도는 근로자 1만 명당 1,220대로 세계 평균 132대의 약 9배 수준이며, 2위 싱가포르와도 큰 격차 존재

ROBOT DENSITY IN THE MANUFACTURING INDUSTRY 2024

IFR
International
Federation of
Robotics

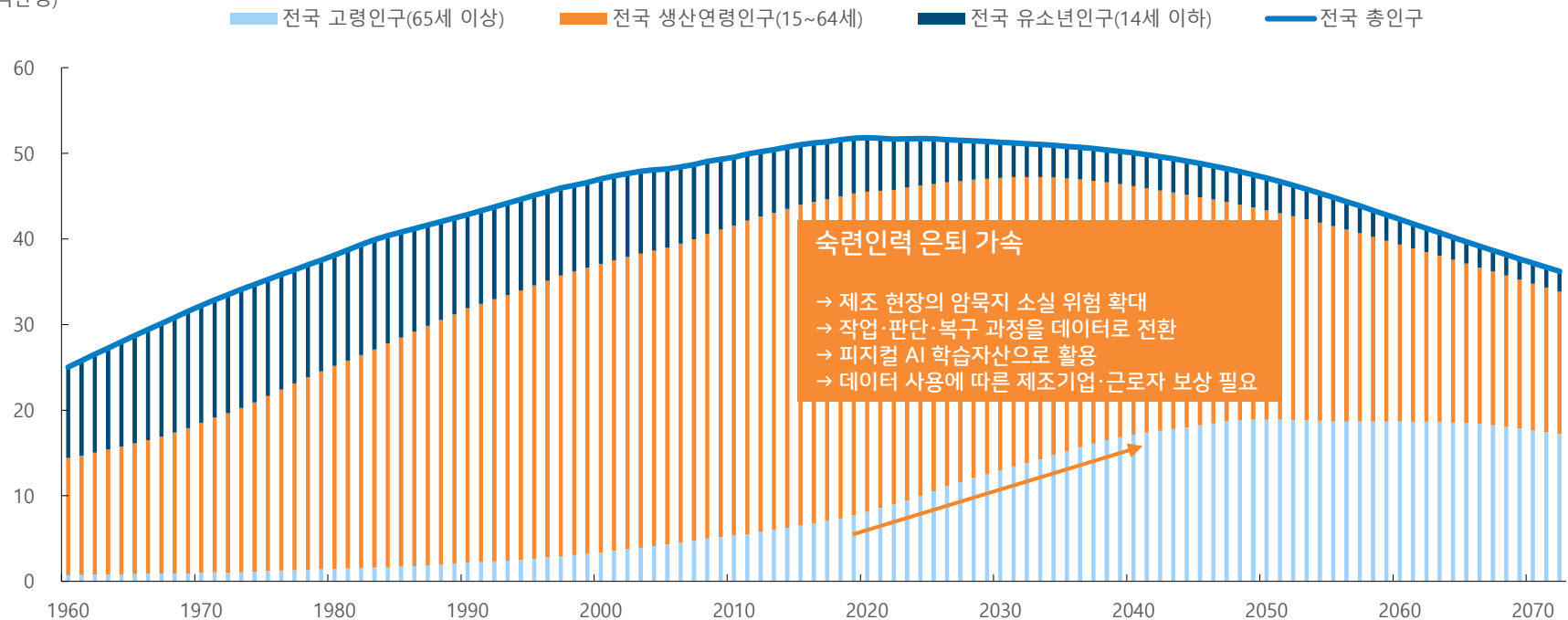


숙련인력 은퇴 전 암묵지에서 형식지로 전환할 필요성 ↑

- 한국은 생산연령인구 감소와 고령 숙련인력의 은퇴가 동시에 진행되는 구조임. 숙련인력이 보유한 공정 노하우, 예외 상황 대응, 불량 판별, 설비 조정 능력은 매뉴얼만으로 이전하기 어려운 암묵지에 해당함. 해당 지식이 기록되지 않은 채 숙련인력이 은퇴할 경우 제조 경쟁력과 생산성이 함께 저하될 가능성 존재
- 따라서 숙련자의 작업 과정과 판단을 센서·영상·로봇 행동 데이터로 수집하고, AI가 학습할 수 있는 형식지로 전환해야 할 필요. 이를 위해서는 단순한 데이터 축적을 넘어 **제조 데이터의 소유권, 사용권, 거래 구조와 노동자의 기여 보상 체계**를 함께 설계해야 함.

<그림> 한국 인구 통계, 고령화에 따른 생산연령인구 감소 진행. 숙련인력 은퇴 전 암묵지에서 형식지로 전환할 필요 존재

(백만명)



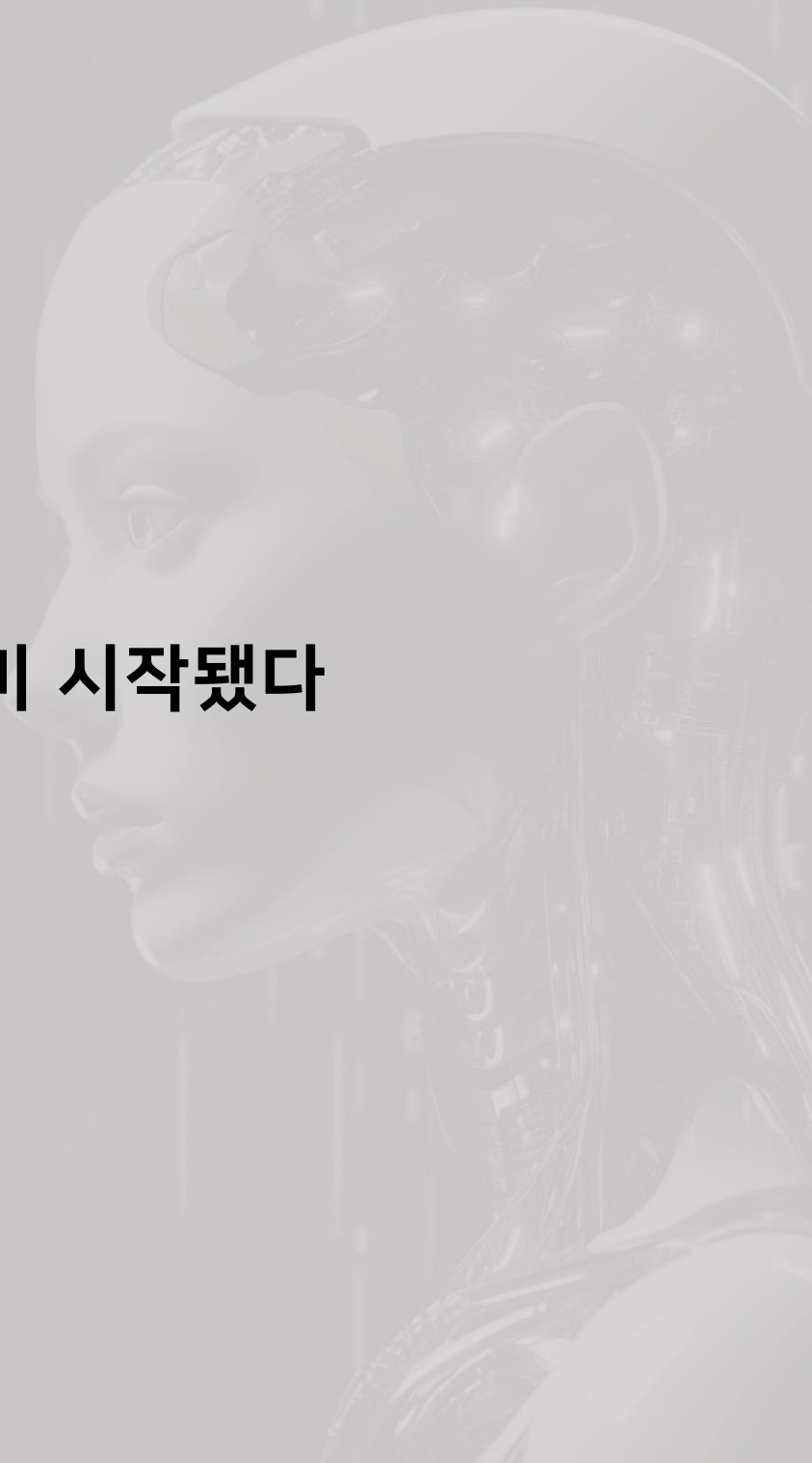
데이터·숙련·설비·모델의 기여도에 따른 수익배분 구조 필요

- 한국의 높은 로봇 밀도는 제조 데이터 축적의 기반이지만, 데이터 소유권과 2차 활용 권리가 정립되지 않으면 국내 현장 데이터가 해외 플랫폼의 모델 자산으로 전환될 가능성. 해외 기업은 이를 로봇 스킬과 구독 상품으로 재판매하고, 국내 기업은 자사가 제공한 데이터로 학습된 지능을 다시 구매하면서 부가가치와 반복 매출이 해외로 이전되는 구조

<그림> 데이터·숙련·설비·모델의 기여도에 따른 수익배분 구조 필요

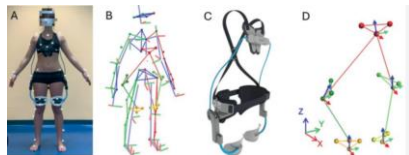


VI. 모션토큰 생산전쟁은 이미 시작됐다



Physical AI가 조기에 완성되는 길 - Real Data 확보를 통한 'Sim to Real Gap 메우기'

<그림> 로봇을 학습시키기 위한 다양한 시도들 - 비용과 로봇 특성에 따라 다른 방법들이 적용

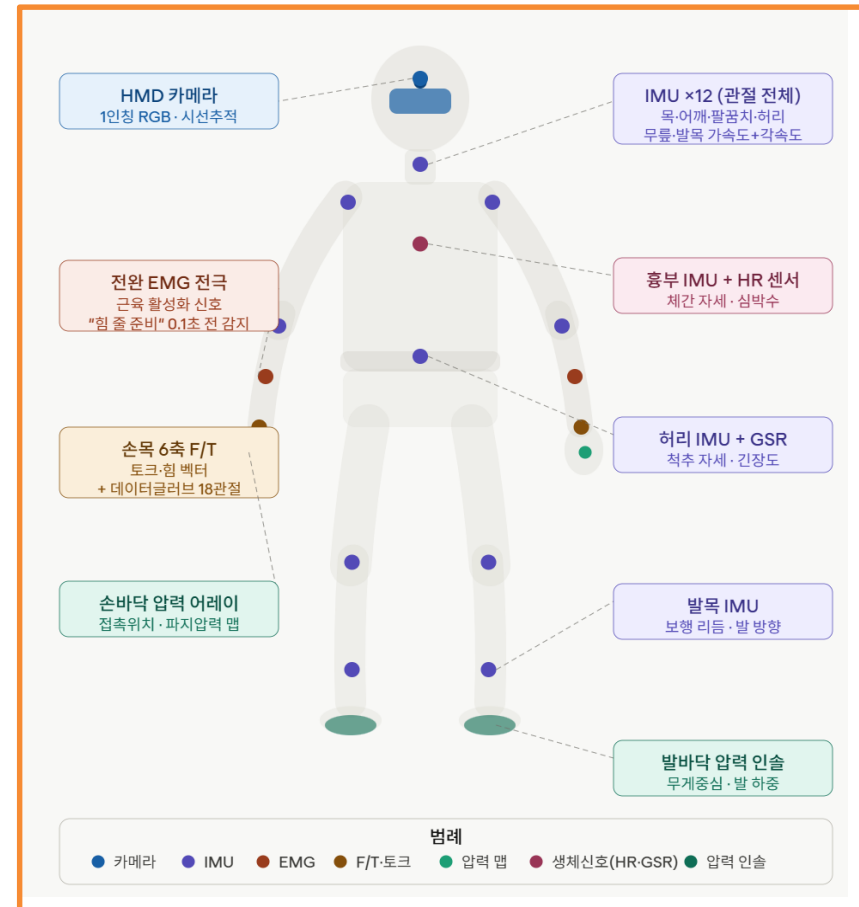
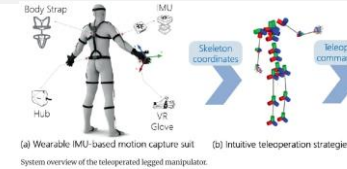
구분	주요 특징	실물사진
Teleoperation (원격 제어)	원격 제어 장치를 통해 로봇을 직접 조종하며 인간의 시연(Demonstration) 데이터를 수집. 실시간 피드백을 제공하며, Edge 환경이나 실시간 상황에서 작업자의 개입(Intervention)을 통해 안전하고 정밀한 데이터를 확보할 수 있음.	
UMI (Universal Manipulation Interface)	휴대용 그리퍼(Handheld Grippers)와 스마트폰 카메라를 사용하여 풍부한 물리적 상호작용 데이터를 캡처하는 방식. 휴대성이 매우 뛰어나고 저비용으로 데이터를 수집할 수 있도록 지원. 하지만 Gripper 같은 단순한 움직임에 국한	
Motion Capture (모션 캡처)	Xsens와 같은 웨어러블 장치 및 센서를 활용해 인간의 움직임을 포착(Capture)하고, 이를 통해 로봇 학습을 위한 고품질의 시연 데이터를 생성.	
Exo-Skeleton (외골격 슈트)	착용형 외골격 슈트(Wearable Exoskeleton)를 통해 인간의 신체 움직임과 행동 의도를 직접 캡처하여 로봇 학습에 활용.	
Ego-Centric (1인칭 시점)	작업자 시점의 1인칭 관찰 데이터와 인간 고유의 행동 패턴을 제공. 이는 자연스러운 상호작용과 작업 공간의 역학(Dynamics)을 모델링하는 데 핵심적인 역할.	
Soft Robotic Tactile Glove (소프트 로보틱 촉각 글러브)	기존의 데이터 글러브가 기계식 링크 구조나 고가의 부품으로 인해 수천만 원을 호가했던 반면, 최근 에든버러 대학 등 글로벌 연구진은 약 50파운드(한화 약 8~9만 원 선) 내외로 제작 가능한 소프트 실리콘 센서 글러브를 선보임.	

자료: 각종 산업자료, iM증권 리서치본부

구조화된 데이터가 시급 - 경쟁사보다 Real Data를 먼저 확보하라!

<그림> 인간의 행위를 로봇에게 학습시키는 Teleoperation tool과 구성

Force Feedback 상용화: HaptX처럼 실제 촉감을 주는 글러브가
산업 현장 데이터 수집에 도입. 단순 joint 추적 →
접촉력(Contact)까지 학습해야 정교한 조작이 가능해짐



구조화된 데이터 - 인간 손가락의 정교한 Real Data를 토큰화하라!

<그림> 가장 어려운 섬세한 손의 동작을 데이터화하기 위한 Sensor가 장착된 글러브 제품들

항목	SenseGlove Nova 2	HaptX G1	MANUS Prime 3 Haptic XR	TESLAGLOVE by TESLASUIT	Contact CI Maestro EP
힘 피드백 방식	자기마찰 브레이크 4개. 손가락당 최대 20N ≈ 2kg 벽돌 무게	미세유체 액추에이터 135개/손. 손가락별 저항 + 손 전체에 최대 18kg 저항	진동 햅틱만. 힘저항 없음	모터구동 외골격. 손가락당 9N, 토크 2.8- 3.3kg·cm	합성 힘줄 모터. 손가락당 수 뉴턴급 저항. 스위치 클릭감 구현에 특화
촉각 피드백	손가락 2개 LRA + 손바닥 2개 LRA. 질감· 충격 시뮬레이션	손가락·손바닥 수백 개 마이크로 유체 액추 에이터. 피부변위 재현	손가락별 통합 진동 햅틱	손가락별 3×3 TENS 전극. 전기촉각으로 질감 표현	손가락 끝 진동햅틱 + 힘줄 강력
손가락 추적 DoF	6DoF: 엄지2+검지2+중지1+약지1	135개 액추에이터 기반, 서브밀리미터 모션 캡처	플렉스센서 2DoF×5개 + IMU 9DoF×6 개	9DoF IMU + 굽힘센서. 모션캡처·생체신호 통합	손목·손가락 관절 추적. 위치는 Vive 트래커 병행
지연/샘플링	60~90Hz, 2.4GHz 무선	미공개. Airpack으로 공기압 제어	신호지연 ≤7.5ms, 샘플링 90Hz	미공개. Wi-Fi 연결	미공개. 경량 설계로 지연 최소화 강조
무게	글러브당 350g	글러브당 0.45kg + Airpack 7.7kg	134g	경량 강조, 수치 미공개	경량 설계, 구체 수치 미공개
배터리	3450mAh, 3시간	Airpack 3시간	10시간, 교체형	12시간	미공개
가격	6,000달러/쌍	5,495달러/쌍 + 월 500달러 구독	350,000루피 ≈ 4,200달러/쌍	5자리수 \$ "well into five figures"	3,750달러/쌍
핵심 특징	손바닥 압력 피드백 추가. 드릴·망치 시뮬레 이션 특화	가장 현실적 촉감. 공기압 기반 1000개 이 상 축점. 로봇 텔레오퍼레이션용	Quantum AI 손추적. 경량·저지연. PICO/Quest 호환. 힘저항 없음	TENS 전기촉각 + 외골격 힘. 생체신호·심 박 측정. 의료·재활 특화	항공기 콧 스위치 조작감 최고. 미 공군 채 택. 손가락 힘줄 방식이라 자연스러움
적합 용도	산업훈련·공구작업 DB	정밀 원격조작·수술·고가 데이터	보급형 전신모션 DB, PICO와 병행	의료재활·생체데이터 수집	항공·원전 스위치 조작 암묵지

SenseGlove Nova 1 / 2



Haptx G1



MANUS Prime 3 Haptic XR



TESLAGLOVE



Contact CI Maestro EP



자료: iM증권 리서치본부

Teleoperation의 진행과정과 방법 - 모션을 단어처럼 토큰화 (VQ-VAE: 이산화/양자화)

<그림> 인간의 행위를 로봇에게 학습시키는 방법 - 인간 행위를 캡처해 로봇의 행위로 리타게팅 후 학습가능한 상태-행동으로 페어링 한 후 토큰화 작업의 순

동작캡처 (raw센서 신호 확보)

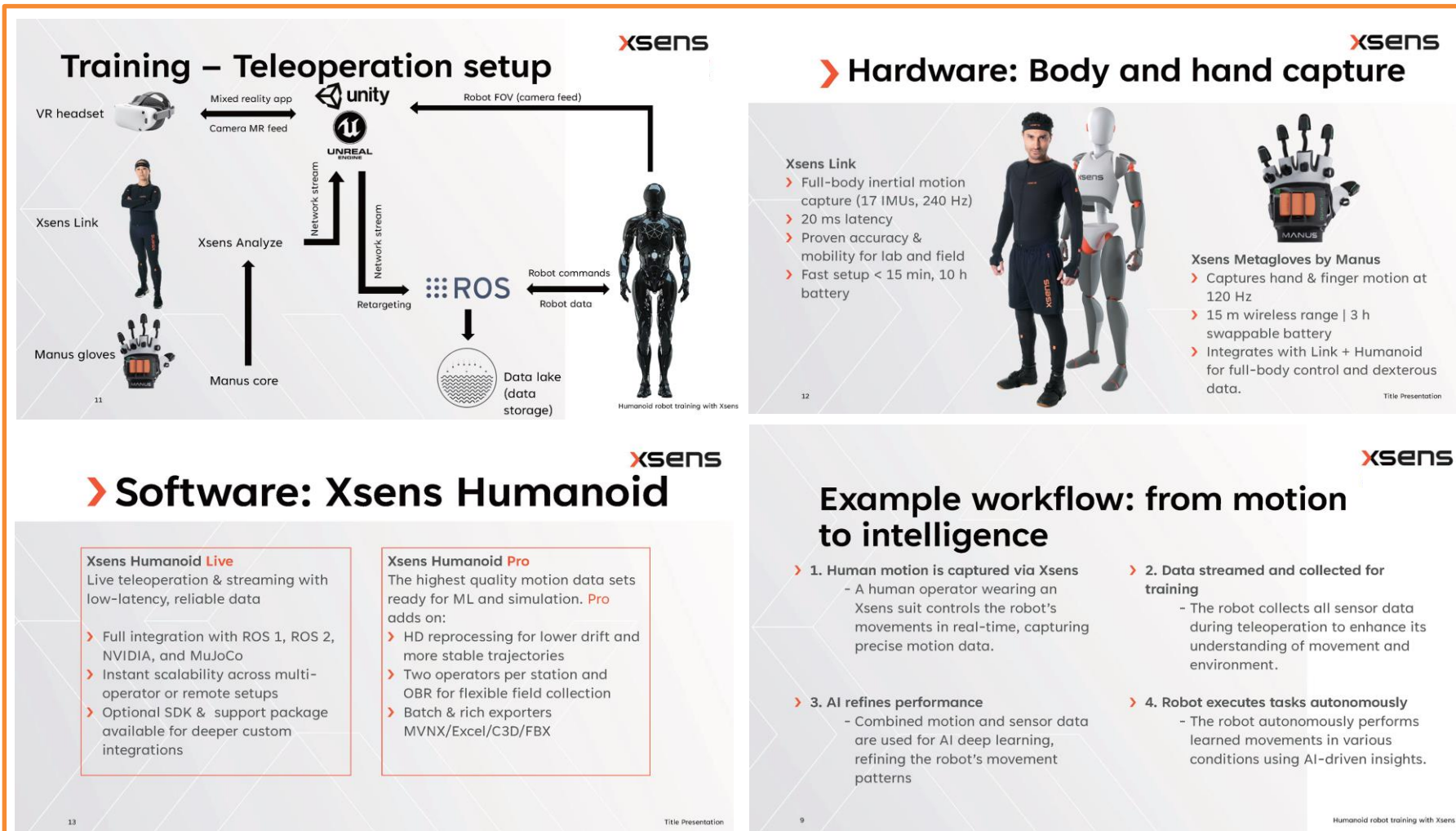
센서 융합 & 스켈레톤 복원

동기화 & 정제

로봇 관점으로 리타게팅

학습가능한 상태-행동 페어링

토큰화/이산화(VQ-VAE)



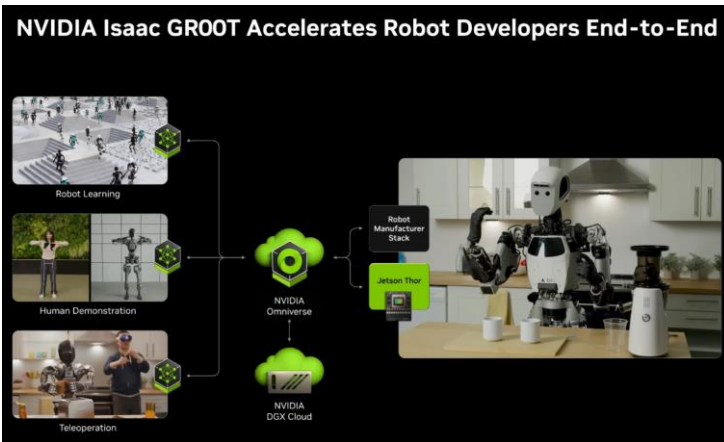
자료: XSens, iM증권 리서치본부

주: 모션은 VQ-VAE(Vector Quantized-Variational Autoencoder) 같은 기술을 통해 3D 공간 상의 복잡한 움직임을 '모션 사전(Codebook)'에 등록된 특정 번호(정수)로 압축(Discrete Quantization).

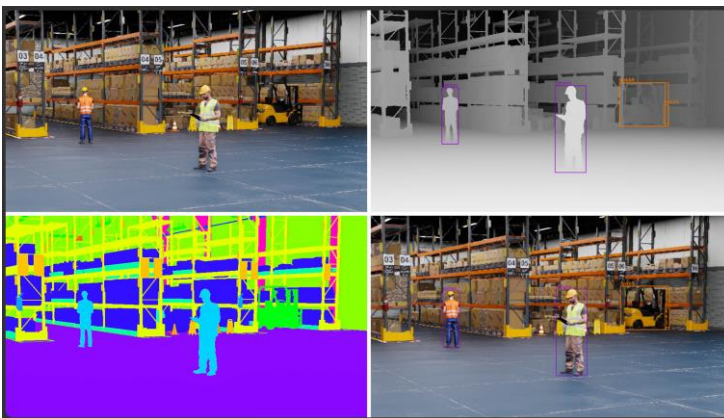
구조화된 데이터 - 1인칭은 'How', 3인칭은 'Why'를 알려주는 선생님

<그림> NVIDIA의 예 : 1인칭 Isaac GR00T와 3인칭 Metropolis의 병용

Isaac (1인칭 시점)



Metropolis (3인칭 시점)



자료: NVIDIA, iM증권 리서치본부

Occlusion Recovery (안보이는 곳까지 복구)

1인칭으로 물건을 파지할 땐 손에 가려서 물건의 전체적인 모양이 안보임. 3인칭이 그걸 보정. NeRF/3DGS로 완전한 3D 복원 가능. 로봇 그리퍼가 바뀌어도 파지점 재계산됨

Multi-Agent Intention (다중 에이전트 의도)

1인칭은 "내가 빈 접시 드는 중". 3인칭은 "옆 테이블 손님이 계산하려고 일어남". 두 개 합쳐야 전체적인 상황 이해. "빨리 치워야겠다", 혹은 "계산을 먼저 처리해야겠다"는 상위 계획이 도출. 휴머노이드 협업 시에도 필요

Failure Attribution (실패원인 분석)

1인칭: "컵 놓침". 3인칭: "지나가던 사람이 치고 감". 실패 원인이 로봇 제어 문제인지, 환경 문제인지 구분해야 재학습 방향을 결정할 수 있음

Calibration-free Scaling (보정이 필요없는 스케일링)

3인칭 다중카메라는 절대적인 스케일 제공. 1인칭만 존재하면 "컵 크기 10cm vs 20cm" 구분 못해서 로봇 손 크기 바뀌면 망함. 3인칭이 미터법 기준점 역할.

구분	1인칭 Egocentric-Isaac 계열	3인칭 Exocentric-Metropolis 계열	둘 다 있어야 해결되는 문제
강점	의도 파악, 미세 조작, 손-물체 상호작용, occlusion 적응	전체 상황 인식, 동선/충돌 회피, 타 객체 추적, 작업 순서	인과관계 학습
약점	시야 밖 놓침, 자기중심적 편향, 전체 맵 부재	손가락 단위 조작 안보임, 가려짐 많음	왜 그 행동을 했는지 설명 불가
데이터 예시	로봇 손으로 컵 잡는 순간 힘/촉각 + 망막 시점	작업자가 냉장고 열고 컵 꺼내서 싱크대로 가는 전체 동선	컵을 싱크대로 옮긴 이유 = 냉장고에 우유 있었음
학습 시 역할	Policy 학습: "어떻게" 잡는가	World Model 학습: "무엇을 위해" 움직이는가	장기 Task Planning

엔비디아 플랫폼	원래 목적	로봇 데이터로 전환 시 역할
Isaac Sim + Lab	로봇 시뮬 + 1인칭 센서 시뮬	휴머노이드의 눈/손 시점 데이터. 조작 Policy 학습용
Metropolis	CCTV/스마트공간 분석. 다중카메라 추적/재식별	공장/병원 천장 카메라 4~8대. 전체 Scene Graph 구축용

NVIDIA의 최신 휴머노이드 모션 및 로봇 학습 생태계의 주요 구성 요소

<그림>SOMA를 중심으로 연결된 엔비디아의 파이프라인 - 모션 캡처→생성(Kimodo)→retargeting→시뮬레이션/훈련(ProtoMotions)→실제 로봇 제어(SONIC)

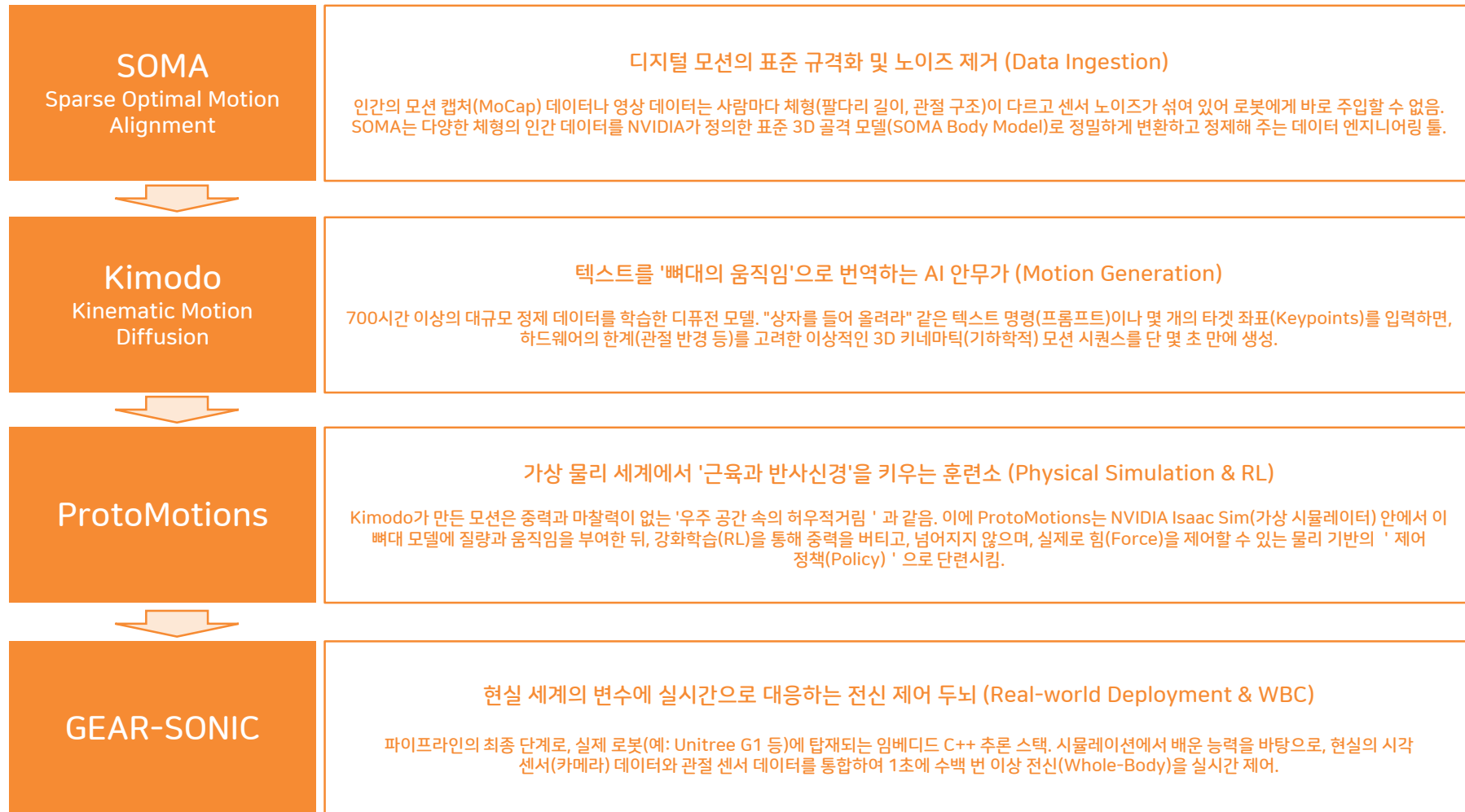
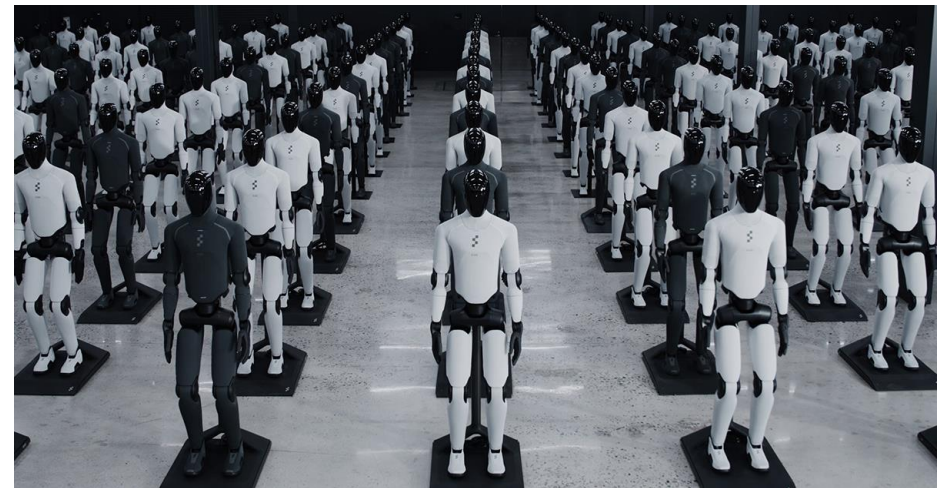


Figure AI - 휴머노이드 로봇의 빠른 진화, 단순작업을 빠르게 습득

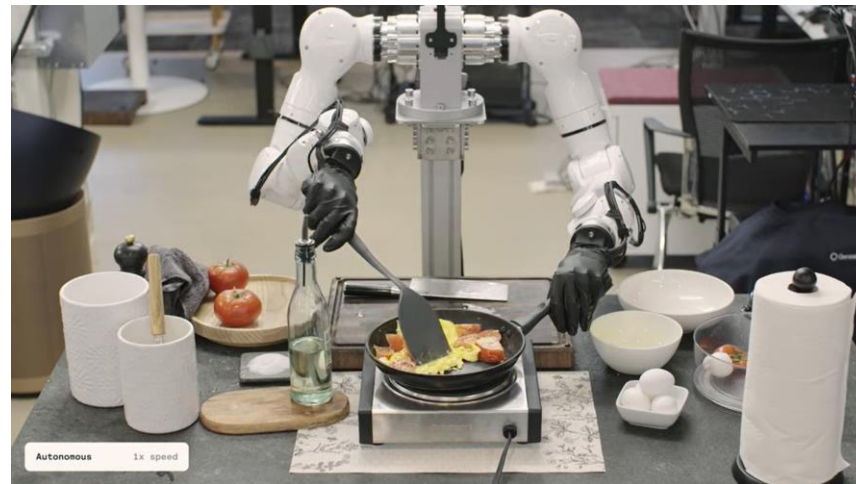
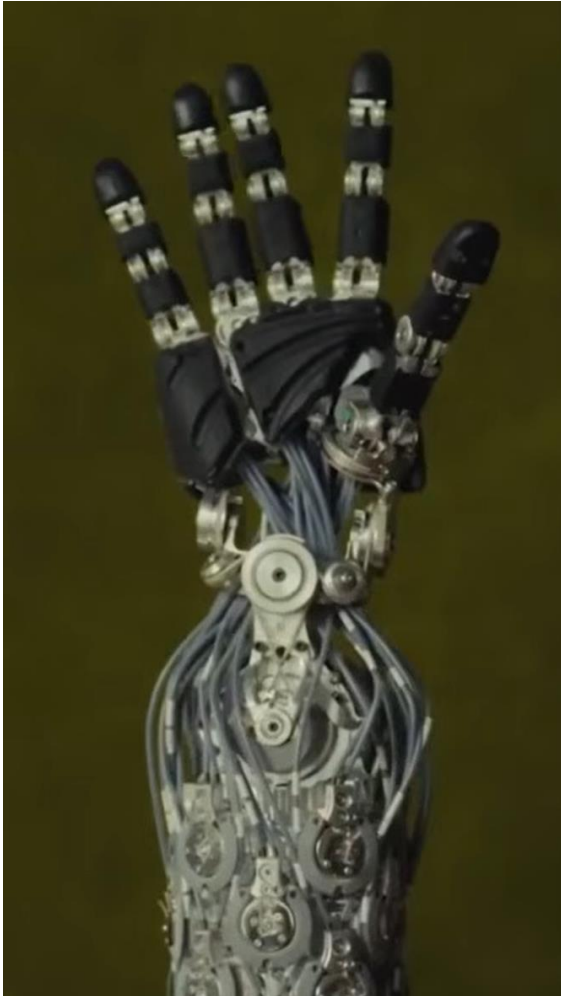
<그림>Figure AI는 nVIDIA의 컴퓨팅 파워와 자체제작 모델인 Helix를 통해 다양한 작업을 수행 - 대량생산 체제에 돌입



자료: Figure AI, iM증권 리서치본부

1X Technologies - NEO's Hands, 일부 움직임에선 인간의 손보다 빠르다?

<그림>모터를 전완근 부위에 집중 배치하고 Tendon 드라이브 방식으로 손가락을 구동 - 한 손당 약 8.2kg(18lbs)의 물체를 들 수 있음, 200만 사이클 내구성, 완전 방수에 손가락에는 촉각센서 내장

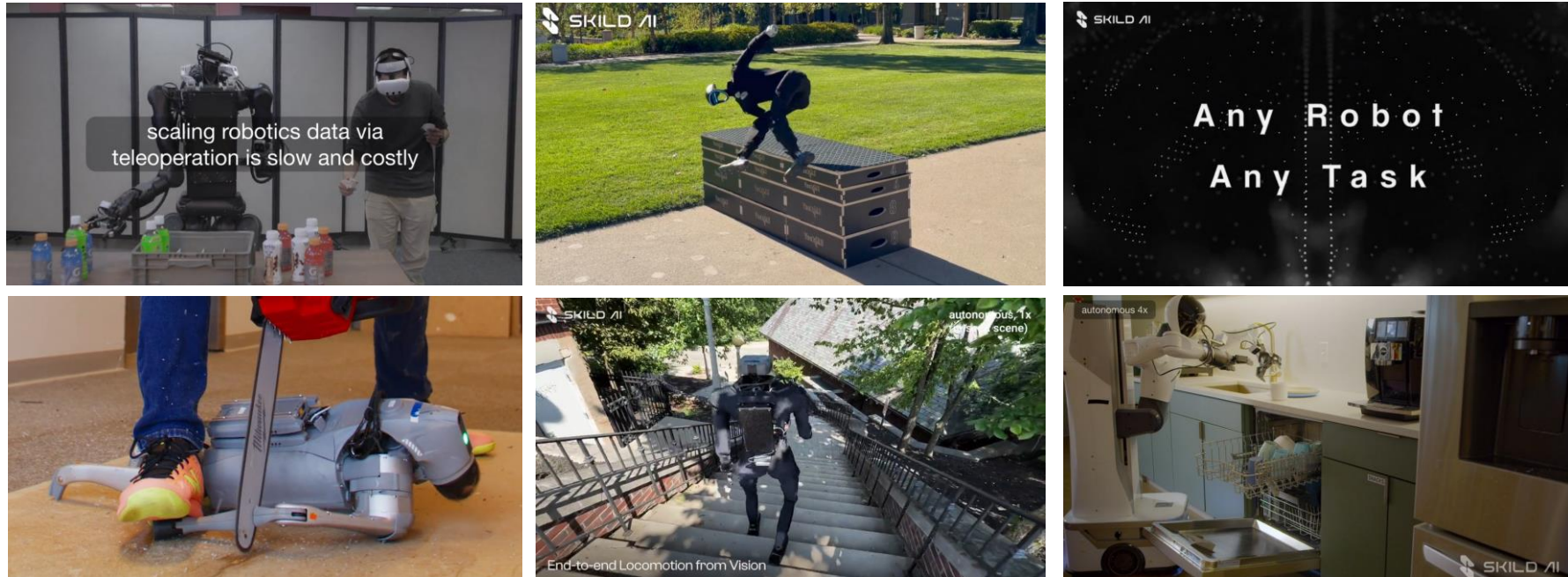


자료: 1X Technologies, iM증권 리서치본부

주: 1X Neo와 Eve의 뇌는 OpenAI로, 손과 발의 움직임은 NVIDIA Isaac 플랫폼을 통해 빠르게 진화시키는 투트랙(Two-track) 협력을 진행 중

Skild AI – Skild Brain, Omni-bodied Brain으로 어떤 하드웨어와도 범용성 획득

<그림>모듈형 신경망 구조 (Shared Backbone + Modular Heads), 확장 가능한 데이터 엔진 (Data-driven Scalability), Omni-bodied AI: 하드웨어 불가지론 (Hardware Agnostic)를 특징으로 하는 Skild AI – Skild AI의 모델은 '암기'가 아닌 '적응'을 강제받는다라는 점이 차별점



Learn from Humans

Embodied AI Mobile Manipulation Platform

Robotics Foundation Model

Omni-Bodied Brain

E2E Locomotion Plan from Vision

Real Time Adaptive from Vision

General Purpose Manipulation

Fine Grained Dexterous

Skild AI의 지향점은 뇌(지능)와 몸(하드웨어)의 분리에 있음. 과거에는 로봇마다 전용 소프트웨어를 짜야 했다면, Skild Brain은 어떤 하드웨어에 탑재되어도 즉각적으로 '물리적 상식'을 발휘할 수 있는 로봇용 범용 운영체제(General-purpose OS) 역할을 목표로 함. Skild AI는 로봇의 관절 각도, 토크, 센서 피드백을 마치 언어 모델의 단어처럼 토큰화하여 처리. 관절이 20개인 로봇이나 5개인 로봇이나 모델 입장에서 입력되는 토큰의 개수와 시퀀스 차이일 뿐, 처리하는 근본 메커니즘은 동일하게 유지하는 기술 보유. 또한 방대한 시각-언어 데이터로 학습된 파운데이션 모델을 기반으로 하므로, 새로운 형태의 로봇이 투입되어도 처음부터 배우는 것이 아니라 기존의 물리적 이해력을 바탕으로 빠르게 적응(Few-shot adaptation)할 수 있도록 설계.

자료: iM증권 리서치본부

주: SoftBank, NVIDIA(NVentures), Macquarie Capital, Bezos Expeditions, 1789 Capital, Samsung, LG Technology Ventures, Schneider Electric, Salesforce Ventures, Lightspeed, Coatue, Sequoia, Felicis 등이 투자자로 참여했으며 Series-C 단계에서 이미 \$14B 밸류에이션으로 평가

Persona AI – 작업별로 특화되어 훈련 중인 휴머노이드 로봇(with HD현대, Posco etc)

<그림>Persona AI는 기능별로 특화하여 학습 중인 독특한 모델을 채택. 로봇생산은 페르소나가, 데이터 수집은 투자자가 하는 win-win Model

Miner

Builder

Welder
Deliver welding in changing or hazardous environments

Fabricator

Assembler

용접은 HD현대와 HD현대 로보틱스

Welder는 HD Hyundai와 현대 로보틱스가, Assembler 중 Steel mill의 경우 Posco, Posco DX가 주체가 되어 학습 중, 이들 한국 제조기업들은 투자자로서도 Persona AI에 참여, RaaS를 통해 판매되는 행위에 따른 수익을 Share 할 수 있는 구조

Joint Development Project
<Shipyard-Specialized Welding Humanoid>

PERSONA AI | HD HYUNDAI
PARTNERSHIP UPDATE

HD Hyundai reports Humanoid Development has already "Demonstrated sufficient technological feasibility and potential."

Learn more at persona.ai

HUMANOIDS AT WORK

posco posco posco Persona AI
MOU Signing Ceremony for Humanoid Robot Tech Verification
(Humanoid Robot Technology Validation and PoC Testing)
2026. 2. 3

Assembler 중 Steel mill은 Posco, Posco DX

자료: Persona AI, iM증권 리서치본부

Sunday Robotics – Skill Capture Glove를 통한 빠른 학습이 가능한 Memo

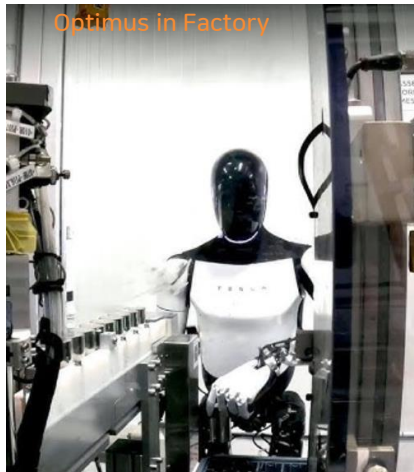
- 선데이로보틱스는 자체적으로 소프트웨어, 하드웨어, 데이터, 학습 및 모델 평가에 이르기까지 전체 스택을 소유하고 있음
- 다른 로봇들이 로봇 자체에서 수집한 원격 조작 데이터를 확장하여 학습하는 반면, Memo는 Skill Capture Glove 착용한 사람으로부터 직접 데이터를 취득. 데이터 수집부터 배포 기능 구현까지 로봇 공학 분야에서 가장 짧은 반복 주기를 구축했다는 특징이 있음.

<그림>선데이 로보틱스는 하드웨어의 화려함보다는 '데이터 취득 방식의 패러다임 전환'과 '극단적인 실전 범용성(Generalization)'을 핵심 해자로 구축



자료: Sunday Robotics, iM증권 리서치본부

로봇의 훈련이 본격화되다 - 물리세계의 Data를 확보하는 것이 경쟁의 핵심



<그림>로봇회사들의 데이터 수집 및 물리훈련소

Tesla		Boston Dynamics Data Sharing/ Data union		NVIDIA		Agibot	
Optimus Academy		RMAC (Robotics Metaplant Application Center)		Isaac SIM/Lab		Robot School (AgiBot Data Acquisition Center)	
플레이어	물리 훈련장	시뮬레이터	오픈 데이터	데이터 수집 HW			
Tesla	Optimus Academy (계획) + 공장	Tesla Reality Generator	비공개	5카메라 리그			
Boston Dynamics/현대	RMAC	NVIDIA Isaac Lab	X	Atlas 전신			
NVIDIA	X	NVIDIA Isaac Sim/Lab	GR00T 모델 오픈	파트너사 의존			
AgiBot	Robot School (Data Acquisition Center)	Genie Sim 3.0	AgiBot World	G2 하드웨어			
Physical Intelligence	7개 플랫폼 팜	X	openpi	ALOHA 계열			
Google DeepMind	X	Sim+Real	OXE/RT-X	ALOHA 2			
Stanford	X	X	ALOHA/DROID	ALOHA/UMI			
Figure AI	Brookfield 실제환경, BMW공장 등	NVIDIA Isaac Lab	비공개	Helix VLA텔레오퍼레이션			

자료: iM증권 리서치본부

대량생산을 통해 데이터와 시장점유율을 선점하려는 휴머노이드 로봇 회사들



Tesla Optimus



UBTECH Walker S2



Xpeng Iron



Boston Dynamics Atlas



Unitree G1



Agility Robotics Digit

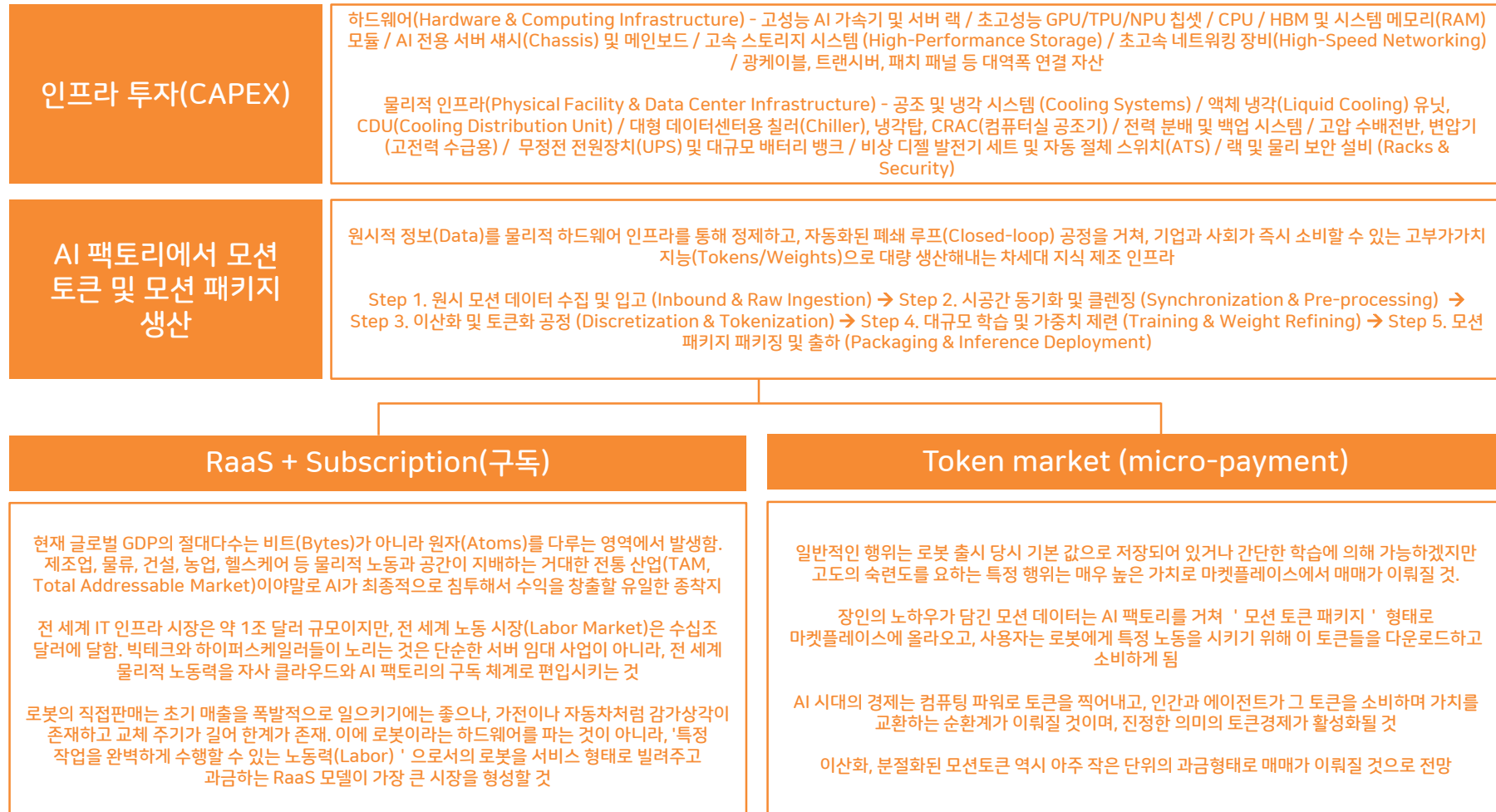
<그림>대량생산 계획을 발표한 휴머노이드 로봇회사

회사	국가/HQ	주요 로봇	대량 생산 계획	보급 전략	비고
Tesla	미국, Austin	Optimus Gen 3	2026년 Fremont 공장서 연간 100만대 시작, 2027년 판매.	공장 (테슬라 기가팩토리) 우선, 가정/산업 확대. OTA 업데이트.	자율주행 AI 재활용, 가격 \$20K~30K.
UBTECH	중국, Shenzhen	Walker S2	2025년 500대, 2026년 연간 1만대.	산업 (자동차 공장), 서비스 로봇. OTA 지원.	중국 정부 지원, 출하 1,000대+.
Xpeng Robotics	중국, Guangzhou	Iron	2026년 후반 연간 5만대 시작.	EV 공장 통합, 가정/산업. Turing AI 칩 OTA.	Xpeng EV와 AI 공유.
Hyundai / Boston Dynamics	한국/미국, Waltham	Atlas	2028년 연간 3만대, 2026년 시험 생산.	자동차 공장 (조지아), 건설/물류 확대.	RoboFab 공장, 2028년부터 본격 보급.
Unitree Robotics	중국, Hangzhou	G1/H1	이미 4,200대 출하, 2026년 확대 (수만대 목표).	산업/엔터테인먼트, 저가 보급. OTA 업데이트.	가격 \$13,500, 대량 생산 강점.
Agility Robotics	미국, Corvallis	Digit	2026년 RoboFab 공장서 연간 1만대.	창고/물류 (Amazon 파일럿), RaaS(로봇 임대) 모델.	6억 4천만 달러 펀딩.

자료: iM증권 리서치본부

AI 시대의 최종 Money Flow – 인프라투자, AI Factory를 거쳐 본격적 토큰 판매에서 완성

<그림>Physical AI에서 본격적인 CAPEX 자금회수가 이뤄질 것으로 예상 – Token의 구매는 구독과 직접 다운로드 후 과금하는 방식으로 크게 나눌 것



로봇의 판매 방식 변화: 하드웨어 판매에서 RaaS 및 모션스킬 판매로 발전 예상

<그림>초기에는 로봇 제조사가 기본 행동을 제공하겠지만, 전문 기술, 특정 업무와 관련된 행위는 사고 팔 수 있는 마켓플레이스 형성 예상



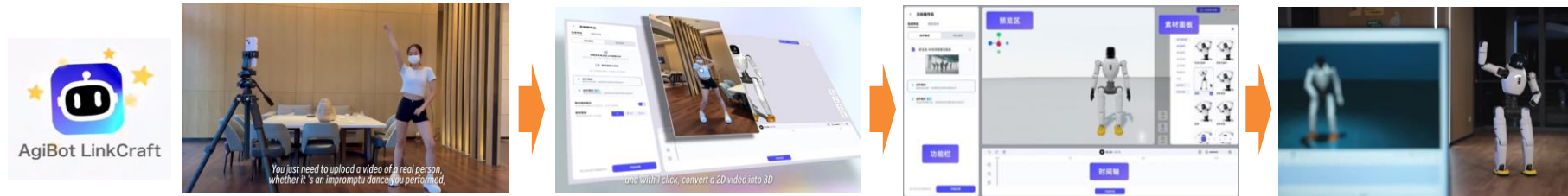
로봇 직접 구매	고객이 로봇 하드웨어를 직접 구매하는 방식
직접 구매 + 모션스킬 구독	고객이 로봇 하드웨어 직접 구매 + 특정 모션 스킬은 구독
RaaS (Robot as a Service)	고객이 로봇 하드웨어 직접 구매하는 것이 아닌 로봇 공급자가 로봇 소유 + 로봇 기본이용료/가동시간당 요금/스킬 호출량/작업 완료 건수에 따라 과금
성과형 RaaS (Robot as a Service)	고객이 로봇 하드웨어 직접 구매하는 것이 아닌 로봇 공급자가 로봇 소유 고객은 완성된 업무 성과에 따라 과금
모션 마켓플레이스	로봇 토큰 마켓플레이스는 로봇이 특정 작업을 수행하는 데 필요한 디지털 능력을 개발·등록·구매·실행·정산하는 플랫폼

RaaS 요금(예시)=
기본 사용료+스킬 이용료+작업량 과금+성과 보상+현장 맞춤 비용

로봇 활동	사례	예상 과금 방식
기본 행동	건기, 잡기, 이동, 충돌 회피	로봇 기본 탑재
미세 행동	특정 물체 잡기, 힘 조절, 자세 보정	로봇 기본 탑재, 호출량 기반 소액 과금
전문 기술	용접, 도장, 조리, 정밀 조립	라이선스 또는 구독
완성 업무	창고 피킹, 객실 청소, 설비 점검	작업량·성과 기반 과금
현장 맞춤형 능력	특정 공장이나 장비에 최적화된 작업	구축비와 지속 이용료

이미 중국은 로봇학습을 위한 커뮤니티와 토큰 거래소(Store)가 운영되고 있다

<그림> 중국 Agibot의 Agibot LinkCraft - 로봇에게 별도의 도구 없이도 모션을 익힐 수 있는 플랫폼을 만들어 운영



The screenshot displays the Agibot LinkCraft platform interface. It features three main sections: Motion Imitation (Basic Mode), Motion Imitation Pro (Pro Mode), and Vocal Performance. Below these are 'Official Works' and a grid of motion assets for download.

Motion Asset	Downloads
Beat Dance	4067
Love You	3445
Tai Chi (1)	3408
Dance of Joy	2610
Wing Chun	2536
Chen style Tai Chi	2146
Karaoke	2025
Lion Dance	1769
Ding Ding Dong ...	1534
Southern Boxing	1453
Merry Christmas	1276
Gomoku	1035
Children's Song...	194
Children's Song ...	168

이미 중국은 로봇학습을 위한 커뮤니티와 토큰 거래소(Store)가 운영되고 있다

<그림> 중국 유니트리 로봇틱스의 다양한 커뮤니티 및 모션토큰 Store

UniTree H2: 外观设计: 采用1000mm尺寸设计, 具有优雅流畅, 兼具了工业美学, 运动性能: 拥有31自由度, 可实现响应, 无...

UniTree A2: 外观设计: 采用1000mm尺寸设计, 具有优雅流畅, 兼具了工业美学, 运动性能: 拥有31自由度, 可实现响应, 无...

UniTree A2-W: 外观设计: 采用1000mm尺寸设计, 具有优雅流畅, 兼具了工业美学, 运动性能: 拥有31自由度, 可实现响应, 无...

UniTree Go2: 外观设计: 采用1000mm尺寸设计, 具有优雅流畅, 兼具了工业美学, 运动性能: 拥有31自由度, 可实现响应, 无...

UniTree Go2-W: 外观设计: 采用1000mm尺寸设计, 具有优雅流畅, 兼具了工业美学, 运动性能: 拥有31自由度, 可实现响应, 无...

UniTree B2: 外观设计: 采用1000mm尺寸设计, 具有优雅流畅, 兼具了工业美学, 运动性能: 拥有31自由度, 可实现响应, 无...

UniTree R1: 外观设计: 采用1000mm尺寸设计, 具有优雅流畅, 兼具了工业美学, 运动性能: 拥有31自由度, 可实现响应, 无...

UniTree G1: 外观设计: 采用1000mm尺寸设计, 具有优雅流畅, 兼具了工业美学, 运动性能: 拥有31自由度, 可实现响应, 无...

UniTree H1: 外观设计: 采用1000mm尺寸设计, 具有优雅流畅, 兼具了工业美学, 运动性能: 拥有31自由度, 可实现响应, 无...

UniTree B2-W: 外观设计: 采用1000mm尺寸设计, 具有优雅流畅, 兼具了工业美学, 运动性能: 拥有31自由度, 可实现响应, 无...

UniTree 4D LIDAR L1: 外观设计: 采用1000mm尺寸设计, 具有优雅流畅, 兼具了工业美学, 运动性能: 拥有31自由度, 可实现响应, 无...

UniTree Z1: 外观设计: 采用1000mm尺寸设计, 具有优雅流畅, 兼具了工业美学, 运动性能: 拥有31自由度, 可实现响应, 无...

UNIFOLM

Home Topics(Business) Product OS Resource

Explore Future Tech

ALL

Discuss

Papers

Datasets

Cutting edge

Humanoid

Quadruped

Grasp

Perception

Computing

System

News

Open source

来看看你喜欢的话题

Featured

New

Refresh

Papers What Matters in Orchestrating Robot Policies: A Syst...

当前机器人领域涌现了大量分层VLA系统(Hi-VLA)——用高层VLM规划器将复杂任务分解为语言子目标,再由底层VLA控制器执行。但这些系统在规划器选...

yiha 06-15 608 感知理解 讨论交流 灵巧操作

Papers 上交、清华、港大联合发文,揭秘机器人未来的新方向...

介绍了robotwin理解并规划任务(代码生成)、适应不同身体形态(具身适应)、在复杂环境中稳定运行(鲁棒性),以及在一个公平的赛道上被客观衡量(基准测试)

Easybot 08-06 225 数据集 前沿探索 灵巧操作

盘点 | 5年VLA进化之路,45篇代表性工作!它凭什么成为具身...

45篇VLA代表性工作,5年发展对应了具身智能进化的一条主干路线...

深蓝学院 2025-06-18 4.8K 8 通用人形 四足 前沿探索

UNISTORE 字树应用平台

共建未来机器人服务,
让智能与创造力融为一体。

开始创作 获取资源



자료: unitree, iM증권 리서치본부

참고) 개발자, 행동 데이터 제공하고 UniStore 액션 라이브러리에 등록 가능

- 개발자는 로봇 행동 데이터와 작업 액션을 UniStore 액션 라이브러리에 등록할 수 있으며, 이를 통해 다른 사용자와 공유하거나 AI 학습 및 로봇 작업에 활용. 향후에는 등록된 콘텐츠의 판매와 사용량을 기반으로 개발자가 지속적인 수익을 창출할 수 있는 수익화 기능을 도입할 예정

<그림> 로봇 개발자들은 UniStore에서 행동 데이터 제공하고 액션 라이브러리에 등록 가능

숙련 작업자 행동 데이터 제공 → 로봇 개발자가 액션으로 변환
→ 액션 라이브러리에 등록 → 기업이 구매·사용 → 판매수익 배분(향후 목표)

可拖动/缩放调整预览视角

关节角度编辑

重置当前 重置全部

左腿
左腿俯仰 -5.2°
左腿侧摆 25.2°
左腿偏航 2.4°
左膝 48.8°

剪辑范围 选择剪辑框区域内您期望的播放起始帧 1 - 1109 (1109帧)

总览 1109帧

当前帧数 剪辑框

生成产物

Copyright © 2016 - 2026 | 宇树科技股份有限公司版权所有

참고) 로봇 구매자, UniStore에서 로봇 모션 구매→로봇 모션 활성화

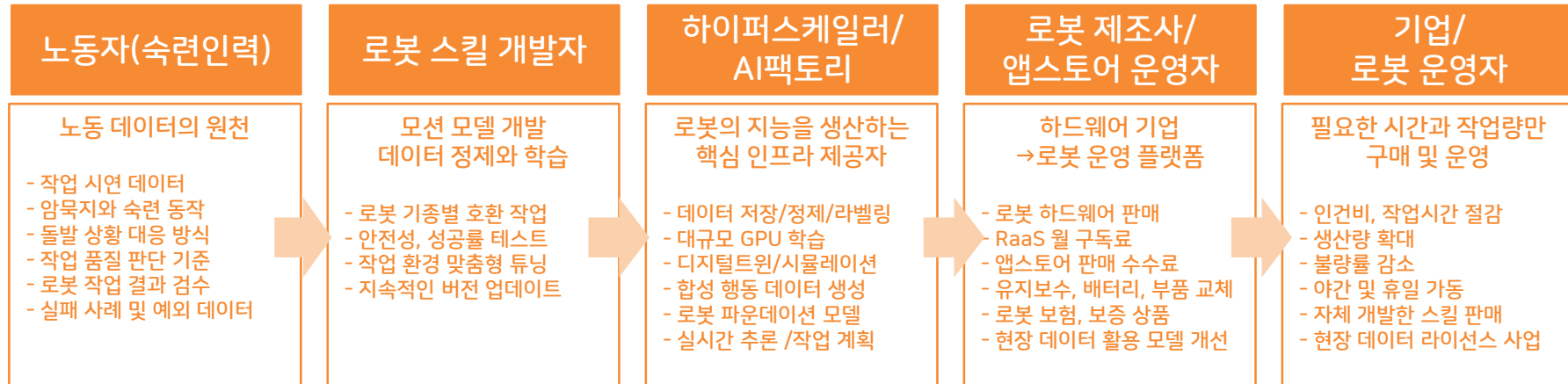
- 로봇 구매자는 UniStore에서 작업 목적에 맞는 로봇 모션을 선택·구매하고, 다운로드한 모션을 로봇에 적용하여 즉시 실행 가능

<그림> 중국 Unitree, 로봇 하드웨어에 새로운 행동 및 기능을 추가하는 로봇 모션 앱스토어 출시

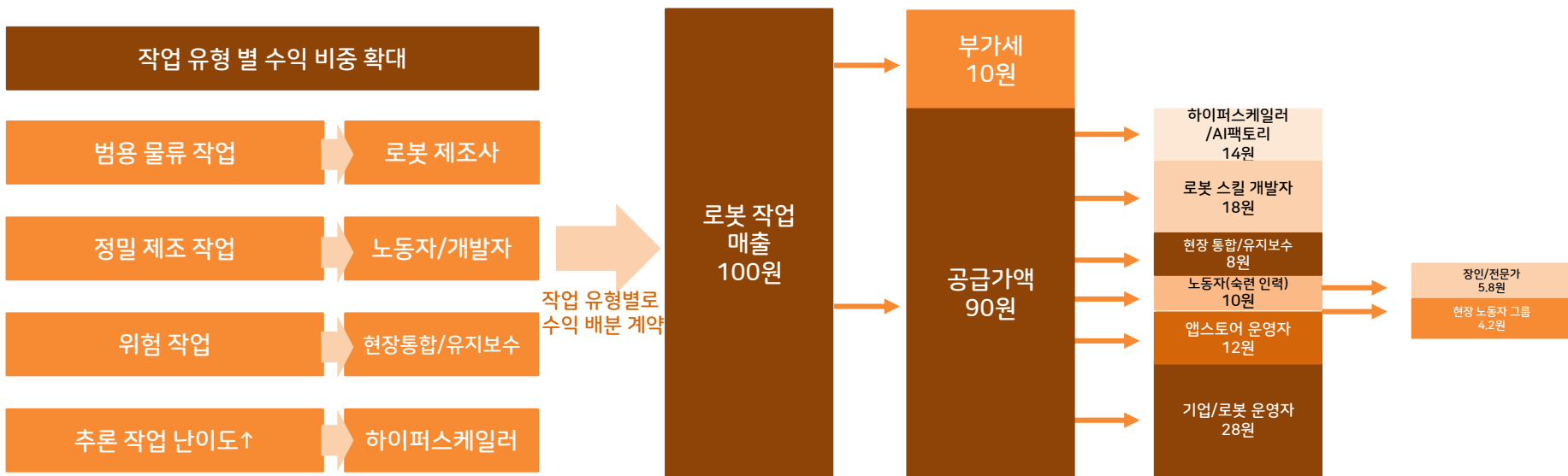
The image shows the UniStore app interface. On the left is a sidebar with navigation options: 用户广场, 动作库, 数据集, 消息中心, 个人中心, 开发者, 宇树数字生态, 使用手册, and 用户反馈. The main content area displays a robot performing a motion, with details for '长拳' (Changquan) by 'UnitreeMADAO'. A red box highlights the '购买' (Purchase) button. An orange box contains the text: 'Unitree Explore 앱 실행 → 로봇 연결 → 액션 라이브러리 접속 → 액션 구매 → 액션 다운로드 및 활성화'. Below the main content, there is a '用户手册' (User Manual) section. At the bottom, there is a '机械行走' (Mechanical Walking) section with a '다운로드' (Download) button and a '立即购买' (Buy Now) button. The bottom of the screen shows the footer with links to terms of service, privacy policy, and contact information.

숙련 암묵지의 데이터 자산화와 새로운 보상체계(예시)

<그림> 숙련 노동자의 암묵지 → 형식지로 전환. 숙련 암묵지의 데이터 자산화와 새로운 보상체계



로봇 작업대금 100원 수익 분배 구조(예시) - 작업 1건 수행 시 총 매출 100원 기준



자료: iM증권 리서치본부

주: 작업 1건당 매출 100원을 가정한 예시이며, 실제 배분 대상·비중은 참여자, 작업 유형, 데이터·기술 기여도, 계약 조건 등에 따라 달라질 수 있음

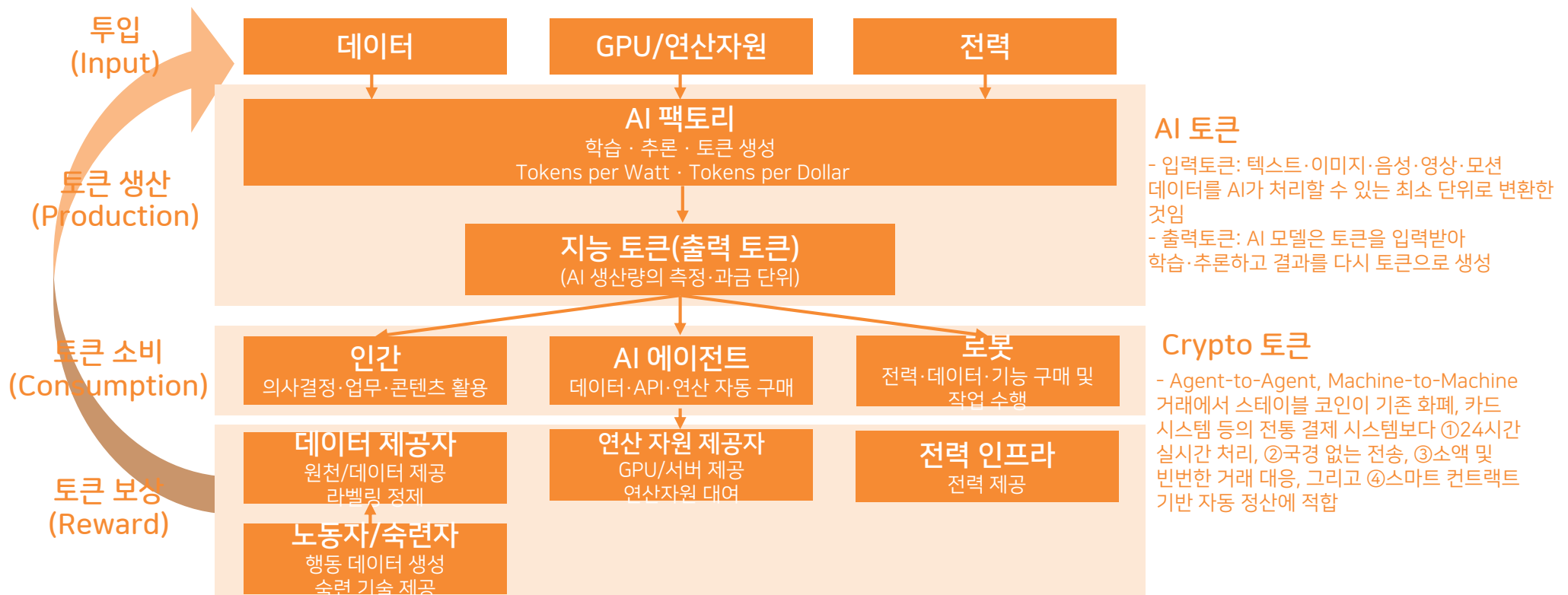
Ⅶ. AI 시대의 토큰 이코노미(Token Economy)



AI Factory를 중심으로 한 토큰의 순환 구조

- 토큰(Token)은 AI 토큰과 Crypto 토큰으로 구분 가능. AI 토큰은 AI 모델이 텍스트·이미지·음성·영상·센서·모션 등의 데이터를 처리하고 결과를 생성하는 기술적 단위이며, Crypto 토큰은 블록체인상에서 발행·보유·이전되는 디지털 자산임.
- 향후 AI Factory가 생산한 지능과 로봇 스킬이 거래되면서, AI 토큰을 통해 사용량과 가격을 측정하고 다양한 결제수단을 통해 경제적 가치를 정산하는 광의의 토큰 이코노미(Token Economy)가 형성될 것으로 전망. 실제 대금은 카드·계좌이체·후불청구·플랫폼 크레딧·스테이블코인 등으로 결제될 예정. 다만, AI 에이전트와 로봇의 자율적인 데이터·API·연산·전력 구매가 확대될수록 24시간 초소액·고빈도 거래와 자동정산에 적합한 스테이블코인의 활용 가능성 확대. 동시에 에이전트와 로봇의 신원·권한·예산·결제 및 책임을 통합적으로 관리하는 전용 결제 프로토콜 중요성 부각

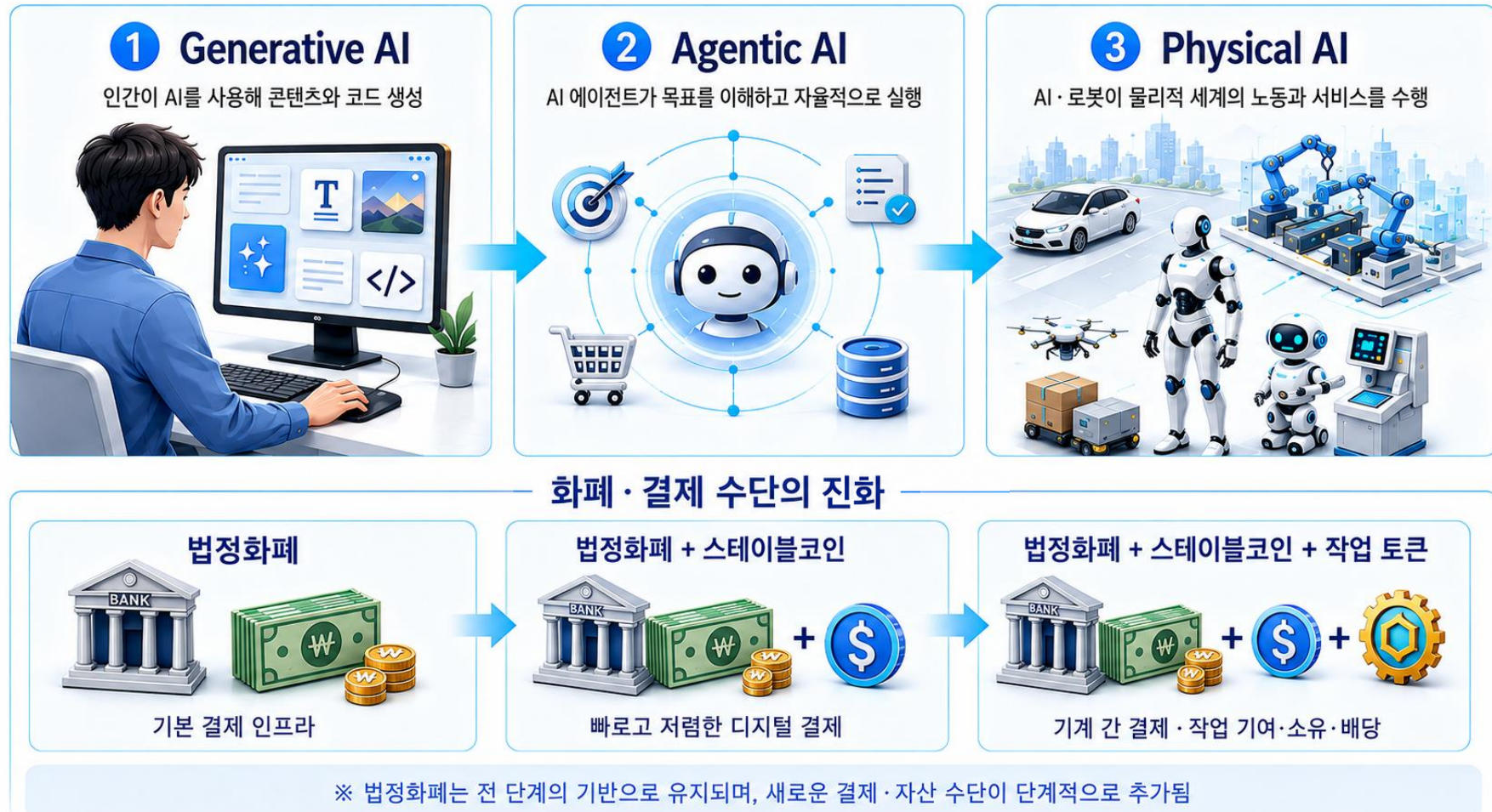
<그림> AI Factory를 중심으로 한 토큰의 순환 구조



Agentic AI 및 Physical AI 성장에 따른 결제 수단 변화

- Generative AI에서 Agentic AI, Physical AI로 진화할수록 경제 활동의 주체는 인간에서 AI 에이전트와 로봇으로 확장되며, 결제수단 역시 법정화폐를 기반으로 스테이블코인과 작업 토큰 등이 더해지는 다층적 구조로 발전할 것으로 전망

<그림> Agentic AI 및 Physical AI 성장에 따른 결제 수단 변화



에이전틱 AI, 스테이블코인 사용 전망

- 에이전틱 AI가 경제 활동의 주체로 자리 잡을 경우, 인간의 직접적인 개입 없이 AI와 AI가 데이터 매매 서비스를 이용하는 새로운 경제 생태계가 형성될 것으로 전망. 이른바 '자율경제(Autonomous Economy)'의 등장이 예상됨. 이러한 환경에서는 기존 인간 중심의 금융 인프라와는 다른 결제 수단이 요구됨
- 에이전틱 AI의 결제 시스템은 ①24시간 실시간 처리, ②국경 없는 전송, ③소액 및 빈번한 거래 대응, 그리고 ④스마트 컨트랙트 기반 자동 정산이 핵심 조건임. 스테이블코인은 블록체인 네트워크 상에서 즉시 전송이 가능하고, 스마트컨트랙트를 통해 조건부 지급 및 자동 분배를 구현할 수 있다는 점에서 에이전틱 AI 경제에 적합성이 높은 결제 수단으로 평가됨



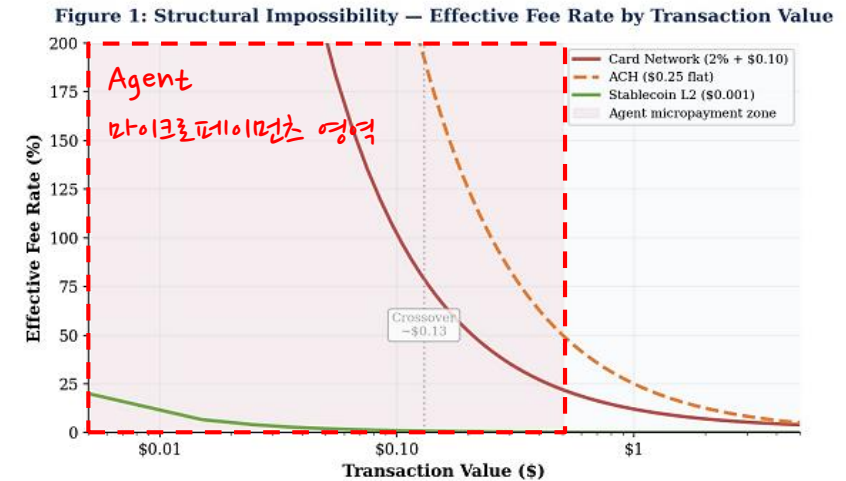
에이전틱 AI 시대, 스테이블코인을 사용해야 하는 이유

구분	카드 기반 전통 결제	일반 암호화폐 (BTC, ETH 등)	스테이블코인 (USDT, USDC 등)
결제 속도	승인 즉시이지만 정산은 1~3일 소요	수분~수십 분 소요 (BTC 약 10분, ETH 수분)	수백 ms~수초 내 확정
수수료	건당 고정(\$0.30+) + 2~3% 비율	수수료 변동 폭 큼 (BTC 평균 \$1~5, ETH 혼잡 시 \$10 이상)	초저비용 (\$0.0001 수준까지 가능)
가격 안정성	고정된 법정화폐 단위	매우 변동성 높음 (투자 자산 성격)	법정화폐와 1:1 연동, 안정적
접근성	은행 계좌·카드 필요 (미보유 시 이용 불가)	디지털 지갑만 있으면 가능, 글로벌 사용 가능	디지털 지갑만 있으면 가능, 글로벌 사용 가능
자동화 친화성	계정 생성 및 KYC 인증 필수, 기계 친화성 낮음	프로그래머블하나 가격 변동성으로 자동화 불안정	계정 불필요, 기계 친화적 프로토콜과 잘 결합 (예: x402)
적합한 사용 시나리오	인간 사용자의 정기 결제, 구독 서비스	투자·가치 저장, 대규모 이체	에이전틱 AI 마이크로페이먼트, API 호출, 에이전트 간 거래

자료 : 한국인터넷진흥원, iM증권 리서치본부

Micropayments에서 드러나는 기존 결제망의 한계

- 카드수수료(2%+\$0.10), ACH(미국 은행 간 계좌이체 네트워크, \$0.25 고정), 스테이블코인 L2(\$0.001)로 가정 시 초소액 거래에서 ACH(미국 은행 간 계좌이체 네트워크), 카드 네트워크, 스테이블코인 L2 순으로 높은 수수료율 발생
- 일반 소비자 결제에서는 카드망의 소비자 보호 기능이 여전히 강점이나, AI 에이전트 간 API 호출·데이터 구매와 같은 초소액 자동 결제 영역에서는 저비용 결제 인프라가 상대적으로 유리할 수 있음



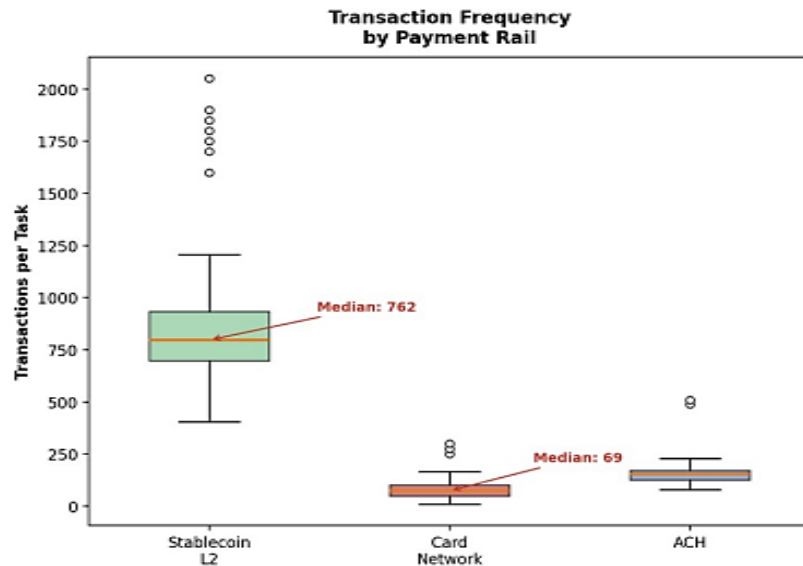
<그림> AI 에이전트 간 초소액 결제에는 기존 카드 및 ACH 결제망이 구조적으로 수수료 부담이 큰 상황임

거래금액	카드 수수료 (2%+\$0.10)	카드 실질 수수료율	ACH 수수료 (\$0.25 고정)	ACH 실질 수수료율	스테이블코인 L2 수수료 (\$0.001)	스테이블코인 실질 수수료율
\$10.00	\$0.30	3.0%	\$0.25	2.5%	\$0.001	0.01%
\$1.00	\$0.12	12.0%	\$0.25	25.0%	\$0.001	0.10%
\$0.10	\$0.102	102.0%	\$0.25	250.0%	\$0.001	1.00%
\$0.01	\$0.1002	1002.0%	\$0.25	2500.0%	\$0.001	10.00%
\$0.001	\$0.10002	10002.0%	\$0.25	25000.0%	\$0.001	100.00%

스테이블코인 L2는 AI 에이전트가 고빈도·초소액 거래를 가능하게 해, 카드망보다 더 높은 작업 완성도 및 비용 절감 효과 발생

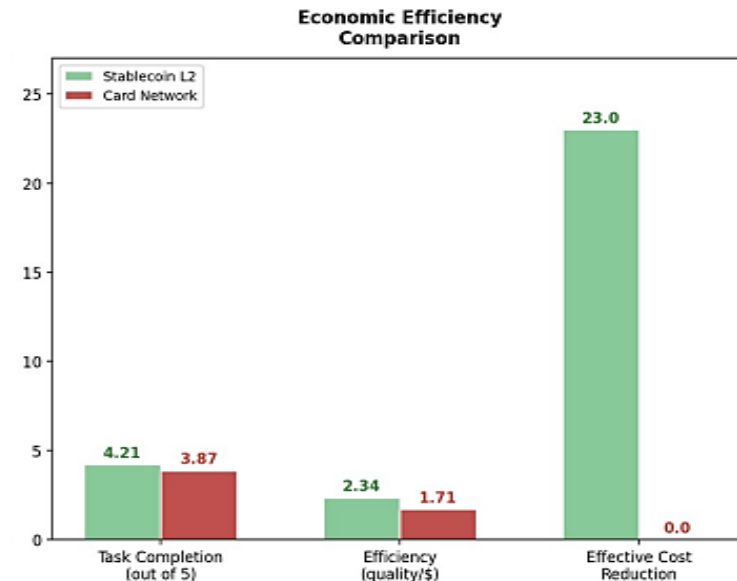
- AI 에이전트 작업 1건을 완료하는데 있어 스테이블코인 L2(중간값 762건), 카드망(중간값 69건)으로 스테이블코인 L2를 통한 거래가 카드망보다 10배 이상 더 많은 거래 수행
- AI 에이전트가 스테이블코인 L2 기반 결제망을 사용할 경우, 카드망 대비 작업 완성도, 효율성, 비용 절감 측면에서 모두 우위 기록. 스테이블코인 L2는 작업 완성도 4.21점, 효율성 2.34, 비용 절감률 23.0%를 기록한 반면, 카드망은 각각 3.87점, 1.71, 0.0%에 그쳤음

AI 에이전트가 작업 1건을 완료하는데 발생하는 거래 빈도



자료: Purpose-Built Payment Infrastructure for Autonomous AI Agents, iM증권 리서치본부

Stablecoin L2와 카드망의 성과(작업 완성도, 효율성, 비용 절감) 차이

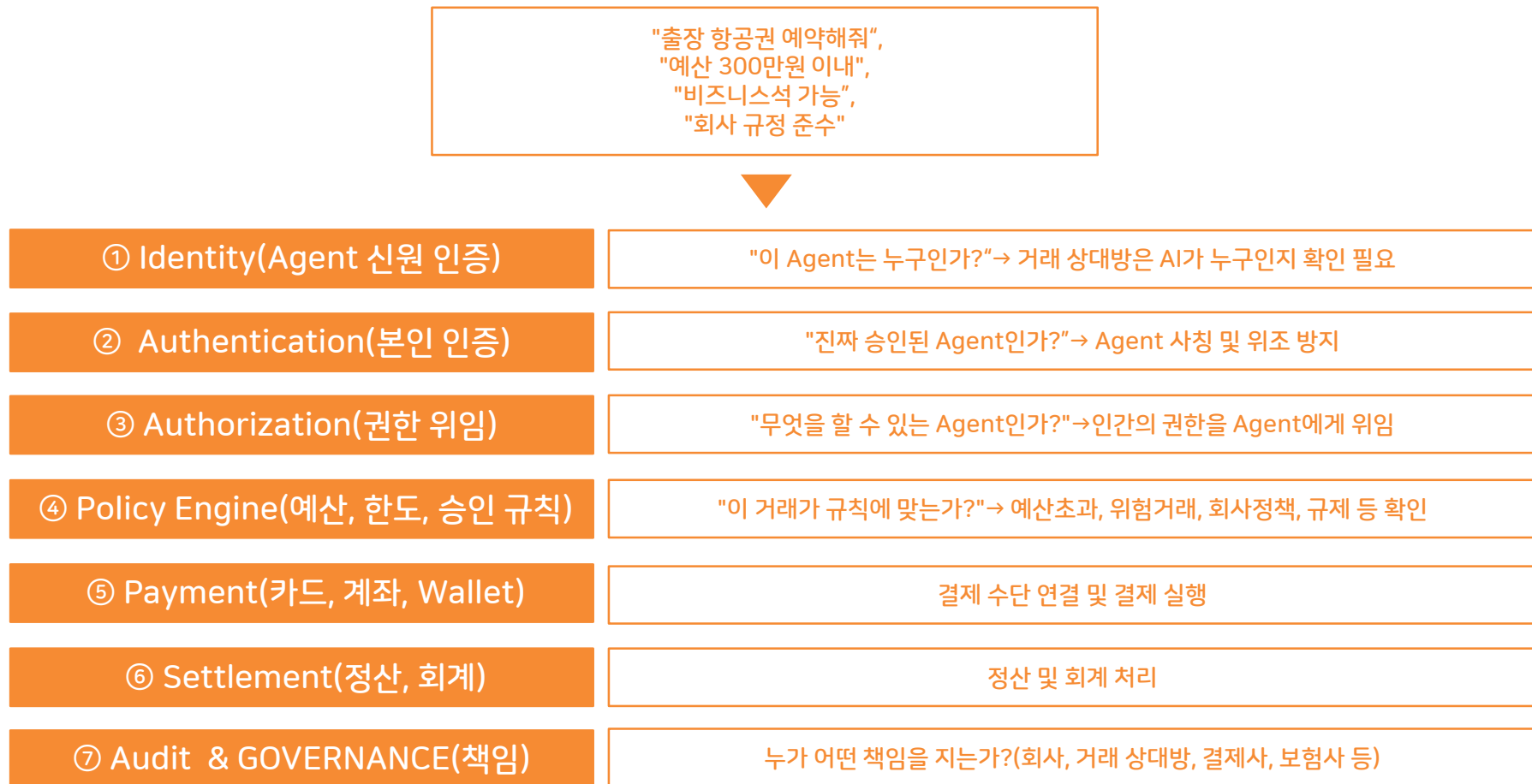


자료: Purpose-Built Payment Infrastructure for Autonomous AI Agents, iM증권 리서치본부

AI 결제 인프라, Agentic AI 확산의 전제조건

- Generative AI에서는 AI의 가치가 추론량(Token Volume)에 의해 결정되었지만, Agentic AI 시대에서는 AI가 실제 경제활동을 수행하면서 거래(Transaction)를 발생시키는 것이 핵심. 이를 위해서는 AI에게 신원을 부여하고, 권한을 위임하며, 결제를 실행하고, 결과에 대한 책임을 추적할 수 있는 새로운 Payment Infrastructure가 필요

<그림> AI Agent Payment Infrastructure



글로벌 결제·테크 기업들이 AI 에이전트 전용 프로토콜을 개발 중

- AI 에이전트 전용 결제 프로토콜은 아직 시장 초기 단계로, 글로벌 표준이 확정되지 않은 상황임. Coinbase의 x402, OpenAI·Stripe의 ACP, Google의 AP2, Visa TAP, Mastercard Agent Pay 등 주요 사업자들이 각기 다른 방식으로 결제 실행, 권한 위임, 신원 인증, 정산 문제를 해결하려 하고 있으며, 향후 생태계 확장성·보안성·가맹점 수용성·기존 결제망과의 호환성이 표준 경쟁의 핵심 변수가 될 전망

AI 에이전트 결제 프로토콜 비교

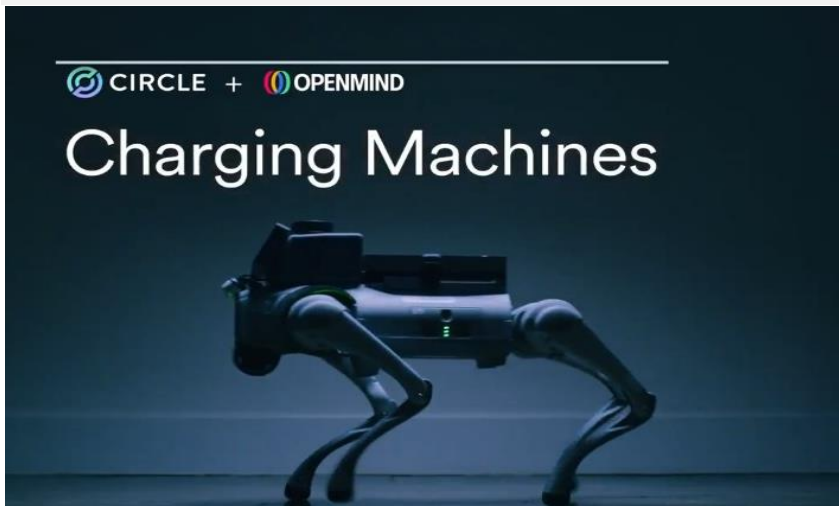
구분	x402	ACP	AP2	Visa TAP	MC Agent Pay	Skyfire KYAPay
핵심 역할	초소액 결제 실행	챗GPT·커머스 결제	권한·승인 관리	AI 에이전트 신원 확인	카드망 기반 에이전트 결제	신원+결제 통합
거래 비용	매우 낮음, 약 \$0.001	가맹점 수수료 약 4%	직접 결제망 아님	일반 카드 수수료	일반 카드 수수료	결제 레일에 따라 다름
정산 속도	매우 빠름, 서브세컨드	수초 수준	해당 없음	24~48시간	24~48시간	사용하는 결제망에 따라 다름
처리량	높음, L2 기반	높음, Stripe 인프라 기반	해당 없음	Visa 네트워크 기반으로 높음	Mastercard 네트워크 기반으로 높음	중간 수준
신원 확인 방식	지갑 주소	Stripe 가맹점 계정	검증 가능한 자격증명 + Mandate	TAP 등록 키	Agentic token	KYA+Pay JWT
프로그래밍 가능성	높음, 스마트컨트랙트 활용 가능	중간, 4개 API 엔드포인트	높음, Mandate 구조	낮음	낮음	중간
분쟁 해결	거의 없음, 온체인 확정성 중심	Stripe Radar 및 차지백	Mandate 감사 추적	카드 네트워크 규칙	카드 네트워크 규칙	제한적
규제 대응	최소 수준, USDC 발행자 규제 의존	Stripe PCI·세금 처리	Mandate 기반 감사	카드 규제 준수	카드 규제 준수	사용하는 레일에 따라 다름
상호운용성	x402 Foundation + AP2 연계	Stripe 생태계	Google 등 60개 이상 파트너	Visa 네트워크	Mastercard 네트워크 + Microsoft	다중 결제망 지원

자료: Purpose-Built Payment Infrastructure for Autonomous AI Agents, iM증권 리서치본부

스테이블 코인 발행사, M2M(기계간결제) 결제 시스템 구축 추진

- Circle은 OpenMind와 협력하여 로봇건 'Bits'가 USDC를 이용해 스스로 충전 비용을 지불하는 실증(PoC)에 성공. 로봇이 인간의 개입 없이 스스로 전력 충전 비용 등을 지불할 수 있도록 자율 경제 인프라 구축 진행
- Tether는 독일 로봇 기업인 Neura Robotics에 대규모 투자 라운드 주도하며 협력 중. 로봇에 Tether의 오픈소스 지갑 기술을 통해 인간의 개입 없이 스스로 일하고 돈을 벌어 디지털 자산을 송금 및 보관하는 M2M(Machine-to-Machine) 결제 시스템 구축
- 향후 로봇은 단순히 인간의 명령을 수행하는 생산설비를 넘어, 노동을 통해 수익을 창출하고 전력·데이터·정비 비용을 스스로 지불하며 남은 자산을 보관·송금하는 자율 경제주체로 발전할 전망

Circle-OpenMind 협력, AI에이전트와 로봇이 블록체인상에서 가스비 없이 실시간으로 소액결제 수행



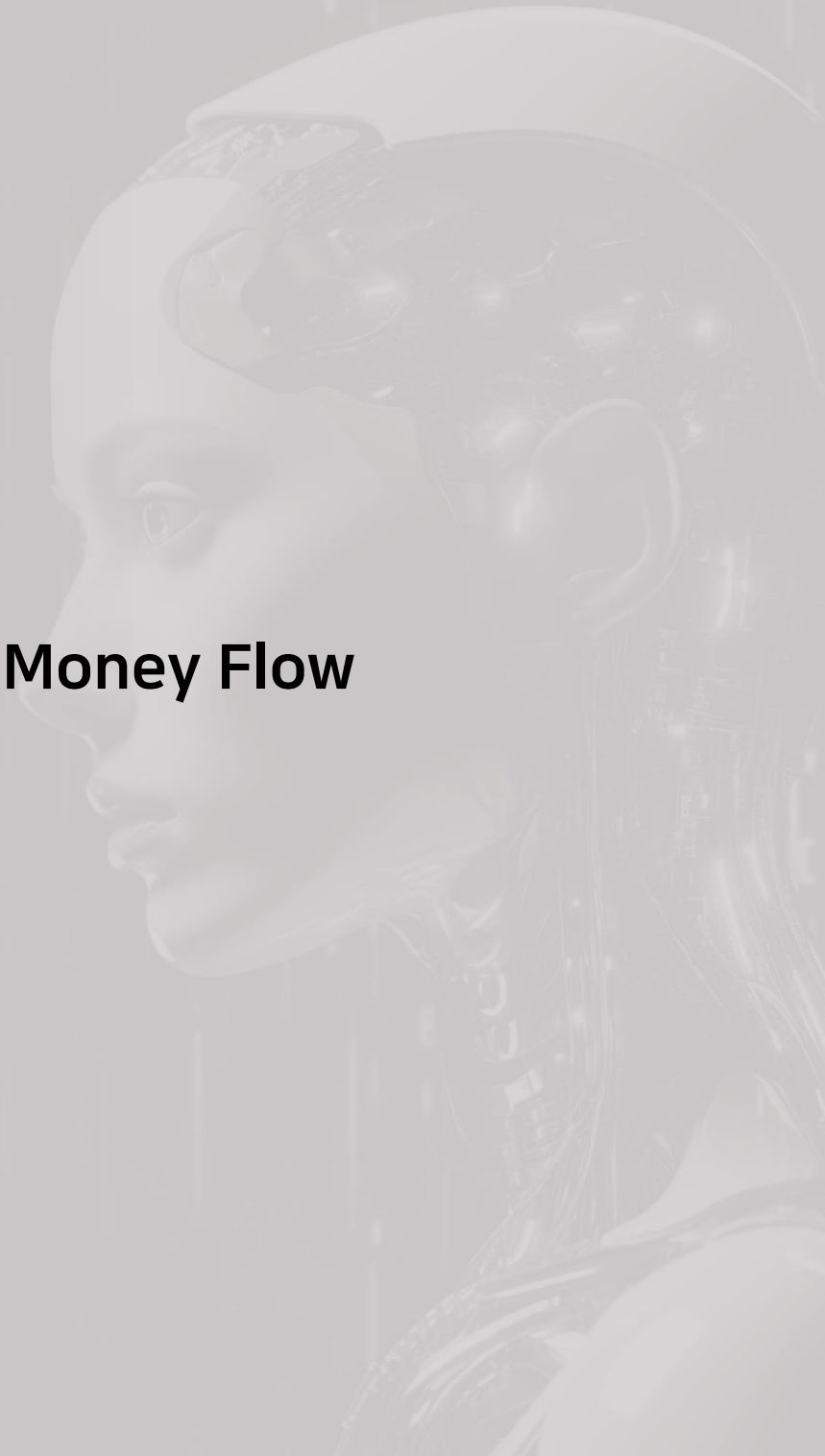
자료:Circle, iM증권 리서치본부

Tether, 로봇 기업인 Neura Robotics 대규모 투자 진행하여 로봇 지갑 결제 시스템 구축 예정



자료 :Tether, iM증권 리서치본부

VIII. Conclusion: AI 시대의 최종 Money Flow

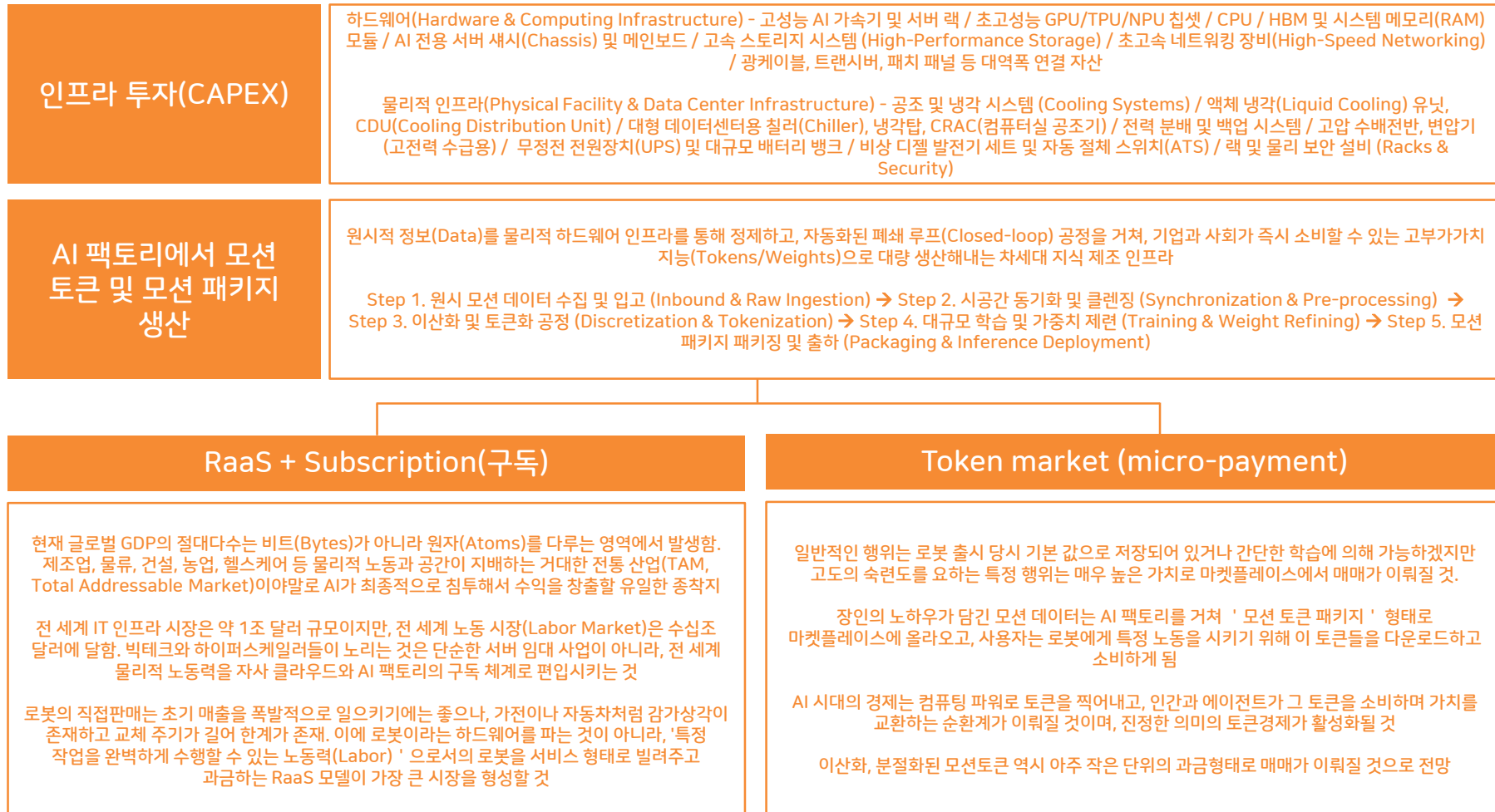


Conclusion

- AI 수요에 대응해 글로벌 빅테크의 데이터센터·GPU·전력 투자가 급증하면서 감가상각비와 잉여현금흐름 부담, 투자 회수 지연에 대한 우려 확대. 추가로 AI 모델 경쟁과 중국계 저비용·오픈소스 모델 확산으로 토큰 가격은 하락하고 있으나, 비용 감소가 AI 도입과 사용량을 늘려 전체 토큰 소비를 오히려 증가시키는 '제본스 역설'이 나타날 가능성 존재. 특히 Agentic AI는 추론·도구 호출·검증을 반복하고, Physical AI는 영상·센서·모션 데이터를 실시간으로 처리하기 때문에 토큰·연산 수요가 더욱 확대. 사용량 증가가 가격 하락을 웃돌면 AI 매출과 인프라가 동률이 높아져 CAPEX 회수가 가능해질 것으로 전망
- 대규모 AI 투자는 데이터를 저장·처리하는 기존 데이터센터를 넘어, 데이터와 전력을 투입해 지능을 생산하는 'AI Factory' 구축으로 연결. AI Factory는 GPU·HBM·네트워크·냉각설비 등을 활용해 모델 가중치와 텍스트·이미지·음성·모션 토큰을 생산. 이에 따라 산업의 경쟁 기준도 단순 연산성능에서 전력당 토큰 생산량·처리속도·토큰당 비용으로 이동할 전망
- Physical AI 상용화의 핵심 병목은 로봇 하드웨어보다 현실 세계의 고품질 행동 데이터. 인간의 직관·숙련·촉각·예외 대응 등 암묵지를 로봇이 실행할 수 있는 모션 토큰과 제어정책으로 전환해야 함. 이를 위해 원격조작·모션캡처·촉각 센서·관찰학습·디지털 트윈·합성 데이터 등의 활용이 확대될 것으로 예상
- 모션 데이터와 수익모델의 변화: 글로벌 기업들은 로봇 훈련장·실제 공장·데이터 수집 장비·시뮬레이션 플랫폼을 활용해 모션 데이터 선점 경쟁에 돌입. 먼저 서비스를 배포한 기업은 고객과 데이터를 축적하고, 이를 모델 성능 향상으로 연결하는 데이터 플라이휠을 구축할 수 있음. 축적된 데이터는 용접·조립·검사·물류 등 숙련 작업을 로봇 스킬로 상품화하는 기반이 되며, 수익모델도 로봇 판매에서 RaaS 구독료·작업 수행 대가·스킬 다운로드·데이터 라이선스 등으로 발전할 것으로 전망
- 특히, 한국은 높은 제조업 비중과 세계 최고 수준의 로봇 밀도, 풍부한 공정 데이터와 숙련인력을 보유해 Physical AI 데이터 강국으로 성장할 잠재력 존재. 반면 데이터 권리를 확보하지 못하면 국내 제조 데이터를 해외 플랫폼에 제공하고, 이를 기반으로 개발된 로봇 지능을 다시 구매하는 구조가 형성될 수 있음. 제조 현장의 암묵지를 국내 데이터 자산으로 전환하고, 기업·근로자·개발자 간 기여 기반 수익배분 체계를 마련하는 것이 핵심 과제임
- AI Factory에서 생산된 지능과 로봇 스킬의 가치가 거래되면서 AI 토큰과 Crypto 토큰이 연결되는 광의의 의미의 토큰경제(Token Economy)가 형성될 것으로 전망. AI 에이전트와 로봇의 자율적인 데이터·API·전력 구매를 위해서는 초소액·고빈도 기계 간 결제를 지원하는 스테이블코인과 전용 결제 프로토콜이 필요. 이에 따라 에이전트의 신원·권한·예산·결제·정산·책임을 통합 관리하는 새로운 경제 인프라 구축이 요구됨.

AI 시대의 최종 Money Flow – 인프라투자, AI Factory를 거쳐 본격적 토큰 판매에서 완성

<그림>Physical AI에서 본격적인 CAPEX 자금회수가 이뤄질 것으로 예상 – Token의 구매는 구독과 직접 다운로드 후 과금하는 방식으로 크게 나눌 것



Compliance Notice

- ▶ 당 보고서는 기관투자자 및 제 3자에게 E-mail등을 통하여 사전에 배포된 사실이 없습니다.
- ▶ 당 보고서에 게재된 내용들은 본인의 의견을 정확하게 반영하고 있으며, 외부의 부당한 압력이나 간섭 없이 작성되었음을 확인합니다. (작성자 : 고태봉, 양현경)

본 분석자료는 투자자의 증권투자를 돕기 위한 참고자료이며, 따라서, 본 자료에 의한 투자자의 투자결과에 대해 어떠한 목적의 증빙자료로도 사용될 수 없으며, 어떠한 경우에도 작성자 및 당사의 허가 없이 전재, 복사 또는 대여될 수 없습니다. 무단전재 등으로 인한 분쟁발생시 법적 책임이 있음을 주지하시기 바랍니다.