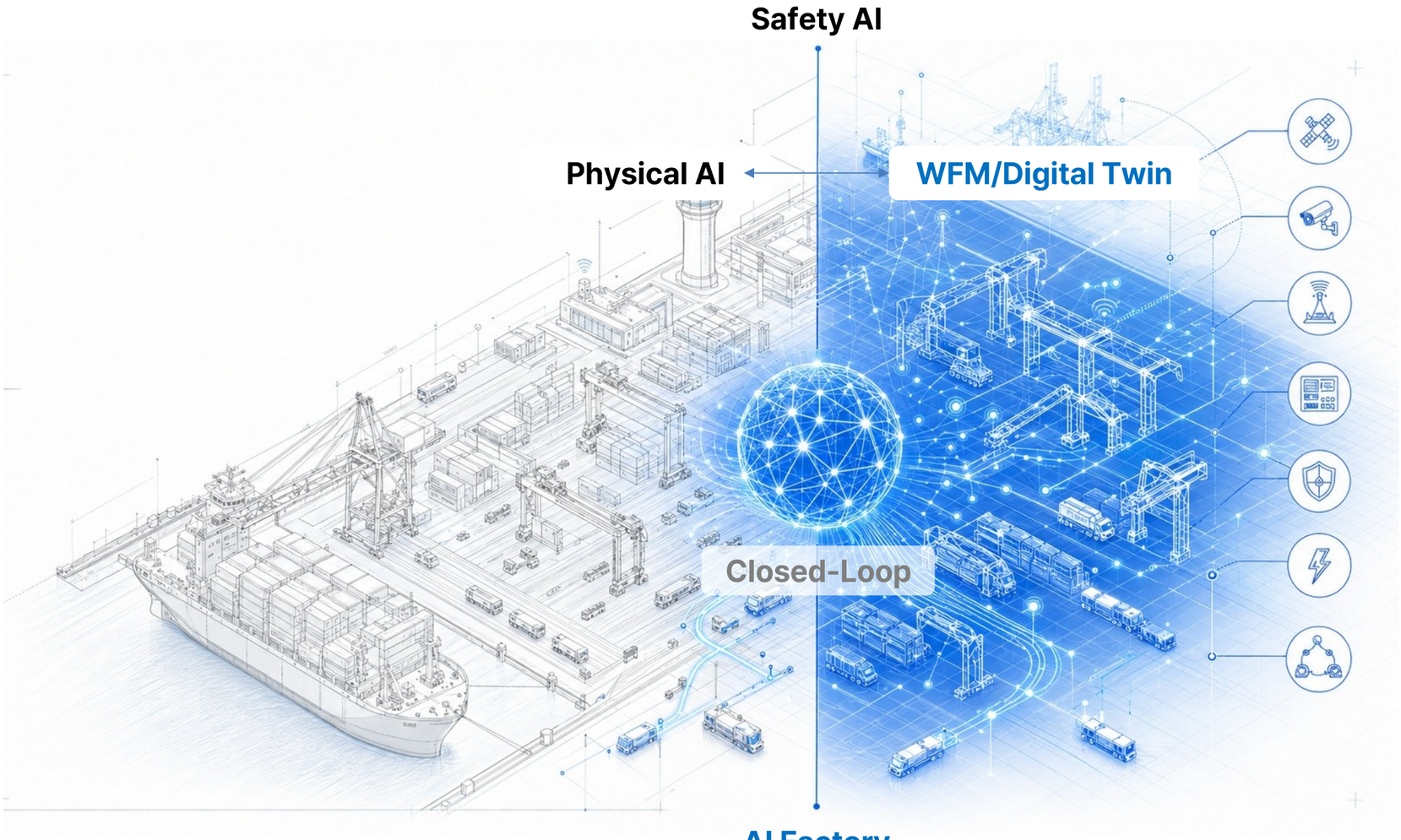
Physical AI Data Factory

Nvidia 글로벌 피지컬AI 생태계 구축



동아대학교 AI디지털트윈실증센터

동아대학교

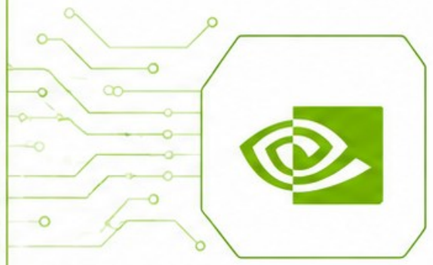
K-PORT WORLD FOUNDATION MODEL

K-PORT

WORLD FOUNDATION MODEL

Visual Identity Concept: NVIDIA Green vs K-Port Blue

NVIDIA Style



- AI
- Simulation
- Safety
- Infrastructure

K-Port Style



- Port
- Logistics
- Autonomy
- Operations

NVIDIA Green Theme

#76B900	#8CCB00	#A6E22E	#CFF5A6	#E8F9E1

K-Port Blue Theme

#0052CC	#0066E0	#1A7FFF	#66B3FF	#E6F2FF

NVIDIA의 기술 미학은 초록색 계열로, K-Port의 정체성은 블루 계열로 구분하여 적용할 수 있습니다.

01 NVIDIA 글로벌 Physical AI 생태계

2026년 NVIDIA 글로벌 피지컬 AI 생태계의 본질은 "GPU 기업 → AI Factory 인프라 기업 → 월드모델·시뮬레이션·로봇제어 플랫폼 기업"으로의 확장임.

- NVIDIA는 단순히 로봇용 칩을 공급하는 것이 아니라,
  - 현실 세계 데이터를 수집하고,
  - 월드 파운데이션 모델로 학습하고,
  - Omniverse·Isaac에서 시뮬레이션 검증한 뒤,
  - Jetson·DRIVE·Thor 등 엣지 컴퓨팅으로 실제 로봇·차량·공장·물류 장비에 배포하는

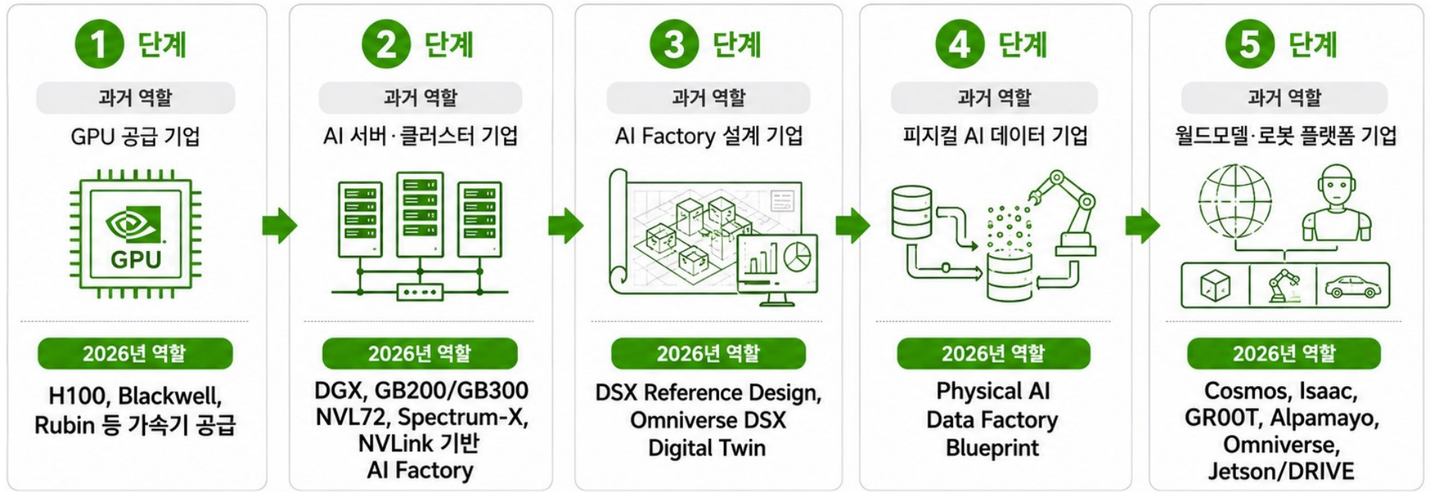
  전주기 플랫폼을 만들고 있음

- NVIDIA는 2026년 GTC에서 ABB Robotics, FANUC, KUKA, YASKAWA, Universal Robots, Figure, Agility, Skild AI, World Labs 등 글로벌 로봇·휴머노이드·로봇 브레인 기업들이 NVIDIA 기술 기반으로 피지컬 AI를 개발·배포하고 있음
- NVIDIA는 이를 컴퓨팅, 오픈 모델, 소프트웨어 프레임워크를 결합한 **full-stack robotics platform**으로 정의하고 있음

https://blogs.nvidia.co.kr/blog/gtc-2026-virtual-worlds-physical-ai/

- 2026년 NVIDIA는 "AI를 생산하는 공장 전체를 설계·구축·운영하는 인프라 기업"으로 전환하고 있음
- AI Factory를 "파일을 저장하는 데이터센터"가 아니라 "토큰과 지능을 생산하는 산업 인프라"로 정의하고 있으며, 성능 지표도 FLOPS 중심에서 tokens per watt, cost per token, time-to-first-production으로 이동하고 있음

- 2026년 NVIDIA 사업 범위 확장



NVIDIA 글로벌 피지컬 AI 생태계

GLOBAL PHYSICAL AI ECOSYSTEM

GTC 2026
KEYNOTE

2026 생태계의 본질

⊗ 단순 GPU 판매가 아니라,

✓ 현실 세계의 수직 통합 플랫폼화

= AI Factory + World Foundation Model + Digital Twin Simulation + Robot / AV Control Stack

현실 세계를 AI가 **학습 · 시뮬레이션 · 추론 · 제어** 할 수 있도록 만드는 통합 플랫폼

▶ 수직 통합 플랫폼 스택

INFRA → REAL WORLD (하단 인프라에서 상단 실세계 제어로)

Robot / AV Control Stack
로봇·차량의 실세계 자율 실행 계층
CONTROL · 제어

Digital Twin Simulation
Omniverse 가상 환경 검증·합성데이터
SIMULATE · 시뮬레이션

World Foundation Model
물리 세계를 예측·생성하는 AI 두뇌
INFER · 추론

AI Factory
대규모 연산·학습 인프라 (토대)
LEARN · 학습

▶ 단일 워크로드로 수렴

GTC 2026 — 4대 영역이 하나의 피지컬 AI 워크로드로 확장

- R — 로봇 — Robotics · Humanoid
- V — 차량 — Autonomous Vehicle
- F — 공장 — Smart Factory
- DC — AI 데이터센터 — AI Data Center

단일 Physical AI 워크로드
Unified Physical AI Workload — 하나의 스택으로 통합

▶ GTC 2026 핵심 빌딩블록 (Key Building Blocks)

01
Cosmos 3
World Foundation Model
물리 세계 생성·예측
파운데이션 모델

02
Isaac GR00T N1.7
HUMANOID
휴머노이드 로봇 파운데이션

03
Alpamayo 1.5
AV STACK
자율주행 차량(AV)
제어 스택

04
Physical AI Data Factory
BLUEPRINT
합성데이터 대량 생성

05
Omniverse DSX Blueprint
DIGITAL TWIN
AI 팩토리·디지털트윈 설계

로봇 · 차량 · 공장 · AI 데이터센터 → 단일 피지컬 AI 워크로드 · AI Factory + WFM + Digital Twin + Control Stack 수직 통합

기반: GTC 2026 발표 내용 시각화

01 NVIDIA 글로벌 Physical AI 생태계

2026년 NVIDIA 글로벌 피지컬 AI 생태계의 본질은 "GPU 기업 → AI Factory 인프라 기업 → 월드모델·시뮬레이션·로봇제어 플랫폼 기업"으로의 확장임.

AI Factory → World Foundation Model → Simulation → Edge Deployment로 이어지는 Full-Stack Physical AI 플랫폼

1 핵심 개념

- GPU 기업에서 Physical AI 플랫폼 기업으로 확장
- 학습·시뮬레이션·제어·배포를 통합하는 생태계
- Real-to-Sim-to-Real 폐루프 구현

2 6대 구성 요소

1. **AI Factory 인프라**

DGX · 클라우드 GPU · 대규모 학습

2. **World Foundation Model**

Cosmos · 물리 세계 이해 · 미래 상태 예측

3. **로봇 학습·시뮬레이션**

Isaac Sim / Lab / ROS · 강화학습 · 검증

4. **디지털트윈·가상세계**

Omniverse · OpenUSD · 물리 기반 시뮬레이션

5. **Physical AI Data Factory**

합성데이터 · Long-tail 시나리오 · 데이터 증강

6. **현장 배포·안전**

Jetson · DRIVE · Thor · Halos

3 작동 메커니즘 (Real-to-Sim-to-Real)

1. 실세계 데이터 수집 →
2. 데이터 팩토리 →
3. 월드모델 학습 →
4. 시뮬레이션 검증 →
5. 로봇 청책 생성 →
6. 엣지 배포 및 안전 피드백

4 대표 플랫폼

- **Cosmos:** Physical AI용 WFM
- **Isaac:** 로봇 학습·시뮬레이션 프레임워크
- **Omniverse:** 산업 디지털트윈 플랫폼
- **OpenUSD:** 공통 세계 표현 표준
- **Jetson / Thor / DRIVE:** 엣지 추론 및 제어
- **Halos:** 안전 검증 체계

5 핵심 특징

- Full-stack Robotics Platform
- 실데이터 + 합성데이터 결합
- 물리 기반 예측·계획·제어
- 로봇·자율주행·공장·물류 적용
- 글로벌 파트너 생태계 연계

의미

NVIDIA는 칩 공급을 넘어, 월드모델·시뮬레이션·데이터·엣지 제어·안전검증을 통합한 글로벌 피지컬 AI 생태계를 구축하고 있음.

01 NVIDIA 글로벌 Physical AI 생태계

1. NVIDIA 글로벌 Physical AI 생태계의 6대 구성

AI Factory에서 월드모델·시뮬레이션·데이터팩토리·엣지 안전 배포까지 연결되는 Full-Stack Physical AI 플랫폼

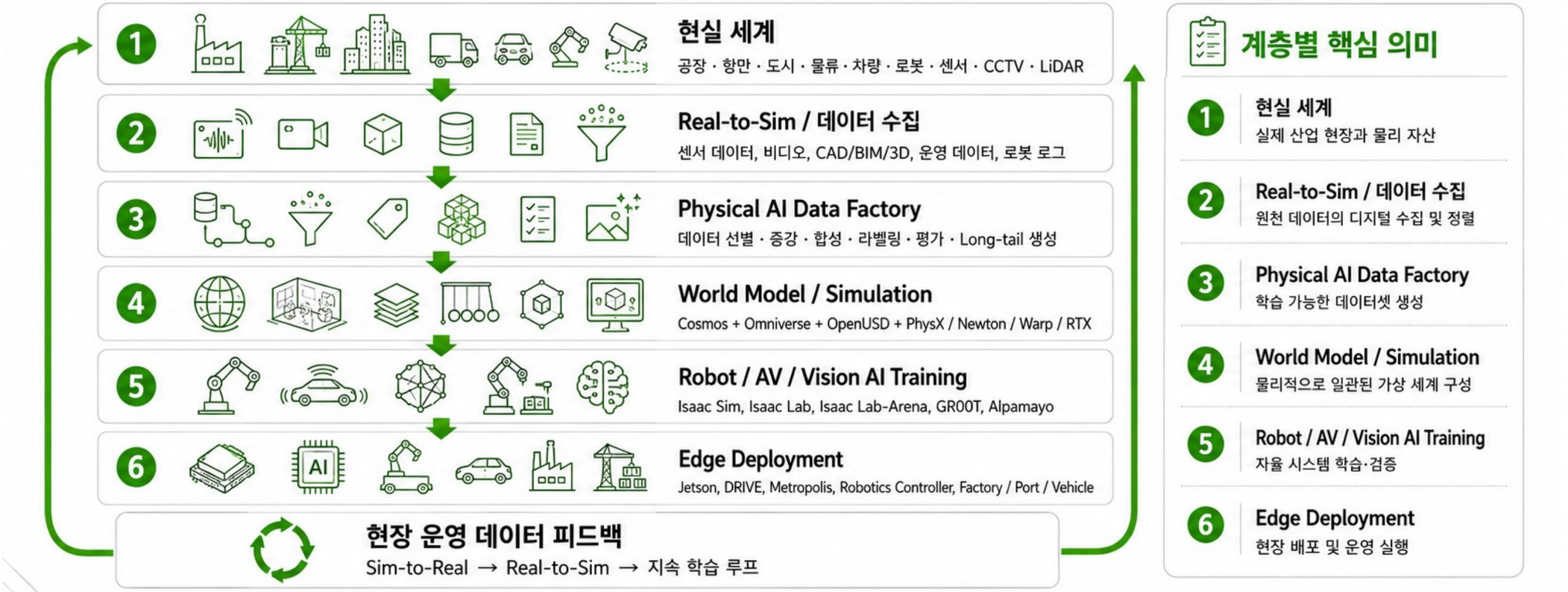
계층	핵심 플랫폼	역할
 1. AI Factory 인프라	DGX, Vera Rubin DSX, Cloud GPU	대규모 월드모델·로봇모델 학습 인프라 (AI를 생산하는 산업 인프라 장악)
 2. World Foundation Model	Cosmos Predict/Transfer/Reason	현실 세계의 미래 상태, 물리 상호작용, 시나리오 생성 (물리 세계를 생성·예측·추론하는 모델 계층)
 3. 로봇 학습·시뮬레이션	Iassc Sim, Isaac Lab, Isaac ROS, Netwon	로봇 정책 학습, 강화학습, 합성데이터 생성, HIL/SIL 검증
 4. 디지털트윈·가상세계	Omniverse, OpenUSD, Omniverse Lib (RTX, PhysX, Newton, Warp)	공장·물류센터·로봇 작업장·AI Factory의 물리 기반 시뮬레이션
 5. 피지컬 AI 데이터 공장 Data Factory	Physical AI Data Factory, Cosmos Curator/Evaluator	실데이터 부족 문제를 합성데이터·Long-tail 시나리오로 보완 (현실 데이터 부족 문제를 컴퓨팅으로 해결)
 6. 현장 배포·안전	Jetson, Thor, DRIVE AGX, Halos	로봇·자율주행차·산업장비의 저지연 엣지 추론 및 안전 검증

핵심 의미 NVIDIA는 칩 공급을 넘어, 학습·월드모델·시뮬레이션·데이터·엣지 배포·안전검증을 아우르는 글로벌 피지컬 AI 플랫폼을 구축하고 있음.

01 NVIDIA 글로벌 Physical AI 생태계

1. NVIDIA 글로벌 Physical AI 생태계의 6대 구성

현실 데이터 수집부터 월드모델·시뮬레이션, 학습, 엣지 배포, 현장 피드백까지 이어지는 6개 계층 기반 폐루프 구조



핵심 메시지

- NVIDIA의 핵심은 현실 데이터를 AI 학습 가능한 세계 데이터로 바꾸는 것이다.
- 생성된 세계 데이터 위에서 로봇과 자율시스템을 훈련 · 검증 · 배포하는 전체 폐루프를 통합한다.
- 데이터 팩토리, 세계모델, 시뮬레이션, 학습, 엣지 배포가 하나의 생태계로 연결된다.
- 즉, NVIDIA는 Physical AI 시대의 end-to-end 산업 플랫폼을 구축하고 있다.

NVIDIA Physical AI 생태계의 6대 핵심 축

현실 세계를 AI 학습 가능한 데이터로 전환하고, 로봇과 자율 시스템을 훈련·검증·배포하는 전체 플랫폼

1 AI Factory

피지컬 AI를 위한 계산 인프라



초고성능 컴퓨팅 인프라

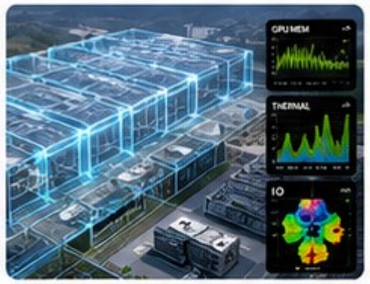
- Blackwell, Blackwell Ultra, Vera Rubin
- DGX, GB200/GB300 NVL72
- NVLink, Spectrum-X
- AI Enterprise, Dynamo, TensorRT-LLM
- 학습·추론·시뮬레이션·합성 데이터 생성을 동시 처리

핵심 가치

막대한 연산과 AI 워크로드를 지원하는 최고의 성능, 확장성, 효율성 제공

2 Omniverse DSX

AI Factory 전체를 디지털트윈으로 설계



AI Factory 디지털 트윈

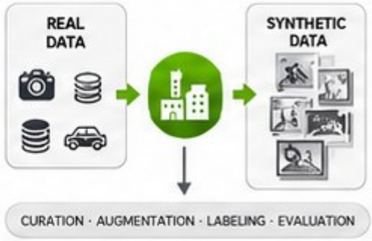
- OpenUSD 기반 디지털트윈
- 전력·열·CFD·네트워크·랙 배치 시뮬레이션
- 500여개의 DSX 레퍼런스 설계 디지털트윈
- GB200/GB300 NVL72 구성, 전기·냉각 시뮬레이션
- 설계 최적화, 지속가능성, 신뢰성 검증

핵심 가치

AI Factory의 설계·운영을 가상 공간에서 최적화하고 리스크를 최소화

3 Physical AI Data Factory

컴퓨팅용 데이터로 전환



대규모 데이터 생산 파이프라인

- **데이터 선별** 학습 가능성 높은 장면 선택
- **데이터 정제** 블랑·중복·오류 제거, 라벨 오류 제거
- **합성 데이터 생성** Omniverse · Cosmos 기반 시나리오 확장
- **Long-tail 생성** 사고, 악천후, 희귀 교통 등 희귀 상황 확장
- **정합 검증** 규적·물리 기반 AI 품질 및 정합 검증
- **평가·검증** 시뮬레이션 결과 및 현실 데이터로 검증
- **배포 피드백** 실운영 결과를 다시 데이터 팩토리로 환류

핵심 가치

희귀·다양한 상황의 대규모 고품질 데이터를 지속적으로 생산

4 Cosmos

월드 파운데이션 모델 계층



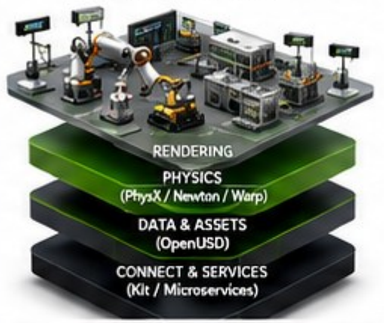
- **Cosmos Predict** 미래 세계 상태·비디오 생성
- **Cosmos Transfer** 사실적 조명·재질·날씨 변환 (Zero-shot)
- **Cosmos Reason** 시간·언어·추론·행동 판단
- **Cosmos Curator** 전사·비디오 데이터 큐레이션
- **Cosmos Evaluator** 생성 데이터·정합성 평가
- **Cosmos Dataset Search** 시나리오·데이터셋 검색

핵심 가치

물리 기반 세계를 이해·생성·평가하는 월드 모델로 학습 데이터의 규모와 품질을 극대화

5 Omniverse

디지털트윈·시뮬레이션·OpenUSD 플랫폼



피지컬 AI를 위한 공간 운영체제

- 실시간 렌더링 (RTX)
- 물리 시뮬레이션 (PhysX / Newton)
- 센서 시뮬레이션 (cameras, LiDAR 등)
- OpenUSD 상호운용성
- 확장 마이크로서비스 (ovt..., ovphysx, ovstorage 등)
- 파이프라인/도구 & API

핵심 가치

개방형 3D·물리·데이터 파이프라인이 피지컬 AI 기능을 빠르게 통합하도록 지원

6 Isaac · GR00T · Newton

로봇 학습과 제어 플랫폼



Isaac 플랫폼

- Isaac Sim (시뮬레이션)
- Isaac Lab (학습)
- Isaac Lab-Arena (평가)

GR00T

휴머노이드·범용 로봇을 위한 Foundation Model

Newton

오픈소스 GPU 가속 물리 엔진 (OpenUSD · Warp 기반)

배포

- Jetson
- DRIVE
- Robotics Controller

핵심 가치

시뮬레이션 기반 학습을 실제 로봇과 자율 시스템으로 안전하게 배포

현장 운영 (Real World) → 데이터 수집 → Sim-to-Real → 지속 학습 루프 (Sim-to-Real ⟷ Real-to-Sim) → 성능 개선 → 모델·정책 업데이트 → 배포 및 운영

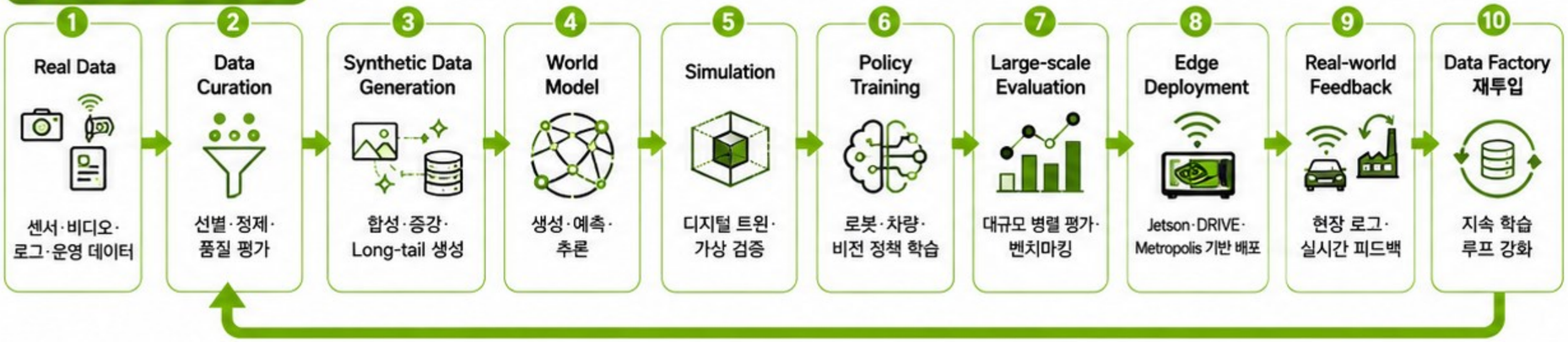
NVIDIA의 Closed-Loop 통합 경쟁력

개별 GPU를 넘어 AI Factory·Data Factory·World Model·Simulation·Robot/AV Control을 하나의 폐루프로 통합하는 NVIDIA Physical AI 전략

① 플랫폼 축

플랫폼 축	NVIDIA 구성요소	전략적 의미
AI Factory	Blackwell, Rubin, DGX, NVLink, Spectrum-X, DSX	AI를 생산하는 산업 인프라 장악
Data Factory	Physical AI Data Factory, Cosmos Curator / Evaluator	현실 데이터 부족 문제를 컴퓨팅으로 해결
World Model	Cosmos Predict / Transfer / Reason	물리 세계를 생성·예측·추론하는 모델 계층
Simulation / Digital Twin	Omniverse, OpenUSD, RTX, PhysX, Newton, Warp	현실 배포 전 검증 가능한 가상 세계
Robot / AV Control	Isaac, GR00T, Alpamayo, Jetson, DRIVE, Metropolis	로봇·차량·공장·도시의 실제 제어 계층

② 폐루프 통합 프로세스



핵심 포인트: NVIDIA의 경쟁력은 GPU 자체보다 **'현실 ↔ 데이터 ↔ 시뮬레이션 ↔ 제어'의 폐루프 통합**에 있다.

③ 핵심 의미

NVIDIA의 진짜 경쟁력은 개별 GPU가 아니라 폐루프 통합성이다.

현실 데이터 수집부터 데이터 큐레이션, 세계모델, 시뮬레이션, 정책 학습, 엣지 배포까지 전 과정을 연결한다.

이 구조를 장악하면 모든 로봇 제조사 · 자율주행 기업 · 스마트팩토리 기업 · AI Factory 운영사가 의존하는 기반 플랫폼이 된다.

즉, NVIDIA는 칩 공급 기업을 넘어 Physical AI 시대의 공통 운영 플랫폼으로 확장하고 있다.

NVIDIA 글로벌 파트너 생태계

산업용 로봇 · 휴머노이드 · 자율주행 · AI Factory를 연결하는 글로벌 Physical AI 파트너 네트워크

1 산업용 로봇 · 휴머노이드 파트너





NVIDIA는 2026년 GTC에서 다양한 로봇 기업이
NVIDIA 기술 기반으로 피지컬 AI를 개발 · 배포한다고 발표

ABB Robotics	AGIBOT	Agility
CMR Surgical	FANUC	Figure
Hexagon Robotics	KUKA	Medtronic
Skild AI	Universal Robots	World Labs
YASKAWA		

공통 활용 방식

- Omniverse 라이브러리 + Isaac 시뮬레이션 프레임워크 활용
- 가상 커미셔닝 및 로봇 학습 환경 구축
- Jetson 통합 컨트롤러로 엣지 추론 수행

공통 NVIDIA 스택



글로벌 파트너는 동일한 NVIDIA Physical AI 스택
위에서 개발 · 시뮬레이션 · 학습 · 배포를 수행

2 AI Factory 인프라 파트너

DSX Reference Design과 Omniverse DSX Blueprint에 참여하여
전력 · 냉각 · 설계 · 운영 계층을 담당

Cadence	Dassault Systèmes	Eaton
Jacobs	Schneider Electric	Siemens
Switch	Trane	Vertiv

담당 계층

PLM / 설계 / 엔지니어링	
전력 / 냉각 / 열 관리	
건설 / 운영 / 데이터센터 인프라	
CFD / 디지털트윈 / 운영 최적화	

3 클라우드 파트너

클라우드 사업자는 NVIDIA Physical AI와 AI Factory 전략을 대규모 인프라와 결합

Microsoft Azure　Nebius　Google Cloud

Azure / Nebius
Physical AI Data Factory Blueprint를 클라우드 인프라에 통합

Google Cloud
Vera Rubin 기반 A5X 인스턴스, Blackwell GPU 협력

Google Cloud
Nemotron · NeMo 기반 agentic AI 및 physical AI 워크로드 협력

4 생태계 통합 의미

- NVIDIA의 강점은 모델 공개를 넘어 글로벌 산업 파트너가 동일 스택을 공유한다는 점
- 로봇 · 휴머노이드 · 의료 · 산업 자동화 기업이 시뮬레이션과 엣지 AI까지 연계
- AI Factory 파트너는 설계에서 전력 · 냉각 · 운영 최적화까지 함께 구성
- 클라우드 파트너는 데이터 팩토리와 AI Factory를 대규모 서비스 인프라로 확장
- 결국 NVIDIA는 하드웨어 + 소프트웨어 + 데이터 + 시뮬레이션 + 배포를 묶는 end-to-end 산업 생태계를 구축

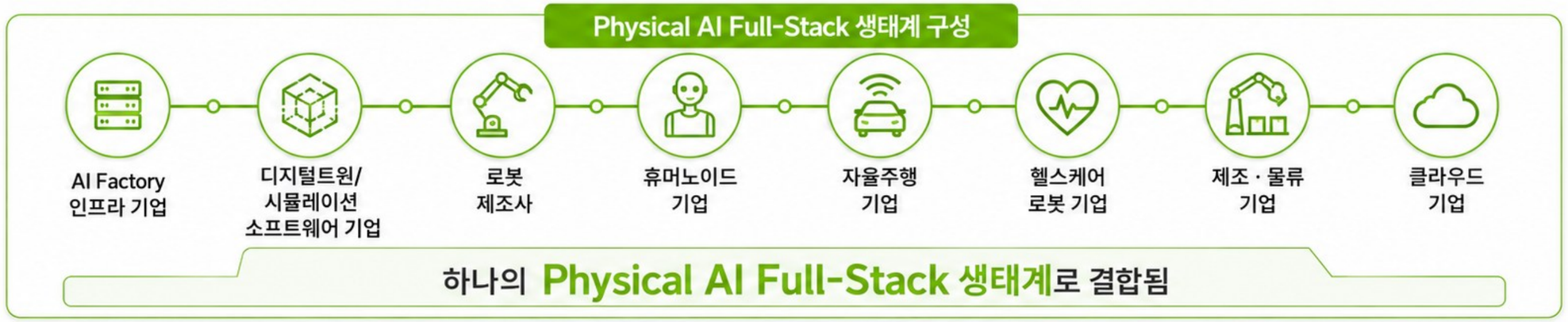
핵심 메시지

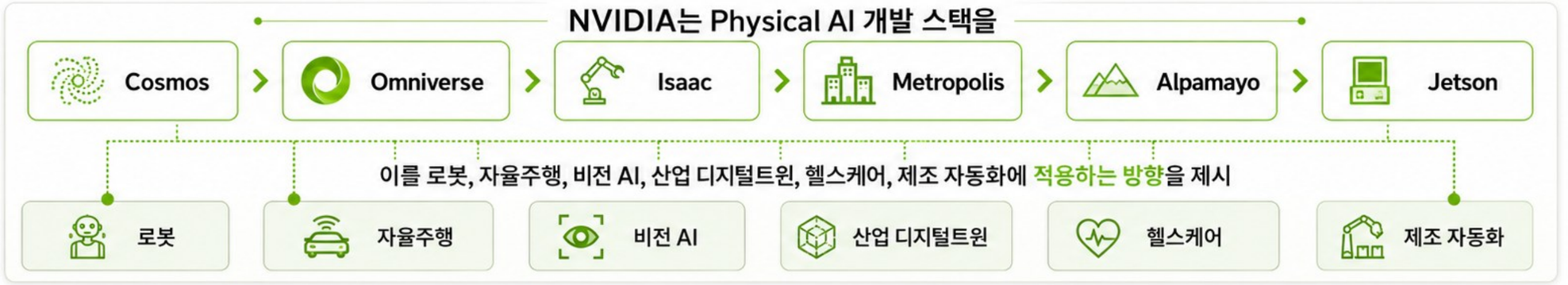
- NVIDIA 피지컬 AI 생태계는 글로벌 파트너가 동일한 공통 스택 위에서 협력하는 구조이다.
- 로봇, AI Factory, 클라우드가 각각 분리된 시장이 아니라 하나의 페루프 생태계로 연결된다.
- 이 파트너 네트워크가 NVIDIA를 단순 GPU 기업이 아닌 산업 플랫폼 기업으로 확장시키는 핵심 기반이다.

01 NVIDIA 글로벌 Physical AI 생태계

2. NVIDIA 글로벌 Physical AI 생태계에 실제로 언급된 핵심 파트너·도입 기업 중심

GTC 2026 San Jose 발표 + GTC Taipei 2026 후속 발표에서 명시된 주요 기업이며,
전체 전시 · 세션 참가사 전체 명단이 아니라
NVIDIA 글로벌 Physical AI 생태계에 실제로 언급된 핵심 파트너 · 도입 기업 중심 분석





01 NVIDIA 글로벌 Physical AI 생태계

2. NVIDIA 글로벌 Physical AI 생태계에 실제로 언급된 핵심 파트너·도입 기업 중심

① AI Factory / DSX 인프라 분야

분야	참여 기업	역할
AI Factory 설계 · 시뮬레이션	Cadence, Dassault Systèmes, Jacobs, PTC, Procore Technologies	AI Factory 설계, MBSE, CAD/BIM/PLM, 건설 · 엔지니어링 워크플로 연계
전력 · 냉각 · 설비	Eaton, Schneider Electric, Siemens, Trane Technologies, Vertiv	발전기, 전력장비, 냉각시스템, SimReady 자산 제공
데이터센터 운영 · 최적화	NScale, Phaidra, Switch	AI Factory 운영, 에너지 · 냉각 · 시설 최적화
DSX OS / 운영 소프트웨어	Red Hat, Mirantis, OpenNebula Systems, Rafay, Spectro Cloud, Supermicro, Vultr 등	멀티테넌시, 보안, lifecycle management, AI Factory 운영 SW
Vera Rubin 생산 생태계	Dell, HPE, Lenovo, Supermicro, ASUS, Compal, Foxconn, Inventec, QCT, Wistron, Wiwynn 등	Vera Rubin 기반 AI Factory 시스템 제조 · 공급

핵심 해석

NVIDIA는 Vera Rubin DSX AI Factory Reference Design과 Omniverse DSX Blueprint를 통해 컴퓨팅, 네트워크, 스토리지, 전력, 냉각, 운영을 통합 설계하는 구조를 제시했고, *Cadence, Dassault Systèmes, Eaton, Jacobs, NScale, Phaidra, Procore, PTC, Schneider Electric, Siemens, Switch, Trane, Vertiv* 등이 이 아키텍처와 블루프린트에 참여한다고 발표했습니다.

② Physical AI Data Factory / 합성데이터 분야

분야	참여 기업	역할
클라우드 기반 Data Factory	Microsoft Azure, Nebius	Physical AI Data Factory Blueprint를 클라우드 툴체인으로 제공
로봇 · 비전 · AV 데이터 생성	FieldAI, Hexagon Robotics, Linker Vision, Milestone Systems, Skild AI, Uber, Teradyne Robotics, RoboForce	데이터 생성, 증강, 평가, long-tail 시나리오 학습
비디오 분석 · 데이터 관리	Voxel51, Milestone Systems	비전 AI · 영상 데이터 기반 모델 개발
AI-native 운영	Claude Code, OpenAI Codex, Cursor	OSMO와 연동되는 coding agent 기반 워크플로 자동화

핵심 해석

NVIDIA Physical AI Data Factory Blueprint는 실제 데이터 부족 문제를 해결하기 위해 데이터 큐레이션, 합성데이터 생성, 강화학습, 평가를 통합하는 구조이며, Microsoft Azure와 Nebius가 이를 클라우드 기반 데이터 생산 엔진으로 제공하고 있습니다. *FieldAI, Hexagon Robotics, Linker Vision, Milestone Systems, Skild AI, Uber, Teradyne Robotics, RoboForce* 등이 이를 활용하는 기업으로 언급되었습니다.

01 NVIDIA 글로벌 Physical AI 생태계

2. NVIDIA 글로벌 Physical AI 생태계에 실제로 언급된 핵심 파트너·도입 기업 중심

③ 산업용 로봇 / Virtual Commissioning 분야

분야	참여 기업	역할
산업용 로봇 대기업	ABB Robotics, FANUC, YASKAWA, KUKA	Omniverse·Isaac 기반 가상 커미셔닝, 생산라인 검증
협동로봇	Universal Robots, Teradyne Robotics	범용 로봇 지능·제조 자동화 적용
로봇 설계-시뮬레이션	PTC / Onshape, Fauna Robotics	CAD-to-OpenUSD, Isaac Sim 기반 로봇 검증
중소 제조 자동화	WORKR, ABB Robotics	Omniverse 기반 로봇 워크포스 자동화

핵심 해석

FANUC, ABB Robotics, YASKAWA, KUKA는 전 세계 200만 대 이상의 로봇 설치 기반을 보유한 산업용 로봇 기업으로, Omniverse 라이브러리와 Isaac 시뮬레이션 프레임워크를 가상 커미셔닝 솔루션에 통합하고, Jetson 모듈을 컨트롤러에 넣어 엣지 추론을 수행하는 방향을 제시했습니다.

④ Robot Brain / 휴머노이드 로봇 분야

분야	참여 기업	역할
범용 로봇 지능 / Robot Brain	FieldAI, Skild AI, World Labs, Generalist AI	Cosmos WFM과 Isaac 기반 범용 로봇 정책 개발
휴머노이드	1X, AGIBOT, Agility, Agile Robots, Boston Dynamics, Figure, Humanoid, Mentee, NEURA Robotics	Cosmos, Isaac Sim, Isaac Lab 기반 휴머노이드 학습·검증
GR00T 적용	AGIBOT, Humanoid, LG Electronics, NEURA Robotics, Noble Machines	Isaac GR00T N 모델을 활용한 휴머노이드 산업 적용
로봇 스타트업 생태계	Bedrock Robotics, Dexterity AI, Flexion, Lightwheel, RIVR, Standard Bots, Vention, World Labs	NVIDIA Inception 기반 초기 로봇 생태계

핵심 해석

NVIDIA는 FieldAI와 Skild AI가 Cosmos 월드모델과 Isaac 시뮬레이션 프레임워크를 활용해 범용 robot brain을 개발하고 있으며, 1X, AGIBOT, Agility, Agile Robots, Boston Dynamics, Figure, Humanoid, Mentee, NEURA Robotics 등이 차세대 휴머노이드를 개발하는 기업으로 언급했습니다. 또한 AGIBOT, Humanoid, LG Electronics, NEURA Robotics, Noble Machines는 Isaac GR00T N 모델을 도입하는 기업으로 제시되었습니다.

01 NVIDIA 글로벌 Physical AI 생태계

2. NVIDIA 글로벌 Physical AI 생태계에 실제로 언급된 핵심 파트너·도입 기업 중심

5 제조·반도체·전자산업 Physical AI 분야

분야	참여 기업	역할
반도체 제조	TSMC, SK hynix	팹 디지털트윈, 공정 시뮬레이션, fab operation 최적화
전자 제조 검사	Pegatron, Delta Electronics, Inventec, Foxconn	합성 결함 이미지 생성, 비전 검사 모델 고도화
제조 AI 플랫폼	Foxconn, DeepHow, SK Telecom	제조 특화 Physical AI agent, 작업 오류 검출, 생산성 향상
산업 소프트웨어	Cadence, Dassault Systèmes, Siemens, Synopsys, PTC, MetAI, Lightwheel	엔지니어링 데이터 검사, 디지털트윈, CAD-to-simulation

핵심 해석

GTC Taipei 2026 발표에서는 TSMC와 Pegatron이 전자 제조 비전 검사 모델을 고도화하고, Delta Electronics와 Inventec이 합성 결함 데이터를 활용해 검사 성능과 데이터 수집 효율을 개선하며, Foxconn은 제조 효율과 수율 개선에 NVIDIA Physical AI 도구를 활용한다고 설명했습니다. 또한 SK hynix는 Omniverse 기반 반도체 fab 디지털트윈을 추진하고, SK Telecom과 함께 제조 특화 Physical AI 검증을 진행한다고 발표되었습니다.

6 물류·창고·스마트팩토리 분야

분야	참여 기업	역할
창고 자동화	KION Group, GXO	물류창고 디지털트윈, 자율 지게차 학습·검증
컨설팅·시스템 아키텍처	Accenture, Siemens	대규모 물류 디지털트윈 및 Physical AI 시스템 설계
로봇 플릿 검증	KION + NVIDIA + Accenture	Jetson 기반 자율 지게차 fleet 시뮬레이션

핵심 해석

KION Group은 Accenture, Siemens와 함께 NVIDIA Mega Omniverse Blueprint를 활용해 대규모 창고 디지털트윈을 구축하고, GXO 물류 현장을 위한 Jetson 기반 자율 지게차 fleet를 학습·검증하는 사례로 소개되었습니다.

01 NVIDIA 글로벌 Physical AI 생태계

2. NVIDIA 글로벌 Physical AI 생태계에 실제로 언급된 핵심 파트너·도입 기업 중심

⑦ 자율주행 / Robotaxi / Mobility 분야

분야	참여 기업	역할
완성차	BYD, Geely, Isuzu, Nissan, Hyundai Motor, Kia, VinFast	DRIVE Hyperion 기반 L4-ready 차량 개발
Robotaxi / Mobility	Uber, Bolt, Grab, Lyft, HUMAIN	Robotaxi 서비스, ride-hailing 네트워크, 지역별 배포
AV 소프트웨어	Autobrains, Wayve, TIER IV, Motional	자율주행 소프트웨어, L4 bus·robotaxi 개발
AV 데이터·시뮬레이션	Li Auto, Afari, DeepRoute.ai	Omniverse NuRec 기반 신경 장면 재구성·렌더링
안전 검증 생태계	AEye, Flex, Gatik, Hesai, Lucid, MIRA, PlusAI, Qt Group, Saphira, Valeo	Halos AI Systems Inspection Lab 참여

핵심 해석

NVIDIA는 GTC 2026에서 BYD, Geely, Isuzu, Nissan이 DRIVE Hyperion 기반 L4-ready 차량을 개발하고, Uber, Bolt, Grab, Lyft, TIER IV 등이 robotaxi 개발을 확장한다고 발표했습니다. 또한 Hyundai Motor와 Kia는 DRIVE Hyperion 기반 차세대 자율주행 협력을 확대했으며, Foxconn, VinFast, Autobrains, HUMAIN은 GTC Taipei 2026에서 robotaxi-ready 생태계 확장 사례로 제시되었습니다.

⑧ 헬스케어 로봇 / 병원 Physical AI 분야

분야	참여 기업	역할
수술 로봇	CMR Surgical, Johnson & Johnson MedTech, Medtronic	수술 로봇 학습·검증, 기능안전, IGX Thor 적용 검토
병원 로봇	Foxconn, Compal	간호 협동로봇, 병원 물류·운영 로봇
AI 병원 생태계	Foxconn + Taiwan medical centers	Healthy Taiwan 기반 agentic AI·physical AI 병원 운영

핵심 해석

CMR Surgical은 Versius 수술 시스템 학습·검증에 Cosmos-H 시뮬레이션을 사용하고, Johnson & Johnson MedTech는 Monarch Platform for Urology를 위해 Isaac Sim·Cosmos 기반 post-training workflow를 활용하며, Medtronic은 수술 로봇 시스템에서 IGX Thor를 검토하는 사례로 발표되었습니다. Foxconn과 Taiwan medical centers는 병원 AI agent workforce와 Nurabot 간호 협동로봇을 통한 “Healthy Taiwan” 사례로 제시되었습니다.

01 NVIDIA 글로벌 Physical AI 생태계

2. NVIDIA 글로벌 Physical AI 생태계에 실제로 언급된 핵심 파트너·도입 기업 중심

⑨ 클라우드 · 오픈소스 · 개발자 생태계

분야	참여 기업	역할
클라우드	Microsoft Azure, Nebius, CoreWeave, Alibaba Cloud, Oracle Cloud Infrastructure, Lambda	Physical AI Data Factory, Isaac Lab, AI Factory 인프라 제공
오픈소스 로보틱스	Hugging Face	Isaac·GR00T를 LeRobot 프레임워크와 연계
개발자 agent	OpenAI Codex, Claude Code, Cursor	OSMO와 연계한 Physical AI 워크플로 자동화
AI Factory 네트워크	CoreWeave, Lambda, Oracle Cloud Infrastructure	Spectrum-X Ethernet Photonics 기반 AI Factory 확장

핵심 해석

Microsoft Azure와 Nebius는 Physical AI Data Factory Blueprint를 클라우드에서 제공하고, CoreWeave는 Isaac Lab 기반 로봇 학습 파이프라인을 구축하며, Alibaba Cloud는 NVIDIA Physical AI stack을 Platform for AI에 통합한다고 발표되었습니다. Hugging Face는 Isaac과 GR00T를 LeRobot 오픈소스 프레임워크와 통합하는 파트너로 언급되었습니다.

⑩ 전체 생태계 구조

이번 GTC 2026에서 드러난 NVIDIA Physical AI 생태계는 다음과 같은 구조입니다.

AI Factory / DSX 인프라
Dell · HPE · Lenovo · Supermicro · Vertiv · Schneider · Siemens · Cadence · Dassault

↓

Physical AI Data Factory
Microsoft Azure · Nebius · FieldAI · Hexagon · Skild AI · Teradyne · Uber

↓

World Model / Simulation / Digital Twin
Cosmos · Omniverse · Isaac · OpenUSD

↓

Robot Brain / Robot Body
ABB · FANUC · KUKA · YASKAWA · Universal Robots
1X · AGIBOT · Agility · Boston Dynamics · Figure · NEURA · LG

↓

Autonomous Vehicle / Mobility
BYD · Geely · Nissan · Hyundai · Kia · Foxconn · VinFast · Uber · Lyft · Grab

↓

Healthcare / Manufacturing / Logistics
TSMC · SK hynix · Foxconn · Pegatron · Delta · KION · GXO · Medtronic · J&J

↓

Edge Deployment / Safety
Jetson Thor · DRIVE Hyperion · IGX Thor · Halos · Halos Inspection Lab

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

1. NVIDIA Cosmos: Physical AI용 World Foundation Model

COSMOS : Open Models for World Generation and Understanding

핵심 개념

- **World Foundation Model** — 물리 세계 이해 · 예측
- **멀티모달 입력** — 텍스트 · 이미지 · 비디오 기반
- **Physical AI 지원** — 시나리오 생성 · 학습 · 검증

Cosmos 아키텍처

- **입력**: Text, Image, Video
- **멀티모달 인코딩**: 통합 표현 학습
- **Cosmos World Foundation Model**: 시공간 이해, 물리 상호작용, 미래 상태 예측
- **능력 계층**: Cosmos Predict, Cosmos Transfer, Cosmos Reason
- **출력**: 미래 비디오 생성, 시나리오 생성, 합성 데이터, 로봇/자율시스템 학습 지원

핵심 키워드

- **Physical AI** — 현실 세계 기반 AI
- **World Foundation Model** — 물리 세계 이해 · 예측
- **Multimodal** — 텍스트 · 이미지 · 비디오 통합
- **Prediction** — 미래 상태 예측
- **Scenario Generation** — 다양한 시나리오 생성
- **Synthetic Data** — 합성 데이터 생성

주요 특징

- 물리 세계의 동역학과 인과관계 학습
- 미래 상태 예측 및 비디오 생성
- 합성 데이터 생성으로 데이터 부족 보완
- 로봇 · 자율주행 · 산업 AI 학습 지원
- 시뮬레이션과 실제 배포 사이의 브리지 역할



의미 — Cosmos는 텍스트 · 이미지 · 비디오를 바탕으로 물리 세계를 이해하고 예측하여, 피지컬 AI 학습과 시뮬레이션을 지원하는 NVIDIA의 핵심 플랫폼이다.

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

1. NVIDIA Cosmos: Physical AI용 World Foundation Model

- Cosmos는 텍스트, 이미지, 영상 입력을 기반으로 미래의 물리 세계를 예측·생성하고, 로봇·자율주행·비전 AI가 학습할 수 있는 시나리오를 만듦.
- “Physical AI with world foundation models”를 위한 오픈 플랫폼으로 Cosmos Predict, Cosmos Transfer, Cosmos Reason 등을 제공함

	Predict	Transfer	Reason
Type	World Generation	Multi-Controlnet	Reasoning VLM
Function	Predict novel future frames given initial frames	Transfer existing control frames into photoreal frames within a video clip	Reason against frames within a video clip
Use Cases	Data Generation & Policy Evaluation	Data Augmentation	Data Curation, Robot Planning and Policy & Vision AI Agents
Inputs	Text, Image, Video	Multiple Video Modalities such as RGB, Depth, Segmentation, and more.	Video, Image & Text
Outputs	Video	Video	Text

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

1. NVIDIA Cosmos: Physical AI용 World Foundation Model

- Cosmos는 텍스트, 이미지, 영상 입력을 기반으로 미래의 물리 세계를 예측·생성하고, 로봇·자율주행·비전 AI가 학습할 수 있는 시나리오를 만듦.
- “Physical AI with world foundation models”를 위한 오픈 플랫폼으로 Cosmos Predict, Cosmos Transfer, Cosmos Reason 등을 제공함

Cosmos Predict

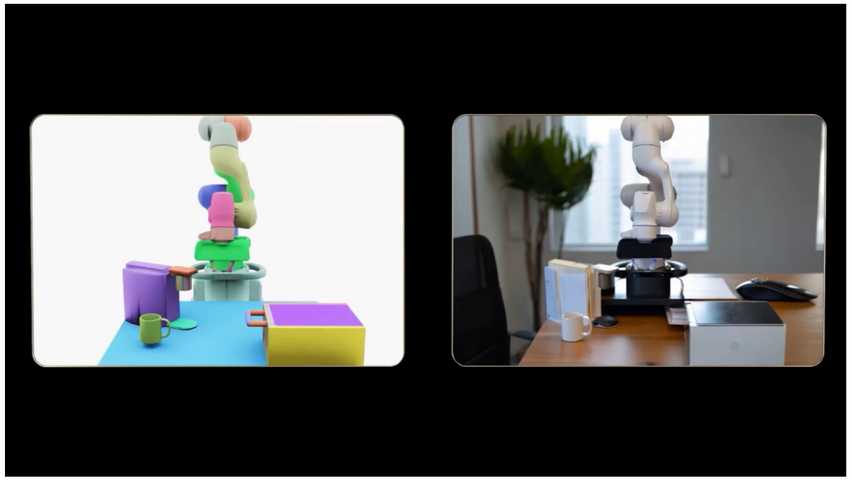


Leading world generation model, adaptable to any physical AI task or environment.

Generate 30s predictive video worlds from text, image, or video with 2B/14B models, or post-train on your data to create custom edge cases, closed-loop policies, and multiview, robot-centric simulations.

https://github.com/nvidia-cosmos/cosmos-predict2.5

Cosmos Transfer



Multicontrol model for simulation to photoreal transformation.

Pair with physical AI simulation frameworks, such as CARLA or NVIDIA Isaac Sim™, to accelerate synthetic data generation across various environments and lighting conditions.

https://github.com/nvidia-cosmos/cosmos-transfer2.5

Cosmos Reason



Leading vision language model (VLM) enabling robots and vision AI agents to reason like humans.

Combines prior knowledge, physics, and common sense for real-time alerts and actionable insights across public safety, traffic monitoring, logistics, quality inspection, and physical AI.

https://github.com/nvidia-cosmos/cosmos-reason2

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

2. NVIDIA Isaac: 로봇·자율 장비 학습 및 배포 프레임워크

Isaac : Open robotics development platform

핵심 개념

- **로보틱스 개발 플랫폼** — 시뮬레이션·학습·배포 통합
- **Physical AI 지원** — 인지·계획·제어 학습
- **Real-to-Sim-to-Real** — 검증 후 실제 로봇 배포

Isaac 아키텍처

A. 입력
- 로봇 모델
- 센서 데이터
- 환경 자산

B. Isaac Sim
Omniverse 기반 물리 시뮬레이션



- 센서 시뮬레이션
- 합성데이터 생성
- 디지털트윈

C. Isaac Lab
정책 학습 프레임워크



- 강화학습
- 모방학습
- 도메인 랜덤화

D. Isaac ROS
ROS 2 기반 가속 패키지

ROS 2

- 인지
- 계획
- 제어

E. 배포
Jetson 기반 엣지 실행



- 저지연 추론
- 현장 제어
- 실시간 운영

확장 요소
- GR00T
- Newton
- 개발자 워크플로우

핵심 키워드

- **Simulation** — 물리 기반 시뮬레이션
- **Reinforcement Learning** — 정책 최적화 학습
- **Synthetic Data** — 데이터 생성
- **ROS 2** — 로봇 SW 연동
- **Perception & Control** — 인지·제어 파이프라인
- **Edge Deployment** — Jetson 배포

주요 특징

- Omniverse 기반 고정밀 로봇 시뮬레이션
- 로봇 정책 학습과 검증을 위한 Isaac Lab 제공
- ROS 2 가속 패키지를 통한 개발 생산성 향상
- 합성데이터·센서 시뮬레이션으로 데이터 부족 보완
- 시뮬레이션과 실제 배포를 연결하는 Sim-to-Real 브리지
- 휴머노이드·모바일로봇·산업로봇 개발 지원



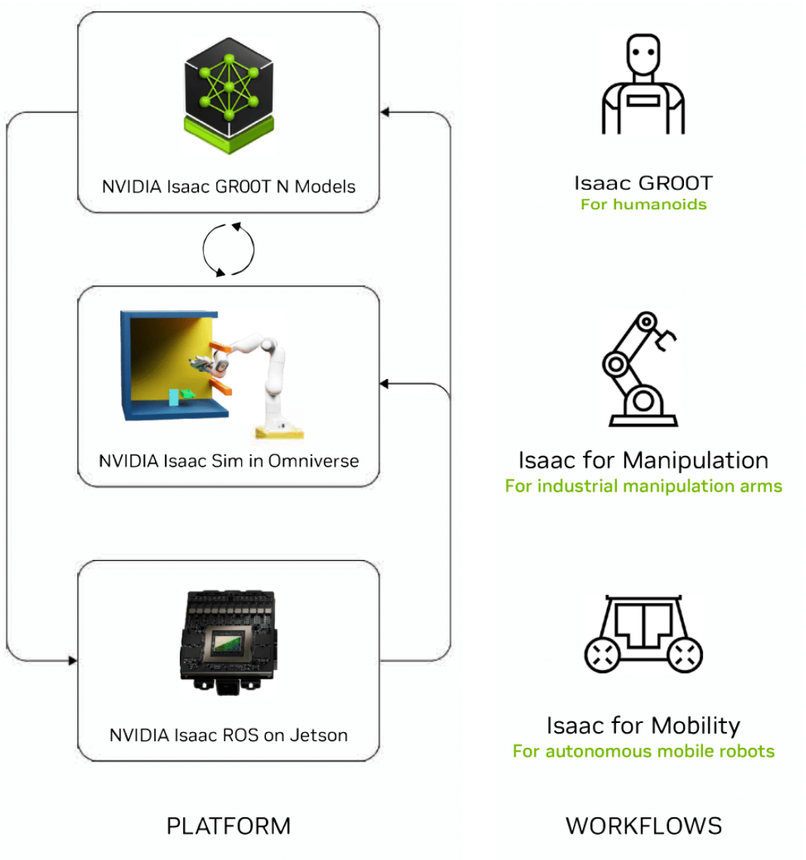
의미 — Isaac은 시뮬레이션, 학습, ROS 연동, 엣지 배포를 하나의 워크플로우로 연결하여 로봇·자율장비 개발을 가속하는 NVIDIA의 핵심 플랫폼이다.

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

2. NVIDIA Isaac: 로봇·자율 장비 학습 및 배포 프레임워크

Isaac : Open robotics development platform

- Isaac : **Open robotics development platform** consists of **simulation and robot learning frameworks, NVIDIA® CUDA®-accelerated libraries, AI models,** and **reference workflows** to create autonomous mobile robots (AMRs), robot arms, manipulators, and humanoids.



- NVIDIA Isaac은 단일 “모델”이라기보다 로봇·자율장비 개발을 위한 Full-Stack AI Robot Development Platform임
- 핵심은 시뮬레이션 → 로봇 학습 → 합성데이터 생성 → 인지·계획·제어 → ROS 2 연동 → 엣지 배포까지 로봇 개발 전주기를 NVIDIA GPU/CUDA 기반으로 가속하는 것임.
- NVIDIA는 Isaac을 AMR, 로봇팔, 매니퓰레이터, 휴머노이드 개발을 위한 오픈 로보틱스 개발 플랫폼으로 설명하고 있음

Full-Stack Robotics Platform
시뮬레이션 · 학습 · ROS 연동 · 배포를 통합한 로봇 개발 플랫폼

Sim-to-Real Workflow
Isaac Sim과 Isaac Lab으로 가상 학습 후 실제 로봇 적용 가속

CUDA-Accelerated AI
인지 · 계획 · 제어용 AI 모델과 라이브러리를 GPU 기반으로 고속 실행

- **Isaac Sim**은 Omniverse 기반 물리 시뮬레이션 환경이고,
- **Isaac Lab**은 로봇 학습·로봇 파운데이션 모델 학습을 위한 경량 프레임워크이며,
- **Isaac ROS**는 ROS2 기반의 CUDA 가속 로봇 애플리케이션 개발 패키지임
- NVIDIA는 Isaac을 통해 로봇과 자율기계를 물리 기반 가상환경에서 설계·시뮬레이션·시험·학습할 수 있다고 설명함다

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

2. NVIDIA Isaac: 로봇·자율 장비 학습 및 배포 프레임워크

Isaac : Open robotics development platform

1) Isaac의 전체 구조

구분	핵심 구성	주요 역할
1) 로봇 개발 플랫폼	Isaac	로봇·자율장비 개발의 통합 플랫폼.
2) 시뮬레이션	Isaac Sim	물리 기반 가상환경에서 로봇 설계·시험·학습.
3) 로봇 학습	Isaac Lab	로봇 학습 및 로봇 파운데이션 모델 학습.
ROS 4) ROS 연동	Isaac ROS	ROS 2 기반 CUDA 가속 로봇 애플리케이션 개발.
5) 조작 지능	cuMotion, FoundationPose, FoundationStereo, SyntheticaDETR	경로계획, 자세추정, 깊이추정, 객체탐지.
6) 이동 지능	nvblox, cuVSLAM, COMPASS	3D 장애물 인식, SLAM, 이동 정책 학습.
7) 휴머노이드	Isaac GR00T	범용 로봇 파운데이션 모델 및 데이터 파이프라인.
8) 배포 인프라	DGX, OVX, AGX, Jetson	학습·시뮬레이션·현장 배포 컴퓨팅.
9) 워크플로우 관리	OSMO	온프레미스·프라이빗·퍼블릭 클라우드 작업 오케스트레이션.

의미: Isaac은 시뮬레이션 · 학습 · ROS 연동 · 엣지 배포를 하나의 워크플로우로 연결하는 NVIDIA의 핵심 로봇 AI 플랫폼이다.

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

2. NVIDIA Isaac: 로봇·자율 장비 학습 및 배포 프레임워크

Isaac : Open robotics development platform

2) Isaac의 기본 개념

- NVIDIA Isaac은 시뮬레이션 프레임워크, 로봇 학습 프레임워크, CUDA 가속 라이브러리, AI 모델, 레퍼런스 워크플로우로 구성됨
- 이를 통해 자율이동로봇, 로봇팔, Manipulator, 휴머노이드를 개발할 수 있도록 지원함

핵심 키워드	의미
Open Robotics Development Platform	개방형 로봇 개발 플랫폼
Simulation	물리 기반 가상환경
Robot Learning	강화학습·모방학습·정책학습
CUDA Acceleration	GPU 기반 고속 연산
AI Models	로봇 인지·계획·제어 모델
Reference Workflows	로봇 개발 표준 워크플로우
Sim-to-Real	가상 학습 후 실제 로봇 적용

① Isaac for Manipulation: 로봇팔 · Manipulator 조작 지능

- Isaac의 조작 영역은 로봇팔이 물체를 인식하고, 자세를 추정하고, 경로를 계획하고, 실제 조작을 수행하는 데 필요한 기능을 제공함

구성요소	기능
cuMotion	다수의 궤적 최적화를 병렬 실행하여 로봇 motion planning 문제를 대규모로 해결
FoundationPose	새로운 물체에 대한 6D 자세 추정 및 추적
FoundationStereo	스테레오 매칭 기반 깊이 추정, zero-shot 일반화 지원
SyntheticaDETR	실내 환경 객체탐지용 사전학습 모델
Isaac TeleOp	실제 환경과 시뮬레이션에서 고품질 인간 시연 데이터 수집

- NVIDIA는 cuMotion을 CUDA 가속 기반의 Motion Planning 라이브러리로 설명하며, FoundationPose는 본 적 없는 물체도 자세 추정·추적할 수 있는 파운데이션 모델로 소개함

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

2. NVIDIA Isaac: 로봇·자율 장비 학습 및 배포 프레임워크

Isaac : Open robotics development platform

① Isaac for Manipulation: 로봇팔 · Manipulator 조작 지능



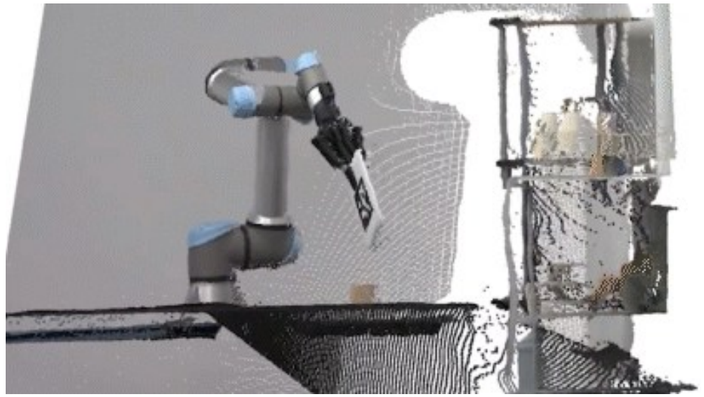
Motion Planning

NVIDIA cuMotion is an NVIDIA CUDA-accelerated library that helps solve robot motion planning problems at scale by running multiple trajectory optimizations simultaneously to return the best solution.



Pose Estimation and Tracking

FoundationPose is a foundation model for 6D pose estimation and tracking of novel objects. It tracks and estimates the pose of unseen objects and can handle challenging object properties (textureless, glossy, tiny) and scenes with fast motion or severe occlusions.



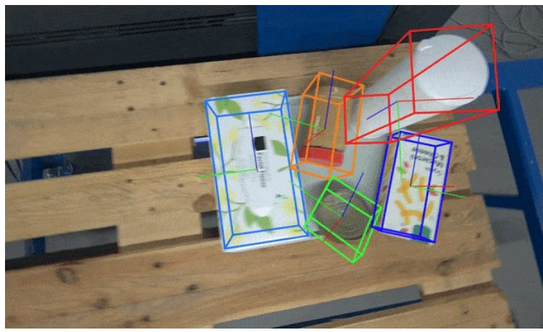
Depth Estimation

FoundationStereo is a foundation model designed to achieve strong zero-shot generalization for stereo matching.

cuMotion: GPU-Accelerated Motion Generation for Robotics, https://github.com/nvidia-isaac/cumotion/releases

FoundationPose: Isaac ROS Pose Estimation, https://github.com/NVIDIA-ISAAC-ROS/isaac_ros_pose_estimation

FoundationStereo: https://catalog.ngc.nvidia.com/orgs/nvidia/teams/tao/models/foundationstereo?version=deployable_v2.0



FoundationPose

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

2. NVIDIA Isaac: 로봇·자율 장비 학습 및 배포 프레임워크

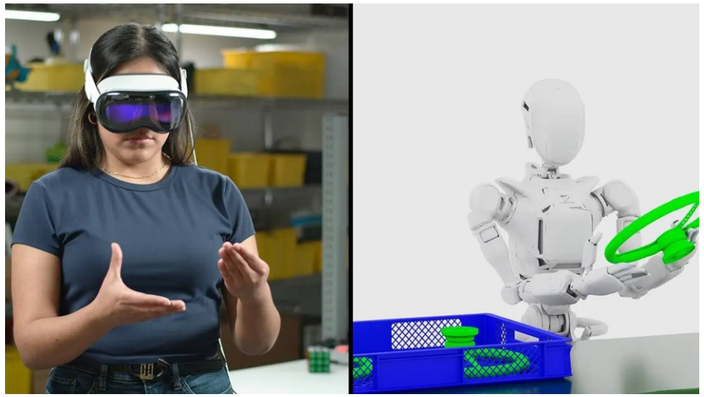
Isaac : Open robotics development platform

① Isaac for Manipulation: 로봇팔 · Manipulator 조작 지능



Object Detection

SyntheticaDETR is a pretrained model for object detection in indoor environments. It can be used as a front end to pose estimators like FoundationPose, so it can localize objects using 2D bounding boxes before pose estimation.



Isaac TeleOp

Collect high-quality human demonstrations through teleoperation in the real- world and simulation.

SyntheticaDETR: https://catalog.ngc.nvidia.com/orgs/nvidia/teams/isaac/models/synthetica_detr?version=1.0.0

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

2. NVIDIA Isaac: 로봇·자율 장비 학습 및 배포 프레임워크

Isaac : Open robotics development platform

② Isaac for Mobility: 자율이동로봇 이동 지능

- Isaac의 이동 영역은 로봇이 주변 공간을 인식하고, 위치를 추정하고, 경로를 생성하며, 환경 변화에 적응하는 이동 정책을 학습하도록 지원함

구성요소	기능
nvblox	3D 공간 내 장애물 인식 및 2D costmap 생성
cuVSLAM	CUDA 가속 Visual SLAM
COMPASS	비전 기반 이동 파운데이션 모델 학습 워크플로우
Isaac ROS	ROS 2 기반 CUDA 가속 로봇 패키지와 AI 모델 제공

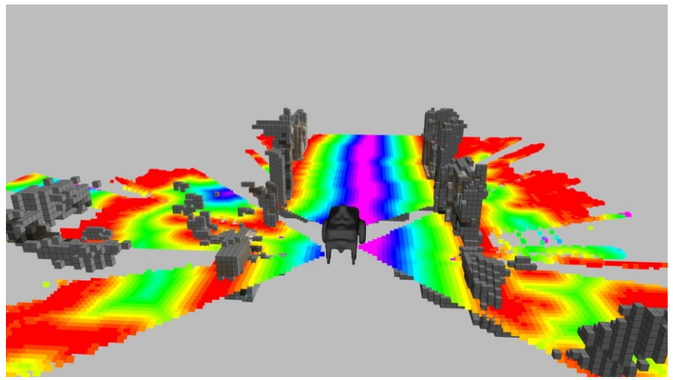
- NVIDIA는 nvblox가 3D 공간 내 장애물을 식별하고 2D costmap을 생성하며 CPU 중심 방식보다 최대 100배 빠른 결과를 제공한다고 함
- 또한 cuVSLAM은 다양한 센서와 플랫폼에서 실시간 CUDA 가속 Visual SLAM을 지원함

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

2. NVIDIA Isaac: 로봇·자율 장비 학습 및 배포 프레임워크

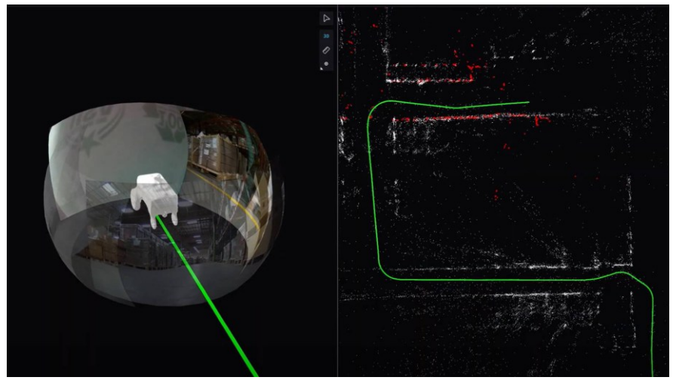
Isaac : Open robotics development platform

② Isaac for Mobility: 자율이동로봇 이동 지능



Real-Time 3D Occupancy Grid

Enable robots to identify obstacles in 3D spaces up to five meters away and generate a 2D costmap using the NVIDIA Nvblox CUDA-accelerated 3D reconstruction library. Get results 100x faster than with CPU-centric methods.

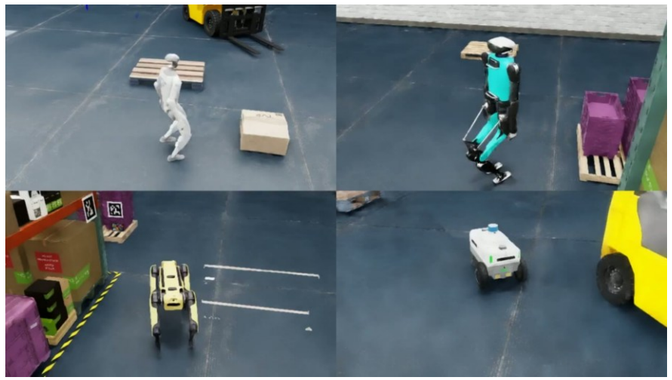


Accelerated Stereo Visual Odometry and SLAM

Accelerated Stereo Visual Odometry and SLAM

Get sub-1% trajectory errors for real-time, CUDA-accelerated visual SLAM across diverse sensors and platforms using NVIDIA cuVSLAM.

Seamlessly navigate environments with sparse visual features or repetitive patterns by fusing input from multiple viewpoints. Get started with pycuVSLAM.



Generalizable End-to-End Mobility

Train vision-based mobility foundation models using NVIDIA COMPASS, enabling navigation across robot types and changing environments.

The workflow includes synthetic data generation with NVIDIA Isaac Sim™ and Cosmos™ Transfer, model training and post-training in Isaac Lab, and deployment with NVIDIA Jetson Orin™ or Thor™.

Nvblox : https://nvidia-isaac-ros.github.io/concepts/scene_reconstruction/nvblox/index.html

cuVSLAM: CUDA-Accelerated Visual Odometry and Mapping: https://github.com/nvidia-isaac/cuVSLAM

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

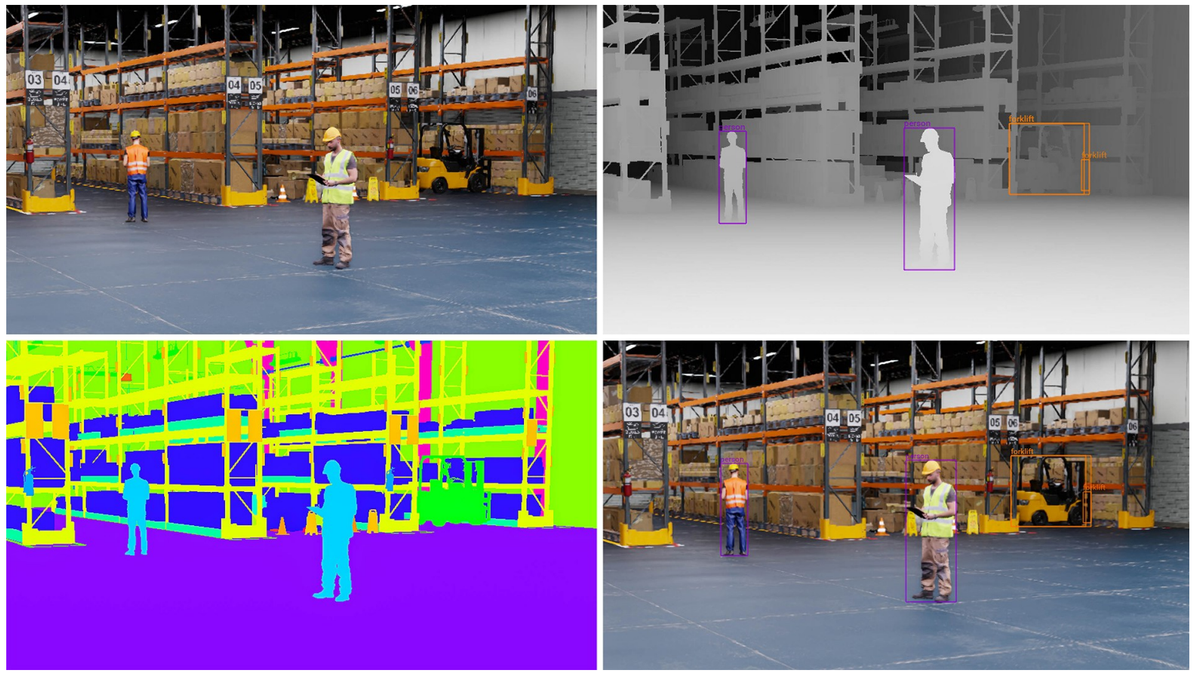
2. NVIDIA Isaac: 로봇·자율 장비 학습 및 배포 프레임워크

Isaac : Open robotics development platform

③ Isaac Sim: 물리 기반 로봇 시뮬레이션 https://github.com/isaac-sim/IsaacSim

- Isaac Sim은 NVIDIA Omniverse 기반의 물리 기반 가상환경임.
- 로봇과 자율기계를 실제 투입 전에 가상환경에서 설계, 시뮬레이션, 테스트, 학습할 수 있도록 함
- NVIDIA는 Isaac Sim과 Cosmos를 함께 활용하면 3D 장면으로부터 로봇 인지 학습용 합성데이터를 생성할 수 있다고 설명함

기능	설명
물리 기반 가상환경	실제 물리 법칙을 반영한 로봇 시뮬레이션
합성데이터 생성	3D 장면 기반 인지 학습 데이터 생성
로봇 테스트	실제 배포 전 안전성·성능 검증
Sim-to-Real	가상환경 학습 결과를 실제 로봇으로 이전



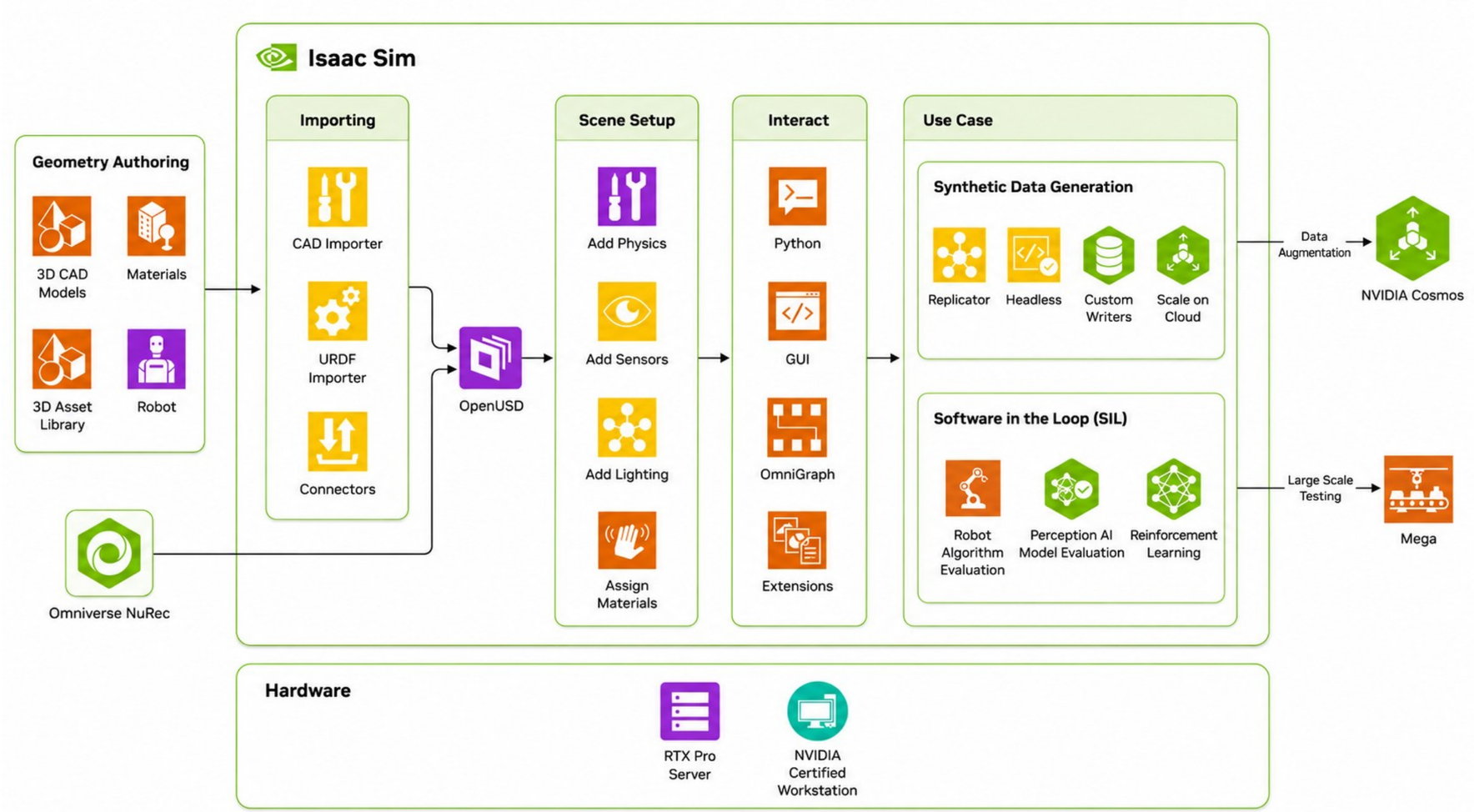
02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

2. NVIDIA Isaac: 로봇·자율 장비 학습 및 배포 프레임워크

Isaac : Open robotics development platform

③ Isaac Sim: 물리 기반 로봇 시뮬레이션

- Isaac Sim은 computer-aided design (CAD), Unified Robot Description Format (URDF), 또는 NVIDIA 옴니버스 NuRec 및 Isaac TeleOp를 통한 실제 캡처와 같은 여러 소스에서 데이터를 수집하여 USD로 변환할 수 있음. 그런 다음 개발자는 재료 할당, Physics 활성화, 로봇 및 센서 모델 구성을 통해 시뮬레이션 장면을 조립함. 여기서 로봇은 NVIDIA Isaac Lab과 함께 로봇 학습에 사용될 수 있으며, Isaac Sim에서 시뮬레이션될 수 있음
- Isaac Sim은 제어 가능한 합성 데이터 생성을 지원하여 개발자가 기존 데이터 소스를 보완하는 맞춤형 데이터 파이프라인을 구축할 수 있음. 이 데이터는 NVIDIA Cosmos™ WFM을 통해 더욱 강화될 수 있음.
- 개발자는 시뮬레이션에서 Perception & Mobility Stacks을 훈련하고 software-in-the-loop 또는 hardware-in-the-loop 테스트를 통해 Isaac Sim의 End-to-End System을 평가할 수 있음



02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

2. NVIDIA Isaac: 로봇·자율 장비 학습 및 배포 프레임워크

Isaac : Open robotics development platform

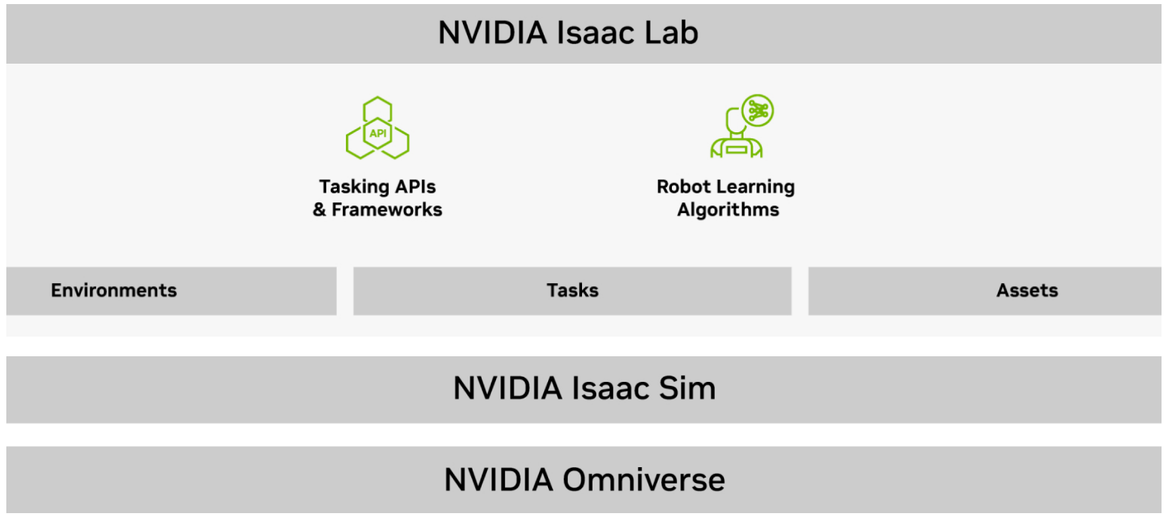
④ Isaac Lab: 로봇 학습 및 로봇 파운데이션 모델 학습

https://github.com/isaac-sim/IsaacSim

- Isaac Lab은 대규모 로봇 정책 학습을 위해 **설계된 오픈소스 GPU 가속 로봇 학습 프레임워크**
- Omniverse 라이브러리 기반으로 구성되며, 고정된 단일 시뮬레이터가 아니라 물리엔진, 카메라 센서, 렌더링 파이프라인을 선택·확장할 수 있는 모듈형 구조임

역할	설명
정책학습	로봇 행동 정책 학습
강화학습	시뮬레이션 기반 반복 학습
로봇 파운데이션 모델 학습	범용 로봇 정책 및 기반 모델 학습
평가	학습된 정책의 성능 검증

기반 구조	NVIDIA Omniverse Libraries 기반 모듈형 아키텍처
학습 대상	Humanoid robots, Manipulator, 자율이동로봇(AMR) 등 다양한 로봇 형태
학습 방식	모방학습, 강화학습 지원
확장성	Newton, PhysX, NVIDIA Warp, MuJoCo 등 다양한 물리엔진 연동
전략적 위치	NVIDIA Isaac GR00T 플랫폼의 핵심 로봇 학습 프레임워크



02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

2. NVIDIA Isaac: 로봇·자율 장비 학습 및 배포 프레임워크

Isaac : Open robotics development platform

④ Isaac Lab: 로봇 학습 및 로봇 파운데이션 모델 학습

NVIDIA Isaac Lab-Arena

https://github.com/isaac-sim/IsaacLab-Arena

PARTNER CONTENT

- 시뮬레이션 환경에서 대규모 로봇 정책 설정 및 평가를 수행하기 위한 오픈소스 프레임워크

TASK DEFINITION INTERFACE

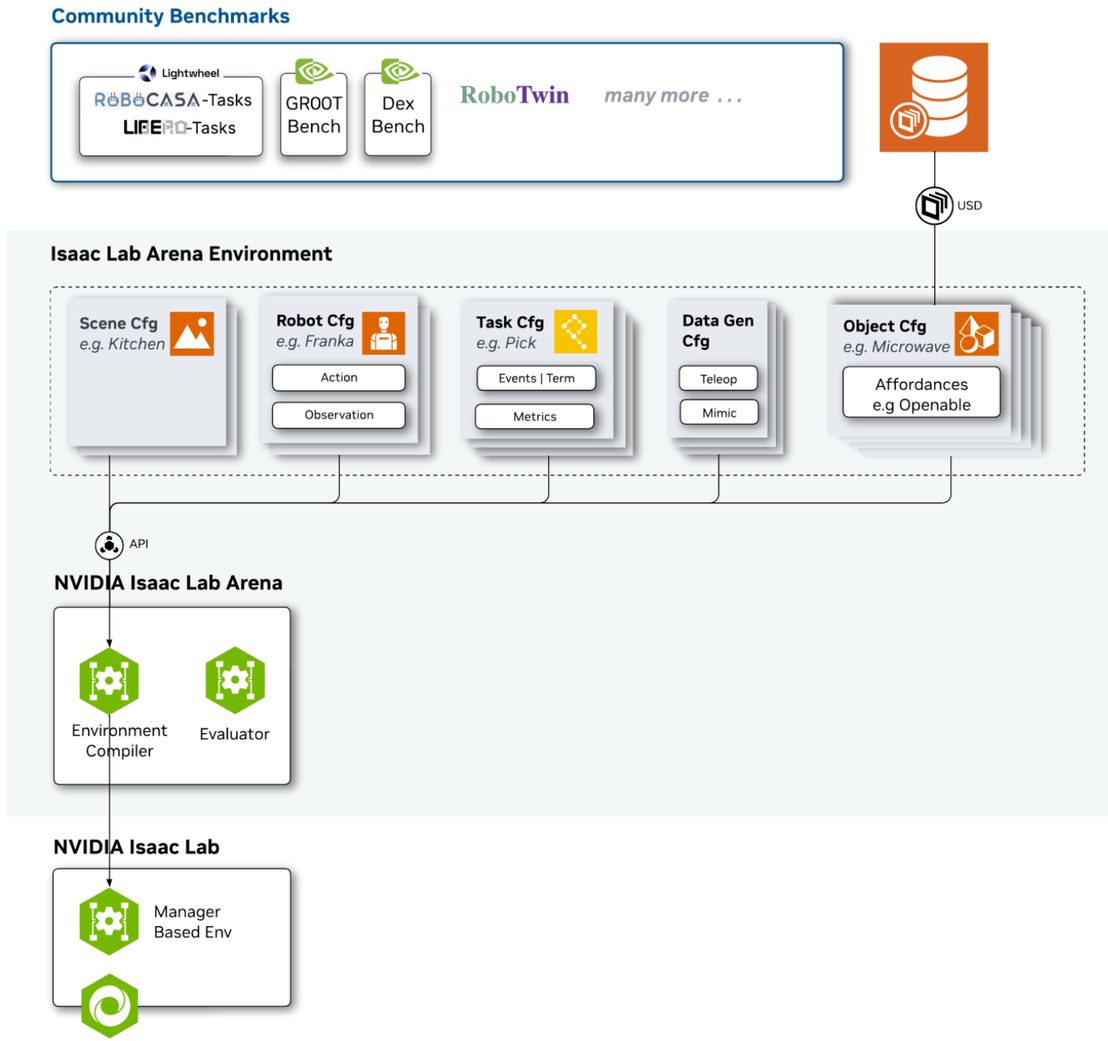
- 간소화된 API를 제공하여 task curation & diversification을 쉽게 만들며, large-scale, GPU-accelerated, parallel evaluations 수행할 수 있음
- Isaac Lab-Arena는 NVIDIA Isaac Lab 위에 구축되어 있으며, 복잡한 시스템을 별도로 구성하지 않고도 다양한 로봇 형태(Embodiments), 객체, 환경을 대상으로 빠른 프로토타이핑 가능하게 함

EVALUATION FRAMEWORK

- 이를 통해 대규모 평가를 보다 쉽게 수행할 수 있으며, 통합된 평가 방법론과 벤치마크를 정립·공개하는 데 활용

➢ Arena lets you compose environments from 3 independent primitives:

Primitive	Description
Scene	The physical environment layout — a collection of objects, furniture, fixtures
Embodiment	The robot and its observations, actions, sensors, and controllers
Task	The objective — what the robot should accomplish (pick-and-place, open door, etc.)



02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

2. NVIDIA Isaac: 로봇·자율 장비 학습 및 배포 프레임워크

Isaac : Open robotics development platform

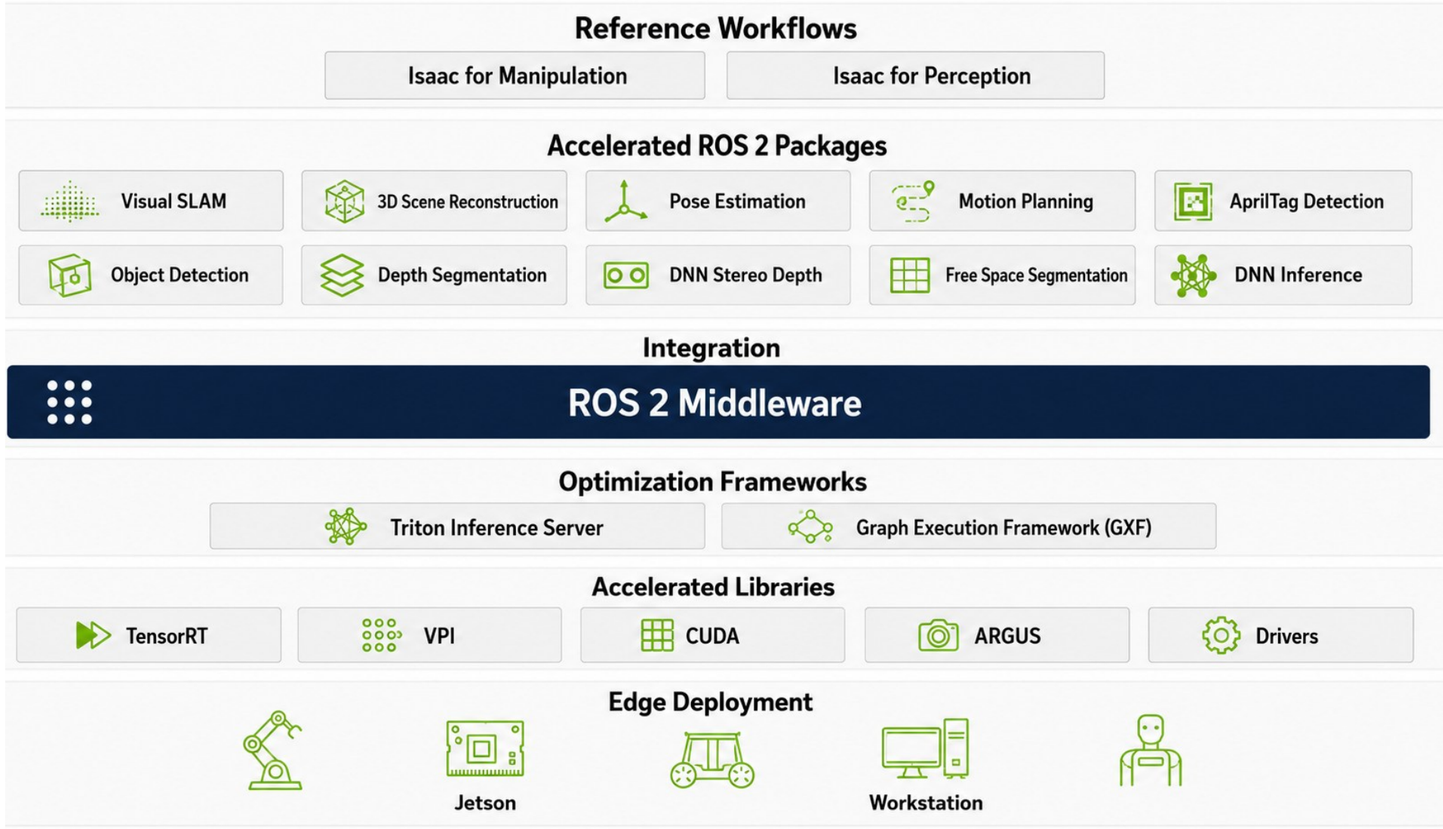
⑤ Isaac ROS: ROS 2 기반 로봇 애플리케이션 가속

https://github.com/NVIDIA-ISAAC-ROS

- NVIDIA Isaac ROS (Robot Operating System)은 오픈소스 ROS 2 기반으로 구축된 NVIDIA 로봇 소프트웨어 패키지임

- CUDA 가속 컴퓨팅 패키지와 AI 모델을 제공하여 고급 AI 로봇 애플리케이션 개발을 빠르게 할 수 있도록 지원함. 즉, Isaac ROS는 기존 ROS 생태계와 NVIDIA GPU 가속을 연결하는 개발자 접점 계층임

- Navigation 및 Perception과 같은 일반적인 작업에 바로 사용할 수 있는 패키지를 제공하고, 최적의 성능을 위해 NVIDIA 프레임워크를 사용하며, 워크스테이션과 NVIDIA Jetson™과 같은 임베디드 시스템 모두에 배포할 수 있음



02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

2. NVIDIA Isaac: 로봇·자율 장비 학습 및 배포 프레임워크

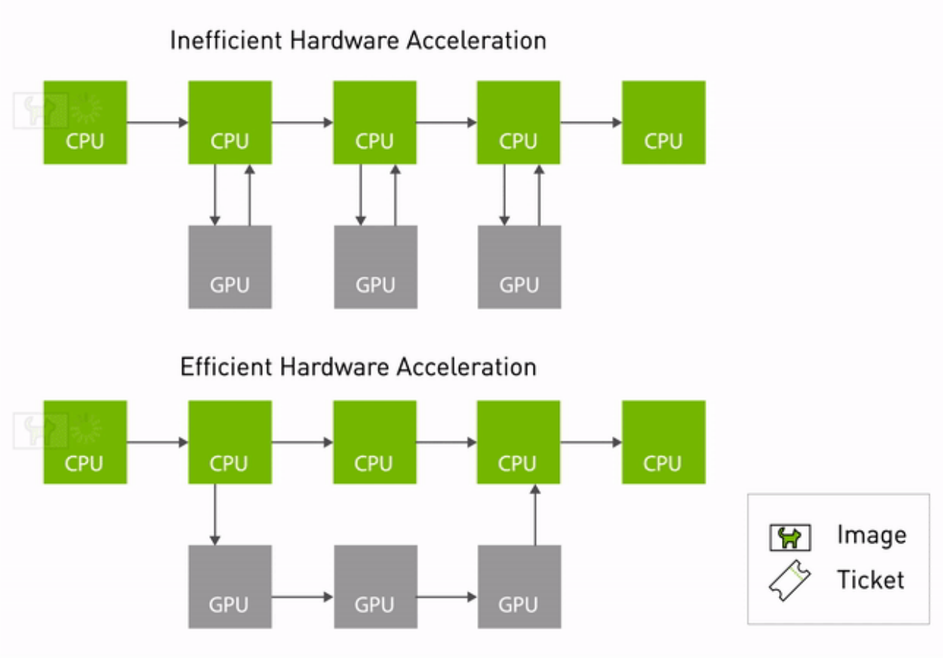
Isaac : Open robotics development platform

⑤ Isaac ROS: ROS 2 기반 로봇 애플리케이션 가속

https://github.com/NVIDIA-ISAAC-ROS

➢ Hardware Acceleration NVIDIA Isaac Transport for ROS

- Isaac ROS NITROS (NVIDIA Isaac Transport for ROS package for hardware-acceleration friendly movement of messages) contains NVIDIA's implementation of type adaptation and negotiation in ROS 2



- ROS 2 graphs using NITROS-based, NVIDIA-accelerated Isaac ROS packages can significantly increase performance
- The performance results of benchmarking the Isaac ROS packages on both Jetson and x86_64 platforms

Node	Input Size	AGX Thor T5000	AGX Thor T4000	DGX Spark	x86_64 w/ RTX 5090
AprilTag Node	720p	385 fps 2.9 ms @ 30 Hz	280 fps 11 ms @ 30 Hz	462 fps 2.4 ms @ 30 Hz	596 fps 2.0 ms @ 30 Hz
TensorRT Node PeopleSemSegNet	544p	566 fps 2.1 ms @ 30 Hz	407 fps 6.8 ms @ 30 Hz	594 fps 1.4 ms @ 30 Hz	1570 fps 1.5 ms @ 30 Hz
Triton Node PeopleSemSegNet	544p	361 fps 4.0 ms @ 30 Hz	280 fps 11 ms @ 30 Hz	362 fps 3.1 ms @ 30 Hz	485 fps 5.4 ms @ 30 Hz
DNN Stereo Disparity Node Full	576p	175 fps 8.8 ms @ 30 Hz	68.5 fps 38 ms @ 30 Hz	167 fps 8.2 ms @ 30 Hz	350 fps 5.3 ms @ 30 Hz
H.264 Decoder Node	1080p	296 fps 4.5 ms @ 30 Hz	296 fps 5.3 ms @ 30 Hz	736 fps 4.35 ms @ 30 Hz	766 fps 4.6 ms @ 30 Hz
H.264 Encoder Node I-frame Support	1080p	296 fps 4.9 ms @ 30 Hz	297 fps 10 ms @ 30 Hz	921 fps 2.7 ms @ 30 Hz	1047 fps 3.8 ms @ 30 Hz
H.264 Encoder Node P-frame Support	1080p	296 fps 2.9 ms @ 30 Hz	297 fps 9.5 ms @ 30 Hz	846 fps 3.1 ms @ 30 Hz	1047fps 3.8 ms @ 30 Hz
Nvblox Node	-	4.94 fps 89.8 ms	-	-	4.96 fps 23.1 ms

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

2. NVIDIA Isaac: 로봇·자율 장비 학습 및 배포 프레임워크

Isaac : Open robotics development platform

⑥ Newton Physics: 차세대 오픈소스 물리 시뮬레이션 엔진

https://github.com/newton-physics/newton

- NVIDIA Newton Physics는 GPU 가속, 확장성, 미분 가능 물리, 오픈소스 구조를 기반으로 로봇이 가상환경에서 물리 지능을 학습·개선하도록 지원하는 로봇 시뮬레이션 물리 엔진임

- Google DeepMind와 Disney Research가 공동 개발하고 Linux Foundation이 관리함
- NVIDIA Warp와 OpenUSD 기반으로 구축되어 로보틱스에 최적화되어 있고, MuJoCo Playground나 Isaac Lab 같은 학습 프레임워크와 호환됨



➢ 정확한 로봇 행동 시뮬레이션을 위해 다음의 물리 법칙과 모델링 요소를 따름

구분	내용
기본 물리 법칙	질량 보존, 운동량 보존
물체 동역학	강체 및 연체 동역학
접촉 물리	접촉, 마찰
로봇 구성요소 모델링	액추에이터 및 센서 모델링
예측 대상	로봇을 포함한 물리적 다물체 시스템의 다양한 시나리오·환경 내 거동

➢ 주요 특징

GPU Accelerated	Leverages NVIDIA Warp for fast, scalable simulation.
Multiple solver implementations	XPBD, VBD, MuJoCo, Featherstone, SemiImplicit.
Modular design	Easily extendable with new solvers and components
Differentiable	Supports differentiable simulation for machine learning and optimization.
Rich Import/Export	Load models from URDF, MJCF, USD, and more
Open Source	Maintained by Disney Research, Google DeepMind, & NVIDIA.

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

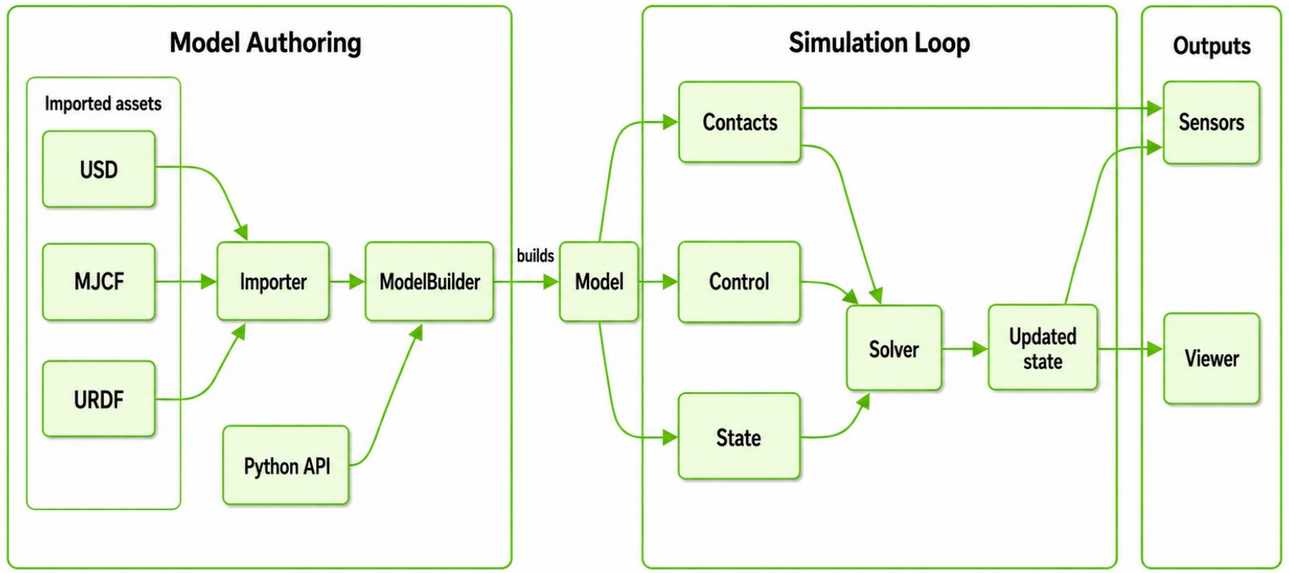
2. NVIDIA Isaac: 로봇·자율 장비 학습 및 배포 프레임워크

Isaac : Open robotics development platform

⑥ Newton Physics: 차세대 오픈소스 물리 시뮬레이션 엔진

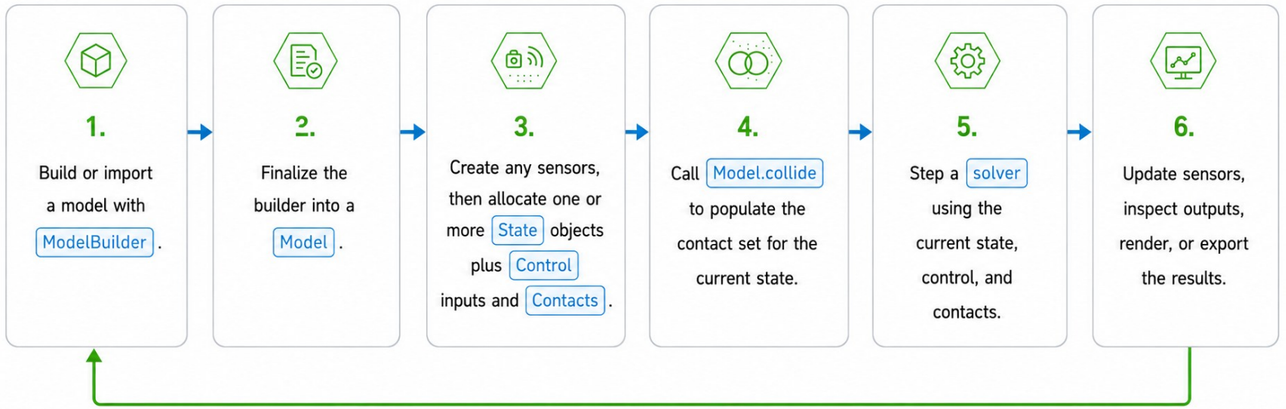
https://github.com/newton-physics/newton

Core Concepts



모듈	핵심 역할
ModelBuilder	Primitives 또는 Imported Assets으로부터 시뮬레이션 모델을 구성하는 Entry Point
Model	Bodies, Joints, Shapes, Physical properties 등 시뮬레이션 세계의 물리 구조·파라미터·설정을 포함하는 모델
State	특정 시점의 Dynamic State를 표현하며, 위치·속도 등 Solver가 매 단계 갱신하는 정보를 포함
Contacts	**Model.collide**로 생성된 Active contact set을 저장하며, Contact forces 등 센싱·분석용 확장 속성을 포함 가능
Control	시뮬레이션 루프에서 적용되는 Joint targets과forces 등 제어 입력을 인코딩
Solver	물리 적분, 접촉 처리, 제약 조건 적용을 통해 시뮬레이션을 진행하는 핵심 계산 모듈
Sensors	**State, Contacts, site, shape** 등으로부터 관측값을 계산하는 센서 모듈
Importer	**add_urdf(), add_mjcf(), add_usd()**를 통해 외부 형식의 모델을 불러오는 모듈
Viewer	시뮬레이션을 실시간 또는 오프라인으로 시각화하는 모듈

Simulation Loop



02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

2. NVIDIA Isaac: 로봇·자율 장비 학습 및 배포 프레임워크

Isaac : Open robotics development platform

⑦ Isaac GR00T: 휴머노이드 로봇 파운데이션 모델

https://github.com/NVIDIA/Isaac-GR00T

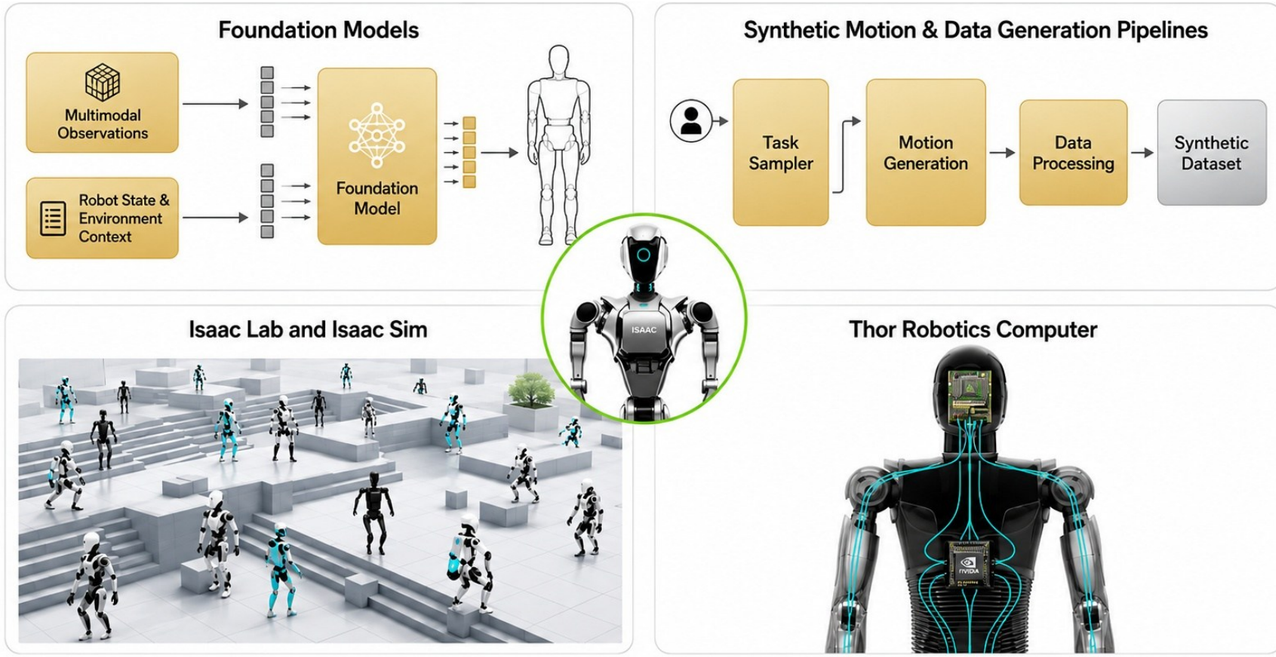
- Isaac GR00T는 휴머노이드 로봇 개발 가속화 위한 범용 로봇 파운데이션 모델(Isaac GR00T N)과 데이터 파이프라인(GR00T-Mimic, GR00T-Dreams) 개발 위한 연구 이니셔티브이자 오픈 개발 플랫폼임

➢ Isaac GR00T 작동 방식

- 1) Cognition 및 Control를 위한 로봇 파운데이션 모델, 2) NVIDIA Omniverse™ 및 Cosmos™를 기반으로 한 시뮬레이션 프레임워크, 3) 합성 데이터와 환경을 생성하기 위한 데이터 파이프라인, 그리고 4) 로봇 스택 전체를 실행하기 위한 컴퓨터인 Jetson AGX Thor™를 갖추고 있음

Synthetic Data From Neural Simulation for Robot Training





02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

2. NVIDIA Isaac: 로봇·자율 장비 학습 및 배포 프레임워크

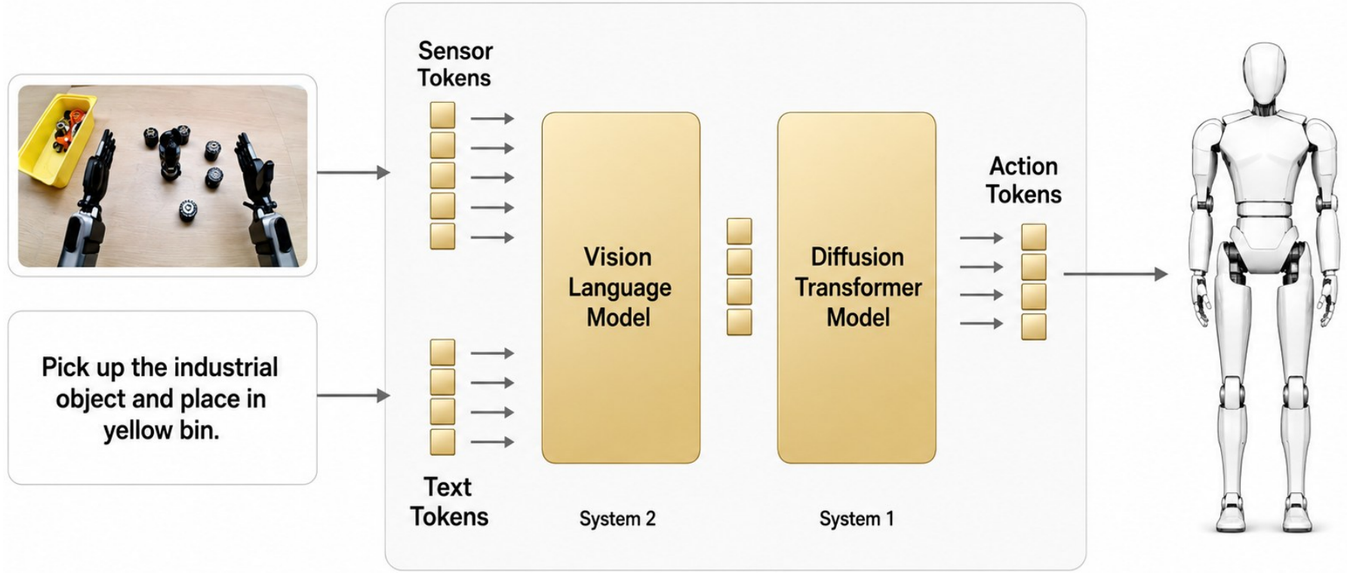
Isaac : Open robotics development platform

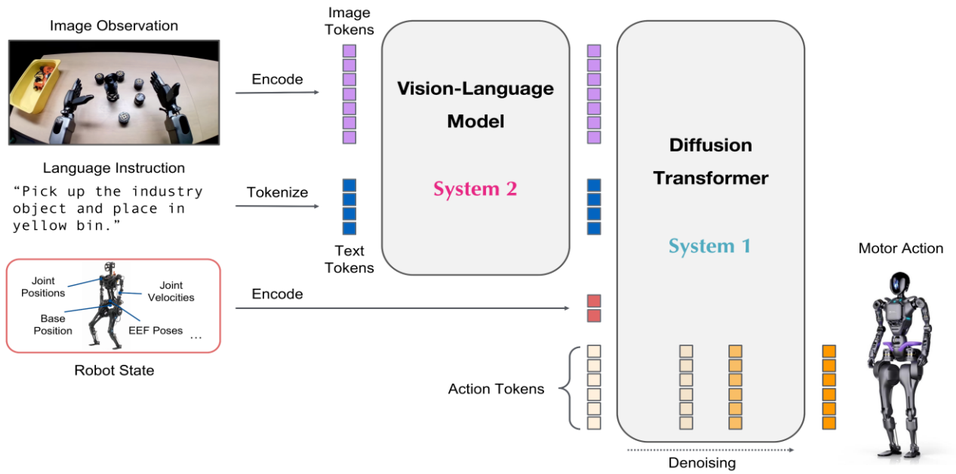
⑦ Isaac GR00T: 휴머노이드 로봇 파운데이션 모델

https://github.com/NVIDIA/Isaac-GR00T

➢ Isaac GR00T N Robot Foundation Models

- 일반화된 휴머노이드 로봇 추론 및 기술에 이상적임. 이 Cross-embodiment 솔루션은 언어와 이미지를 포함한 multimodal 입력(언어, 영상 등)을 받아 다양한 환경에서 Manipulation 작업을 수행함
- 이 모델들은 Real 캡처된 데이터와 Isaac GR00T-Dreams blueprint, Isaac GR00T-Mimic blueprint의 구성 요소를 사용하여 생성된 합성 데이터, 그리고 인터넷 규모의 비디오 데이터로 구성된 광범위한 휴머노이드 데이터셋에서 훈련됨. 또한 특정 Embodiments, Tasks 및 Environments에 대한 Post 훈련을 통해 적응할 수 있음.
- Isaac GR00T N 모델은 한쪽 또는 양쪽 팔로 물체를 잡고, 이동하고, 한 팔에서 다른 팔로 물건을 옮기는 등의 일반적인 작업을 쉽게 일반화하거나, 긴 컨텍스트와 일반적인 기술의 조합이 필요한 다단계 작업을 수행할 수 있음. 이러한 기능은 Material 핸들링, 패키징, 검사 등 다양한 사용 사례에 적용될 수 있음





➢ GR00T-N1.7-3B

https://huggingface.co/nvidia/GR00T-N1.7-3B

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

2. NVIDIA Isaac: 로봇·자율 장비 학습 및 배포 프레임워크

Isaac : Open robotics development platform

⑦ Isaac GR00T: 휴머노이드 로봇 파운데이션 모델

https://github.com/NVIDIA/Isaac-GR00T

➢ Isaac GR00T Workflows

- 단일 모델이 아니라, 데이터 수집, 합성 데이터 생성, 시뮬레이션 학습, 조작 지능, 이동 지능, 전신 제어, 인지 지능을 통합한 휴머노이드 Physical AI 개발 파이프라인으로 이해할 수 있음
- GR00T Workflows의 핵심은 로봇이 단순히 명령을 수행하는 수준을 넘어, 사람의 행동을 관찰하고, 시뮬레이션에서 다양한 상황을 학습하며, 실제 환경에서 인지·판단·행동을 수행하는 범용 로봇 지능 체계로 발전하도록 지원한다는 점임

구분	핵심 내용	역할
Isaac-Teleop	실제 환경과 시뮬레이션에서 고품질 인간 시연 데이터를 수집	로봇 학습용 원천 데이터 확보
GR00T-Mimic	소수의 인간 시연으로부터 대량의 합성 모션 궤적 생성	데이터 부족 문제 보완 및 모션 학습 확대
GR00T-Gen	다양하고 현실적인 시뮬레이션 환경에서 새로운 상황에 일반화·적응하도록 학습	환경 변화 대응력 강화
GR00T-Dexterity	픽셀 입력에서 행동까지 연결되는 end-to-end 파지 시스템 구현	인간과 유사한 정교한 조작 능력 확보
GR00T-Mobility	강화학습과 모방학습을 통해 새로운 미경험 환경에 적응	이동성·보행·환경 적응 능력 향상
GR00T-Control	전신 제어 라이브러리, 모델, 정책을 활용한 정밀 휴머노이드 제어	빠르고 정확한 로봇 동작 제어
GR00T-Perception	VLM, LLM, 검색증강 메모리를 통합하여 인지·판단·적응성 향상	로봇의 상황 이해 및 인지 지능 강화

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

2. NVIDIA Isaac: 로봇·자율 장비 학습 및 배포 프레임워크

⑧ Humanoid Robotics Ecosystem

- NVIDIA는 휴머노이드 개발자들의 전 세계의 Ecosystem을 가속화하기 위해 파운데이션 모델, 가속화 라이브러리, 및 blueprints를 구축함



02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

2. NVIDIA Isaac: 로봇·자율 장비 학습 및 배포 프레임워크

3) NVIDIA Isaac의 개발 워크플로우

단계	Isaac 구성요소	설명
1. 로봇·환경 모델링	Isaac Sim, Omniverse	로봇, 센서, 작업환경을 가상공간에 구성
2. 합성데이터 생성	Isaac Sim, Cosmos	3D 장면 기반 인지 학습 데이터 생성
3. 인지 모델 개발	FoundationPose, FoundationStereo, SyntheticaDETR	객체탐지, 자세추정, 깊이추정
4. 정책 학습	Isaac Lab	강화학습·모방학습·로봇 정책 학습
5. 이동·조작 계획	cuMotion, nvblox, cuVSLAM, COMPASS	경로계획, SLAM, 장애물 회피, 이동정책
6. ROS 애플리케이션화	Isaac ROS	ROS 2 기반 로봇 SW 구성
7. 현장 배포	AGX, Jetson, Thor	실제 로봇에서 저지연 추론·제어 수행
8. 운영·최적화	OSMO	분산 환경에서 워크플로우 확장·관리

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

2. NVIDIA Isaac: 로봇·자율 장비 학습 및 배포 프레임워크

4) NVIDIA Isaac의 전략적 의미

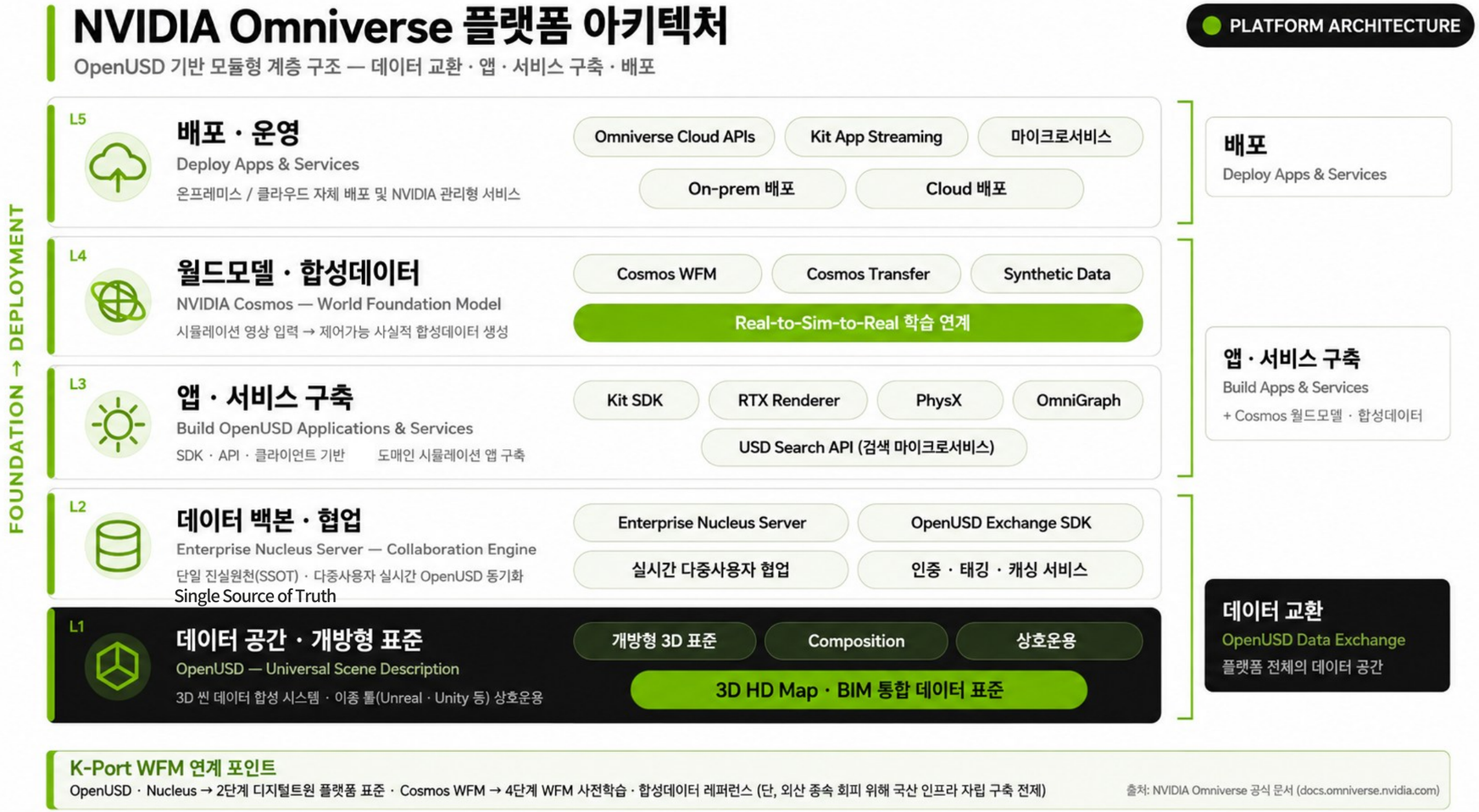
- 로봇 개발의 전 과정을 하나의 GPU 중심 생태계로 묶는 것임.
- DGX는 로봇 AI 모델 학습, OVX는 시뮬레이션·테스트·훈련, AGX와 Jetson은 실제 로봇 배포를 담당함.
  NVIDIA는 세 컴퓨팅 플랫폼이 개발자 워크플로우를 가속한다고 설명함

기존 로봇 개발	NVIDIA Isaac 기반 개발
실제 로봇 중심 반복 실험	시뮬레이션 기반 선학습·검증
개별 알고리즘 개발	CUDA 가속 라이브러리·AI 모델 활용
센서·제어·학습 분리	인지-계획-제어-배포 통합
소규모 데이터 기반 학습	합성데이터·파운데이션 모델 기반 학습
현장 배포 후 문제 발견	Sim-to-Real 기반 사전 검증

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

3. Omniverse와 OpenUSD: 물리 기반 디지털트윈의 공통 언어

- Omniverse는 NVIDIA 피지컬 AI 생태계의 디지털트윈·시뮬레이션 운영체계임
- NVIDIA는 OpenUSD를 CAD, 시뮬레이션 자산, 실세계 텔레메트리 데이터를 물리적으로 정확한 공통 세계 표현으로 통합하는 핵심 기반으로 제시함
- 2026년에는 Omniverse를 하나의 거대한 플랫폼으로만 쓰게 하는 것이 아니라, RTX 렌더링, PhysX 기반 물리 시뮬레이션, 데이터 저장 파이프라인을 각각 ovrtx, ovphysx, ovstorage 같은 모듈형 라이브러리로 분리하여 기존 산업 SW, PLM, PDM, 로봇 시뮬레이터에 쉽게 통합할 수 있도록 전환하고 있음



➢ 항만 물류 디지털트윈도 단순 3D 시각화가 아니라 OpenUSD/물리엔진/센서 시뮬레이션/장비 동역학을 포함한 학습 가능한 World Model 환경으로 설계해야 함

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

3. Omniverse와 OpenUSD: 물리 기반 디지털트윈의 공통 언어

❖ OpenUSD

➢ **OpenUSD 핵심 정의**

- OpenUSD(Universal Scene Description)은 3D 세계를 기술하고, 구성하고, 시뮬레이션하고, 협업하기 위한 개방형·확장형 3D 장면 기술 프레임워크
- NVIDIA는 OpenUSD를 단순한 파일 포맷이 아니라, 디지털 트윈, Physical AI, 로보틱스 시뮬레이션, 산업용 3D 파이프라인을 연결하는 공통 장면 기술 언어로 설명함

- OpenUSD는 대규모 3D 세계를 계층적·비파괴적·재사용 가능한 방식으로 표현하고, 물리·센서·재질·semantic metadata를 통합하여 Physical AI와 디지털 트윈의 공통 데이터 계층을 제공하는 개방형 3D scene description framework임.
- 기존 3D 포맷이 “객체를 저장하는 파일”에 가깝다면, OpenUSD는 “**복수의 팀, 복수의 도구, 복수의 시뮬레이션 엔진이 공유할 수 있는 3D 세계의 운영 체계**”에 가까움.
- 특히 NVIDIA Omniverse, Isaac, Cosmos, SimReady asset, RTX rendering, synthetic data generation과 결합될 때 OpenUSD는 Physical AI 개발의 중심 데이터 구조가 됨

- Shared Framework는 전체 개발 파이프라인에서 자율 시스템을 구축, 시뮬레이션 및 검증할 수 있게 함

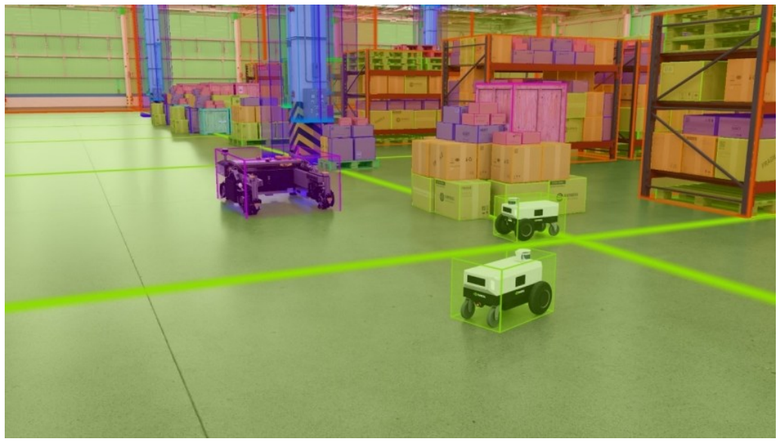
Digital Twin	OpenUSD는 Sensor Stream, CAD Geometry, Material 및 Simulation Physics을 실시간으로 쿼리하고 업데이트할 수 있는 Unified Scene으로 조립하는 **공통 데이터 계층**을 제공함
Robotics simulation	CAD, MJCF 및 CAD assemblies는 kinematics, colliders, materials를 보존하여 USD로 변환되므로 배포 전에 물리적으로 정확한 환경에서 로봇을 검증할 수 있음
Synthetic data generation	OpenUSD의 **non-destructive 계층** 모델을 통해 팀은 materials, lighting, semantics, geometry을 빠르게 변화시켜 Assets을 중복하지 않고도 AI 모델에 대한 학습 데이터를 생성
SimReady asset validation	SimReady 사양은 지원되는 물리적 AI 시뮬레이션 워크플로우를 위해 OpenUSD Assets이 충족해야 하는 요구 사항, 기능, 특징 및 프로필을 정의

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

3. Omniverse와 OpenUSD: 물리 기반 디지털트윈의 공통 언어

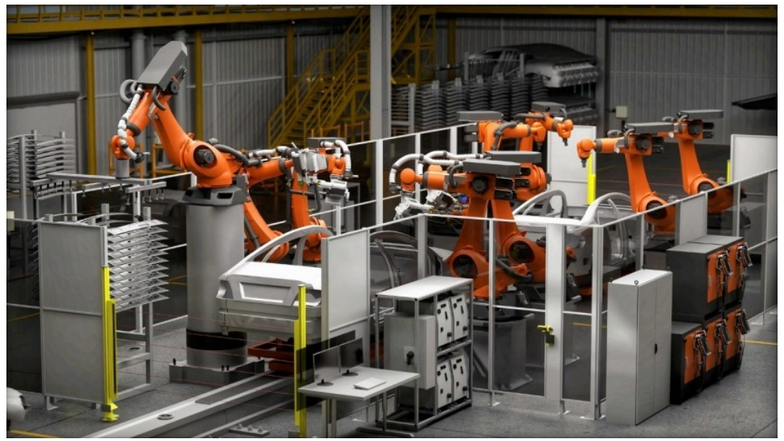
❖ OpenUSD

➢ Use Cases



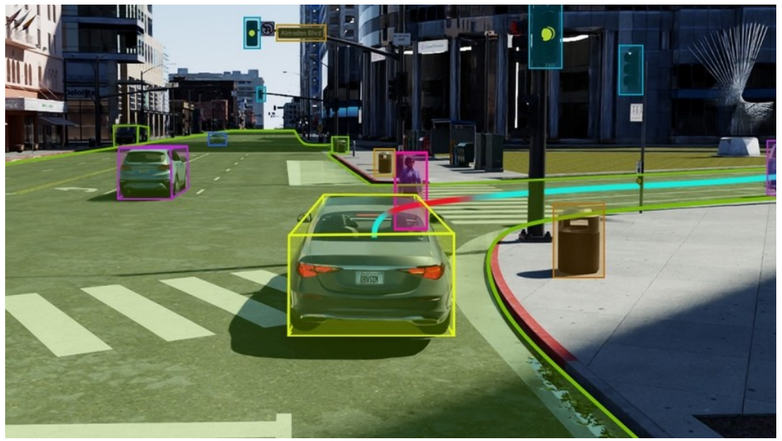
Robot Simulation : Simulate and validate robots in physically accurate environments

https://www.nvidia.com/en-us/use-cases/robotics-simulation/



Industrial Facility Digital Twins : Build intelligent factories, warehouses, and industrial facilities for the era of physical AI

https://www.nvidia.com/en-us/use-cases/industrial-facility-digital-twins/



Autonomous Vehicle Simulation : Explore high-fidelity sensor simulation for safe autonomous vehicle development

https://www.nvidia.com/en-us/use-cases/autonomous-vehicle-simulation/

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

❖ OpenUSD

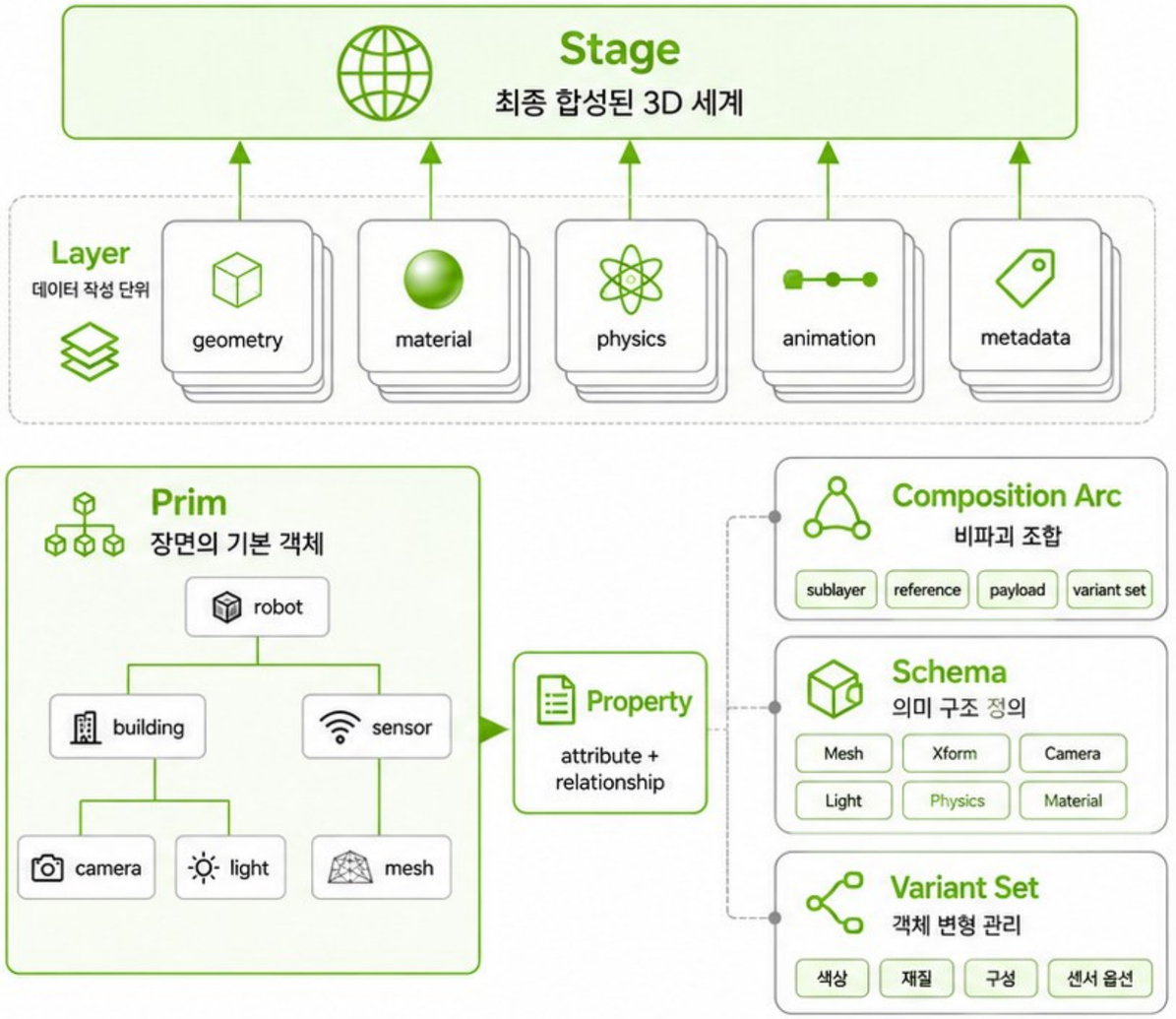
➢ OpenUSD 핵심구성 요소

구성 요소	기술적 의미	설명
Stage	최종 합성된 3D 세계	여러 USD 레이어가 합성되어 보이는 하나의 장면 뷰
Prim	장면의 기본 객체	로봇, 건물, 센서, 카메라, 조명, 메시 등 계층 구조의 노드
Layer	데이터 작성 단위	geometry, material, physics, animation, metadata 등을 독립적으로 저장
Property	Prim의 속성	attribute와 relationship으로 구성
Composition Arc	레이어·객체 조합 연산자	sublayer, reference, payload, variant set 등으로 비파괴 조합 수행
Schema	의미 구조 정의	Mesh, Xform, Camera, Light, Physics, Material 등 도메인별 데이터 모델
Variant Set	객체 변형 관리	색상, 재질, 구성, 센서 옵션 등 여러 버전을 중복 없이 표현

NVIDIA 설명 요약

NVIDIA는 OpenUSD가 여러 데이터 레이어를 하나의 Stage로 통합하며, 모든 3D 요소는 Prim 계층 구조 안에 배치되고, 각 레이어는 속성·관계·물리·조명·셰이딩·지오메트리 같은 장면 기술 정보를 포함한다고 설명합니다.

➢ OpenUSD 계층적 데이터 구조



02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

❖ OpenUSD

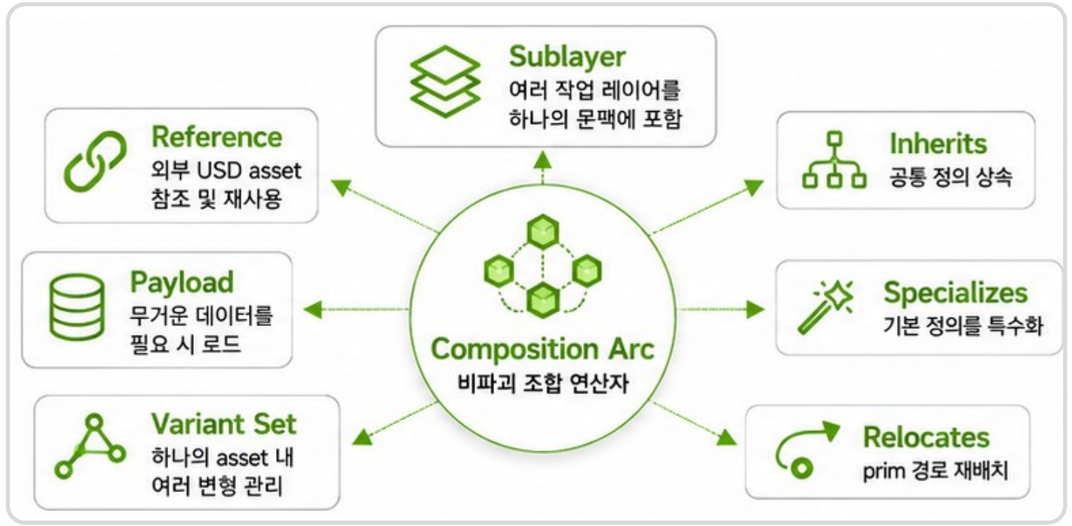
➢ Composition Arc (OpenUSD 핵심 기술)

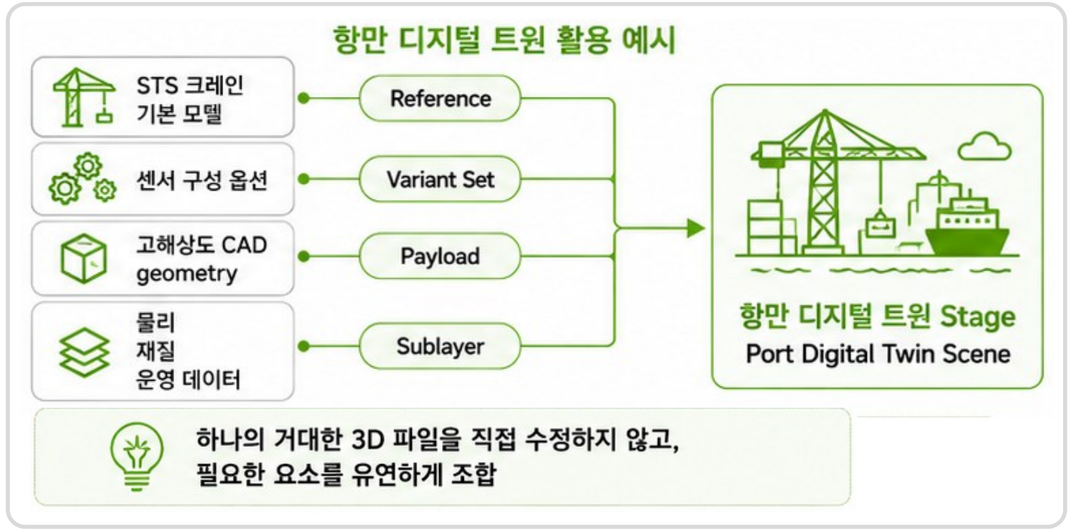
Composition Arc	역할	활용 예
Sublayer	여러 작업자의 레이어를 하나의 문맥에 포함	설계팀, 재질팀, 물리팀 작업을 별도 레이어로 관리
Reference	외부 USD asset을 현재 장면에 참조	크레인, AGV, 로봇팔, 컨테이너 asset 재사용
Payload	무거운 데이터를 필요할 때만 로드	대규모 항만·공장·도시 디지털 트윈에서 성능 최적화
Variant Set	하나의 asset 안에 여러 변형 저장	로봇 센서 옵션, 장비 모델, 재질, 색상, 하역 구성 변경
Inherits / Specializes	공통 정의를 상속·특수화	표준 장비 템플릿에서 세부 장비 파생
Relocates	경로 재배치	대규모 장면 구조 변경 시 prim 경로 관리

핵심 의미

- Composition Arc는 OpenUSD의 핵심 조합 메커니즘이다.
- Reference, Payload, Variant Set, Sublayer를 조합하면 협업과 재사용성이 크게 향상된다.
- 대규모 디지털 트윈에서도 필요한 데이터만 불러와 성능과 유지보수 효율을 높일 수 있다.
- 항만·공장·도시와 같은 복잡한 3D 시스템을 비파괴적으로 관리할 수 있다.

작은 USD 데이터를 더 큰 Scene으로 비파괴적으로 조합하는 핵심 매커니즘



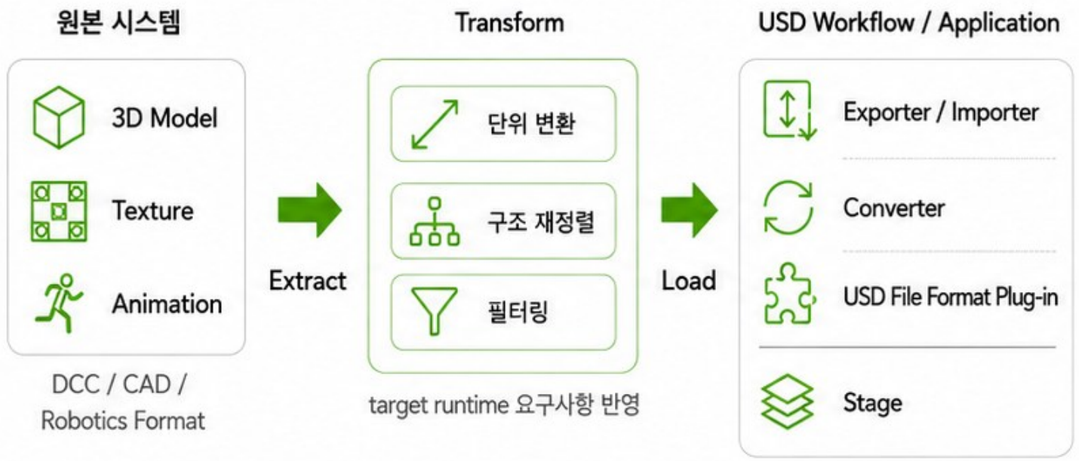


02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

❖ OpenUSD

➢ 데이터 교환과 파일 포맷

데이터 교환 관점의 OpenUSD



Importer / Exporter
DCC 애플리케이션에서 USD 입출력 수행

Converter
독립 프로그램·스크립트로 여러 3D 파일을 USD로 변환

USD File Format Plug-in
원본 포맷을 유지한 채 Stage를 열 때 동적으로 USD처럼 읽고 변환

NVIDIA 핵심 메시지: conceptual data mapping + ETL은 서로 다른 DCC, CAD, 로보틱스 포맷을 USD 생태계로 정확히 통합하는 핵심 절차

파일 포맷: USD, USDA, USDC, USDZ

OpenUSD의 네 가지 native 파일 포맷은 모두 3D scene data 저장과 교환에 사용되며, mesh, camera, light, shader 등을 포함할 수 있습니다.

포맷	특징	권장 용도
.usda	ASCII 텍스트 포맷, 사람이 읽고 편집 가능	학습, 디버깅, 작은 interface layer
.usdc	Crate binary format, 로딩 성능과 메모리 효율 우수	geometry, shading network 등 대용량 데이터
.usd	ASCII 또는 binary를 모두 담을 수 있는 일반 확장자	production asset의 일반 USD 파일
.usdz	비압축 zip archive 형태의 패키지	완성 asset 배포, XR 경험, texture 포함 전달

권장 사용 방식

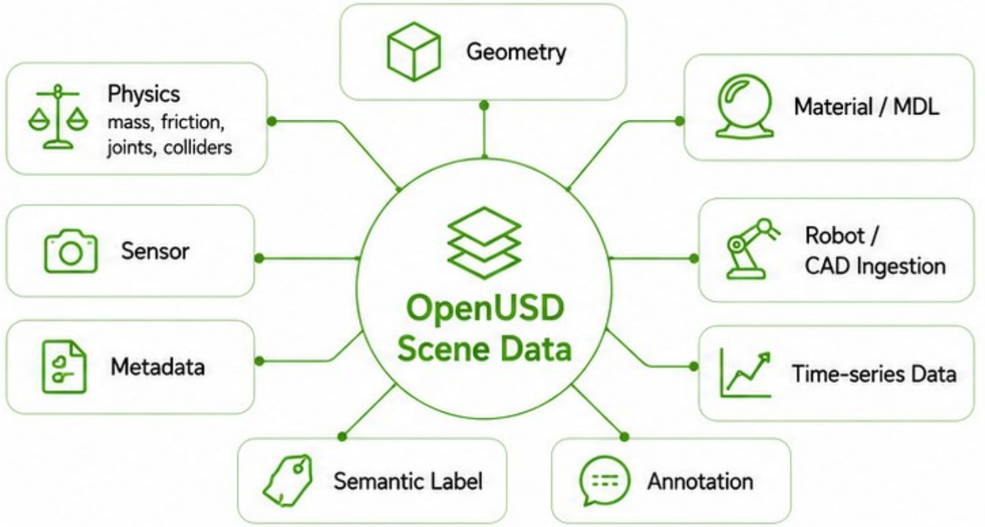
- 대용량 geometry·shading network 레이어에는 binary USDC 선호
- 사람이 읽어야 하는 interface layer, debugging, diffing 용도에는 USDA 권장

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

❖ OpenUSD

➢ 표현 데이터 및 SimReady

OpenUSD가 표현할 수 있는 데이터



보존·변환 가능한 정보

- URDF, MJCF, CAD assembly → USD 변환 시 kinematics, colliders, materials 보존
- MDL을 통해 CAD proprietary finish를 물리 기반 재질로 변환
- Ray tracing 환경에서 정확한 재질 표현 가능
- 로봇 시뮬레이션, 자율주행, 항만 장비 시뮬레이션, 제조 디지털 트윈에 중요

OpenUSD는 geometry뿐 아니라 물리·센셔·의미 정보까지 함께 표현하는 장면 데이터 프레임워크

OpenUSD와 SimReady

일반 3D 모델



- 외형 mesh 중심
- 시각 표현 위주
- 시뮬레이션 정보 부족

SimReady Asset

Mass / Inertia	Colliders	Joints / Kinematics	Wheel / Steering	Sensor Pose
Material	Semantic Label	Physics Constraint	Control Interface	Data Binding

SimReady가 정의하는 요소

- Requirements
- Capabilities
- Features
- Profiles
- Validation Path

OpenUSD scene과 asset이 산업 시뮬레이션 및 Physical AI 학습 요구사항을 충족하는지 정의

항만 AGV 예시



- 외형 mesh
- 바퀴/조향 구조
- 질량
- 센서 위치
- 충돌체
- 재질 / semantic label / 제어 인터페이스

핵심 의미

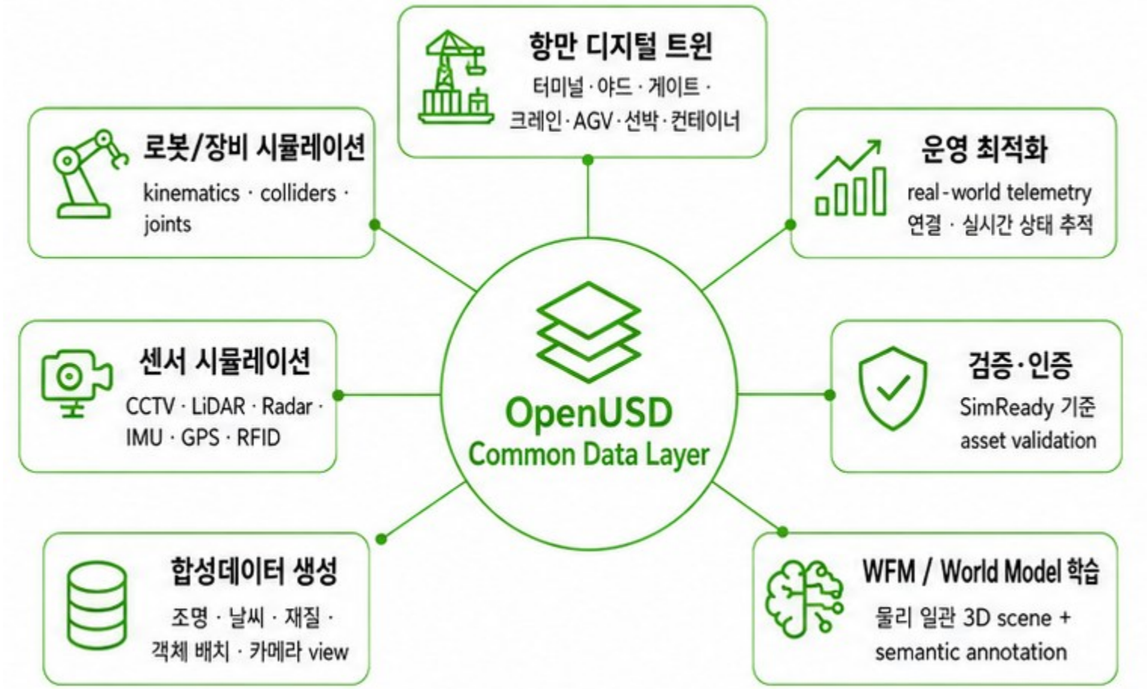
- OpenUSD는 단순 geometry 교환 포맷이 아니라 다양한 장면 의미와 동작 정보를 담을 수 있다.
- SimReady는 보기 좋은 3D 모델이 아니라 시뮬레이션 가능한 3D 객체를 의미한다.
- 물리 속성, 센서, semantic label, 제어 인터페이스가 결합되어야 Physical AI 학습에 활용할 수 있다.
- 로보틱스, 자율주행, 항만 장비, 제조 디지털 트윈에서 매우 중요하다.

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

❖ OpenUSD

➢ Physical AI 관점에서 OpenUSD 활용

▪ OpenUSD를 Physical AI 개발 파이프라인의 공통 데이터 계층으로 활용 방식



OpenUSD의 해석

- OpenUSD는 디지털 트윈, 시뮬레이션, 합성데이터, 검증을 연결하는 공통 장면 기술 체계이다.
- Physical AI 개발에서 동일한 scene 표현을 재사용해 협업성과 일관성을 높인다.
- 장비, 센서, 재질, 의미 정보, telemetry를 하나의 구조로 연결할 수 있다.
- 항만·물류와 같은 복잡한 산업 현장의 Physical AI 파이프라인에 적합하다.

▪ 항만 물류 Physical AI 적용 방안

Physical AI 구성	OpenUSD 역할
항만 디지털 트윈	터미널, 야드, 게이트, 크레인, AGV, 선박, 컨테이너를 하나의 Stage로 구성
로봇/장비 시뮬레이션	AGV, ARMGC, STS 크레인, 로봇팔의 kinematics, colliders, joints 표현
센서 시뮬레이션	CCTV, LiDAR, Radar, IMU, GPS, RFID 위치와 metadata 연결
합성데이터 생성	조명, 날씨, 재질, 객체 배치, 카메라 view를 variant로 변경
WFM/World Model 학습	물리적으로 일관된 3D scene과 semantic annotation을 학습 데이터로 제공
운영 최적화	real-world telemetry를 USD scene에 연결해 실시간 상태 추적
검증·인증	SimReady 기준으로 asset이 실제 시뮬레이션 가능한지 검증

파이프라인 연결



핵심 의미

- OpenUSD는 Physical AI 개발의 공통 데이터 계층이다.
- 시뮬레이션과 학습, 운영과 검증을 하나의 scene 체계로 연결한다.
- SimReady와 결합하면 시뮬레이션 가능한 자산 품질을 표준화할 수 있다.
- 항만·물류 디지털 트윈과 자율장비 개발에 매우 유용하다.

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

❖ OpenUSD 기반 개발 워크플로우

기존 산업, 로보틱스 데이터를 OpenUSD 기반 시뮬레이션과 개발 생태계로 연결하는 단계별 흐름



워크플로우 해석

- OpenUSD는 다양한 원천 데이터를 공통 scene 구조로 정리한다.
- 구조화된 asset 설계와 composition이 대규모 장면 개발 효율을 높인다.
- 최종적으로 Physical AI 시뮬레이션과 NVIDIA 개발 생태계로 연결된다.

❖ 단계별 핵심 목적

개발 단계	핵심 목적
1 기존 asset 확보	기존 산업·로보틱스 자산 수집 및 정리
2 USD 변환 또는 연결	이기종 포맷을 USD 워크플로우로 통합
3 Conceptual Data Mapping	의미 구조와 기술 속성의 정확한 매핑
4 Asset Structuring	재사용성과 성능을 고려한 asset 구조 설계
5 Composition Arc 적용	대규모 scene의 비파괴 조합 및 관리
6 Simulation-ready 구성	물리·센서·semantic 정보가 포함된 시뮬레이션 자산 완성
7 Omniverse / Isaac / Kit SDK 연계	OpenUSD 개발·실행·확장 환경과 연결

❖ NVIDIA 개발 생태계 연결



핵심 의미

- OpenUSD 도입은 단순 포맷 변환이 아니라 데이터 구조화 과정이다.
- Conceptual data mapping과 asset structuring이 품질과 재사용성을 좌우한다.
- Composition Arc와 simulation-ready 구성이 Physical AI 활용도를 높인다.
- Omniverse, Isaac, Kit SDK, USD NIM microservices가 개발 파이프라인을 확장한다.

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

3. Omniverse와 OpenUSD: 물리 기반 디지털트윈의 공통 언어

❖ OpenUSD

➢ OpenUSD 작동 원리

- OpenUSD는 다층 데이터 레이어들을 단일 뷰 또는 Stage로 통합하여, 각 3D 데이터는 계층화된 Scene description과 컴포지션 아크(composition arc)로 구성하여, 3D 도구와 워크플로우 간의 끊임없는 협업을 지원함.
- OpenUSD는 효과적인 Asset Structuring 및 SimReady(시뮬레이션 준비) Standards을 통해 개별 자산에서 대규모 산업 환경으로 확장됨

구성요소	기술 내용
OpenUSD Stage	모든 3D 요소가 데이터 레이어를 포함하는 'prim(프리미티브, 객체·요소)'의 계층구조로 결합되는 통합 무대
Data Layer Stack	각 데이터 레이어가 물리·조명·셰이딩·지오메트리 등 속성과 관계를 포함한 씬 기술(scene description)을 가짐
Composition Arcs	다수 데이터 레이어 스택을 조립·중첩하는 메커니즘으로, 핵심 아크인 references와 variant sets는 데이터를 복제하지 않고도 컴포넌트의 여러 변형을 저장

▶ Composition 작동 모델 : 레이어 → 컴포지션 아크 → 통합 Stage

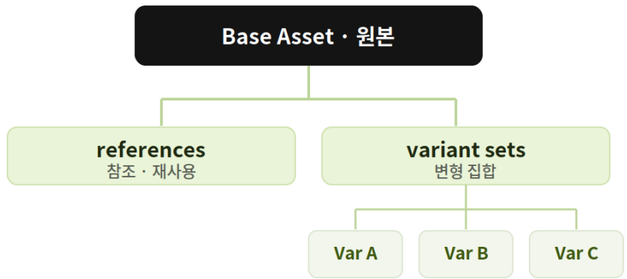
1 데이터 레이어 스택
Data Layer Stack

- Geometry · 지오메트리
- Shading · 셰이딩
- Lighting · 조명
- Physics · 물리

각 레이어가 속성(attributes)과
관계(relationships)를 담은 씬 기술 보유
→ 비파괴(Non-Destructive) 편집 단위

조립

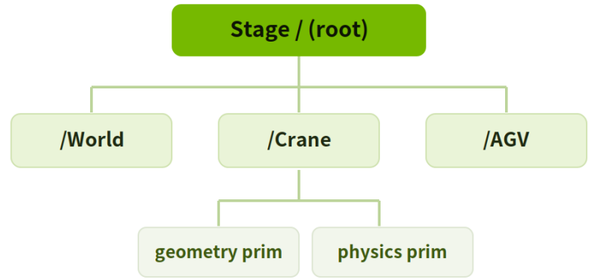
2 컴포지션 아크
Composition Arcs



다수 레이어 스택을 조립·중첩하고,
데이터 복제 없이 여러 변형을 저장
→ 측정 단위 스케일 정합 보장

통합

3 통합 OpenUSD Stage
단일 무대(Stage) · prim 계층구조



모든 3D 요소가 prim(객체) 계층으로
결합된 단일 통합 무대로 수렴
→ 협업·렌더링·시뮬레이션의 기준

NVIDIA GTC 2026: Omniverse와 OpenUSD가 여는 Physical AI 시대

블로그 'Into the Omniverse: NVIDIA GTC Showcases Virtual Worlds Powering the Physical AI Era' 요약

출처: NVIDIA Blog, March 26, 2026

- Physical AI가 단일 활용 사례를 넘어 로봇·차량·공장 전반의 엔터프라이즈 워크로드로 확장
- 핵심 Frontier Models: NVIDIA Cosmos 3 / Isaac GR00T N1.7 / Alapamayo 1.5

1. OpenUSD와 Omniverse의 역할



- OpenUSD: CAD 데이터, 시뮬레이션 자산, 실제 텔레메트리를 공통 scene-description language로 통합
- Omniverse: 디지털 트윈과 시뮬레이션 기반으로 Physical AI 시스템을 설계 · 검증 · 최적화

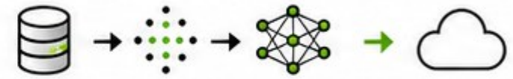
2. Omniverse DSX Blueprint



- AI Factory의 열, 전력망, 네트워크 부하, 기계 시스템을 하나의 디지털 트윈으로 통합 시뮬레이션
- 실제 랙 설계 전 성능과 효율 최적화

3. Physical AI Data Factory Blueprint

"Compute is Data"



- 실제 데이터만으로는 확장에 한계
- Cosmos open world foundation models + OSMO operator 기반 데이터 파이프에 '증합' 평가를 단일 파이프라인으로 통합
- 제한된 실제 입력으로 long-tail 데이터셋 생성

Azure와 Nebius가 첫 클라우드 플랫폼으로 제공

4. CAD-to-OpenUSD 워크플로우



- CAD를 OpenUSD로 변환해 simulation-ready assets 생성
- Omniverse Kit SDK + Isaac Sim으로 실시간 렌더링 · 시뮬레이션 · 합성 최적화
- FANUC, Fauna Robotics 활용

5. Mega Omniverse Blueprint



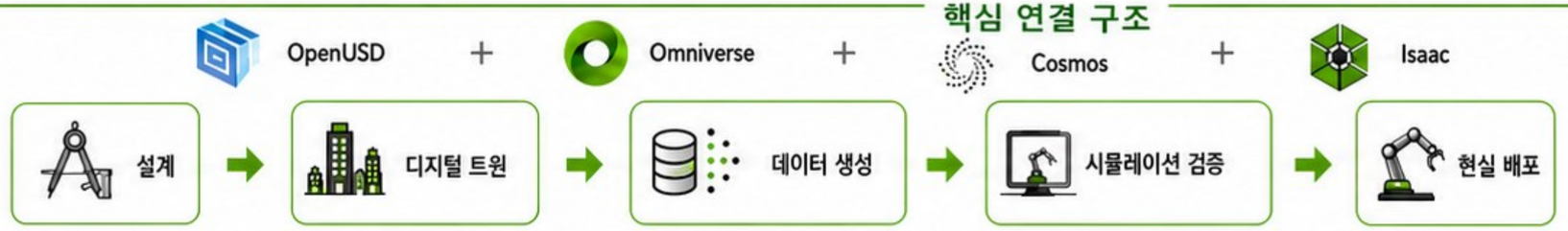
- 제조 · 물류용 시설 디지털 트윈에서 로봇 군집과 AI 에이전트 설계 · 시뮬 · 최적화
- KION Accenture, Siemens와 협력
- Jetson 기반 자율 지게차 군집을 위한 대규모 창고 디지털 트윈 구축

6. 시뮬레이션에서 현실로



- ABB Robotics, FANUC, KUKA, Yaskawa는 Omniverse 라이브러리와 Isaac 시뮬레이션 프레임워크 활용
- 복잡한 로봇 애플리케이션과 생산라인을 물리적으로 정확한 디지털 트윈에서 검증
- Jetson 모듈을 컨트롤러에 통합해 실시간 AI 추론
- FieldAI, Skild AI, Generalist AI도 Cosmos와 Isaac 기반으로 활용

핵심 연결 구조



핵심은 OpenUSD와 Omniverse 기반의 디지털 트윈, Cosmos 기반 데이터 생성, Isaac 기반 시뮬레이션을 결합해 Physical AI를 설계 · 학습 · 검증 · 현실 배포로 확장하는 것이다.

NVIDIA GTC 2026: Omniverse Libraries로 확장되는 Physical AI

NVIDIA Developer Blog "Integrate Physical AI Capabilities into Existing Apps with NVIDIA Omniverse Libraries" 요약

출처: NVIDIA Developer Blog

- 기존 산업·로보틱스 애플리케이션을 전면 교체하지 않고 Physical AI 기능을 직접 삽입
- 핵심 모듈 : ovrtx / ovphysx / ovstorage

1. 도입 배경과 핵심 메시지

기존 앱 → Omniverse Libraries → Physical AI 기능 통합

- 모놀리식 런타임 중심 구조는 확장성, 헤드리스 배포, CI/CD 연계 측면에서 제약이 존재
- NVIDIA는 렌더링·물리·저장 기능을 독립 라이브러리로 분리
- 핵심 메시지 : "앱을 Omniverse로 올기는 것"이 아니라 "Omniverse 기능을 기존 앱 안으로 가져요는 것"

2. 핵심 라이브러리 3종

ovrtx
- 고성능·고충실도 RTX 렌더링
- 실시간 path-tracing
- 센서 시뮬레이션
- 합성데이터 생성

ovphysx
- USD-native 고속 물리 시뮬레이션
- 하드웨아 가속 물리
- 로보틱스 학습·제어 루프 연계

ovstorage
- Physical AI 데이터 파이프라인
- 기존 스토리지·PLM/PDM 연계
- 수작업 데이터 마이고레이션 부담 완화

세 라이브러리는 Early Access 상태이며 GitHub 또는 NVIDIA NGC를 통해 제공

3. 기존 Omniverse 생태계와의 관계

OpenUSD	장면·자산·시뮬레이션 데이터의 공통 표현 기반
SimReady assets	시뮬레이션 준비 자산 체계
Omniverse Kit Framework	UI와 앱 프레임워크를 포함한 전체 개발 구조
Omniverse Libraries	기존 앱에 렌더링·물리·저장 기능을 직접 삽입하는 모듈형 방식

4. Isaac Lab 3.0 Beta 전환

Kit 중심 구조 → ovphysx + ovrtx 기반 모듈형 구조

- **Explicit execution control** — 물리 step을 독립 API로 직접 제어
- **Decoupled update frequencies** — 고주파 센서와 저주파 구성요소를 서로 다른 주기로 실행
- **Scalable headless deployment** — UI 없이 Linux 클러스터에서 고밀도 시뮬레이션 수행

GPU 버퍼 기반 tensorized data exchange로 위치·속도 등 상태를 PyTorch tensor 형태로 직접 접근

5. Agentic Orchestration과 MCP

LLM Agent → MCP Server → USD Scene / Prim Editing / Simulation Step

- Model Context Protocol(MCP) 서버를 통해 Omniverse 기능을 기계가 읽을 수 있는 schema로 노출
- USD scene 로드, prim 편집, simulation step 실행 등을 안전하게 호출 가능
- Kit, USD, OmniUI용 MCP 서버 모음 제공
- Docker 또는 Python으로 로컬 실행 가능
- **Quick Start:** NVIDIA API key 설정 후 Docker Compose로 실행

6. 산업계 적용 사례

ABB Robotics · Adobe · cadence · PTC · Siemens · Synopsys

- 공통 가치: 전체 재플랫폼화 없이 RTX 렌더링, PhysX 시뮬레이션, OpenUSD 지원을 기존 워크플로우에 통합
- **ABB Robotics** — RobotStudio에 Omniverse 임베딩
- **PTC** — Onshape를 Isaac Sim과 직접 연결하여 클라우드 데이터브 설계·테스트·배포 지원
- **Siemens** — 대규모 산업 디지털트윈 구축을 위해 Libraries 통합

7. Libraries vs Kit Framework 선택 기준

Omniverse Libraries
- 기존 3D·CAD 앱이나 워크플로우에 Physical AI 기능을 삽입하려는 경우
- 고충실도 물리·센서 렌더링이 필요하지만 전체 stack 채택은 부담스러운 경우
- 경량·헤드리스 배포가 필요한 경우

Omniverse Kit Framework
- 새로운 OpenUSD 기반 앱 또는 서비스를 구축하려는 경우
- UI, interactive viewport, 매뉴, 윈도우가 필요한 경우
- 여러 Omniverse 기능의 긴밀한 통합이 필요한 경우

기존 앱 강화는 Libraries, 새로운 풍부한 Omniverse 앱 개발은 Kit Framework

8. 개발 시작 방식

ovrtx
USD scene 로드 → 렌더링 결과를 tensor로 획득 → PNG 저장

ovphysx
instanre 생성 → USD scene 로드 → simulation step → synchronization → tensor binding 기반 상태 접근

ovstorage
S3·Azure·PLM/PDM·repository를 unified API로 연결, Kubernetes-ready headless 배포 지원

ovrtx와 ovphysx는 Kit와 분리 제공되며, C API 위에 얇은 Python binding 제공. DLPack 지원으로 NumPy·PyTorch·Warp와 zero-copy 데이터 교환 가능

핵심은 Omniverse 전체 플랫폼을 전면 도입하는 것이 아니라, ovrtx·ovphysx·ovstorage 같은 모듈형 라이브러리를 통해 기존 산업·로보틱스 애플리케이션 내부에 Physical AI용 렌더링, 물리 시뮬레이션, 데이터 파이프라인을 직접 통합하는 것이다.

핵심 연결 구조

기존 산업/로보틱스 앱 → Omniverse Libraries → RTX 렌더링 → PhysX 물리 시뮬레이션 → 데이터 파이프라인 → Physical AI 개발·학습·검증·배포

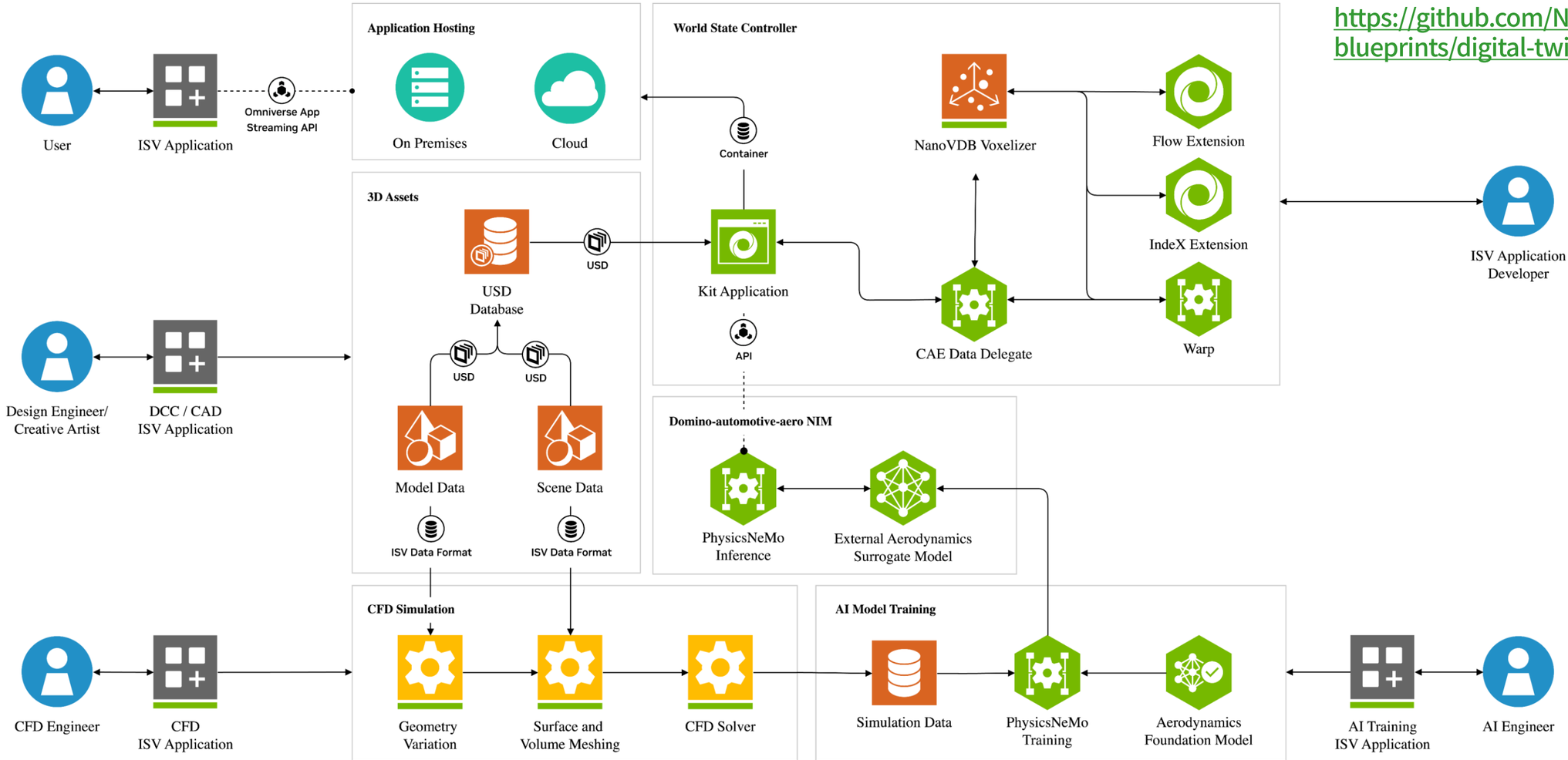
OpenUSD · SimReady assets · MCP · PyTorch / DLPack

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

❖ NVIDIA Omniverse Blueprints

➢ **Digital-twins-for-fluid-simulation Workflow :** Real-time digital twins for external aerodynamic Computational Fluid Dynamics (CFD) workflows combining CUDA-X accelerated solvers, PhysicsNeMo for physics AI, and Omniverse for high quality rendering.

https://github.com/NVIDIA-Omniverse-blueprints/digital-twins-for-fluid-simulation

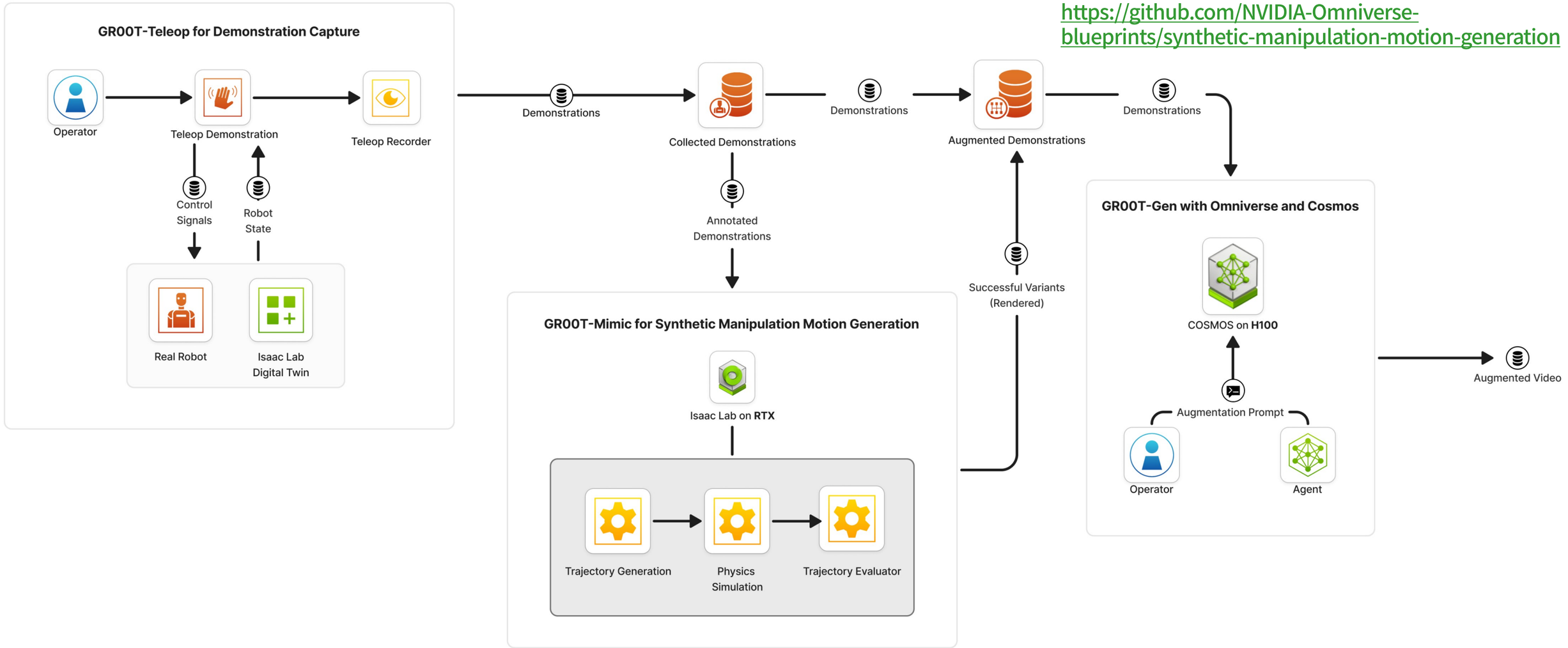


02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

❖ NVIDIA Omniverse Blueprints

➢ **Synthetic Manipulation Motion Generation for Robotics :** This is a reference workflow for creating exponentially large amounts of synthetic motion trajectories for robot manipulation from a small number of human demonstrations, built on NVIDIA Omniverse™ and NVIDIA Cosmos™.

https://github.com/NVIDIA-Omniverse-blueprints/synthetic-manipulation-motion-generation

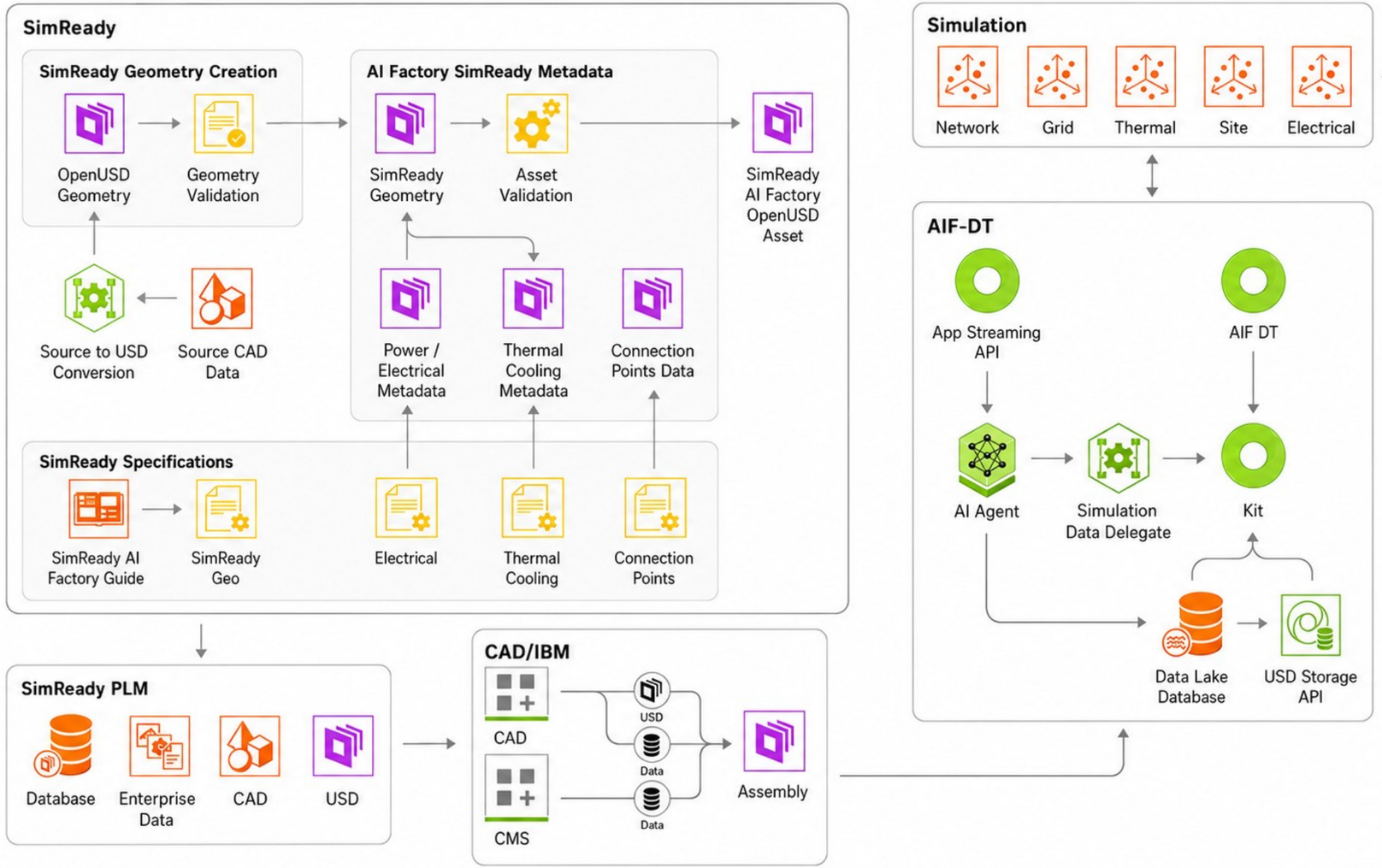


02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

❖ NVIDIA Omniverse Blueprints

https://github.com/NVIDIA-Omniverse-blueprints/omniverse-dsx-blueprint-for-ai-factories

➢ **NVIDIA Omniverse DSX Blueprint for AI Factory Digital Twins :** AI Factory 시설의 설계, 시뮬레이션, 운영 워크플로우를 어떻게 통합할 수 있는지 보여줌



SimReady asset 생성 → CAD/PLM 데이터 연계 → AI Factory 디지털 트윈 구성 → 열·전기·네트워크 등 시뮬레이션 → 운영 및 surrogate model 연계로 이어지는 NVIDIA Omniverse 기반 AI Factory 디지털 트윈 개발 구조도

사용자가 AI Factory의 구성을 변경하면, 그 변경된 설계를 기준으로 전력, 열, CFD, 전기 부하 등 다양한 시뮬레이션 시나리오를 실시간으로 시각화할 수 있음. 이를 위해 장면은 SimReady USD asset으로 구성되며, 단순한 3D 형상뿐 아니라 물리적·비물리적 메타데이터를 포함하여 열 해석, 전기 해석, CFD 데이터 생성 및 시각화와 연계됨.

주요 구성 요소:

- DSX 50-acre site 기반 디지털 트윈 geometry
- Omniverse Libraries 기반 프론트엔드 웹 애플리케이션
- Simulation-ready asset
- 열 해석 시뮬레이션
- DSX compute configuration 예시
- 전기 부하 시뮬레이션

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

4. Physical AI Data Factory: “컴퓨팅을 데이터로 전환”

1) 핵심 개념

https://nvidianews.nvidia.com/news/nvidia-announces-open-physical-ai-data-factory-blueprint-to-accelerate-robotics-vision-ai-agents-and-autonomous-vehicle-development

- NVIDIA가 올해 가장 강하게 제시한 개념 중 하나가 **Physical AI Data Factory Blueprint**임
- NVIDIA의 **Physical AI Data Factory Blueprint**는
  - 로봇, 자율주행, 산업 비전 AI 에이전트가 필요로 하는 **대규모 학습 데이터**를 만들기 위한 **개방형 레퍼런스 아키텍처**임
  - NVIDIA는 이를 “raw data에서 **model-ready training set**으로 이동시키는 **단일 참조 아키텍처**”라고 설명하며,
  - 제한된 실제 데이터를 **선별·증강·합성·평가**하여 **희귀 상황**과 **Long-tail 시나리오**까지 포함한 **대규모 데이터셋**으로 확장하는 것이 목적임

- 기존 AI가 텍스트·이미지·웹 데이터를 주로 학습했다면, Physical AI는 카메라, LiDAR, depth, segmentation, 로봇 상태, 행동 궤적, 시뮬레이션 ground truth 등 물리 세계에 접속된 시공간 데이터가 필요함. 그러나 사고, 충돌, 장비 고장, 폭우·야간·적설, 사람-로봇 상호작용 같은 Long-tail 데이터는 현실에서 충분히 수집하기 어렵고 위험함.
- NVIDIA의 해법은 실제 현장에서 더 많은 사고를 기다리는 것이 아니라, **GPU 가속 컴퓨팅 + World Foundation Model + 시뮬레이션 + 평가 자동화**를 통해 데이터를 공장처럼 생산하는 것임

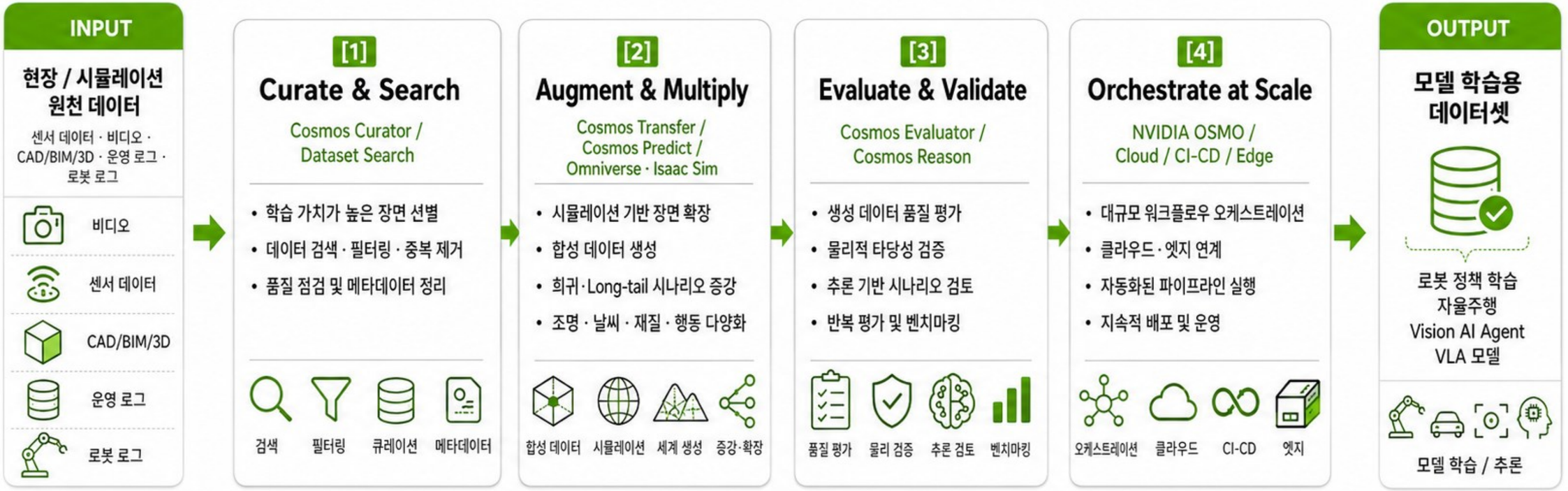
- 항만으로 보면 이는 매우 중요함. 실제 항만에서 크레인 충돌, AGV 교차로 데드락, 컨테이너 낙하, 돌풍 상황을 반복 실험할 수 없기 때문에, 항만용 Physical AI Data Factory를 구축하여 위험 이벤트를 합성하고, K-Port WFM과 자율제어 정책을 안전하게 학습시켜야 함

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

4. Physical AI Data Factory: “컴퓨팅을 데이터로 전환”

2) 전체 파이프라인 구조

- 현장·시뮬레이션 원천 데이터에서 큐레이션, 생성형 증가, 평가·검증, 대규모 오케스트레이션을 거쳐 학습용 데이터셋으로 이어지는 end-to-end 데이터 생산 체계



핵심 의미

- Data Factory는 단순 합성데이터 생성기가 아니다.
- 데이터 큐레이션, 시뮬레이션, 생성형 증강, 물리 검증, 오케스트레이션을 통합한다.
- 현실 데이터 부족 문제를 컴퓨팅 기반 데이터 생산 체계로 해결한다.
- 결과적으로 Physical AI를 위한 end-to-end 데이터 생산 플랫폼이다.



02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

4. Physical AI Data Factory: “컴퓨팅을 데이터로 전환”

3) 주요 구성요소

3.1 Cosmos Curator: 데이터 선별·검색·정제 계층

https://github.com/NVIDIA/cosmos-curator

- NVIDIA Cosmos Curator는 대규모 실제/합성 비디오 데이터를 처리, 분석, 정리하는 시스템으로 공개되어 있으며, 비디오 splitting, annotation, filtering, deduplication, dataset generation을 지원함.
- 또한 GPU 가속 streaming pipeline과 분산 컴퓨팅 기반으로 설계

기능	기술적 의미
데이터 분할	긴 비디오/센서 스트림을 학습 가능한 clip 단위로 분리
필터링	품질 낮은 장면, 중복 장면, 불필요한 장면 제거
어노테이션	객체, 상황, 시나리오, 조건 메타데이터 부여
중복 제거	대규모 데이터셋의 redundancy 감소
검색	특정 상황, 예: 야간·눈·보행자·충돌 직전 상황 검색

- Cosmos Curator가 대량 센서 데이터를 빠르게 필터링·주석화·중복 제거할 수 있고, Cosmos Dataset Search를 통해 데이터셋에서 필요한 시나리오를 질의할 수 있음

3.2 Cosmos Transfer: 실제/시뮬레이션 데이터를 다양화하는 증강 계층

https://github.com/nvidia-cosmos/cosmos-transfer2.5

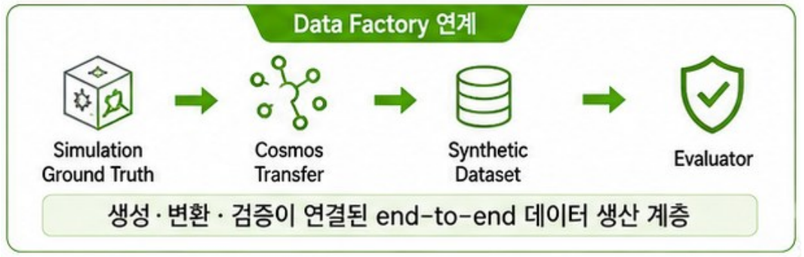
- “Augment and Multiply” 단계에서 Cosmos Transfer가 선별된 데이터를 확장하고 다양화하여, 환경·조명·날씨 조건의 rare/long-tail 시나리오를 생성함
- Cosmos Transfer는 단순 스타일 변환이 아니라, 구조적 제어 신호를 이용한 world-to-world transfer에 가까움. 그리고 depth, edge, segmentation, vis control과 text prompt를 조합해 배경, 조명, 객체 속성, 색상, 질감 등을 바꾸면서도 공간·시간적 일관성을 유지함
- 주요 제어 Modality

Control modality	역할
Depth	거리, 원근, 3D 구조 보존
Segmentation	객체·사람·배경 영역 제어
Edge	형태, 윤곽, 레이아웃 보존
Vis	원본 시각 특성 유지 또는 부드러운 보존
Text prompt	“heavy snow”, “night”, “wet road”, “warehouse lighting” 등 조건 지정

- NVIDIA는 Cosmos Transfer가 **ControlNet** 아키텍처를 사용해 구조적 입력을 기반으로 photorealistic video sequence를 생성하며, 입력으로 segmentation map, depth map, edge map, human motion keypoint, LiDAR scan, trajectory, HD map, 3D bounding box 등을 사용할 수 있다고 설명함

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

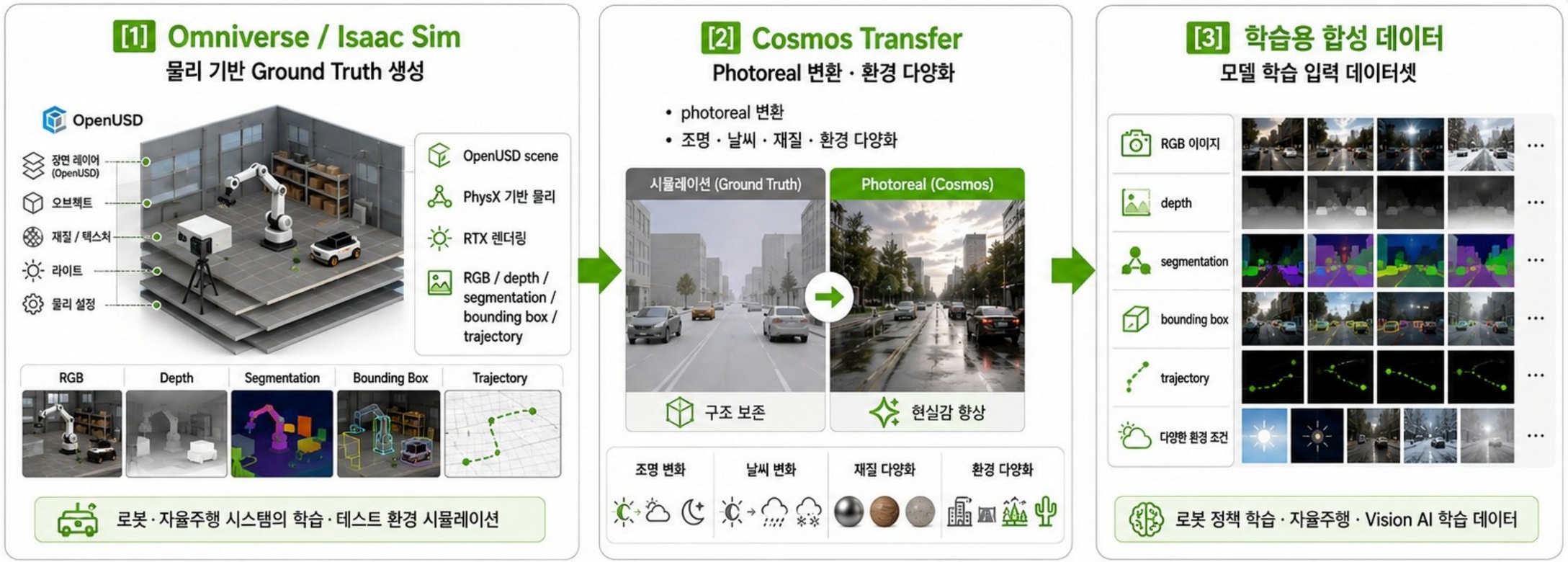
4. Physical AI Data Factory: “컴퓨팅을 데이터로 전환”



3.3 Omniverse / Isaac Sim: 물리 기반 Ground Truth 생성 계층

- Omniverse와 Isaac Sim은 물리적으로 정합된 시뮬레이션 ground truth를 생성
- 이 결과는 Cosmos Transfer에 입력되어 구조를 보존한 채 Photoreal 데이터로 변환
- 조명, 날씨, 재질, 환경 조건을 다양화하여 학습 데이터 범위를 확장

❖ Data Factory는 가상 세계에서 Ground truth 만들고, Cosmos로 현실감을 부여하며, Evaluate로 품질을 검증하는 구조임



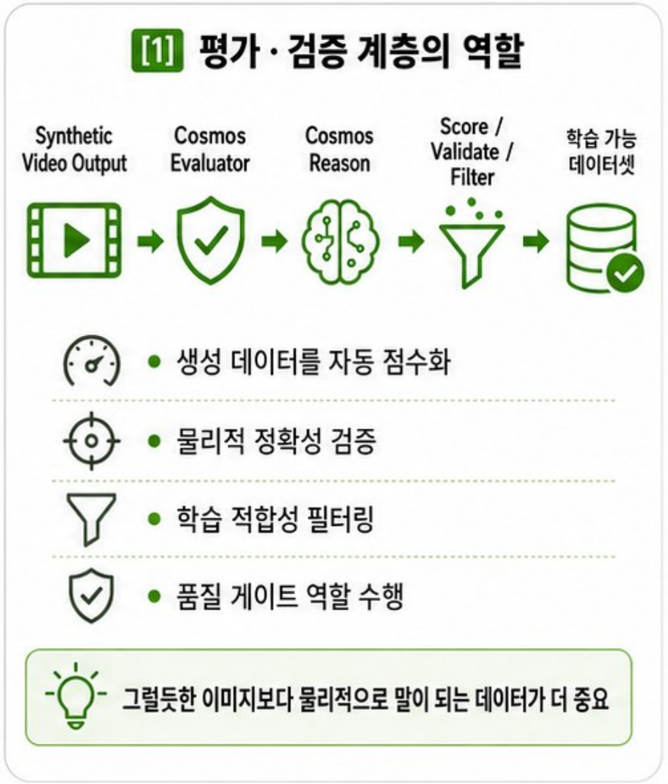
02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

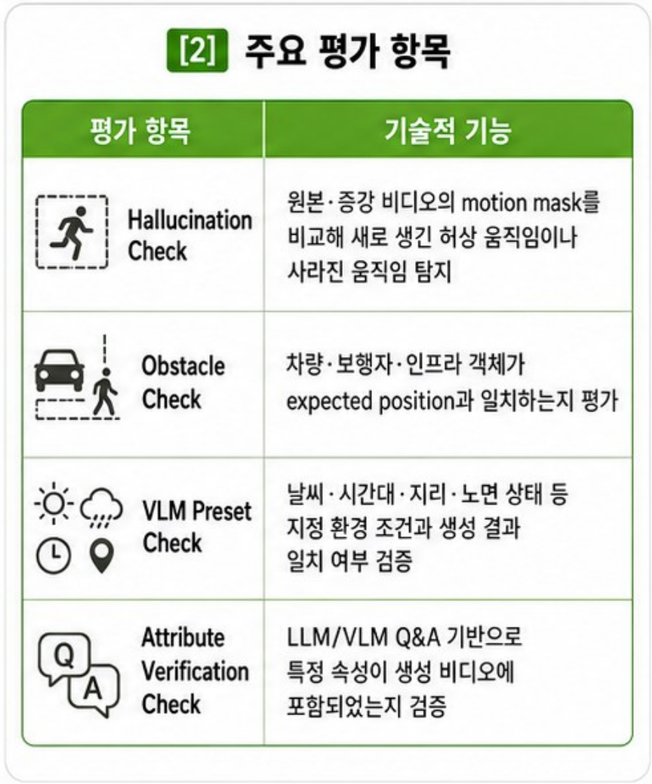
4. Physical AI Data Factory: “컴퓨팅을 데이터로 전환”

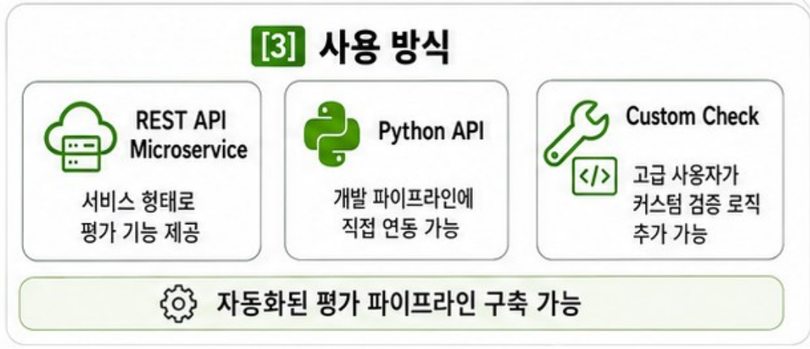
3.4 Cosmos Evaluator / Cosmos Reason: 생성 데이터 검증 계층

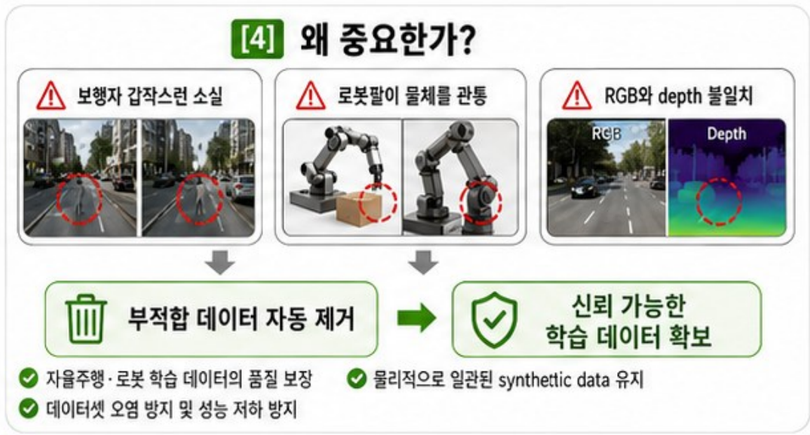
https://github.com/NVIDIA/cosmos-evaluator

- Cosmos Evaluator는 Cosmos Reason 기반으로 생성 데이터를 자동 점수화·검증·필터링함
- Hallucination, obstacle, 환경 preset, attribute 검증 통해 다차원 품질 평가 수행
- REST API, Python API, Custom Check로 확장 가능한 평가 계층을 제공
- Data Factory에서 Evaluator는 학습 전 최종 품질 게이트 역할을 수행



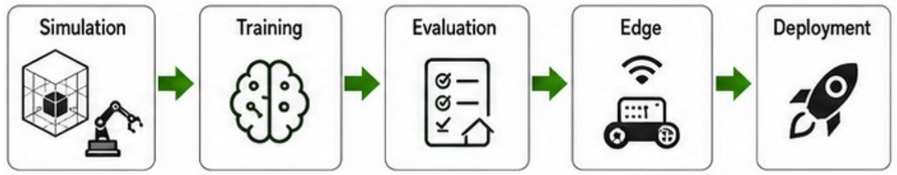






02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

4. Physical AI Data Factory: “컴퓨팅을 데이터로 전환”



3.5 Cosmos OSMO: 대규모 워크플로우 오케스트레이션

https://github.com/NVIDIA/OSMO

- OSMO는 Data Factory를 실제 생산 시스템처럼 운영하기 위한 Orchestration 계층으로 Physical AI Workflow의 자동화·재현성·확장성을 담당함
- YAML 기반 정의를 통해 Simulation, Training, Evaluation, Deployment를 하나로 묶음
- 클러스터·클라우드·엣지 장비를 아우르는 Heterogeneous Compute Orchestration이 핵심임

1 OSMO의 역할

- Synthetic / Real Robot Data
- Neural Network Training
- RL Policy Training
- Model Evaluation
- Simulation / HIL Testing
- CI/CD Automation
- Deployment

- Physical AI workflow 전체 자동화
- 데이터 · 학습 · 평가 · 배포 통합 관리
- 오픈소스 orchestration framework

Data Factory가 실제 공장처럼 동작하려면 수많은 작업을 자동화해야 함

2 핵심 방식: YAML 기반 Workflow

YAML

- 전체 Physical AI pipeline을 YAML로 기술
- 재현 가능한 workflow 정의
- 다양한 compute backend에서 동일 workflow 실행

YAML Workflow Definition

```
name: physical-ai-pipeline
stages:
  - simulation
  - training
  - evaluation
  - deployment
resources:
  simulation: rtx_pro_6000
  training: gb200
  evaluation: jetson_agx_thor
```

- 클러스터 / 온프레미스
- 클라우드 (GPU)
- 엣지 장비 (로봇/임베디드)

예시 실행 경로 (Heterogeneous Execution)

1. Isaac Sim Simulation — RTX PRO 6000
2. Policy Training — GB200 GPU
3. Evaluation — Jetson AGX Thor

서로 다른 시스템에서 동일한 workflow를 실행 (시뮬레이션 → 학습 → 평가)

3 OSMO가 해결하는 문제

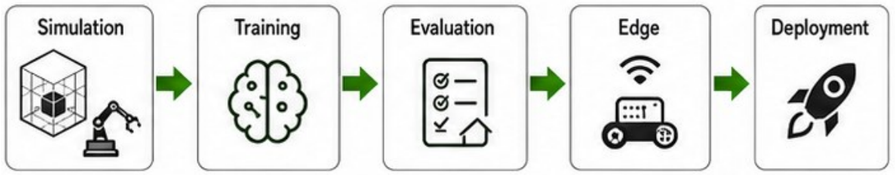
문제	OSMO의 역할
시뮬레이션, 학습, 평가 환경이 분리됨	하나의 workflow로 연결
GPU 클러스터, 클라우드, edge 장비가 이질적임	heterogeneous compute orchestration
데이터셋 버전 관리가 어려움	dataset versioning, content-addressable storage
반복 실험이 많음	YAML 기반 재현 가능한 workflow
CI/CD와 로봇 배포가 분리됨	simulation → training → edge evaluation → deployment 자동화

4 왜 중요한가?

- Training + Simulation + Edge Compute를 함께 조율
- 기존에는 각 환경마다 별도 스크립트와 인프라 전문성이 필요
- 워크플로우 자동화로 개발 속도 · 재현성 · 운영 효율 향상
- Physical AI 개발을 end-to-end 파이프라인으로 전환
- Open-source framework

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

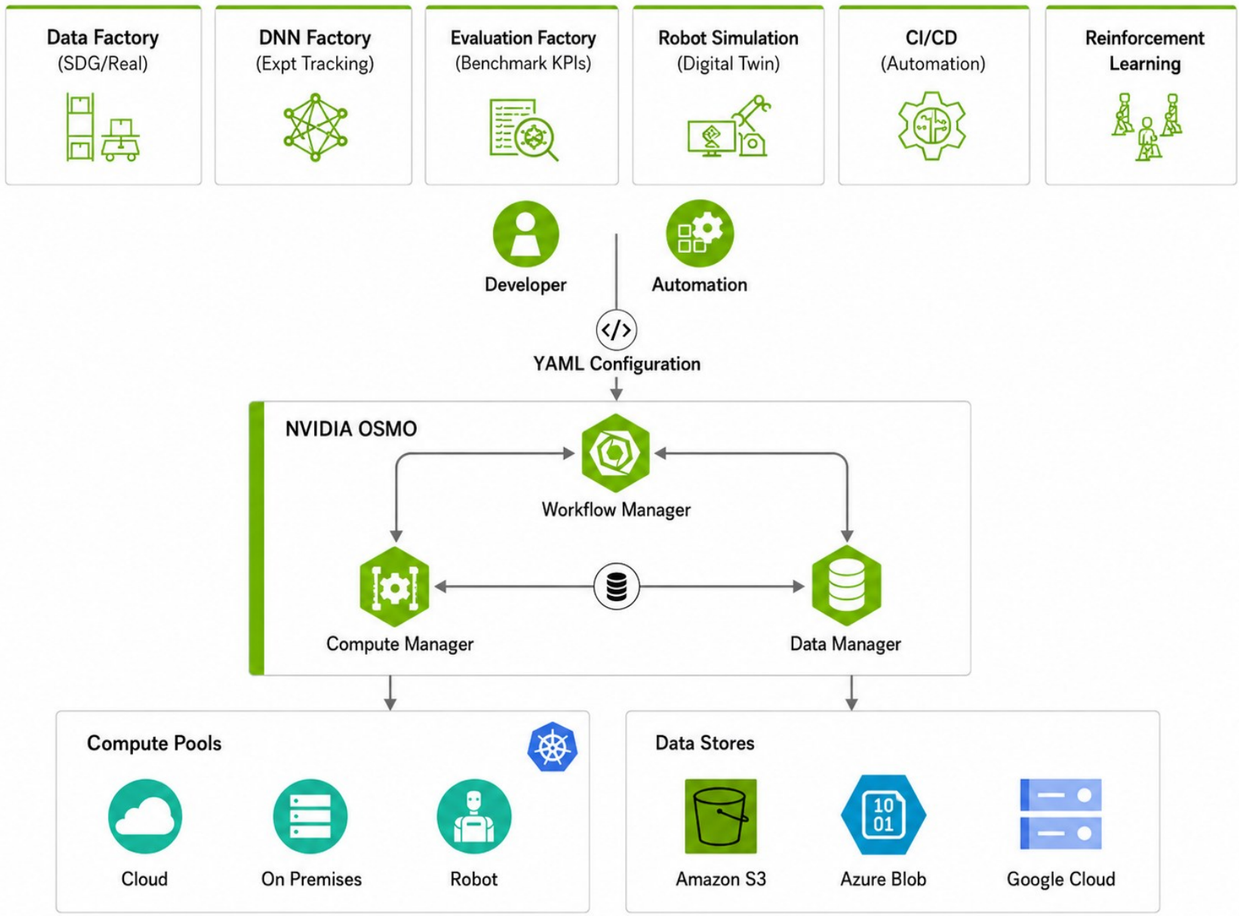
4. Physical AI Data Factory: “컴퓨팅을 데이터로 전환”

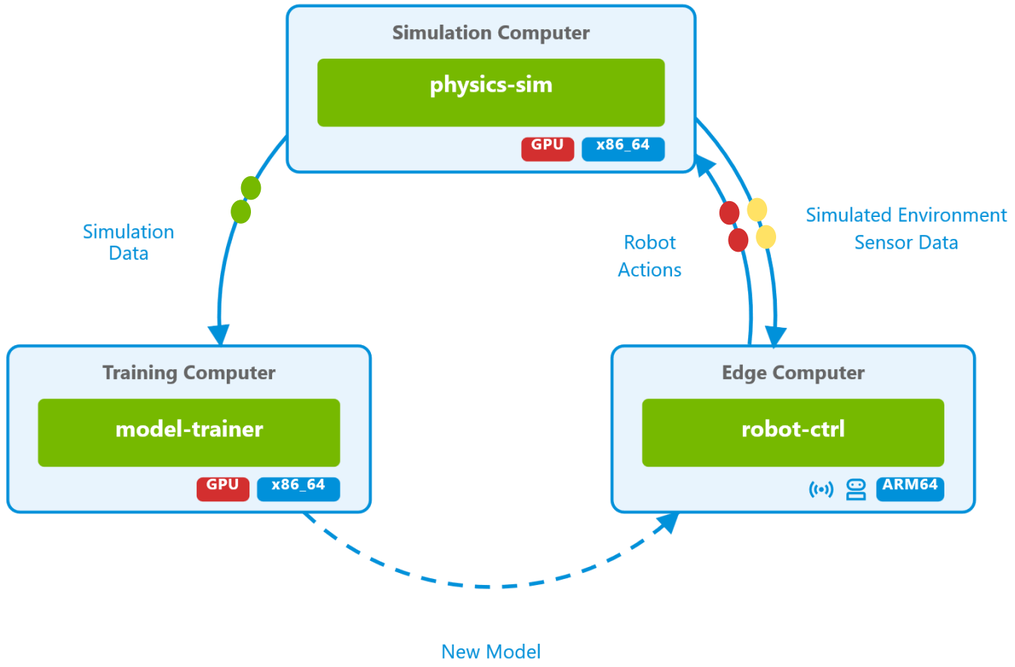


3.5 Cosmos OSMO: 대규모 워크플로우 오케스트레이션

https://github.com/NVIDIA/OSMO

- Workflow Orchestration Purpose-built for Physical AI





02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

4. Physical AI Data Factory: “컴퓨팅을 데이터로 전환”

4) Microsoft Azure Physical AI Toolchain과의 연결

https://github.com/microsoft/physical-ai-toolchain

Physical AI Toolchain: Microsoft Azure Cloud 서비스와 NVIDIA의 Physical AI 스택을 통합하여 Perception, Mobility, Imitation learning, Reinforcement learning 파이프라인 전반에 걸쳐 데이터 큐레이션, 증강 및 평가를 자동화하고 확장하는 open-source, production-ready framework임

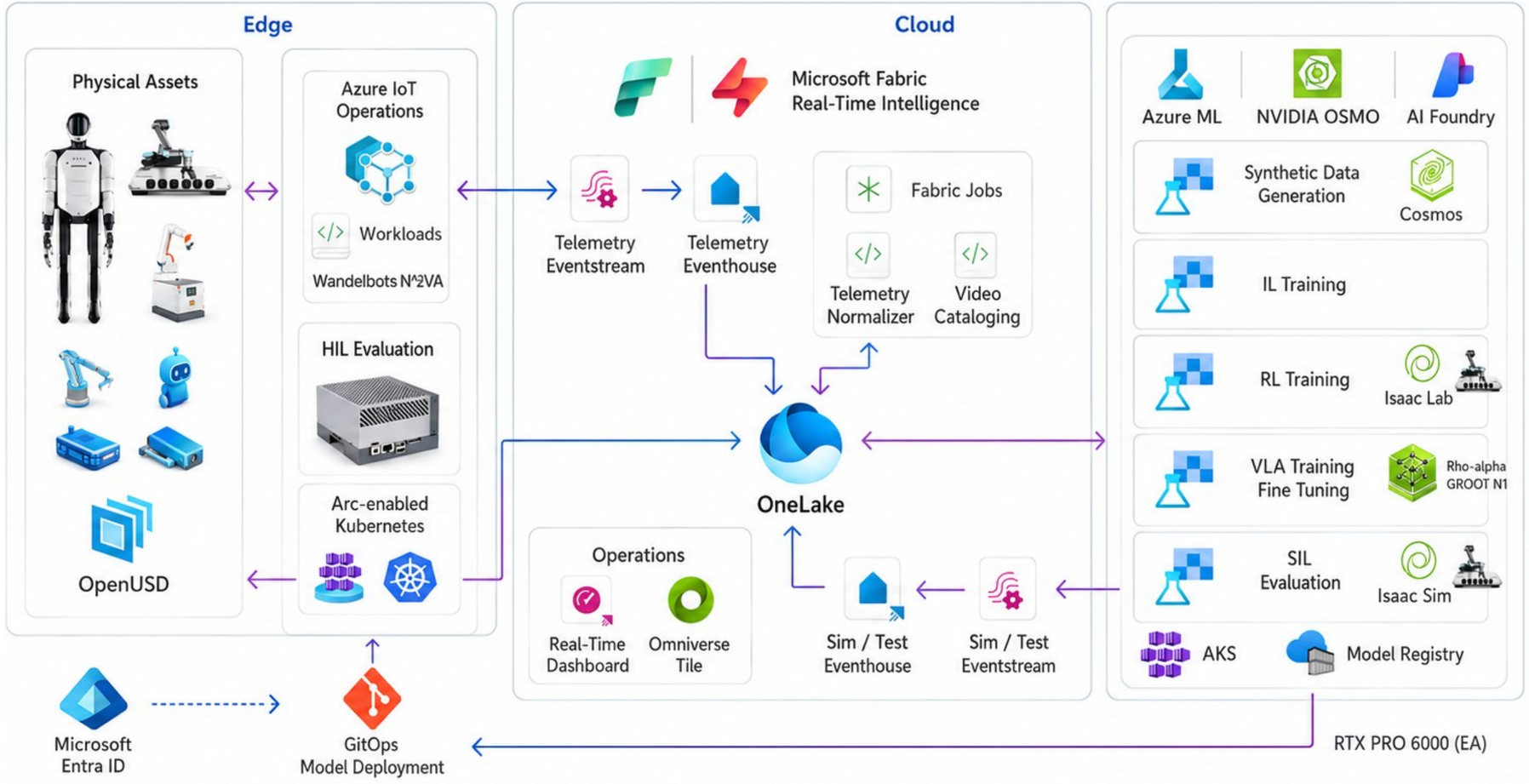
Microsoft

Physical AI Toolchain

Closed-Loop Physical AI

Robotics AI Developer

GitHub Copilot



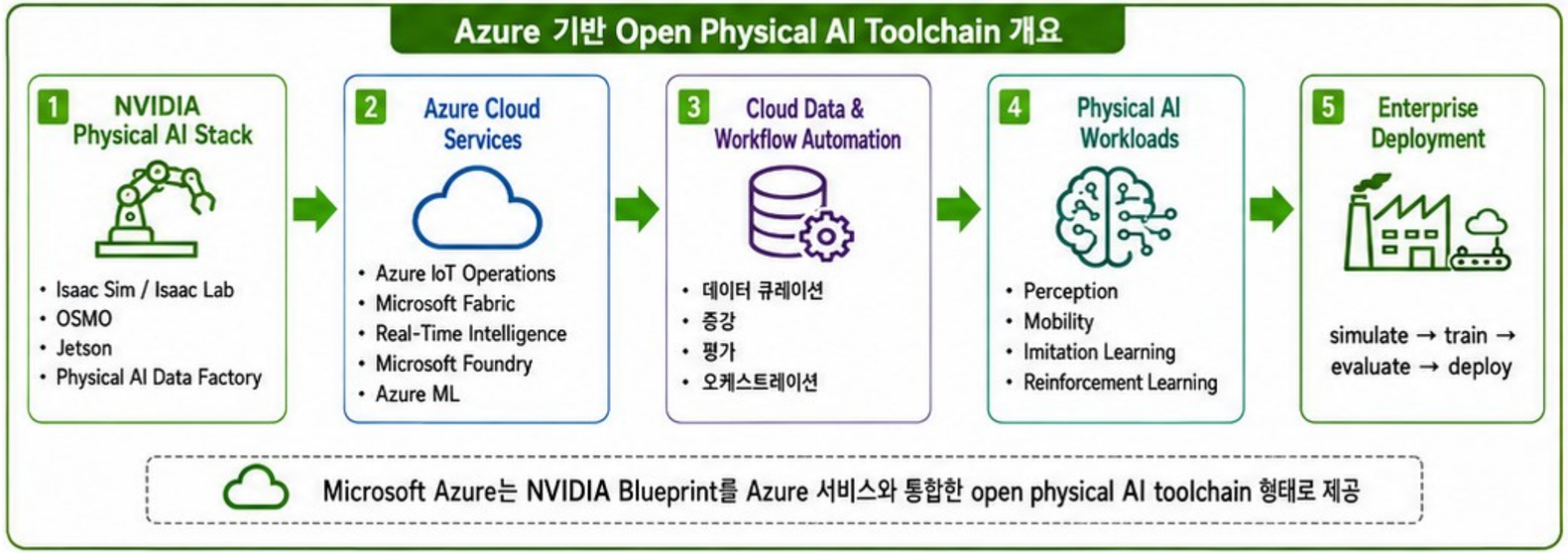
02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

4. Physical AI Data Factory: “컴퓨팅을 데이터로 전환”

4) Microsoft Azure Physical AI Toolchain과의 연결

https://github.com/microsoft/physical-ai-toolchain

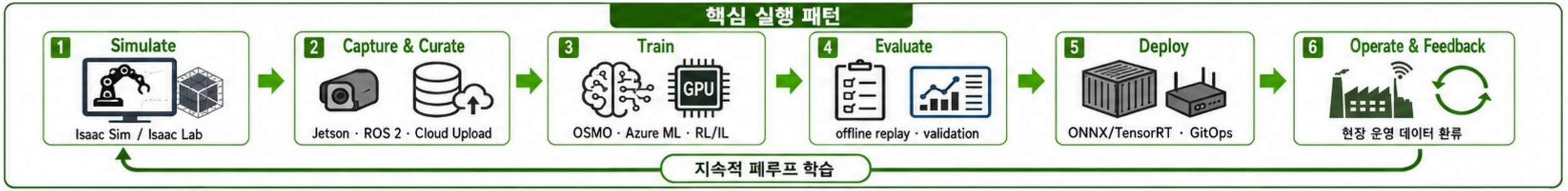
- Azure Physical AI Toolchain은 NVIDIA Physical AI Data Factory Blueprint의 클라우드 구현 사례로, 데이터·학습·평가·배포를 하나의 기업형 파이프라인으로 연결함



Azure Physical AI Toolchain의 주요 Capability

Capability	설명
Simulation & Synthetic Data	Isaac Sim / Isaac Lab 기반 RL task, synthetic data
Edge Data Capture	Jetson 기반 ROS 2 demonstration recording, compression, cloud upload
Cloud Data Pipeline	ROS-to-LeRobot 변환, 품질 검증, event-driven orchestration
Training Infrastructure	OSMO + Azure ML 기반 RL/IL 학습, MLflow tracking
Model Evaluation	offline replay, Isaac Sim validation, dashboard
Model Deployment	ONNX/TensorRT 변환, container packaging, GitOps edge deployment
Agentic Workflows	자연어 지시 기반 데이터 수집·학습·평가·배포 자동화

- Isaac Sim/Isaac Lab, OSMO, Jetson을 통합하고, “simulate → train → evaluate → deploy” 패턴을 따르는 Physical AI workload에 적용



02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

4. Physical AI Data Factory 기술적 의의

핵심 개념

Physical AI Data Factory의 본질은 '데이터 부족 문제를 컴퓨팅 문제로 치환'하는 것이다.



왜 중요한가?

- 위험하거나 드문 상황을 현실에서 직접 수집하지 않아도 됨
- 희귀·Long-tail 시나리오를 대규모로 생성 가능
- 물리적으로 타당한 synthetic data를 자동 검증 가능
- 학습·평가·재학습을 반복하며 성능을 지속 개선

Data scarcity → Compute-driven data production

적용 분야와 예시

분야	적용 예
자율주행	야간, 폭우, 적설, 사고 적전, 보행자 돌발 진입
로보틱스	물체 조작 실패, 투명 물체, 조명 변화, 사람-로봇 협업
스마트팩토리	장비 고장, 작업자 위험 행동, 비정상 공정
스마트항만	크레인 충돌 위험, AGV 혼잡, 야간·강풍·우천 하역
Vision AI Agent	CCTV 기반 이상행동, 안전모 미착용, 위험 구역 침입

핵심 메시지

- 현실 데이터의 한계를 시뮬레이션·생성형 AI·검증 자동화로 보완한다.
- 희귀하고 위험한 상황도 학습 가능한 데이터로 전환할 수 있다.
- 결국 Physical AI 성능 경쟁력은 데이터 생산 루프의 품질과 규모에서 나온다.

스마트항만 / K-Port WFM 관점에서의 적용

NVIDIA Physical AI Data Factory로 구현하는 자율항만 데이터 생산 및 모델 학습 파이프라인

K-PORT WORLD FOUNDATION MODEL | NVIDIA

01 항만 실데이터 수집

- CCTV
- LiDAR
- RTK-GPS
- AGV Log
- 크레인 PLC
- TOS 작업계획

다양한 현장 데이터 통합

02 항만 디지털트윈 구축

Omniverse / Isaac Sim

OpenUSD 기반 3D Scene



크레인 | 야드 | 선석

AGV | 컨테이너 | 인프라

물리 기반 디지털트윈 환경 구축

03 Cosmos 기반 데이터 증강

다양한 조건·시나리오 생성



야간 | 폭우 | 강풍

안개 | 장비 고장 | AGV 혼잡

충돌 직전 | 작업 지연 | 특수 시나리오

Long-tail 상황 대량 생성

04 Evaluator 기반 품질 검증

- **객체 위치 일관성** — 객체 검출/추적 위치 검증
- **물리 법칙 위반 검출** — 충돌, 관통, 중력 등 검증
- **작업 시나리오 적합성** — 작업 흐름/규칙 준수 검증
- **센서 일관성 검증** — RGB, LiDAR, Depth 정합성
- **품질 점수 부여 및 필터링** — 데이터 품질 점수화 및 선별

고품질 학습 데이터 보장

05 자율항만 모델 학습

- **크레인 자율하역 모델** — OCR/위치/집게 제어
- **AGV 경로계획 모델** — 충돌 회피/교차로 제어
- **위험상황 예측 모델** — 충돌/전도/규칙 고장 예측
- **항만 Vision AI Agent** — 모니터링/이상행동 감지
- **운영 최적화 모델** — 작업 스케줄/장비 배치 최적화

자율항만 지능화 실현

폐루프 데이터 순환 (Continuous Improvement)

주요 적용 시나리오 (스마트항만 Long-tail 데이터 생산)

야간 / 악천후 하역



야간, 폭우, 강풍, 안개 등 악천후에서도 안정적 운영

장비 고장 / 비정상 상황



장비 고장, 센서 이상 등 비정상 상황 대응 학습

AGV 혼잡 / 충돌 직전



AGV 혼잡, 충돌 직전 상황 안전 경로 계획 학습

선석 작업 지연 / 변경



작업 지연, 선석 변경 등 동적 작업계획 대응

안전 / 보안 모니터링



안전모 미착용, 위험구역 침입 등 Vision AI 기반 이상 탐지

기대 효과

- 실제 수집이 어려운 Long-tail 데이터 대량 확보
- 모델 성능 향상 및 안전성 / 신뢰성 강화
- 개발 시간 단축 및 비용 절감
- 지속적인 데이터 순환으로 모델 지속 고도화

NVIDIA — Physical AI Data Factory + Digital Twin + Generative AI → K-Port World Foundation Model / Physical AI 자율항만 실현

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

5. AI Factory와 DSX: 피지컬 AI를 돌리는 산업 인프라

AI Factory https://www.nvidia.com/en-us/solutions/ai-factories/

DSX https://www.nvidia.com/en-us/data-center/products/dsx/

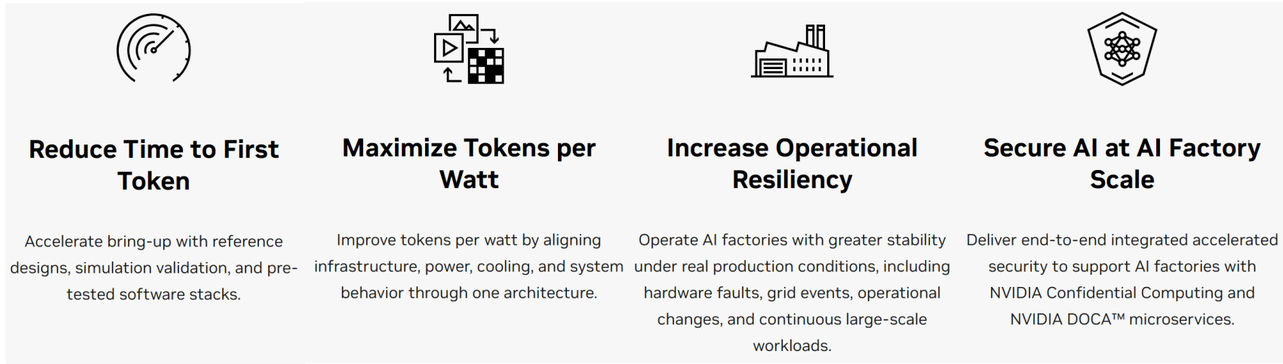
- NVIDIA의 AI Factory와 DSX는 단순한 데이터센터 기술이 아니라, 피지컬 AI를 대규모 산업 인프라로 생산·운영하기 위한 차세대 지능 생산 공장 구조임
- **Vera Rubin DSX AI Factory Reference Design**과 **Omniverse DSX Blueprint**는 대규모 AI 인프라의 전력, 냉각, 네트워크, 컴퓨팅, 운영을 디지털트윈으로 설계·시뮬레이션·최적화하기 위한 구조임
- DSX가 대규모 AI Factory의 물리적으로 정확한 디지털트윈을 구성해 구축 전 성능과 효율을 검증함

❖ 항만 Physical AI는 GPU 학습센터, 온프레미스 추론서버, 엣지 장비, 통신망, 전력망, ESS, 충전 인프라가 결합되어야 하므로, 항만 자체가 하나의 AI Factory + Physical AI Testbed로 설계되어야 함

NVIDIA DSX Platform

NVIDIA DSX™ unifies design, simulation, operations, and ecosystem technologies to help build AI factories optimized for *lowest token cost*.

How Does NVIDIA DSX Optimize AI Factory Performance and Tokens per Watt



Reduce Time to First Token

Accelerate bring-up with reference designs, simulation validation, and pre-tested software stacks.

Maximize Tokens per Watt

Improve tokens per watt by aligning infrastructure, power, cooling, and system behavior through one architecture.

Increase Operational Resiliency

Operate AI factories with greater stability under real production conditions, including hardware faults, grid events, operational changes, and continuous large-scale workloads.

Secure AI at AI Factory Scale

Deliver end-to-end integrated accelerated security to support AI factories with NVIDIA Confidential Computing and NVIDIA DOCA™ microservices.

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

5. AI Factory와 DSX: 피지컬 AI를 돌리는 산업 인프라

AI Factory는 '지능을 생산하는 산업 공장'이며, DSX는 그 공장을 물리적으로 정확하게 설계·시뮬레이션·최적화하는 디지털트윈 기반 청사진입니다.

1. 핵심 개념

구분	핵심 정의	주요 구성 / 투입	핵심 산출 / 의미
AI Factory	AI를 실행하는 데이터센터가 아니라, 지능을 생산하는 산업 공장	데이터 · 에너지 · 컴퓨팅 인프라	토큰 · 예축 · 시뮬레이션 · 로봇 정책 · AI 서비스 생산
Vera Rubin DSX	AI Factory 구축을 위한 레퍼런스 디자인	GPU · 네트워크 · 스토리지 · 전력 · 냉각 · 운영	공동 설계(Co-design) 기반 통합 시스템 아키텍처
Omniverse DSX Blueprint	AI Factory 구축 전 사전 검증을 위한 디지털트윈 프레임워크	OpenUSD · SimReady Asset · Omniverse Kit · DSX Air · thermal/grid/network/electrical simulation	설계 · 시공 · 운영 리스크 저감 및 사전 최적화
DSX의 본질	AI Factory 자체를 피지컬 AI 대상으로 보는 관점	인프라 디지털트윈 · 물리 시뮬레이션 · 운영 최적화	로봇뿐 아니라 로봇 지능을 생산하는 공장까지 설계·검증·최적화

2. 핵심 개념

AI Factory = 지능 생산 공장

DSX = AI Factory 설계 기준

Omniverse DSX = 구축 전 디지털트윈 검증

NVIDIA AI Factory와 DSX

피지컬 AI를 위한 차세대 지능 생산 Factory 구조

기존 데이터센터

= 데이터 저장 · 처리 · 서비스 인프라

정보를 저장하고 처리하여 사용자와
애플리케이션에 제공하는 전통적 인프라



스토리지 | 컴퓨팅 | 서비스

NVIDIA AI Factory

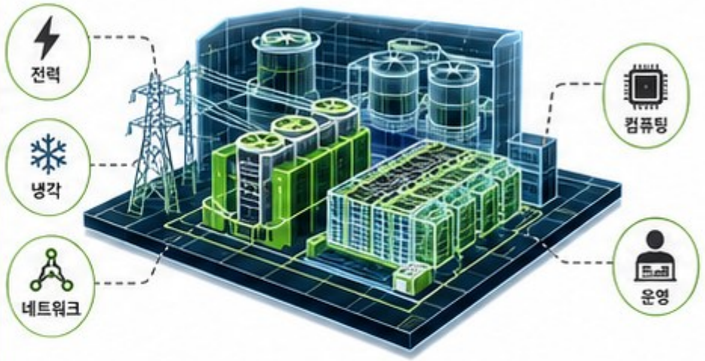
= 데이터 + 에너지 + GPU 컴퓨팅을
토큰, 예측, 시뮬레이션, 로봇 정책, AI 서비스로 변환하는
지능 생산 인프라



전통적 데이터센터를 넘어, 산업 현장에서 필요한 지능을
대규모로 생산·운영하는 AI 인프라

NVIDIA DSX

= AI Factory를 실제로 짓기 전에
전력 · 냉각 · 네트워크 · 컴퓨팅 · 운영을
디지털트윈으로 설계 · 검증 · 최적화하는
레퍼런스 아키텍처



AI Factory의 물리 인프라를 구축 전 단계에서
통합적으로 시뮬레이션하고 최적화

핵심 차이

전통 데이터센터
- 정보 저장
- 데이터 처리
- 서비스 제공

VS

AI Factory
- 데이터와 에너지 입력
- GPU 기반 대규모 연산
- 토큰·에측·시뮬레이션 생산
- AI 서비스 및 로봇 지능 운영

DSX 통합 설계 요소

1. 칩
2. 시스템
3. 네트워킹
4. 인프라 소프트웨어
5. 전력·냉각
6. 운영

NVIDIA는 DSX AI Factory가 칩, 시스템, 네트워킹, 인프라 소프트웨어, 전력, 냉각, 운영이 통합 설계된 시스템임을 강조한다.

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

5. AI Factory와 DSX: 피지컬 AI를 돌리는 산업 인프라 1) AI Factory

1. NVIDIA AI Factory란 무엇인가

AI Factory는 AI 모델을 학습·추론·서빙하기 위한 GPU 클러스터를 넘어,
기업과 국가가 자체적으로 지능을 생산하는 산업 기반시설입니다.

데이터 Data + 에너지 Energy + 가속 컴퓨팅 Accelerated Computing → 토큰 생산 Tokens → 추론 Inference → AI 서비스 AI Services

대규모 지능 생산 시간을 단축하고 에너지 효율을 높이는 인프라

★ 핵심 가치 3가지

Faster Time to Value
빠른 AI 인프라 구축
사전 설계된 랙 단위 디자인,
보안 AI, 통합 소프트웨어
스택을 통해 빠르게 구축

Tokens per Watt
전력당 더 많은 AI 토큰 생산
동일 전력에서 더 많은
AI 토큰과 추론 성능을 생산

Scalable AI Deployment
장기 확장형 AI 배치
모듈형 확장과 업그레이드를
통해 장기적 AI 수요
증가에 대응

NVIDIA accelerated computing 기반으로 생산성·에너지 효율·확장성을 통시에 추구

2. AI Factory Full Stack

1. **Silicon / GPU**
   Blackwell, Vera Rubin,
   GB200/GB300,
   Rubin 계열
2. **System / Rack**
   DGX, NVL72,
   rack-scale AI system
3. **Network Fabric**
   NVLink, Spectrum-X Ethernet,
   ConnectX SuperNIC,
   BlueField DPU
4. **Storage / Data Pipeline**
   대규모 학습·추론 데이터 처리,
   파트너 스토리지 연계
5. **AI Software**
   NVIDIA AI Enterprise,
   NIM, NeMo, TensorRT,
   Dynamo, Run:ai
6. **Orchestration / Operation**
   Kubernetes, GPU scheduling,
   workload management,
   multi-tenant operation
7. **Power / Cooling / Facility**
   전력 공급, 액체 냉각,
   열 관리, 설비 제어
8. **Digital Twin / Simulation**
   Omniverse DSX,
   DSX Air, DSX Sim

Enterprise AI Factory 관점

Blackwell accelerated computing → BlueField DPU → Spectrum-X Ethernet networking → Full-Stack Validated Design → NVIDIA AI Enterprise software → Partner ecosystem

Enterprise AI Factory 관점에서 NVIDIA는 Blackwell accelerated computing, BlueField DPU, Spectrum-X Ethernet networking, NVIDIA AI Enterprise software, 파트너 생태계를 포함하는 full-stack validated design을 제공

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

5. AI Factory와 DSX: 피지컬 AI를 돌리는 산업 인프라 1) AI Factory

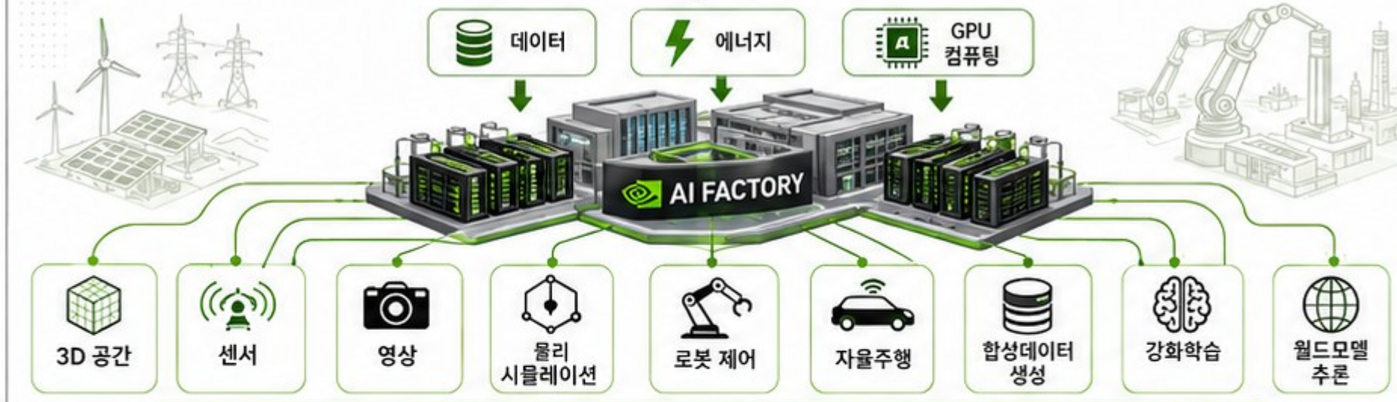
➢ 피지컬 AI에서 AI Factory의 중요성

"**피지컬 AI**는 소프트웨어 제품이 아니라, **AI Factory**에서 지속적으로 생산되는 **산업 지능**임"



피지컬 AI는 일반 생성형 AI보다 훨씬 복잡한 워크로드를 요구

왜 AI Factory가 필요한가



AI Factory는 피지컬 AI 산업에 필요한 학습·시뮬레이션·추론·운영을 대규모로 생산·운영하는 기반 인프라

피지컬 AI 작업과 필요한 AI Factory 기능

	피지컬 AI 작업	필요한 AI Factory 기능
1	로봇 비전 학습	대규모 영상·센서 데이터 학습
2	자율주행·AGV 훈련	시뮬레이션 기반 정책 학습
3	합성데이터 생성	Omniverse, Cosmos 기반 대규모 장면 생성
4	월드모델 학습	시간·공간·물리 상태 예측
5	로봇 정책 평가	수천 개 병렬 시뮬레이션
6	현장 추론	저지연 inference, edge-cloud 연계
7	디지털트윈 운영	실시간 전력·열·네트워크·운영 상태 분석

대규모 학습
대용량 데이터로 고성능 모델 학습

병렬 시뮬레이션
수천~수만 환경 동시 시뮬레이션

AI FACTORY

저지연 추론
실시간 상황 대응·빠른 의사결정

실시간 운영 분석
설비·전력·성능·이상 감지

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

5. AI Factory와 DSX: 피지컬 AI를 돌리는 산업 인프라 2) DSX (Vera Rubin DSX)

- Vera Rubin DSX는 대규모 AI Factory를 빠르게 구축하고, 전력·냉각·네트워크·운영까지 통합 최적화하기 위한 NVIDIA 차세대 공동 설계형 AI 인프라 가이드
- 핵심 가치 : 반복 가능성 · 확장성 · token-per-watt 효율 · production readiness

1. Vera Rubin DSX AI Factory Reference Design이란 무엇인가



Vera Rubin DSX AI Factory Reference Design은 단순 서버 사양표가 아니라
컴퓨팅·네트워크·스토리지·전력·냉각·제어 시스템·운영 소프트웨어를 함께 설계하는
차세대 대규모 AI Factory 구축 가이드임

AI 인프라를 부품 조립이 아니라 통합 시스템으로 공동 설계

핵심 개념과 적용 범위

항목	설명
목적	대규모 AI Factory를 반복 가능하고 확장 가능하게 구축
기준 성능	FLOPS보다 token per watt, time to first production, cost per token 중심
설계 범위	GPU, 서버, 랙, 네트워크, 스토리지, 전력, 냉각, 운영
적용 대상	기가와트급 AI Factory, 클라우드, 국가 AI 인프라, 대기업 온프레미스 AI 인프라
철학	AI 인프라를 부품 조립이 아니라 통합 시스템으로 공동 설계

Token per Watt
전력 효율 극대화

Time to First Production
프로덕션까지 시간 단축

Cost per Token
운영 비용 최적화

2. DSX 소프트웨어 구성

Vera Rubin DSX는 단일 제품이 아니라, AI Factory를 설계·운용하기 위한 소프트웨어 라이브러리와 아키텍처 묶음임

DSX Max-Q



고정된 전력 예산 안에서
컴퓨팅 출력과
token-per-watt 성능을
극대화

DSX Flex



AI Factory를 전력망
사비스와 연결해 전력
사용을 동적으로 조정하고,
onsite generation과 연계

DSX Exchange



컴퓨트, 네트워크,
에너지, 전력, 냉각 설비
신호를 IT/OT/운영
에이전트 사이에서 통합

DSX Sim



AI Factory를 고충실도
디지털트윈으로 검증하고,
GPU · 네트워크 · 파트너
인프라를 모델링

DSX Air + SimReady 기반으로 GPU, 네트워킹, 3D geometry, 물류, 시스템 behavior를 연결

설계 → 검증 → 전력·운영 최적화 → 대규모 AI 생산

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

5. AI Factory와 DSX: 피지컬 AI를 돌리는 산업 인프라 3) Omniverse DSX Blueprint

➢ **Omniverse DSX Blueprint**는 AI Factory를 위한 OpenUSD 기반 디지털트윈 프레임워크임 (AI Factory의 물리 인프라를 가상 공간에서 먼저 검증)

1. Omniverse DSX Blueprint란 무엇인가



Omniverse DSX Blueprint는 AI Factory를 실제로 짓기 전에
가상 공간에서 전체 AI Factory를 설계 · 시뮬레이션 · 검증 · 최적화하는
OpenUSD 기반 디지털트윈 청사진

설계 → 시뮬레이션 → 검증 → 최적화 → 배포 전 성능 확인

Complete AI Factory Digital Twin | SimReady Assets | Hardware Configurations | Prebuilt Web UI | Sample Scripts | Workflow Guides | CUDA-X | Omniverse Core Technologies

open, comprehensive framework for designing and operating large-scale AI Factories

2. Omniverse DSX의 기술 아키텍처

[Omniverse DSX Architecture]

1 Asset Creation

CAD / BIM / PLM → OpenUSD → SimReady Asset

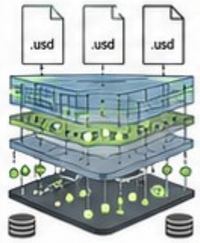


CAD Model (Vendor CAD) | Building / Infrastructure Model (OpenUSD) | Validated SimReady Asset

Vendor CAD 모델을 검증된
simulation-ready OpenUSD asset으로 변환

2 Data Management

USD Storage
Data Lake
Metadata
Configuration



디지털트윈 데이터, 메타데이터,
설정 정보를 통합 관리

3 Simulation

Network Simulation | Grid Simulation | Thermal Simulation
Site Simulation | Electrical Simulation
Surrogate Model
빠른 what-if 분석을 위한 AI 가속 근사 추론

시뮬레이션 영역은 network, grid, thermal,
site, electrical simulation을 수행

4 Runtime Digital Twin Application

Omniverse Kit
RTX Renderer
WebRTC Streaming
Simulation Data Delegate
AI Agent
Web UI



실시간 디지털트윈 애플리케이션으로
시뮬레이션 결과를 시각화 · 스트리밍 · 운영

DATA FLOW (OpenUSD)

3. 핵심 기술 흐름

CAD/BIM/PLM → OpenUSD / SimReady → Data Management → Physical Simulation → Surrogate Model → Runtime Digital Twin App → AI Factory Optimization

핵심 가치

- 물리적으로 정확한 AI Factory 디지털트윈 구축
- 건설 · 배포 전 성능 검증 및 최적화
- 빠른 what-if 분석과 운영 시뮬레이션
- OpenUSD 기반 개방형 프레임워크

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

5. AI Factory와 DSX: 피지컬 AI를 돌리는 산업 인프라

4) SimReady Asset: AI Factory 디지털트윈의 핵심 데이터 모델

➢ **SimReady Asset**은 AI Factory 디지털트윈에서 물리 구조와 의미 정보를 함께 담는 **핵심 데이터 모델**임

1 SimReady Asset이란 무엇인가



SimReady Asset은 vendor CAD source model을 최적화·검증된 OpenUSD asset으로 변환하고, simulation metadata와 connection point를 추가한 물리-의미 결합 자산이다.

단순 3D 시각화 모델이 아니라 시뮬레이션 가능한 디지털트윈 자산

2 SimReady Asset이 포함하는 정보

정보 유형	예시
Geometry	랙, 전력 장비, 냉각 장치, 배관, 건물 구조
Metadata	제조사, 모델명, 치수, 중량, 버전
Electrical	전력 소비, 전원 연결점, 전기 특성
Thermal / Cooling	액체 냉각, 공랭, 냉각 용량, 유량
Connection Points	전력, 냉각수, 공기 흐름, 배관 연결점
Validation	topology, normals, 구조 적합성, metadata schema 검증

3 SimReady Asset Pipeline



다단계 파이프라인을 통해 시뮬레이션용 자산으로 변환

OpenUSD | NVIDIA. OMNIVERSE™ DSX

4 대표 예시 자산

DGX GB300 NVL72 Rack



Vertiv XDU2300 Coolant Distribution Unit



5 왜 중요한가

전력 시뮬레이션	냉각 / 열 시뮬레이션	네트워크 / 설비 배치 분석	운영 최적화
전력 소비와 연결 구조 분석	액체 냉각·공랭·열 분포 분석	연결 및 물리 배치 검토	실제 구축 전 what-if 검증 및 최적화

DSX의 3D 모델은 시각화용이 아니라 전력·냉각·열·네트워크 시뮬레이션이 가능한 **물리-의미 결합 자산**

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

5. AI Factory와 DSX: 피지컬 AI를 돌리는 산업 인프라 — 5) DSX Air: 네트워크·인프라 논리 시뮬레이션

➢ **Omniverse DSX**가 물리적 디지털트윈이라면, **DSX Air**는 AI Factory 인프라의 논리적·네트워크적 디지털트윈임; 두 플랫폼의 결합은 AI Factory의 물리적 동작과 논리적 동작을 함께 검증하는 통합 검증 체계를 제공함

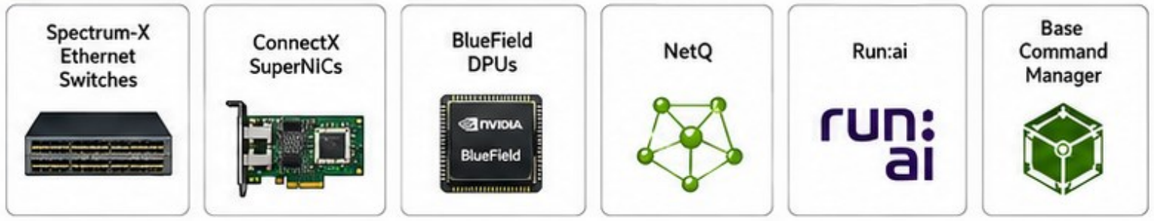
1 1. DSX Air란 무엇인가

DSX Air는 AI Factory의 하드웨어·소프트웨어 인프라를 클라우드에서 사전에 시뮬레이션하는 플랫폼이다. 복잡한 compute, networking, storage, orchestration, security 구성을 서버가 도착하기 전에 검증할 수 있게 한다.



Day-zero operation 가속 | Change management 가속 | Fastest time to first token 지원

2 2. DSX Air가 시뮬레이션하는 핵심 구성



DSX Air는 AI Factory 인프라의 하드웨어와 소프트웨어 구성을 논리적으로 검증한다.

Compute | Networking | Storage | Orchestration | Security

3 3. Omniverse DSX와 DSX Air 비교

구분	Omniverse DSX	DSX Air
중심 대상	물리적 AI Factory 디지털트윈	네트워크·인프라 논리 시뮬레이션
핵심 영역	공간, 설비, 냉각, 전력, 운영 시뮬레이션	컴퓨트, 네트워징, 스토리지, 오케스트레이션, 보안 시뮬레이션
중심 데이터	OpenUSD, SimReady Asset, CAD/BIM/PLM	인프라 구성 정보, 네트워크·컴퓨트·오케스트레이션 설정
중심 기능	물리 기반 설계·운영 시뮬레이션	논리·네트워크 기반 사전 검증 시뮬레이션
DSX Air 역할	물리적 동작 검증	네트워크·컴퓨트·오케스트레이션 논리 시뮬레이션
결합 효과	물리 인프라 관점	AI Factory의 물리적 동작과 논리적 동작을 함께 검증

4 4. 통합 관점: Physical Twin + Logical Twin



AI Factory는 물리 인프라와 논리 인프라를 함께 검증할 때 가장 빠르게 최적화된다.

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

AI Factory = 지능 생산 인프라 **DSX = 지능 공장 검증 아키텍처**
두 개념의 결합은 피지컬 AI 시대의 대규모 산업 지능 생산을 가능하게 한다.

5. AI Factory와 DSX: 피지컬 AI를 돌리는 산업 인프라

6) AI Factory와 DSX의 관계 및 NVIDIA가 DSX를 강조하는 이유

1. AI Factory와 DSX의 관계



구분	AI Factory	DSX
본질	AI 지능 생산 인프라	AI Factory 설계 · 시뮬레이션 · 운영 청사진
목적	AI 모델 학습, 추론, 시뮬레이션, 에이전트 실행	AI Factory 구축 전 검증 및 운영 최적화
주요 산출물	토큰, 예측, 시뮬레이션 결과, 로봇 정책, AI 서비스	설계안, 시뮬레이션 결과, 전력 · 냉각 · 네트워크 최적화
핵심 기술	GPU, DPU, 네트워크, AI SW, orchestration	Omniverse, OpenUSD, SimReady, DSX Air, DSX Sim
평가 지표	token per watt, cost per token, throughput, latency	전력 효율, 냉각 성능, 네트워크 안정성, 구축 리스크
피지컬 AI 의미	지능을 생산하는 공장	지능 공장을 검증하는 디지털트윈

AI Factory는 피지컬 AI를 생산하는 공장이고, DSX는 그 공장을 물리적으로 정확하게 설계·검증·운영하기 위한 디지털트윈 기반 산업 인프라 아키텍처입니다.

2. NVIDIA가 DSX를 강조하는 이유

① 전력 밀도 증가
GB200, GB300, Rubin 계열 랙은 기존 서버 랙보다 훨씬 높은 전력 밀도를 요구

② 액체 냉각 필수화
공랭 중심 데이터센터에서 액체 냉각, CDU, 배관, 유량, 열교환 설계가 핵심

③ 네트워크 복잡도 증가
수천~수만 GPU가 NVLink, InfiniBand, Spectrum-X Ethernet, DPU, SuperNIC으로 연결

④ 운영 자동화 필요
전력 · 냉각 · 워크로드 · 네트워크 · 장애 대응을 통합 제어해야 함

⑤ 전력망 연계 필요
기가와트급 AI Factory는 지역 전력망, onsite generation, ESS, grid service와 연결

3. DSX가 제시하는 해법

설계
- facility layout
- rack 배치
- utility 계획
- 인프라 용량 설계

디지털트윈 시뮬레이션
- 전력 시뮬레이션
- 냉각 시뮬레이션
- 네트워크 시뮬레이션
- 사이트/운영 시뮬레이션

구축 전 검증
- 리스크 식별
- 성능 검증
- 비용/효율 검증
- 사전 배포 검증

실시간 운영 최적화
- 실시간 데이터 반영
- 모니터링 & 알림
- What-if 분석
- 자동 최적화 제안

더 빠른 AI 생산 준비
- 구축 시간 단축
- 운영 안정성 향상
- AI 생산성 극대화
- 지속 가능한 운영

NVIDIA는 DSX를 통해 건설 전에 디지털트윈으로 검증하고, 운영 중에도 실시간 데이터를 반영해 최적화하는 구조를 제시한다.

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

5. AI Factory와 DSX: 피지컬 AI를 돌리는 산업 인프라 K-Port WFM / 자율항만 관점의 적용 해석

1 NVIDIA 개념과 K-Port 적용 해석

NVIDIA 개념	K-Port 적용
AI Factory	항만 WFM, 크레인·AGV 정책, 항만 비전 AI를 학습·추론하는 지능 생산 인프라
Vera Rubin DSX	대규모 항만 AI 인프라, GPU 클러스터, 엣지 서버, 운영센터 설계 기준
Omniverse DSX	항만 AI 인프라와 운영센터의 디지털트윈 설계·검증
SimReady Asset	크레인, AGV, RTG, STS, 전력설비, 냉각설비, 관제실 장비의 simulation-ready OpenUSD 자산화
DSX Air	항만 AI 네트워크, edge-cloud, GPU 서버, 관제 시스템의 논리적 시뮬레이션
DSX Flex	항만 전력망, 재생에너지, ESS, 피크 전력 제어와 AI workload 연계
DSX Exchange	TOS, PLC, CCTV, LiDAR, RTK-GPS, AI 서버, 전력·냉각 설비의 IT/OT 통합

2 핵심 해석

자율항만에서는 GPU 인프라와 운영 인프라가 분리되지 않습니다.

크레인 제어, AGV 경로계획, 야드 최적화, CCTV 기반 안전감시,
항만 디지털트윈, WFM 학습이 모두 하나의 AI Factory workload가 됩니다.



3 K-Port 관점의 전체 구조



02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

6. Halos와 Alpamayo: 안전·검증 중심의 자율 시스템

Halos https://www.nvidia.com/en-us/ai-trust-center/halos/autonomous-vehicles/

Alpamayo https://www.nvidia.com/ko-kr/solutions/autonomous-vehicles/alpamayo/

- 자율주행 분야에 Alpamayo와 Halos를 통해 안전한 피지컬 AI 배포 체계 구축
  - ➢ 항만 적용하면, 완전 무감독 자율제어 보다 Shadow Mode → Human-in-the-Loop → 제한구역 실증 → 단계적 현장확산이라는 안전성 검증 체계가 필요

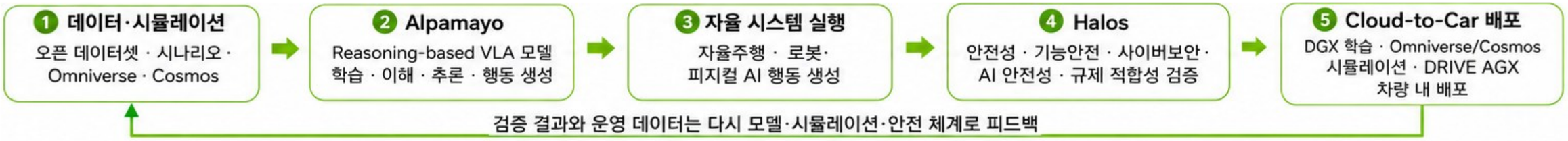
1. 정의

구분	정의	핵심 역할	대표 구성	핵심 메시지
Alpamayo	자율주행차가 보고·이해하고·추론하고·행동하도록 만드는 reasoning-based VLA 모델·시뮬레이션·데이터셋 계층	복잡하고 드문 상황을 단계적으로 추론하고, 설명 가능하게 의사결정하며, 주행 행동 생성	오픈 모델 · 시뮬레이션 · 데이터셋 포트폴리오	자율 시스템의 '두뇌'
Halos	실제 도로와 현장 배포 전에 안전성·기능안전·사이버보안·AI 안전성·규제 적합성을 검증하는 full-stack safety system	설계·학습·시뮬레이션·배포·인증 전 단계에 safety guardrail 통합	차량 아키텍처 · AI 모델 · 칩 · 소프트웨어 · 도구 · 서비스	두뇌와 몸체를 안전하게 검증·감시·인증하는 체계

2. 중요성

관점	기존 방식	NVIDIA의 접근	의미
A 기본 구조	Perception → Prediction → Planning → Control 인지 → 예측 → 계획 → 제어	VLA(Vision-Language-Action) 기반 reasoning autonomy	장면 인식을 넘어 이해 · 추론 · 행동 생성으로 확장
B 기존 한계	모듈별 해석·검증은 쉬우나, 복잡한 장면·장기 상호작용 · 희귀 상황 · 비정형 도로에서 한계	Alpamayo가 복잡하거나 드문 상황을 단계적으로 추론하고, 이유를 설명하며, 행동 생성	자율주행의 지능 수준과 설명 가능성 향상
C 안전 과제	End-to-end AI는 성능이 높아질수록 안전 검증이 어려움	Halos가 설계 시점·학습 시점·시뮬레이션 시점·배포 시점·인증 시점의 안전 guardrail 통합	고성능 AI를 실제 배포 가능한 안전 체계로 연결

3. 통합 페루프 구조



02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

6. Halos와 Alpamayo: 안전·검증 중심의 자율 시스템

➢ NVIDIA Halos: Cloud-to-Car 안전 시스템

Halos는 안전을 최종 단계에서 한 번 검사하는 체계가 아니라, **개발 전 주기 전체에 내재화**하고
AI Factory · 시뮬레이션 · 차량 배포까지 연결하는 full-stack safety system입니다.

1. 핵심 구조

구분	의미	핵심 기술
Platform Safety	차량 컴퓨팅 플랫폼 자체의 안전성	DRIVE AGX · DriveOS · safety-assessed SoC · DRIVE Hyperion
Algorithmic Safety	AI 모델·알고리즘의 안전성	데이터 큐레이션 · 시뮬레이션 · validation · diverse AV stack
Ecosystem Safety	파트너 · 센서 · OEM · 규제 대응 안전성	Halos AI Systems Inspection Lab · 인증 보고서 · 표준·규제 대응

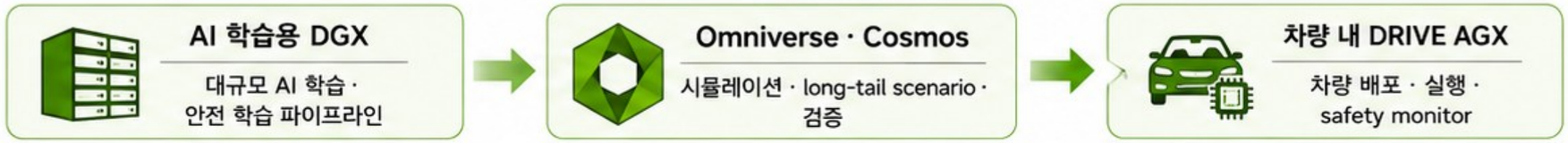
NVIDIA는 Halos의 핵심 요소로 platform safety, algorithmic safety, ecosystem safety를 제시합니다.

2. 개발 전 주기 내재화



핵심 철학: 안전은 마지막에 검사하는 항목이 아니라, **설계부터 인증까지 전 단계에 내재화**됩니다.

3. 세 가지 컴퓨터와 전체 시스템 안전



Halos는 AI 학습용 DGX, 시뮬레이션용 Omniverse · Cosmos, 차량 내 배포용 DRIVE AGX를 연결합니다.
이는 자율주행 안전을 차량 내부 기능만이 아니라, AI Factory · 시뮬레이션 · 차량 배포까지 연결된 전체 시스템 안전 문제로 분다는 의미입니다.

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

6. Halos와 Alpamayo: 안전·검증 중심의 자율 시스템

➢ NVIDIA Alpamayo: & Alpamayo Super2 Reasoning-based VLA Model · Simulation • Physical AI dataset

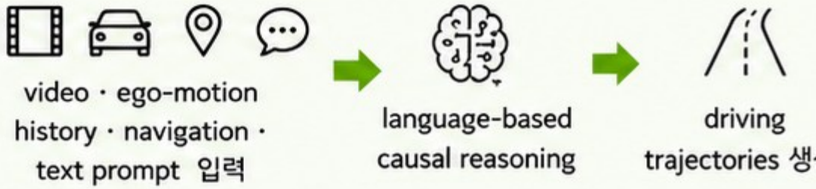
Alpamayo는 자율주행차가 인간처럼 **장면을 이해**하고, **인과관계를 추론**하며, **행동을 생성**하도록 만드는
open VLA model · simulation framework · reinforcement learning infrastructure · physical AI dataset 포트폴리오입니다.

1. NVIDIA Alpamayo: Reasoning-based 자율주행 모델 계층

(Level 4 자율주행 개발을 가속하기 위한 안전하고 투명한 reasoning-based AV 개발 플랫폼)

구성	역할	핵심 설명
Alpamayo VLA Model	추론·행동·궤적 생성	영상, 주행 맥락, 내비게이션 입력을 받아 reasoning과 driving trajectory 생성
Chain-of-Causation, CoC	인과적 reasoning trace	왜 그렇게 주행해야 하는가에 대한 causal explanation 생성
AlpaSim	closed-loop AV 시뮬레이션	페루프 기반 자율주행 시뮬레이션 프레임워크
AlpaGym	closed-loop RL post-training	reinforcement learning 기반 post-training 인프라
Physical AI Open Datasets	학습 데이터 기반	실제 주행 데이터와 long-tail scenario 학습 기반
Omniverse NuRec / OmniDreams	재구성·시나리오 생성	실제 장면 재구성 및 photorealistic scenario generation

Alpamayo 1.5 요약



2. Alpamayo 2 Super의 의미

Alpamayo는 자율 시스템의 두뇌에 해당하는 **reasoning-based VLA 계층**이며, Alpamayo 2 Super는 **32B 규모의 teacher model**로서
장면 이해, 인과 추론, 행동 생성, 자동 라벨링, 모델 증류까지 확장된 **NVIDIA의 차세대 자율주행 지능 프레임워크**입니다.

항목	의미
32B parameter scale	더 큰 reasoning foundation model
360-degree situational awareness	전방 중심이 아니라 전·측·후방 전제 맥락 인식
Meta-Actions	yield, lane change, stop 같은 고수준 행동 출력
CoC reasoning trace	의사결정의 인과적 설명 생성
Reasoning auto-labeling	raw driving clip에서 인과적 라벨 자동 생성
Teacher model 역할	대형 모델의 지식을 차량 탑재용 compact model로 증류

Alpamayo 2 Super 확장 포인트

- 32B open reasoning VLA model
- reason · plan · act 수행
- trajectory generation + scene understanding
- auto-labeling + model critiquing
- smaller model distillation



02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

6. Halos와 Alpamayo: 안전·검증 중심의 자율 시스템

➢ NVIDIA Alpamayo: & Alpamayo Super2 Reasoning-based VLA Model · Simulation • Physical AI dataset

3. Alpamayo 핵심 해석



Halos & Alpamayo 비교

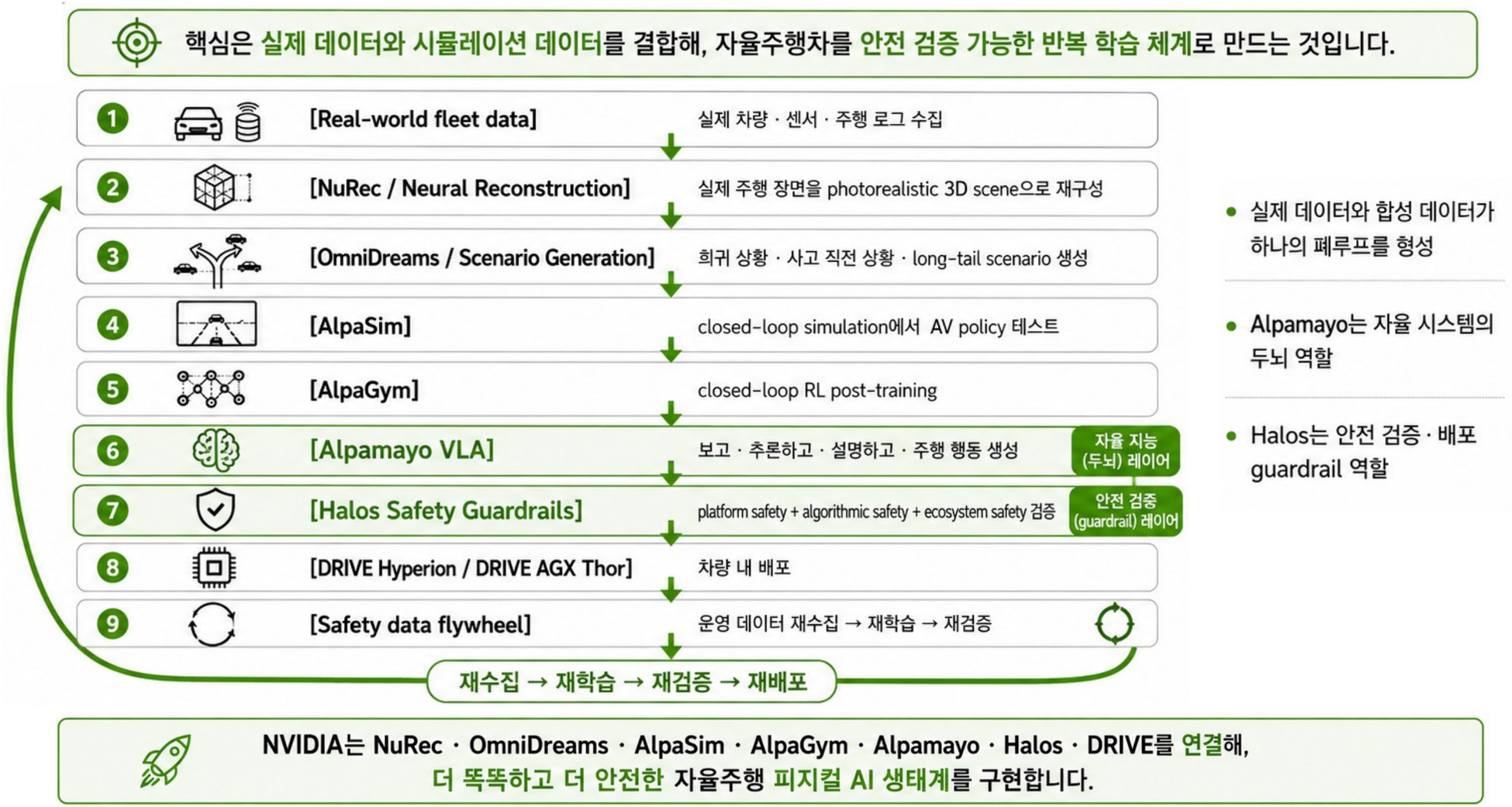
구분	Halos	Alpamayo
본질	Safety system	Reasoning autonomy model/platform
목적	안전·검증·인증·규제 대응	인지·추론·행동·주행 정책 생성
적용 시점	설계, 학습, 검증, 배포, 인증 전 과정	데이터 라벨링, 모델 학습, 시뮬레이션, 차량 탑재 전 refinement
핵심 기술	DriveOS, DRIVE AGX, DRIVE Hyperion, Inspection Lab, safety monitors	VLA model, CoC reasoning, AlpaSim, AlpaGym, Physical AI datasets
평가 관점	안전성, 신뢰성, 기능안전, 사이버보안, regulatory compliance	reasoning quality, trajectory quality, closed-loop driving behavior
피지컬 AI 의미	자율 시스템을 안전하게 산업화하는 안전 프레임워크	자율 시스템에 reasoning capability를 부여하는 foundation model 계층

02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

6. Halos와 Alpamayo: 안전·검증 중심의 자율 시스템

➢ NVIDIA 피지컬 AI 생태계에서의 Halos와 Alpamayo 구조도

Physical AI Closed-Loop AV Learning, Safety, & Deployment Architecture



02 NVIDIA Physical AI 핵심 플랫폼

6. Halos와 Alpamayo: 안전·검증 중심의 자율 시스템

Halos와 Alpamayo는 자동차 분야 기술로 발표되었지만, 본질적으로는 **피지컬 AI 안전 아키텍처**임
로봇, 자율항만, 스마트팩토리, 물류 로봇, AGV, AMR, 드론에도 동일한 원리가 적용됨

1.

피지컬 AI가 해결 해야 할 3가지 문제

문제	설명	NVIDIA 대응
Long-tail problem	실제 사고·위험·희귀 상황 데이터 부족	Alpamayo · OmniDreams · AlpaSim · Physical AI datasets
Verification problem	end-to-end AI 판단을 어떻게 검증할 것인가	Halos · Inspection Lab · simulation validation
Deployment problem	모델을 실제 차량·로봇에 안전하게 올릴 수 있는가	DRIVE Hyperion · DRIVE AGX · DriveOS · Halos OS

적용 영역

- 로봇
- 물류 로봇
- 자율항만
- AGV / AMR
- 스마트팩토리
- 드론

2.

NVIDIA 전략의 본질

1. 모델 → 2. 시뮬레이션 → 3. 데이터 → 4. 안전 검증 → 5. 인증 → 6. 차량/로봇 탑재 플랫폼

NVIDIA의 전략은 단순히 자율주행 모델을 만드는 것이 아니라, 모델·시뮬레이션·데이터·안전 검증·인증·탑재 플랫폼을 모두 묶어 산업적으로 확장 가능한 자율 시스템 생산 체계를 만드는 것입니다.

Alpamayo
long-tail 상황을 학습하고,
보고·이해·추론·행동하는 지능 계층

+

Halos
그 지능을 안전하게 검증·배포·인증하는
full-stack safety 체계

NVIDIA는 더 똑똑한 모델만이 아니라, **더 안전하고 산업화 가능한 피지컬 AI 생산 체계**를 구축하고 있음

K-PORT WORLD FOUNDATION MODEL NVIDIA

K-Port WFM / 자율항만 관점에서 Halos와 Alpamayo

K-Port World Foundation Model / Physical AI Autonomous Port Interpretation

K-Port World Foundation Model / 피지컬 AI 자율항만 관점에서, Alpamayo는 항만 장비의 **자율 지능 계층**이고 Halos는 그 지능을 **안전하게 검증·배포·인증**하는 안전 프레임워크입니다.

1. NVIDIA 자율주행 개념과 자율항만 적용 해석

NVIDIA 자율주행 개념	자율항만 적용 해석
Alpamayo VLA	AGV, 야드트랙터, 크레인, 이동형 하역장비의 vision-language-action 모델
Chain-of-Causation	"왜 정지했는가", "왜 우회했는가", "왜 해당 컨테이너를 먼저 처리했는가" 설명
AlpaSim	항만 AGV·크레인·야드 운영 closed-loop simulator
AlpaGym	항만 장비 정책의 closed-loop RL post-training
Physical AI Dataset	CCTV, LiDAR, RTK-GPS, TOS, PLC, AGV log 기반 항만 데이터셋
OmniDreams / NuRec	항만 혼잡, 야간, 폭우, 강풍, 장비 고장, 충돌 직전 상황 생성
Halos	자율항만 장비의 안전·검증·인증 프레임워크
DRIVE Hyperion	항만 장비용 reference hardware/software architecture에 해당
Halos Inspection Lab	항만 로봇·장비·센서·제어시스템의 안전 검증 체계로 확장 가능

2. 자율항만에서 중요한 이유



자율항만에서는 단순히 AGV가 경로를 따라 움직이는 것이 아니라, 크레인, 야드, 트럭, 작업자, 선석, 컨테이너, 기상, 장비 고장, TOS 작업계획이 모두 상호작용합니다.



따라서 Alpamayo식 **reasoning VLA 구조**는 항만 장비가 상황을 인식하고, 작업 맥락을 이해하며, **안전한 행동을 선택**하고, **그 이유를 설명**하는 모델로 확장될 수 있습니다.

3. Alpamayo – CoC - Halos

Alpamayo
항만 장비가 보고·이해하고·추론하고·행동하는 자율 지능 계층

→

Chain-of-Causation
정지·우회·작업 우선순위 선택 이유를 설명하는 reasoning trace

→

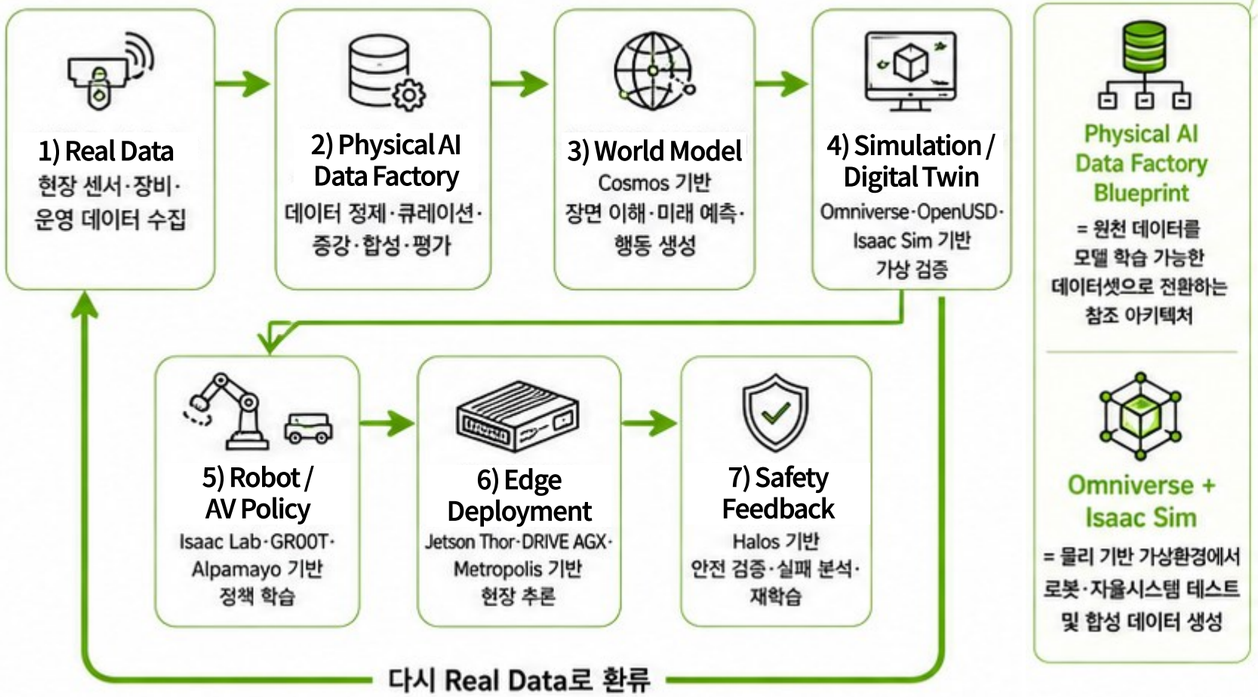
Halos
그 지능을 안전하게 검증·배포·인증하는 full-stack safety framework

03 NVIDIA Physical AI 생태계의 작동 방식

Closed-Loop Industrial AI Operating System for Physical AI

NVIDIA 피지컬 AI 생태계는 단일 제품이 아니라,
데이터 · 컴퓨팅 · 월드모델 · 시뮬레이션 · 로봇제어 · 안전검증이 연결된 **AI Factory** 기반 **폐루프형 산업 AI 운영체계**입니다.

1 NVIDIA 피지컬 AI 생태계의 전체 작동 구조



Physical AI Data Factory Blueprint
= 원천 데이터를 모델 학습 가능한 데이터셋으로 전환하는 참조 아키텍처

Omniverse + Isaac Sim
= 물리 기반 가상환경에서 로봇·자율시스템 테스트 및 합성 데이터 생성

2 NVIDIA 피지컬 AI 생태계의 실제 작동 원리

단계	NVIDIA 핵심 기술	작동 방식	항만 적용 예
Real Data	센서, IoT, 로봇 로그, 운영 시스템	실제 세계 데이터를 수집	CCTV, LiDAR, RTK-GPS, PLC, TOS/ECS, AIS
Data Factory	Cosmos Curator, Transfer, Evaluator	데이터 정제·증강·합성·평가	크레인 스웨이, 돌풍, AGV 충돌위험 생성
World Model	Cosmos 3	장면 이해, 미래 예측, 행동 후보 생성	5초 뒤 혼잡·충돌·장비 궤적 예측
Simulation	Omniverse, OpenUSD, Isaac Sim, RTX, PhysX/Newton	물리 기반 디지털트윈에서 검증	가상 터미널에서 자율하역 정책 반복 검증
Robot Policy	Isaac Lab, GR00T, Alpamayo	강화학습·모방학습·VLA 정책 생성	AGV 경로 재계획, 크레인 정밀 체결
Edge Deployment	Jetson Thor, DRIVE AGX, Isaac ROS, Metropolis	현장 장비에서 실시간 추론·제어	장비 내 AI 컨트롤러 탑재
Safety Feedback	Halos, Safety Inspection, 제학습 파이프라인	near-miss 분석, fail-safe 고도화	위험 로고 재학습, 안전정책 업데이트

결국 NVIDIA의 피지컬 AI 생태계는 **Real Data → Data Factory → World Model → Simulation → Robot Policy → Edge Deployment → Safety Feedback**으로 이어지는 폐루프 구조를 통해,
산업 현장의 지능을 지속적으로 **학습 · 검증 · 배포 · 개선**하는 **AI Factory** 기반 운영체계를 형성합니다.

03 NVIDIA Physical AI 생태계의 작동 방식

핵심은 Real-to-Sim-to-Real이다.

실세계에서 수집한 데이터를 가상세계에서 수천~수만 번 검증하고, 검증된 정책만 실제 장비에 배포한 뒤, 운영 데이터를 다시 회수해 재학습하는 구조

1. 핵심은 Real-to-Sim-to-Real이다

① Real
실제 항만 · 공장 · 도로에서 데이터 수집
CCTV · LiDAR · RTK-GPS · PLC · TOS/ECS · 차량/로봇 로그

→

② → Sim
Omniverse · Isaac Sim · Cosmos 기반 가상세계로 이전
위험상황 · long-tail 상황 · 반복 검증

→

③ → Real
검증된 정책만 Jetson / DRIVE 기반 실제 장비에 단계적 배포
실제 장비 제어 · 현장 추론 · 운영 적응

→

④ → 다시 Real
운영 중 near-miss · 실패 · 이상상황을 다시 수집
위험 로그 회수 · 실패 분석

→

⑤ → 다시 Sim
더 정교한 가상환경과 학습 데이터로 재구성
재학습 · 재검증 · 정책 개선

Feedback Loop

피지컬 AI는 크레인 충돌, AGV 사고, 자율차 사고, 로봇 오작동을 실제 현장에서 반복 실험할 수 없기 때문에, 실제 데이터를 가상환경으로 옮겨 대규모 검증 후 실제에 단계적으로 배포하는 방식이 핵심이다.

2. AI Factory와 DSX는 이 전체 루프를 떠받치는 기반 인프라

상위 용용 루프

Real Data (현장 데이터 수집) → Data Factory (정제 · 큐레이션 · 증강 · 합성 · 평가) → World Model (미래 예측 · 행동 생성) → Simulation (가상 검증) → Robot Policy (정책 학습) → Edge (현장 배포) → Safety Feedback (재학습)

기반 인프라

하위 인프라 루프

- **AI Factory** — 피지컬 AI 지능 생산 인프라
- **DSX Digital Twin** — AI Factory 자체의 디지털트윈 설계 · 검증
- 전력 · 냉각 · 네트워크 · GPU 운영 최적화 — 고효율 AI 인프라 운영

3. AI Factory와 DSX의 역할 요약

구분	의미	핵심 역할
AI Factory	피지컬 AI 지능을 생산하는 산업 공장	대규모 GPU 연산, 네트워크, 스토리지, 데이터 처리, 모델 학습 · 추론
DSX	AI Factory를 설계 · 검증하는 디지털트윈 체계	Vera Rubin DSX Reference Design + Omniverse DSX Blueprint로 전력 · 냉각 · 네트워크 · 운영을 사전 시뮬레이션
핵심 해석	AI Factory가 피지컬 AI 지능을 생산하고, DSX가 그 AI Factory 자체를 디지털트윈으로 검증 · 운영한다.	

결국 NVIDIA 피지컬 AI 생태계는 Real-to-Sim-to-Real 폐루프 위에,
AI Factory와 DSX가 받쳐주는 2계층 구조이며, 실세계 데이터를 안전하게 지능으로 전환 · 검증 · 배포 · 운영하는 산업 인프라이다.

K-PORT
WORLD FOUNDATION MODEL

K-Port WFM / 자율항만 관점에서 본 NVIDIA Physical AI 생태계

NVIDIA

K-Port World Foundation Model 기반 Physical AI Autonomous Port Operating Loop

핵심은 실제 항만 데이터를 AI Factory에서 학습 가능한 데이터로 전환하고, 시뮬레이션에서 반복 검증한 뒤, 실제 항만 장비에 단계적으로 배포하고, 안전 피드백으로 지속 개선하는 **Real-to-Sim-to-Real 페루프**입니다.

1. 자율항만 관점의 전체 페루프 구조

1 항만 실데이터
CCTV · LiDAR · RTK-GPS · PLC · TOS/ECS · AIS · AGV log

→

2 Port Physical AI Data Factory
정제 · 라벨링 · 합성 · Long-tail 생성 · 품질검증

→

3 K-Port World Foundation Model
항만 장면 이해 · 미래 상태 예측 · 작업 의도 추론

→

4 항만 디지털트윈 / Simulation
OpenUSD 기반 선석 · 야드 · 크레인 · AGV · 컨테이너 가상세계

→

5 자율장비 정책 학습
AGV 경로계획 · 크레인 정밀제어 · 야드 최적화 · 안전정책

→

6 Edge AI 배포
Jetson/DRIVE급 컨트롤러를 장비 · 관제센터에 탑재

→

7 Safety Feedback
near-miss · 장비고장 · 작업지연 · 위험상황 재학습

↩ **Real-to-Sim-to-Real Feedback Loop**

2. 기술 의미와 역할 해석

단계	핵심 의미	주요 기술/개념	자율항만 적용 해석
Real Data	현장 운영 데이터 수집	센서 · 운영시스템 · 장비로그	항만 실세계 상태의 원천 데이터 확보
Data Factory	학습 가능한 데이터셋으로 전환	정제 · 라벨링 · 합성 · 품질평가	위험상황·희귀상황을 포함한 항만 데이터 구축
World Foundation Model	장면 이해와 미래 상태 추론	월드모델 · 작업의도 추론	혼잡, 충돌위험, 장비 상태, 작업 우선순위 예측
Simulation / Digital Twin	가상환경 반복 검증	Omniverse · Isaac Sim · OpenUSD	가상 터미널에서 자율하역 정책 검증
Robot / Equipment Policy	행동 정책 학습	정책학습 · 최적화 · 안전정책	AGV, 크레인, 야드 장비의 자율제어 정책 생성
Edge Deployment	현장 장비에 단계적 적용	Jetson · DRIVE · 현장 AI 컨트롤러	장비 및 관제센터 실시간 추론·제어
Safety Feedback	운영 데이터 기반 지속 개선	near-miss 분석 · 재학습 · 정책 업데이트	안전성과 운영 효율을 함께 고도화

3. K-Port WFM / 자율항만

A 운영체계로서 정의

K-Port WFM은 항만 데이터를 월드모델화하고, 자율항만 장비 정책을 시뮬레이션에서 검증한 후, 실제 항만 장비에 단계적으로 배포하는 피지컬 AI 운영체계로 정의할 수 있습니다.

B NVIDIA 생태계의 항만 적용 의미

NVIDIA 피지컬 AI 생태계는 실제 세계 데이터를 AI Factory에서 학습 가능한 데이터로 바꾸고, Cosmos · Omniverse · Isaac 기반 가상세계에서 반복 검증한 뒤, Jetson/DRIVE 기반 실제 장비에 배포하고, Halos식 안전 피드백으로 계속 개선하는 **Real-to-Sim-to-Real 페루프**입니다.

결국 K-Port WFM은 자율항만의 데이터를 지능으로 전환하고, 시뮬레이션 검증과 실제 장비 배포를 연결하는 Physical AI 기반 운영 아키텍처입니다.



NVIDIA 글로벌 Physical AI 생태계 기반 한국형 자율항만 R&D Blueprints



K-Port World Foundation Model 중심의 Real-to-Sim-to-Real 페루프 전략

01 핵심 메시지

NVIDIA 글로벌 피지컬 AI 생태계는 한국형 자율항만 R&D의 기술 청사진이다.

Cosmos WFM	Omniverse / OpenUSD	Isaac Sim / Lab	Jetson / Thor	Halos Safety
항만 세계 이해 · 예측	항만 디지털트윈 구성	장비 정책 학습	현장 장비 배포	안전 검증 · 개선

Cosmos는 물리 기반 월드 시뮬레이터이자 WFM 플랫폼으로, 위험 없이 다양한 조건에서 페루프 행동을 평가 · 개선하는 방향을 제시한다.

02 NVIDIA 생태계 → 한국형 자율항만 적용 방향

NVIDIA 생태계	한국형 항만 적용 방향
Cosmos WFM	K-Port WFM / 항만 월드 파운데이션 모델
Isaac Sim / Isaac Lab	크레인 · AGV · 리치스태커용 항만 장비 학습 시뮬레이터
Omniverse / OpenUSD	항만 3D 디지털트윈 · 장비 등역학 · 센서 시뮬레이션 표준
Physical AI Data Factory	항만 위험상황 · 희귀상황 합성데이터 생성 체계
Jetson / Thor	Edge AI 장비 탑재형 저지연 Physical AI Controller
Halos Safety	항만 자율제어 안전성 검증 · 인증 · 감사 체계
글로벌 로봇 파트너십	항만공사 · 터미널운영사 · 장비기업 · AI기업 생태계

03 K-Port WFM의 필요성

A 항만 장비	• 크레인 · AGV · 리치스태커 · 야드트랙터
B 데이터·센서	• CCTV · LiDAR · RTK-GPS · PLC · TOS/ECS · AIS
C 운영 객체	• 컨테이너 · 선박 · 작업자 · 게이트 · 야드 · 선석
D 환경·위험 변수	• 강풍 · 안개 · 폭우 · 야간 · 혼잡 · 장비고장

단순 객체 인식 AI가 아니라, 항만 공간 전체의 상태를 이해하고 미래를 예측하는 K-Port World Foundation Model이 필요하다.

Cosmos는 데이터 큐레이션 · 합성데이터 생성 · 평가를 포함한 피지컬 AI 데이터 파이프라인과 결합되어 로봇 · 비전 AI · 자율주행 개발에 활용된다.

04 항만 장비 학습 시뮬레이터 방향

Isaac Sim / Isaac Lab 기반 항만 장비 정책 학습

STS 크레인	RTG / RMG	AGV / AMR	리치스태커	야드트랙터
스프레더 정렬, 컨테이너 체결, 흔들림 억제	야드 내 컨테이너 적재 · 이동 최적화	경로계획, 충돌회피, 정지 · 우회 판단	컨테이너 접근, 파지, 이동, 안전거리 유지	혼잡 상황 주행, 작업자 인식, 경로 재계획

Isaac Sim은 합성데이터 생성, 시뮬레이션, 강화학습, 인식, 테스트를 통합하는 로보틱스 소프트웨어 스택이다.

05 항만 Physical AI Data Factory

자율항만의 병목은 모델보다 데이터

실항만에서 수집이 어려운 데이터

- AGV 충돌 직전
- 크레인 스웨이 위험
- 들통 · 안개 · 폭우 · 야간 작업
- 작업자 무단 진입
- 장비 고장
- 센서 오류
- 통신 지연
- TOS 계획-현장 실행 불일치

실데이터 + 합성데이터 + 시뮬레이션 데이터 + 안전 피드백 데이터

Port Physical AI Data Factory

대규모 데이터 처리 · 큐레이션, 합성데이터 생성, 강화학습, 평가 지원

06 Edge AI와 안전 검증 체계

K-Port WFM / 정책 모델
↓
시뮬레이션 검증
↓
Jetson / Thor 기반 장비 탑재형 AI Controller
↓
크레인 · AGV · 리치스태커 · CCTV 관제 서버 배포
↓
Near-miss 데이터 수집
↓
Halos식 안전검증 · 재학습



Jetson AGX Thor는 클라우드 의존 없이 엘티모달 데이터를 처리하고, 현장에서 foundation model을 실행할 수 있는 온보드 컴퓨팅 플랫폼이다.

07 한국형 자율항만 R&D 추진 방향

NVIDIA 생태계는 그대로 도입하는 대상이 아니라, 한국형 항만 표준 · 데이터 · 장비 체계로 재구성해야 한다.

1 K-Port WFM 개발	2 항만 OpenUSD 디지털트윈 표준화	3 Port Physical AI Data Factory 구축	4 항만 장비 학습 시뮬레이터 개발	5 장비 탑재형 Physical AI Controller 개발	6 항만 Halos Safety 체계 구축
항만 장면 이해 · 미래 상태 예측 · 작업 의도 추론	크레인, AGV, 야드, 선석, 컨테이너, 센서 모델의 표준 자산화	실데이터 정제 · 합성데이터 생성 · 위험상황 데이터셋 구축	Isaac Sim/Lab 기반 크레인-AGV-리치스태커 정책 학습	Jetson/Thor급 엣지 AI 기반 저지연 추론 · 제어	자율장비 안전성 · 검증 · 인증 · 감사 체계



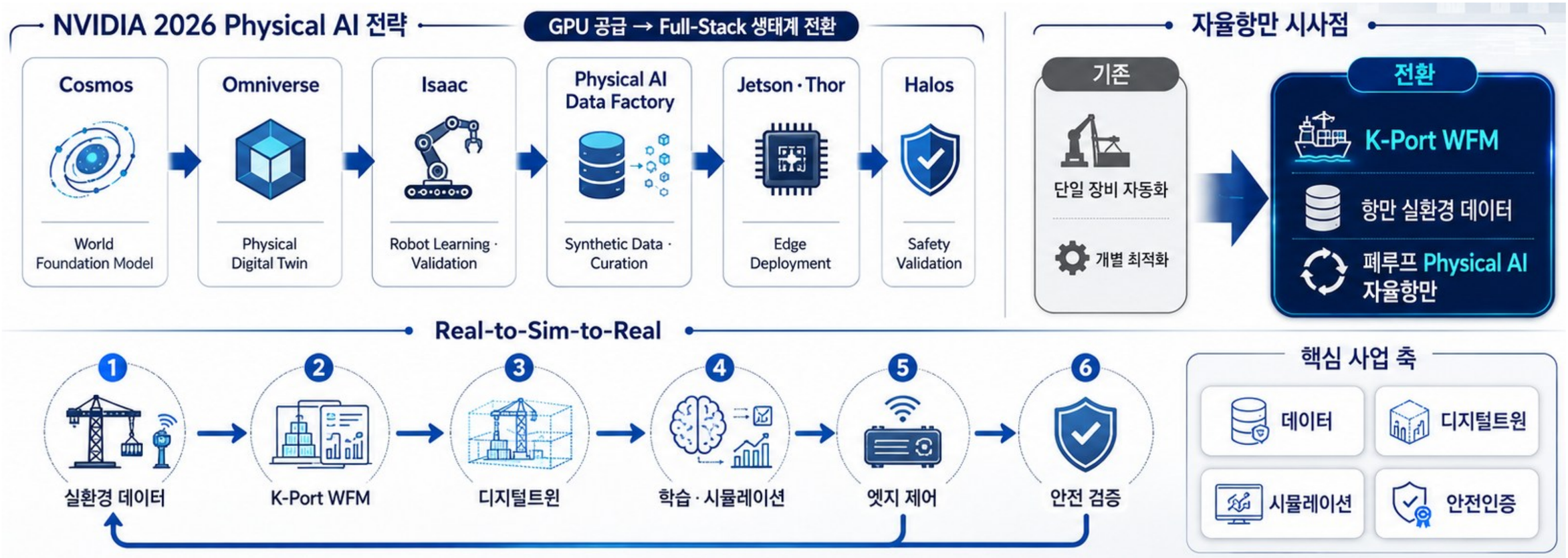
최종 발표용 결론

NVIDIA 글로벌 피지컬 AI 전략의 본질은 현실 데이터를 월드모델 · 시뮬레이션 · 로봇정책 · 엣지제어로 연결하는 **Real-to-Sim-to-Real 페루프**이다.

한국형 자율항만 R&D는 이 구조를 항만 데이터, 항만 장비, 항만 디지털트윈, 항만 안전검증 체계로 특화한 **K-Port WFM 생태계**로 발전시켜야 한다.

05 정책·사업 기획 관점의 결론 문장

NVIDIA Physical AI Full-Stack → K-Port WFM 기반 자율항만 전략



정책 결론: 한국형 자율항만은 **K-Port WFM** 중심으로 기획해야 한다

사업 결론: 데이터·트윈·학습·배포·안전이 통합된 **Physical AI 체계**를 구축해야 한다