

E2E와 맵리스 자율주행으로 진화하는 Physical AI와 미래차 기술

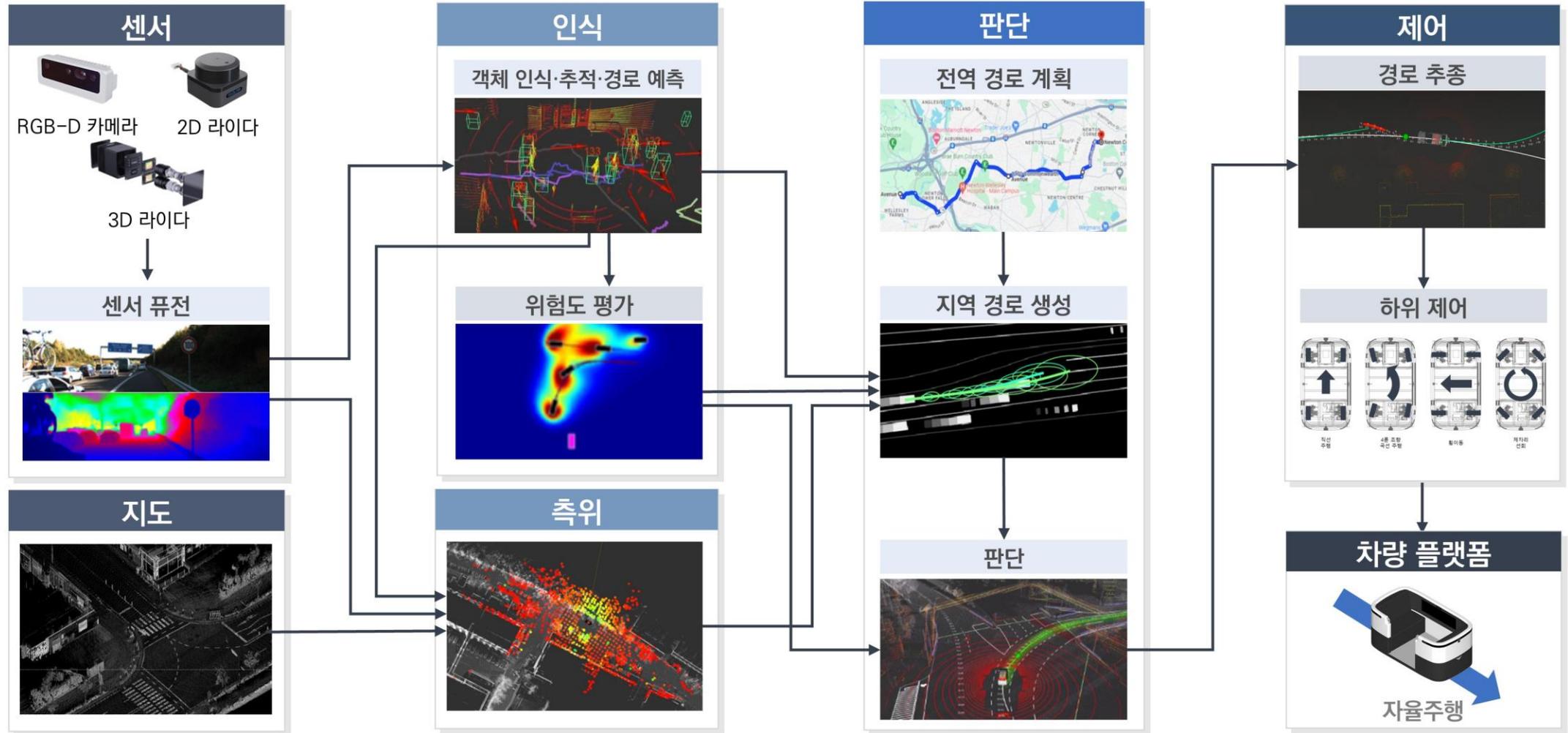
웨어러블에이아이
백두산 대표

 whereable.ai



MODULE-BASED ARCHITECTURE

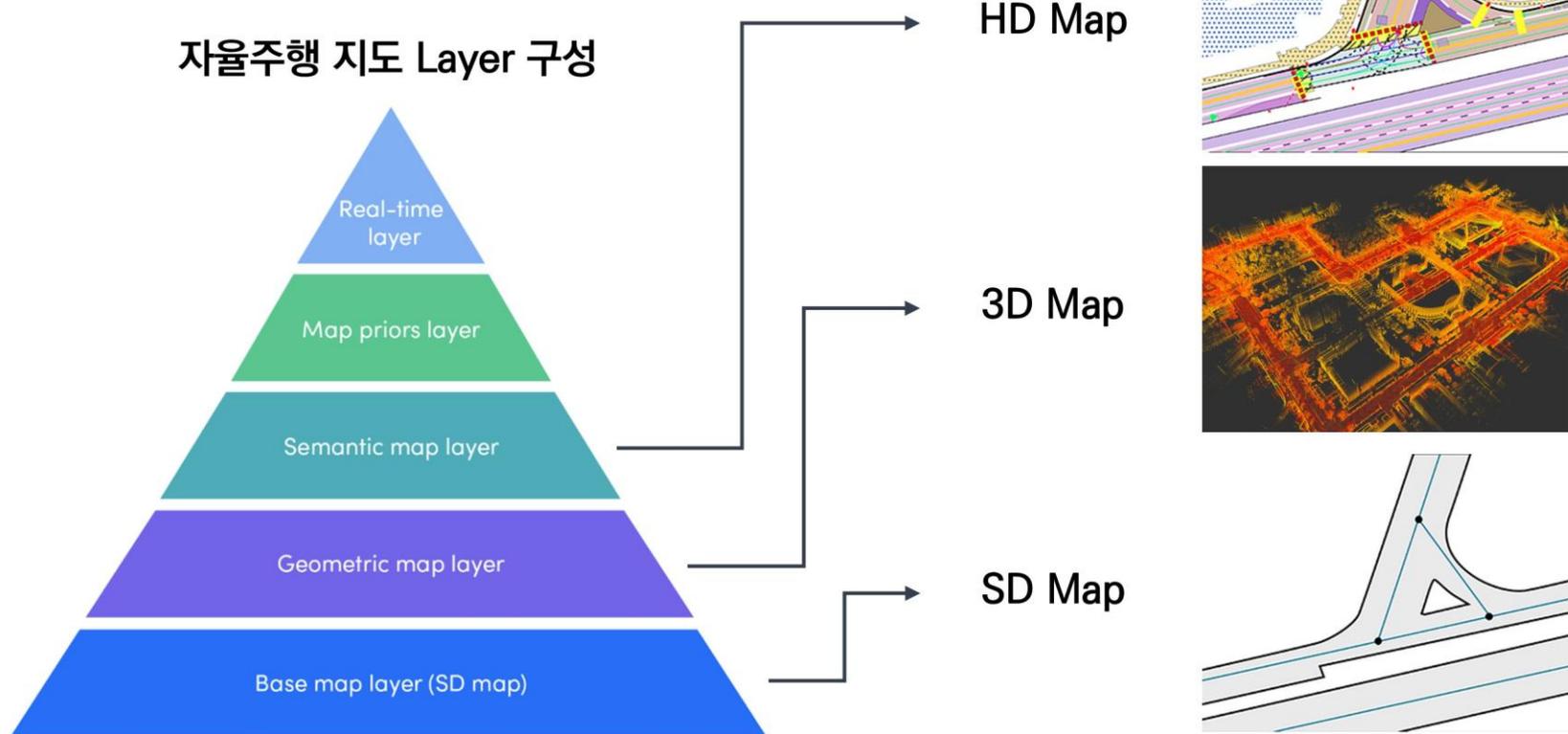
기존 자율주행 시스템 구성 (AV 1.0)



HD MAP

고정밀 지도(HD Map)

- » 상당 부분 수작업에 의존하여 제작
- » 지도 유지보수 리소스 지속 발생
- » 환경변화 실시간 업데이트 불가능



* 출처: Lyft, Toyota

HD MAP

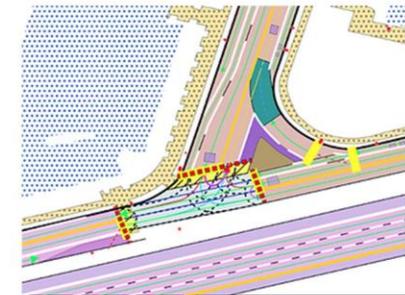
고정밀 지도(HD Map)

- » 상당 부분 수작업에 의존하여 제작
- » 지도 유지보수 리소스 지속 발생
- » 환경변화 실시간 업데이트 불가능

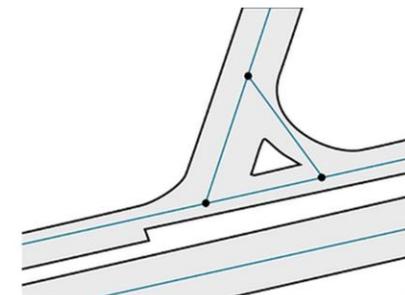
고정밀지도(HD Map) 제작과정



HD Map

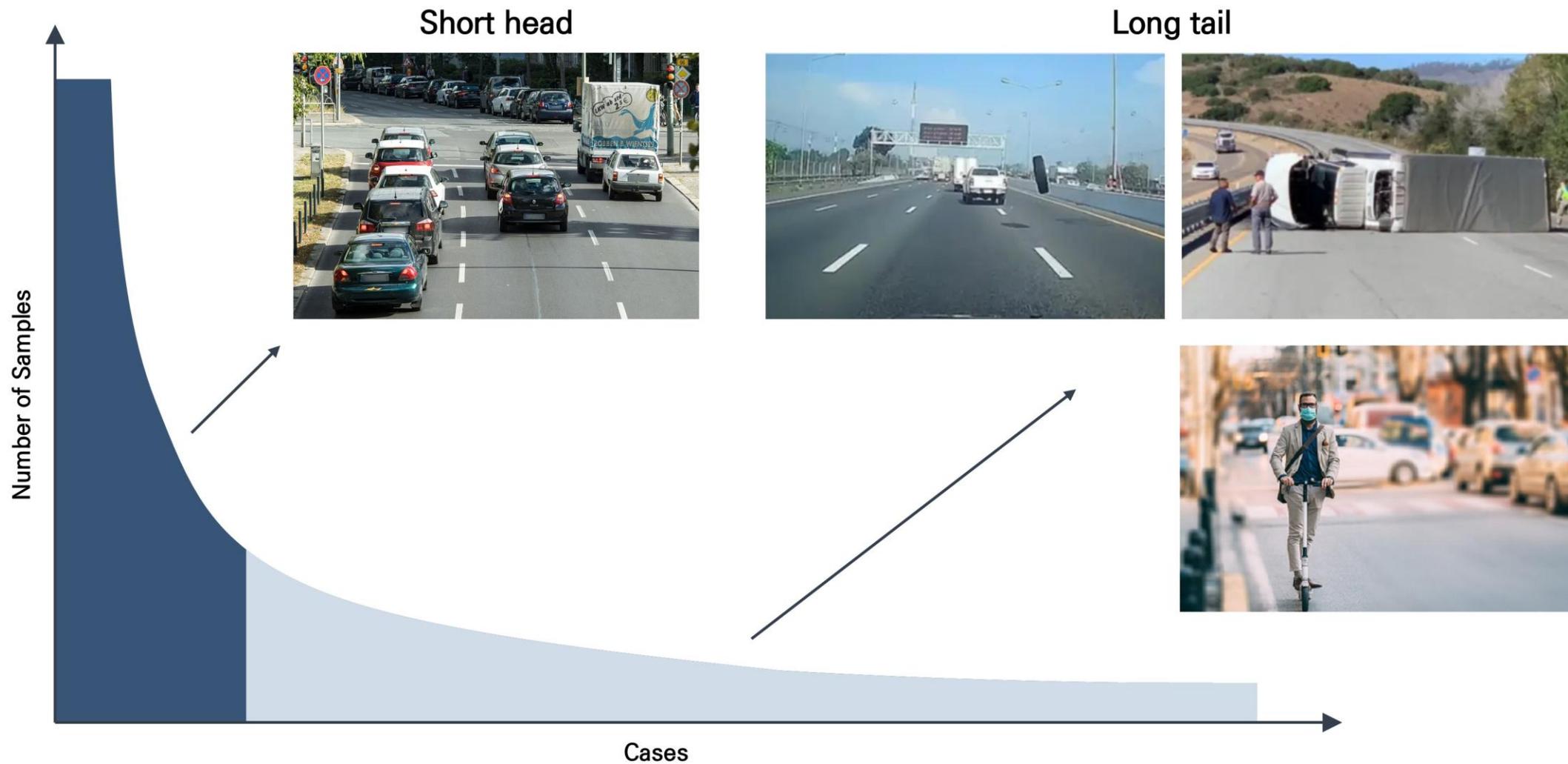


SD Map



* 출처: 국토지리정보원, Toyota

LONG-TAIL PROBLEM



PHYSICAL AI

Physical AI 정의

디지털 공간의 지능이 센서를 통해 물리적 세계를 인지하고,
실제 환경에 영향을 미치는 행동을 수행하는 모든 인공지능



Sensor

주변 환경 인지



Brain

AI기반 판단, 의사결정



Actuator

물리적 행동 수행

PYSICAL AI
VS.
EMBODIED AI

PHYSICAL AI VS. EMBODIED AI

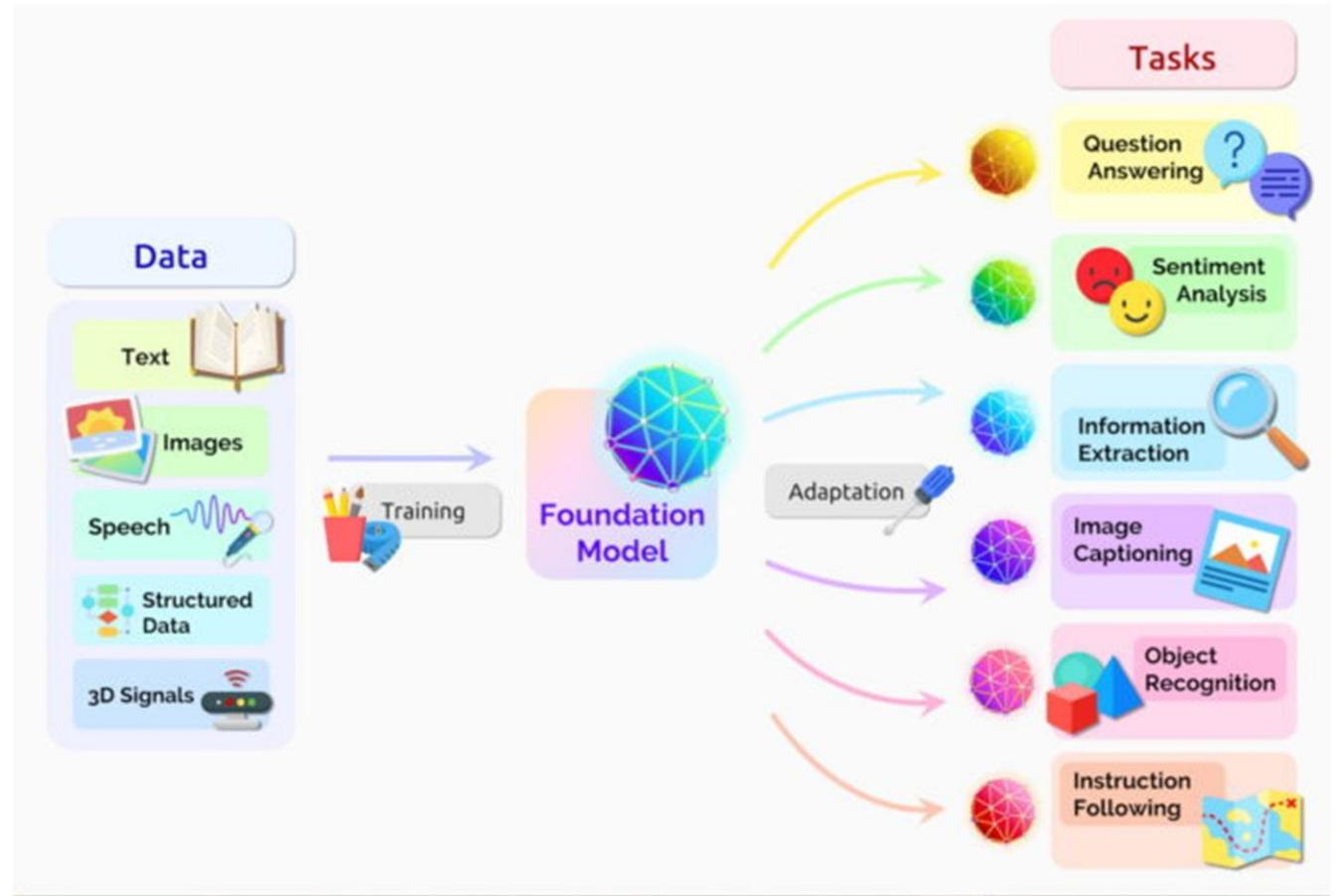
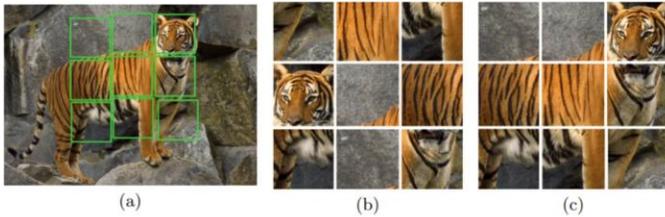
- » AI가 물리적 세계와 상호작용하는 공통점
- » Embodied AI는 Physical AI의 한 종류

구분	Physical AI	Embodied AI
핵심 개념	AI가 물리적 실체를 가지고 현실 세계와 상호작용하는 광범위한 개념	물리적 신체를 통해 환경과 상호작용하며 경험을 통해 학습하고 지능을 발달시키는 AI
관계	상위 개념 (Embodied AI 포함)	하위 개념 (Physical AI의 한 종류)
주요 특징	<ul style="list-style-type: none"> • AI와 물리적 세계를 연결 • 센서를 통해 환경을 인식하고 물리적 행동 수행 • 주로 사전 프로그래밍되거나 특정 작업에 최적화된 경우가 많음 	<ul style="list-style-type: none"> • 물리적 '몸'을 통한 실시간 상호작용 및 학습 • 시행착오를 통해 환경에 적응하고 문제 해결 능력 향상
대표 예시	AMR, 자율주행차, 드론	휴머노이드

**FOUNDATION MODEL
VS.
WORLD MODEL**

FOUNDATION MODEL

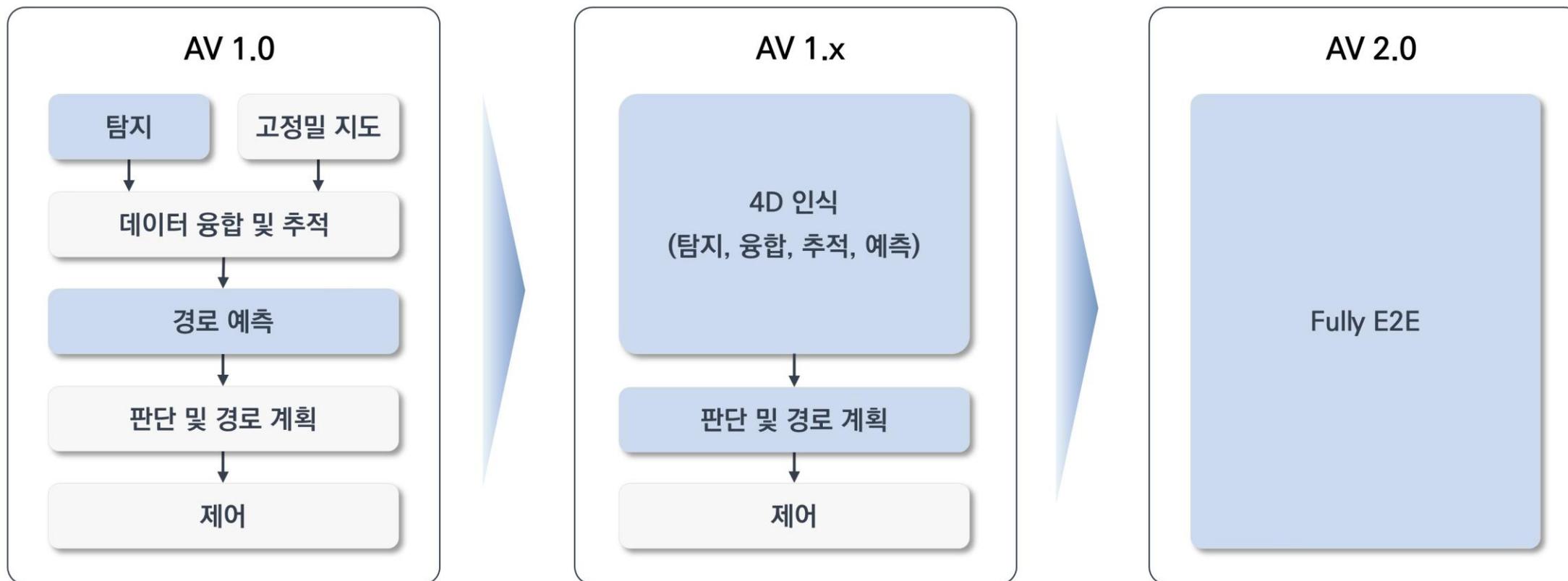
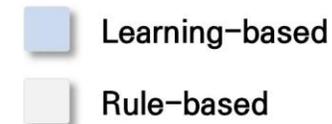
The future of trucking is autonomous
22 49 13 47 4 81



E2E (END-TO-END)

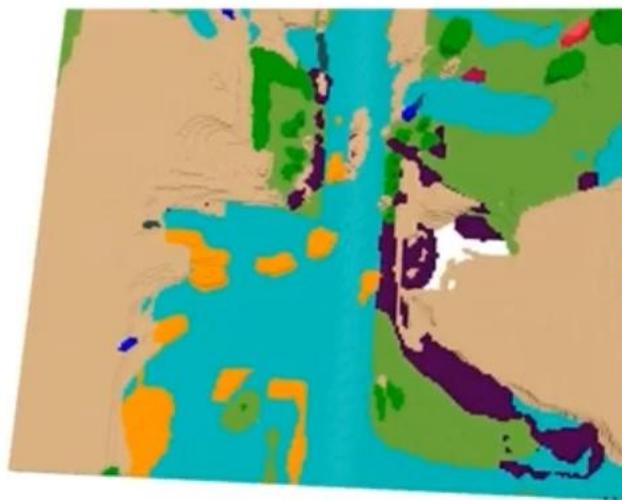
World Model 기반 E2E(End-to-End) 자율주행

- » 다양한 SPM 주행 환경마다 파라미터 튜닝이 필요 없음
- » 고정밀 지도(HD Map) 없이 자율주행 가능



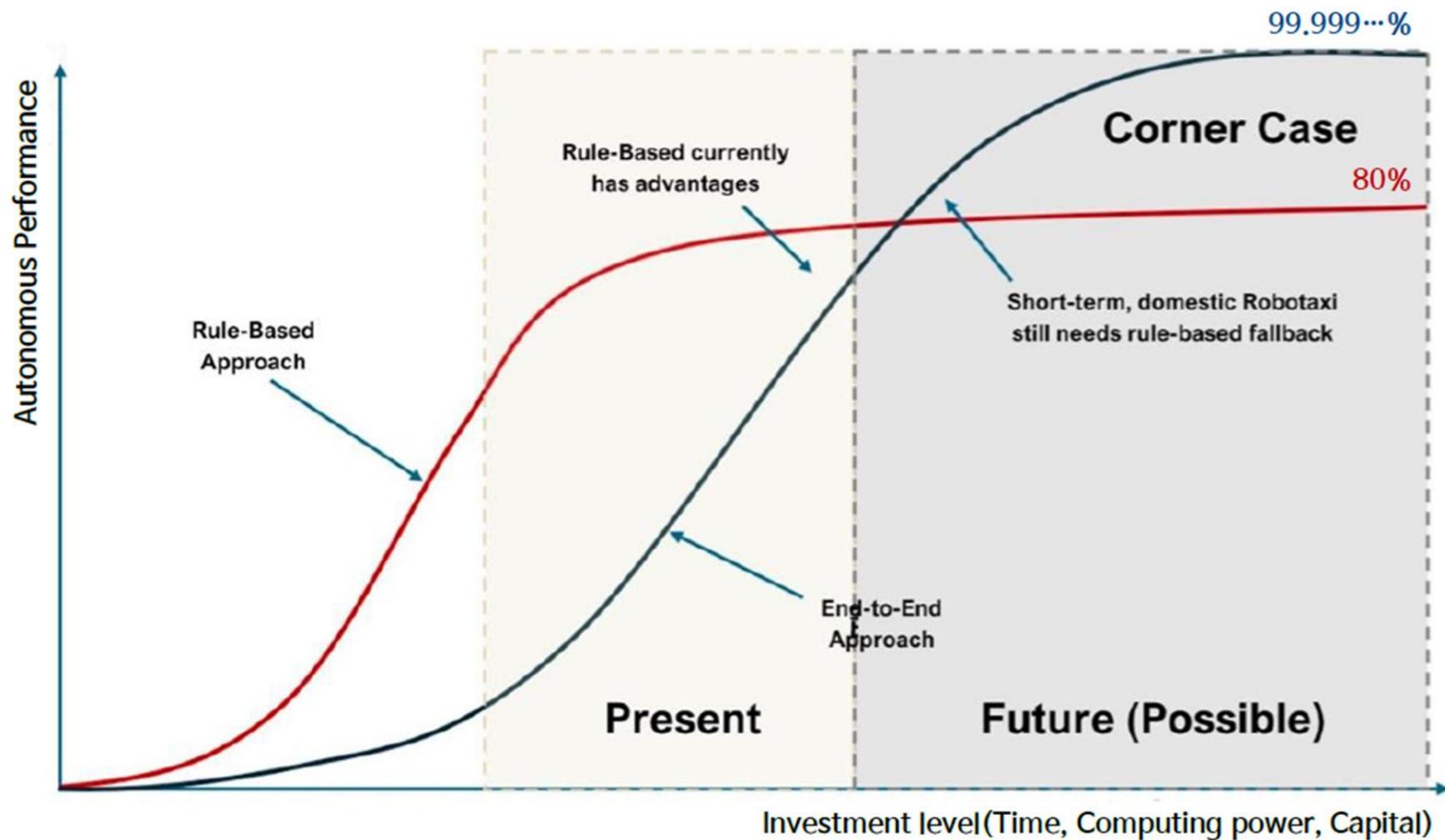
* 출처: LG경영연구원, NVIDIA





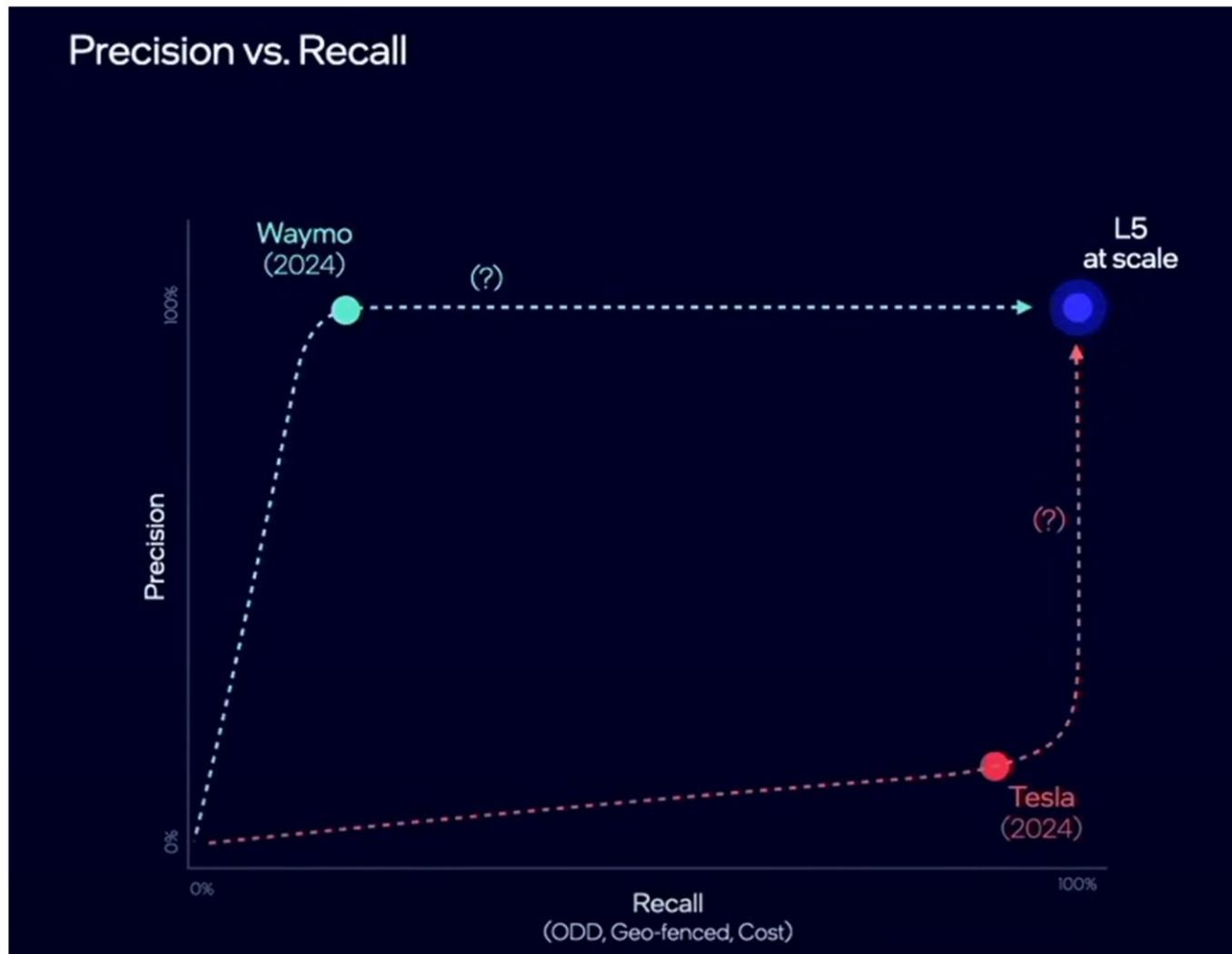
■ Drivable Space
 ■ Vehicles
 ■ Man-made
 ■ Traffic Cone
 ■ Barrier
 ■ Other Flat
 ■ Sidewalk
 ■ Pedestrians
 ■ Vegetation

E2E (END-TO-END)



* 출처: Xpeng

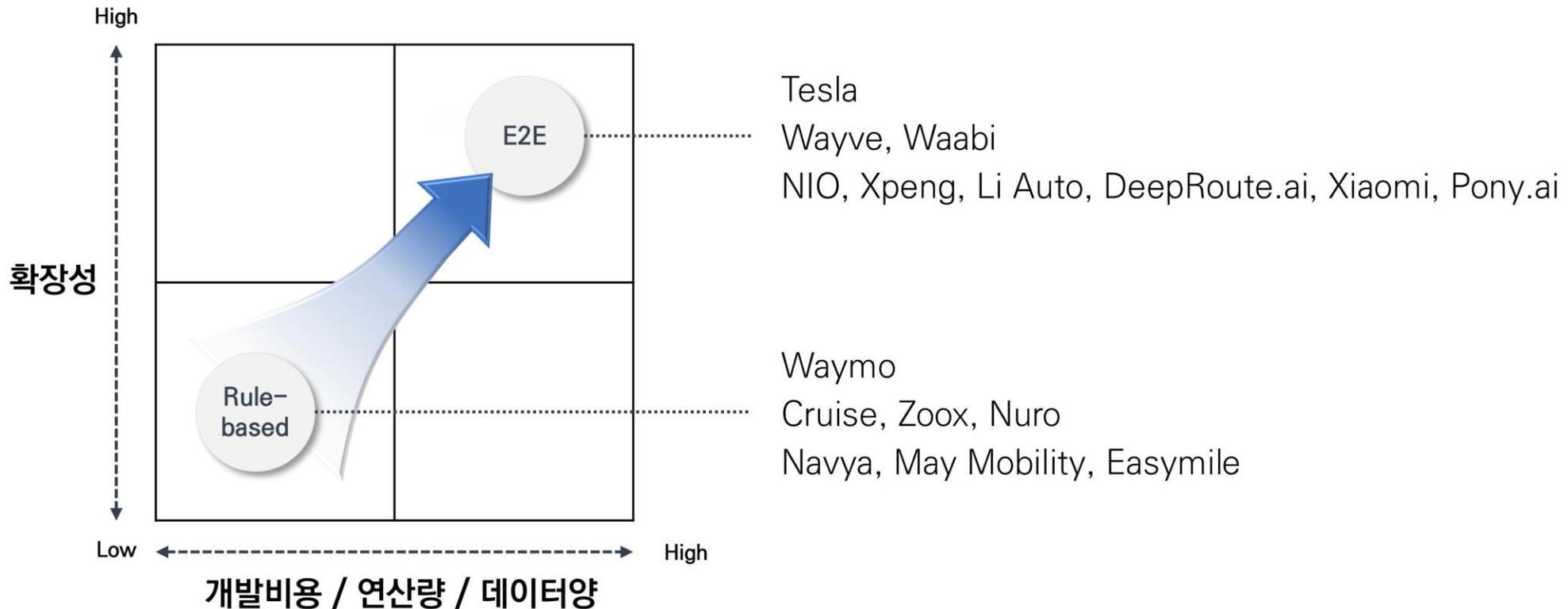
E2E (END-TO-END)



* 출처: Mobileye

TECH. TREND

- » Tesla를 선두로 빠르게 E2E, Mapless 자율주행 전환
- » 중국 자율주행 업계도 발빠르게 전환 중
- » Waymo에서도 E2E 관련한 논문 발표



II. whereable.ai의 Physical AI

SPECIAL PURPOSE MOBILITY (SPM*)

승객 운송

- » 공항(램프 버스), 공장(캠퍼스 내 셔틀)
- » 리조트(카트), 공원 등



물류 운송

- » 공항(GSE), 항만(YT) 물류 운송
- » 실외용 AMR (공장, 물류)



* SPM: Special Purpose Mobility, 제한된 구역 내에서 특수한 목적(승객 운송, 물류 운송 등)을 가지고 운영되는 모빌리티 차량

PROBLEM

도심, 고속도로
(정형화 도로)



SPM 운행환경
(비정형 도로)



PROBLEM

❖ 기존 자율주행 기술의 한계 (확장성)

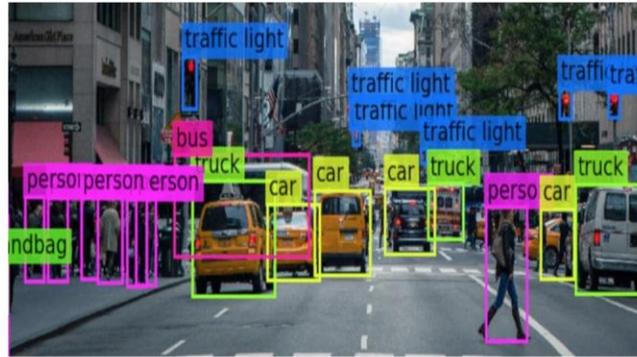
- » 고정밀 지도, 대규모 학습데이터, 전용 인프라에 의존
- » 환경 변화가 잦고 인프라 설치가 어려운 비정형 환경에서는 확장성과 유지보수 효율성이 떨어짐

고정밀 지도 (HD map)



- » **수작업**으로 제작
- » 지도 제작 및 업데이트 **리소스 발생**
- » **환경변화 실시간 업데이트** 불가능

학습 데이터



- » 학습 데이터 **생성 비용 높음**
- » **환경변화 및 새로운 물체**에 대해 추가 학습을 위한 데이터 필요

인프라



- » 차량 운영지역, 운행경로 변경 시 **인프라 설치 필요** (마커, 무선 AP 등)
- » **인프라 설비 고장**으로 인한 운영 변수

PROBLEM

◇ 기존 자율주행 기술의 한계 (기동성)

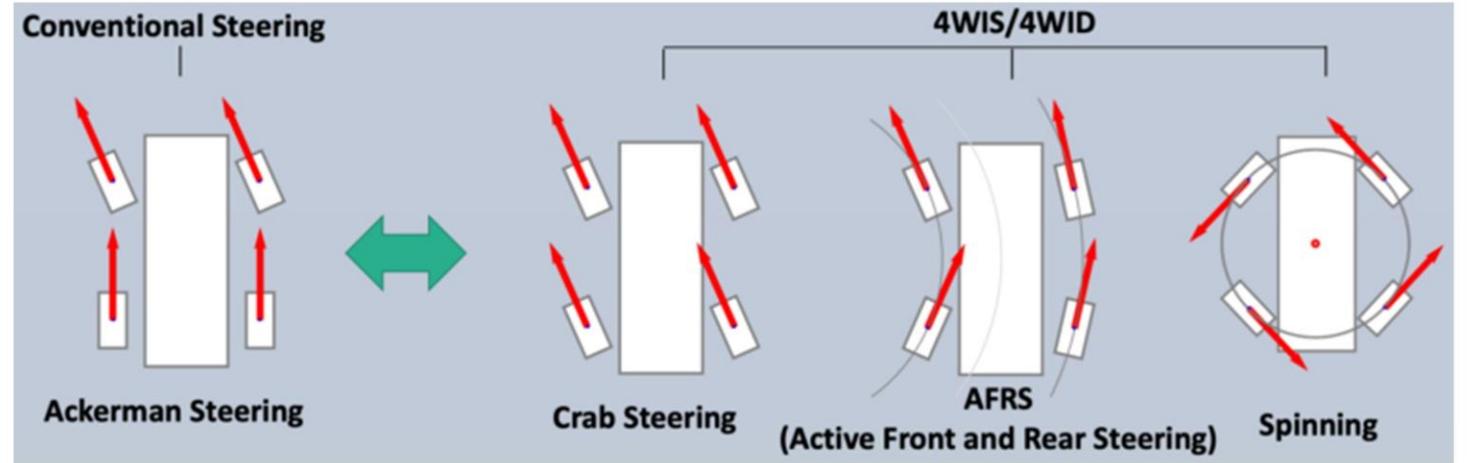
» 복잡하고 혼잡한 운영 환경

- 도로 주행영역이 명확히 정의되어 있지 않거나 폭이 좁음
- 장애물과 이동 객체가 밀집된 비정형 환경임

» 전통적인 전륜·후륜 조향 기반 차량은 회전반경이 크고, 전후진·회전 조합이 불편해 정밀한 저속 기동이 어려움



좁고 복잡한 공간에서 기동성 한계



기존 구동 시스템과 4륜 독립 조향/구동 시스템 비교

“ 기존 자율주행의 한계점 (확장성, 기동성)을 극복하는 Physical AI 기반 차세대 자율주행 AI ”

Plug-and-Play
자율주행

제품 확장성 확대

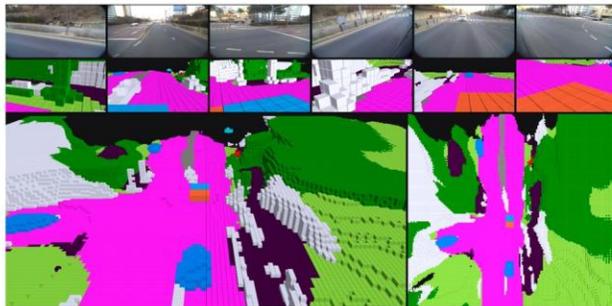


스워브 드라이브
모션플래닝 및 제어

혼잡 환경 주행 기동성 확보

비정형 환경
최적화
특수목적
모빌리티
자율주행 AI

- World Model¹⁾ 기반 E2E(End-to-End) 자율주행
- 자기지도학습(Self-supervised) 기반 지속 학습
- VLM²⁾ 기반 의미 인지형 네비게이션



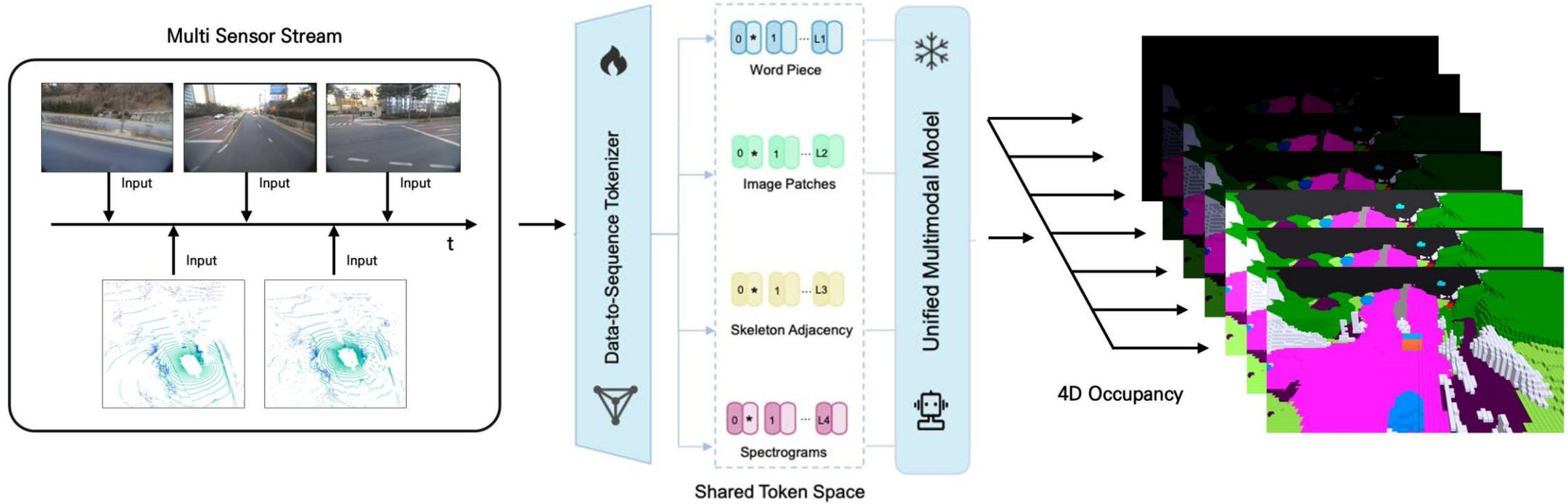
- 스워브 드라이브³⁾ 기반 4륜 독립 구동/조향 시스템
- 제자리회전(제로턴), 횡이동(크랩주행), 피벗턴 주행 모드
- 정차 없이 연속 주행 모드 전환



1) **World Model**: 현실 세계의 물리 법칙과 인과 관계를 이해하고 예측하는 AI 모델
 2) **VLM**: Vision-Language Model, 이미지와 텍스트를 동시에 이해하고, 사진을 보고 설명하거나 글의 내용을 그림으로 이해할 수 있는 AI 모델
 3) **스워브 드라이브**: Swerve Drive, 각 바퀴가 조향 및 구동을 독립적으로 수행하여 제자리 회전이나 횡이동 등 모든 방향으로 즉시 주행 가능한 구동 시스템

TECHNOLOGY

- World Model 기반 E2E(End-to-End) 자율주행
 - 다양한 SPM 주행 환경마다 파라미터 튜닝이 필요 없음
 - 고정밀 지도(HD Map) 없이 자율주행 가능



SOLUTIONS

SPM 자율주행 제품군

실내 승객운송 자율주행 차량

- 대형 실내공간(공항, 리조트 등) 이동 편의 제공
- 인천공항 차량 10대 공급 및 현장 운영 중 (전용도로 운행)
- 보행자 혼재 구역 자율주행 버전 2025년 말 출시 예정



무병역크한계



교통약자전동킥트의불편함



전용도로자율주행차량



보행자혼재구역자율주행차량

군수용 다목적 자율주행 PBV

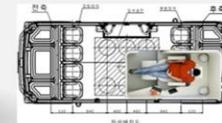
- 인구 감소에 따른 군 병력 감축으로 자율주행 수요 증가
- 육군 군수사 정비창 실증 예정



화물수송



병력수송



군수지원체계용 목적형 자율주행 플랫폼

ling

AUTONOMOUS MOBILITY FOR LARGE INDOOR SPACE

- 공항 전시장, 리조트 등에서 운영
- 교통약자를 비롯한 모든 이용객들이 탑승 가능
- 안전하고, 편리한 실내 이동수단



SOLUTIONS

**LINQ PILOT (QUADIE)
@ INCHEON AIRPORT (ICN)**



SOLUTIONS

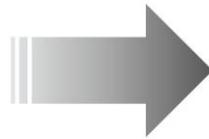
**LIHQ PILOT (QUADIE)
@ INCHEON AIRPORT (ICN)**



SOLUTIONS

◇ 군수용 자율주행 PBV*

- » 화물운송, 병력수송 등 다목적으로 활용가능한 자율주행 PBV 플랫폼 개발
- » 육군 종합정비창 실증



* PBV: Purpose Built Vehicle, 다양한 목적(배송, 승객운송 등)에 맞춰 차체와 실내 공간을 변경할 수 있도록 설계된 목적 기반 모빌리티

THANK YOU

 whereable.ai

게이트 211-212 ↓
Gates 211-212 ↓

탑승구 211-212 ↓
Gates 211-212 ↓

Incheon Airport

Incheon Airport

Incheon Airport

자율주행 승객 안내
서비스

자율주행 승객 안내
서비스

자율주행 승객 안내
서비스

자율주행 승객 안내
서비스

자율주행 승객 안내
서비스