

로봇 프로그래밍

경희대학교

기계공학과 조교수
김상현



01

교수자 소개

경력

- 2005.03 – 2012.02 서울대학교 공과대학 기계항공공학부 학사
- 2012.03 – 2020.02 서울대학교 융합과학기술대학원 융합과학부 박사 (Prof. 박재홍)
- 2018.08 – 2019.07 프랑스 국립과학연구소 (CNRS) 방문연구원 (Dr. Nicolas Mansard)
- 2020.03 – 2020.09 영국 에딘버러대학교 (UoE) 박사후연구원 (Prof. Sethu Vijayakumar)
- 2020.10 – 2022.02 한국기계연구원 인공지능기계연구실 선임연구원
- 2023.03 – Current 경희대학교 기계공학과 조교수 (로봇 제어 지능 연구실)

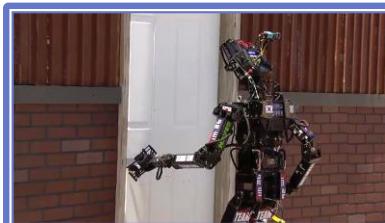
주요 연구 분야

여자유도 로봇

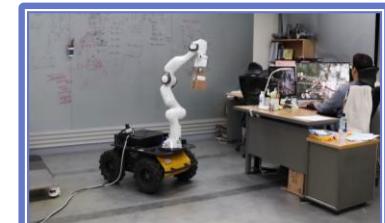


- Humanoid, Quadruped Robot, Mobile Manipulator, Robot Hand, ...

전신 제어 및 플래닝



Jacobian based Control

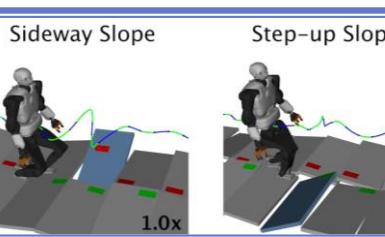


QP based Control



Walking with a
60cm stride

Model Predictive Control
(MPC)



Sideway Slope Step-up Slope

1.0x 1.

Learning based Planning

- From Classical Control Approaches to Learning-based Control

02

RCI 연구실 소개

| 구성 인원

- ▶ 대학원생 16명, 학부연구생 2명



| 다양한 크기의 물체 운송을 위한 로봇/로봇, 사람/로봇 협업 기술 개발, 2023.3-2026.2

▣ 필요성

- 로봇의 Payload 등의 한계가 존재
- 사람과 로봇과의 협업이 필수적



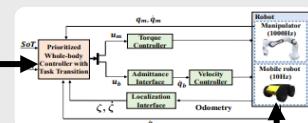
▣ 방법론

- 모바일 메니퓰레이터의 전신제어기 및 동적 물성치 추정

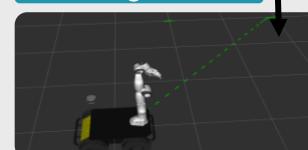
GUI Module



Control Module



Planning Module

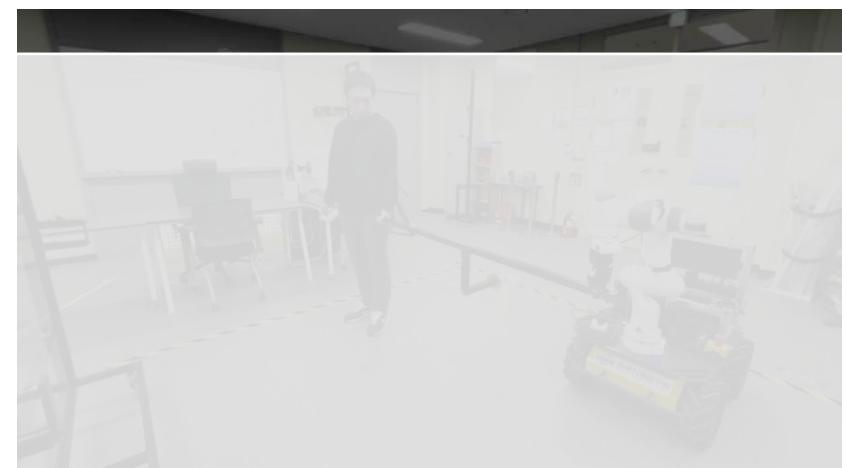
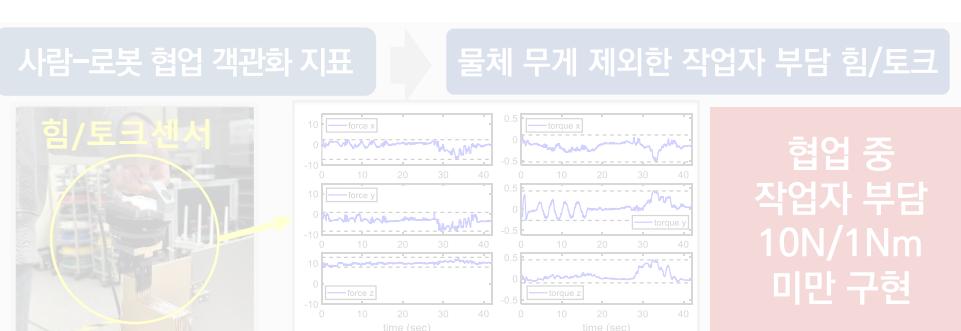


Simulation

Real World



▣ 결과

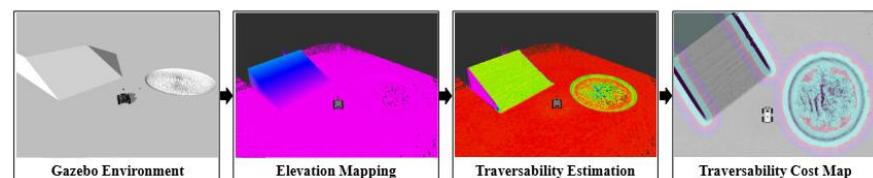
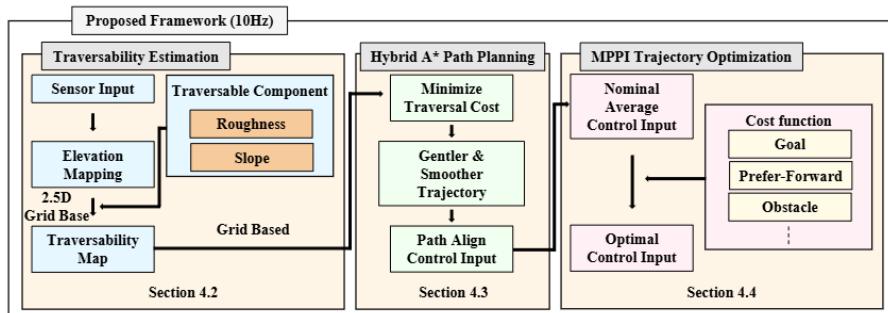


Planet-ex 행성의 지속적 자율탐사를 위한 자가성장형 이종 군집로봇 융합연구, 2023.3–2025.2

▣ 과제 개요



▣ 협지 주행을 위한 자율주행 알고리즘



▣ 달의 지형, 특징 반영한 시뮬레이션 및 실증 실험 검증



Experimental Setup

• Setup



HUNTER2.0 (Agile Robotics)

• Experiment Environment



The experimental setup consists of the HUNTER2.0 robot and an environment with rough terrain to evaluate its navigation performance in real world.

정밀 조립작업 대상 실환경 파라미터가 반영된 로봇용 가상환경 플랫폼 개발, 2024.04–2027.12

▣ 과제 개요

유연체 물리 엔진 개발 및 인간-로봇 상호작용 기법 개발

- 유연체-유연체 간 접촉 알고리즘 및 물리 해석 기법 개발
- 유연체 물리 엔진 (재료비선형: 소성 하네스 포함) **정밀도, 실시간성 최적화**
- **인간-로봇 협업 상호작용 동역학** 개발 및 검증

보유기술 (유사 개발 경험 및 특허)

- Virtual sensing apparatus of structural vibration and operation method thereof (17/176,571 US, 2022)
- Automatic cardiopulmonary resuscitation device and control method therefor (국외특허 : US-1107016860-B2, 2021)

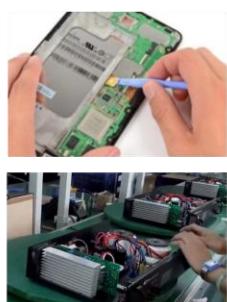
유연체 물리엔진 SW

- 유연체 접촉 해석 / 연속체 빔 기반 소성 하네스 모델 개발
- 대변형/재료 비선형을 포함한 유연체 물리엔진 개발
- 그리퍼와 파지물 간 상호작용에서 발생하는 접촉력 해석

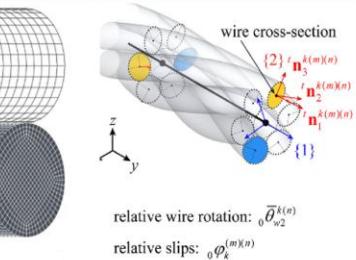
인간-로봇 협업 상호작용 및 로봇-환경 상호작용 모듈

- 인간-로봇 상호작용 시 발생하는 비선형 동적 물성치 (접촉력, 마찰력, 댐핑 등) 실시간 해석
- Real-to-Sim 기법을 활용한 로봇과 외부 환경 상호작용 동역학 모델의 시뮬레이션 적용

로봇 유연체(ex: 하네스) 작업



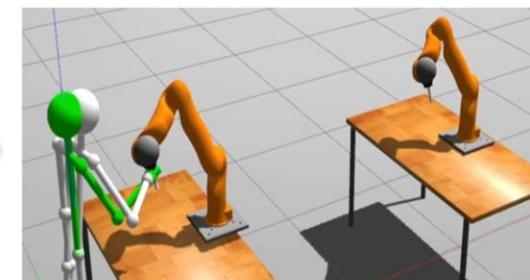
유연체-유연체 고속 접촉 해석 및 연속체 빔 기반
고속 소성 하네스 모델 개발



실제 로봇을 활용한 직접
교시 및 물성치 해석



시뮬레이션 상 작업자-로봇, 로봇-환경 상호작용 검증



[유연체 물리엔진 SW 개발 전략]

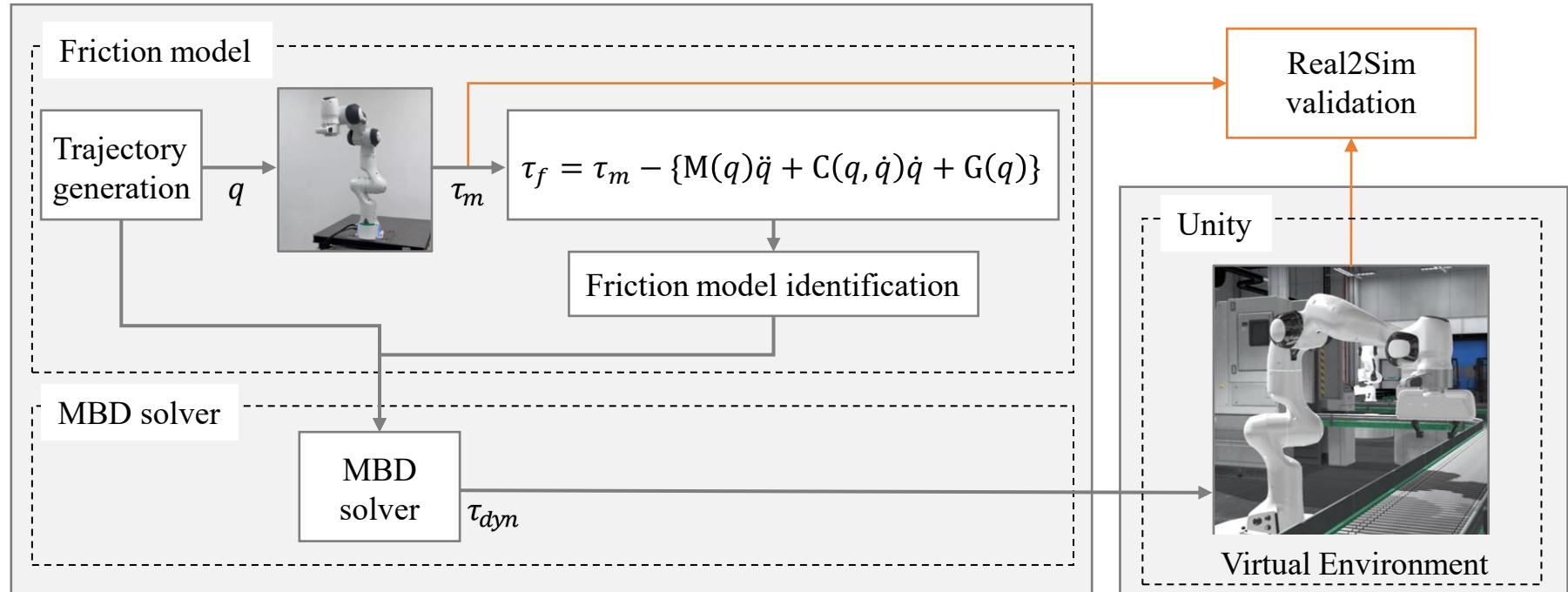
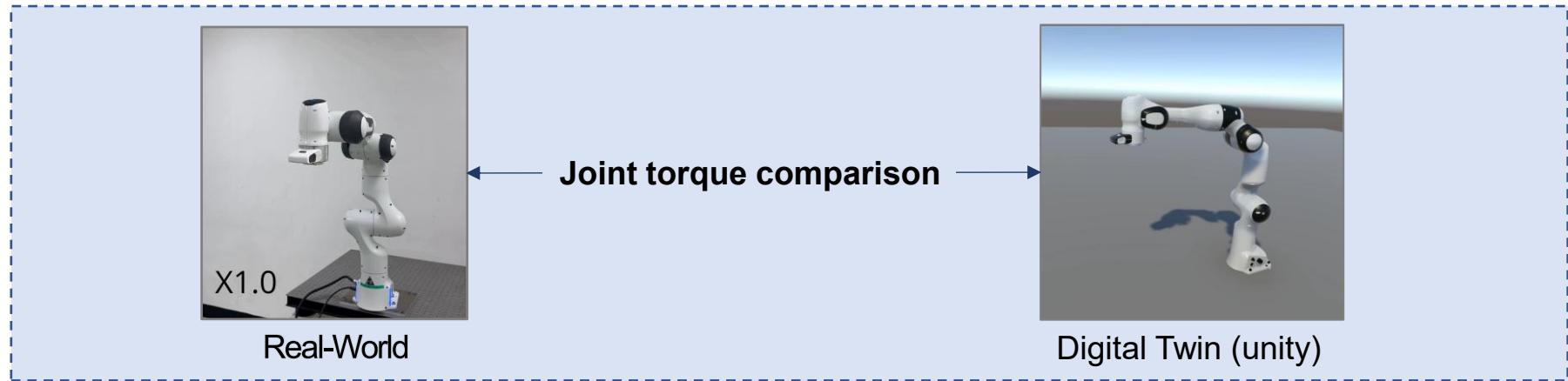
[인간-로봇 및 로봇-환경 상호작용 개발 전략]

로봇핵심기술개발 (산업통상자원부)

KHU

| 정밀 조립작업 대상 실환경 파라미터가 반영된 로봇용 가상환경 플랫폼 개발, 2024.04–2027.12

▣ 결과



- | 인간 수준의 다중감각 센싱 시스템과 정밀 조작 원격 인터페이스를 갖춘 인간형 아바타 로봇 개발,
2024.07-2028.12
- ⦿ 과제 개요



노인 맞춤형 다중감각 인터페이스를 통한 로봇 공유제어 기술, 2024.08-2027.12

▣ 과제 개요

노인 맞춤형 로봇 공유제어 연구실

초학제 연구 : 노인 맞춤형 로봇 공유제어 기술을 통한 노인 일자리 혁신 및 초고령 사회 노인 문제, 노동력 부족 문제 해결



| 디지털 트윈용 가상화 기기 실증 기술, 2025.04-2028.12

▣ 과제 개요

로봇 부품·모듈 및 제품에 대한 가상화 기기 모델 개발 및 모델링·평가 기술 개발을 통한 디지털 트윈용 가상화 기기 실증 기술 개발

The diagram illustrates the development process across three main phases:

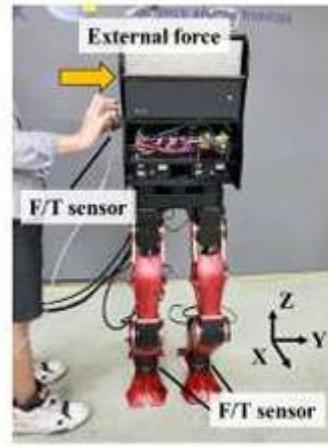
- 가상화 모델 개발 및 DB 구축 (Virtual Model Development and Database Construction):** This phase shows the flow from physical components and robots to their virtual representations. It includes a flowchart of data processing steps: 'Real World Motion' → 'Motion Plan' → '3D 모델' (3D Model) and '1D 모델' (1D Model). It also shows a 'Digital Twin Model Database' (DB) being populated with data from various sensors and systems.
- 평가용 로봇 제작 및 가상화 모델 평가 (Evaluation Robot Production and Virtual Model Evaluation):** This phase shows the transition from a 'Motion Plan' to a 'Terrain Changed' environment. It includes a 'Digital Twin Model Database' (DB) and a 'Digital Twin Model Validation System' (Validation System).
- 실제-가상 모델 정합도 향상 (Actual-Virtual Model Consistency Improvement):** This phase shows the final validation stage where the 'Digital Twin Model Validation System' (Validation System) compares the 'Digital Twin Model Database' (DB) with the 'Digital Twin Model Validation System' (Validation System) to improve consistency.

| 휴머노이드 로봇 기반 초실감 협업 연구 환경 조성, 2025.03–2026.02

⦿ 과제 개요



[그림 9] Pal Robotics의 Talos를 활용한 전신 보행 제어 (2024) [1]



[그림 10] BlueRobin의 Tocabi를 활용한 순응 제어 (2014) [2]



[그림 11] 로보티즈의 THORMANG을 이용한 세계재난로봇대회 참가 (2017) [3]

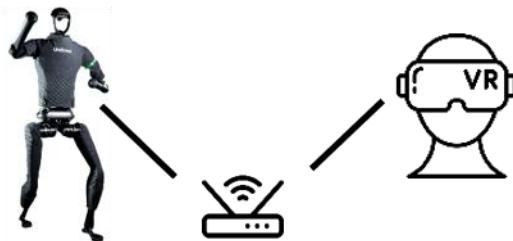


[그림 12] NASA의 Valkyrie를 활용한 제어기 설계 (2022) [4]

| AR기반 휴머노이드 원격 플랫폼 개발, 2025.04–2029.12

▣ 과제 개요

AR 및 다중 센서 기반 동작 인식 플랫폼



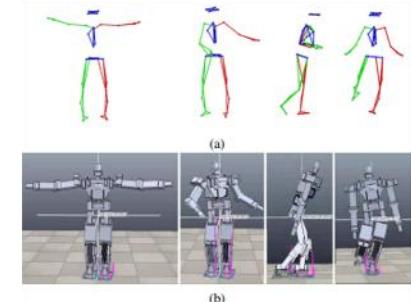
- AR 글래스 및 다중 센서 활용 전신 동작 추정
- Unity 상 데이터 지연 속도 70ms 이하

시뮬레이션 상 원격 제어 플랫폼 평가



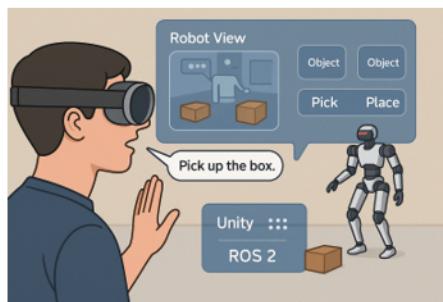
- Unity–ROS2–Mujoco 상 상체 원격 제어
- 단순 작업 모션 재현을 평가

원격 제어 알고리즘 기초 설계



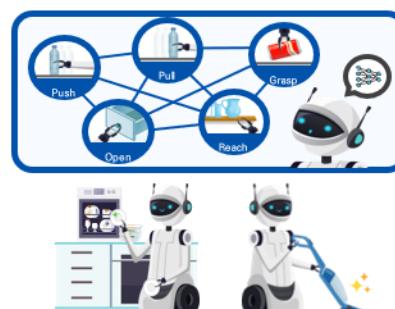
- QP 기반 Inverse Kinematics 알고리즘
- Unity–ROS2 TCP 제어기 설계

다중 모달 인터렉션 인터페이스



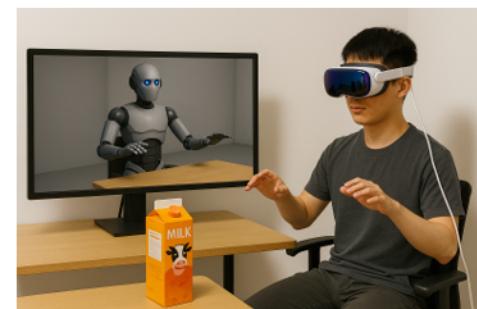
- LLM 및 VLM을 활용한 적응형 제어 인터페이스
- 사용자의 자연어 의도를 AR 상에 반영

실제 로봇 기반 원격 제어 플랫폼 평가



- 다양한 환경 (조명 변화, 장애물) 등에서의 모방 학습의 복합 동작 안정성 평가

원격 제어를 통한 모방학습



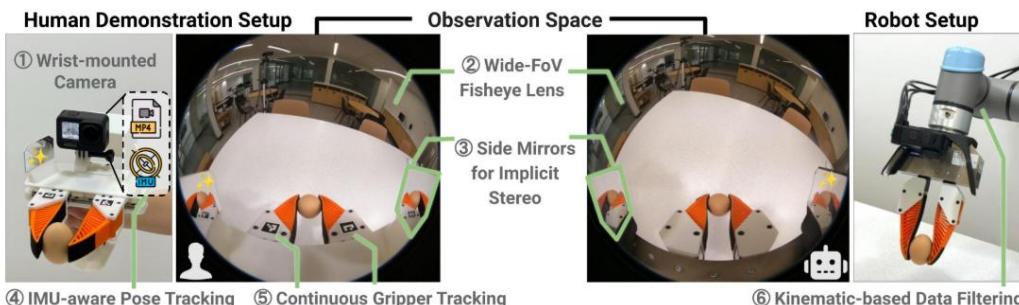
- 비정형 상황에서의 사용자–로봇 데이터 측정 및 모방 학습 알고리즘 진행

초소형 근접 3차원 측정 센서를 장착한 고정밀 조작 작업용 고자유도 경량 휴머노이드 로봇 손 개발

연구 목표

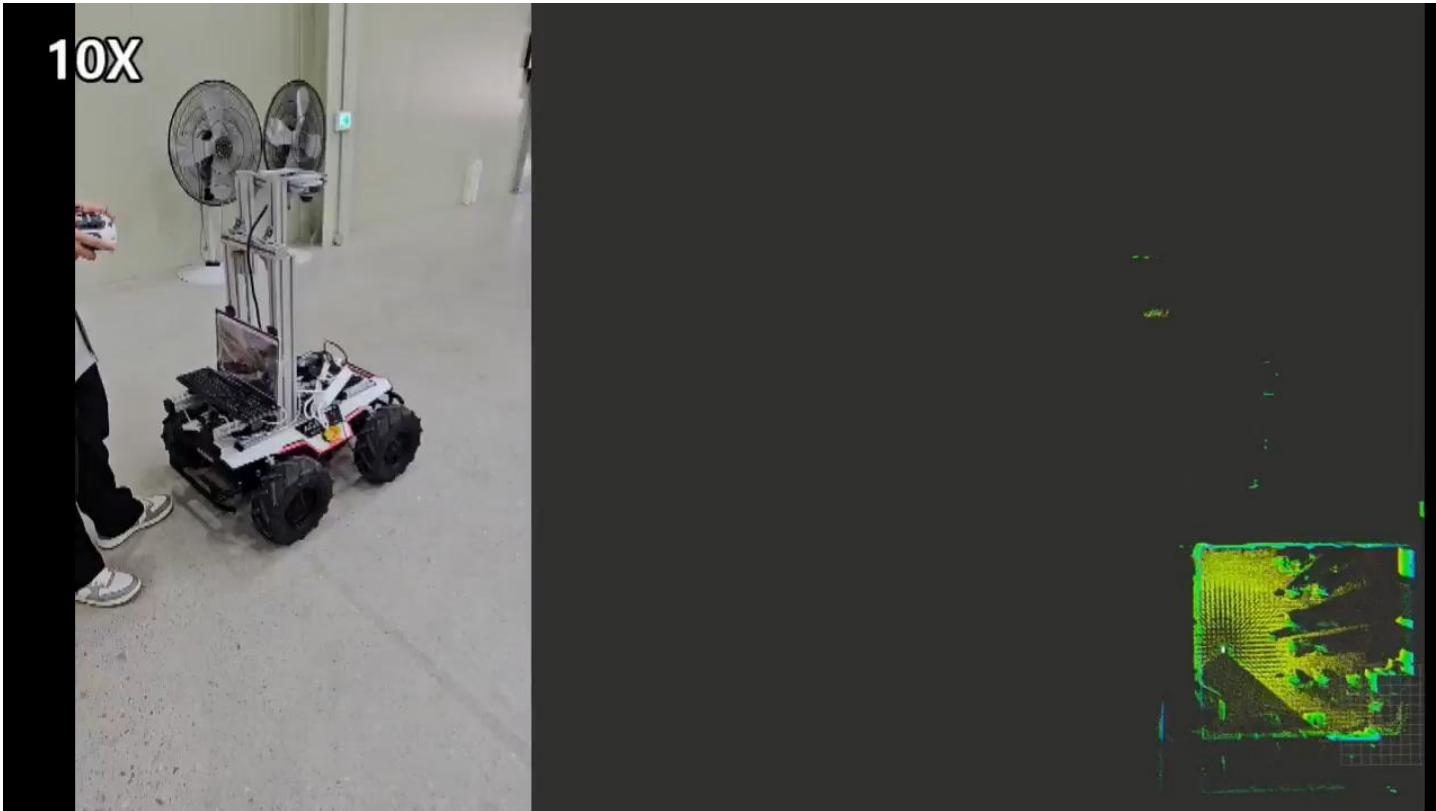
- 핸드 데이터셋을 취득을 위한 Universal Manipulation Interface 설계
- 휴머노이드 전신 동작 학습 및 조작을 위한 원격 인터페이스 설계
- 모방학습, 강화학습을 이용한 최소 2종의 휴머노이드에 실용화 기술 테스트 (ex 물체 파지, 물체 건네기)

Universal Manipulation Interface



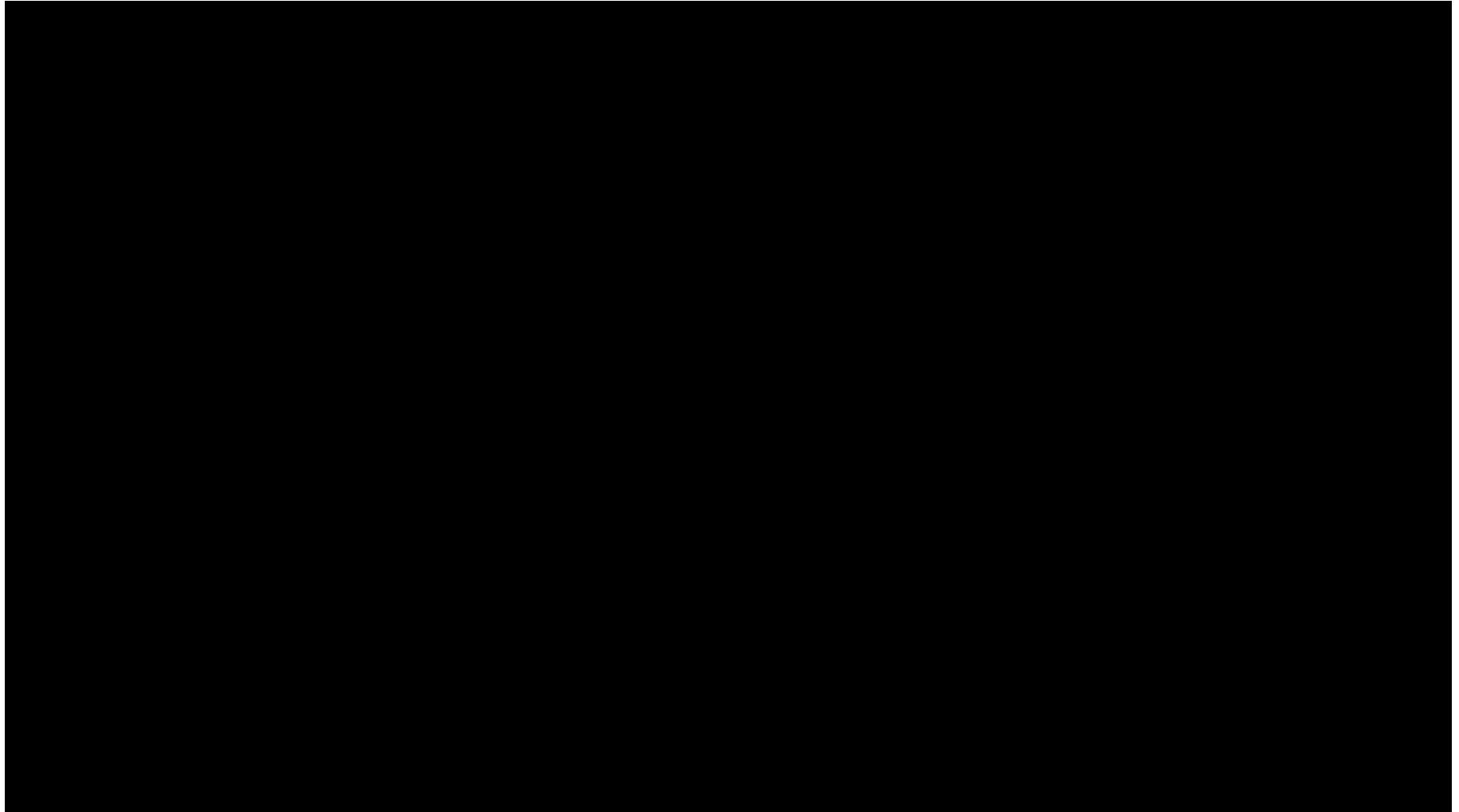
| 대표 기술이전 및 산학과제

- ⦿ HL 만도, 순찰로봇의 자율주행 알고리즘 구현, 2025



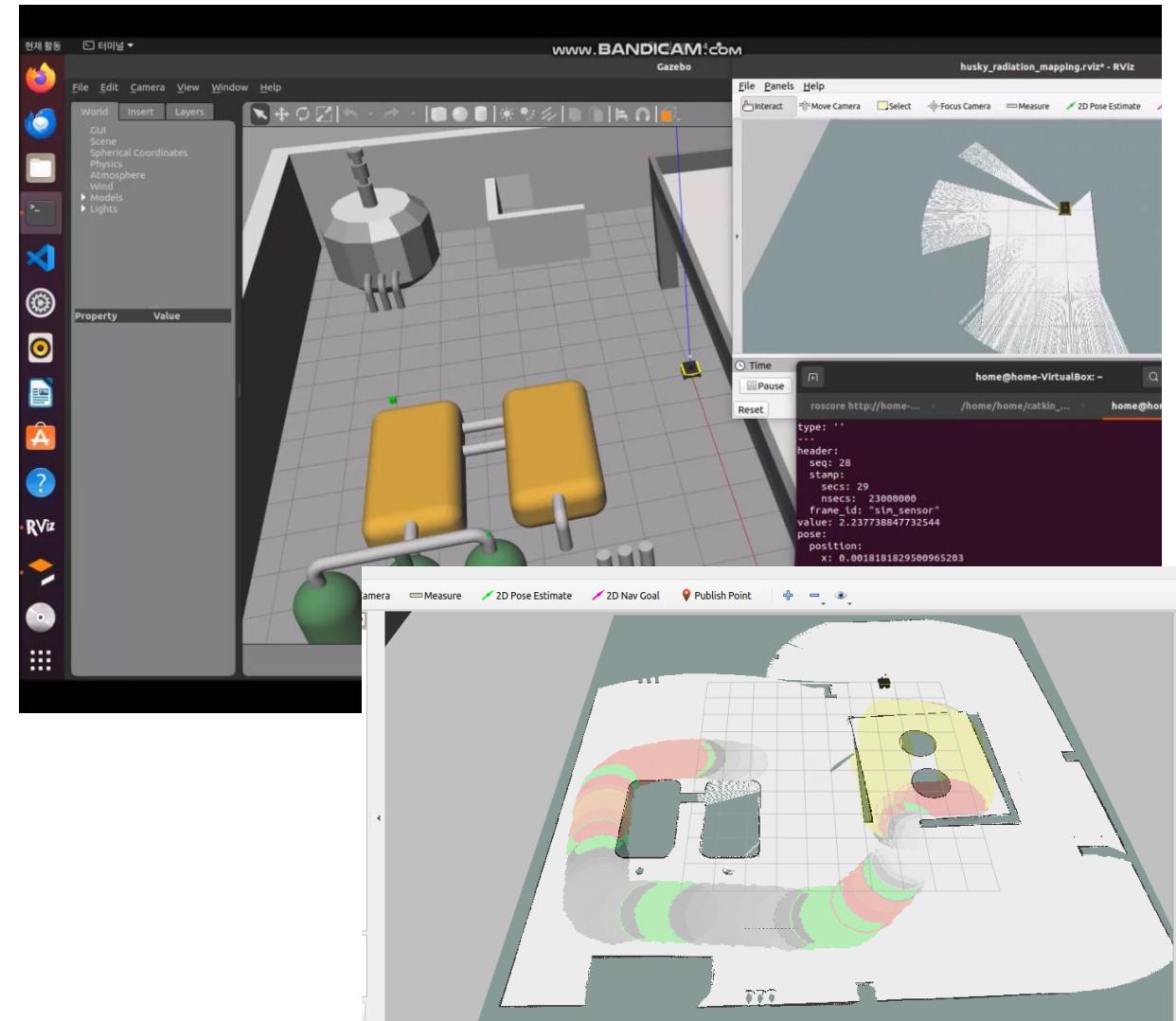
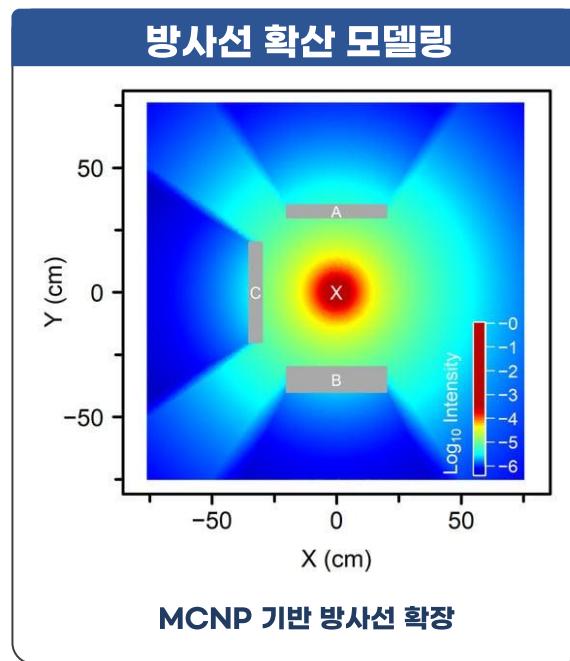
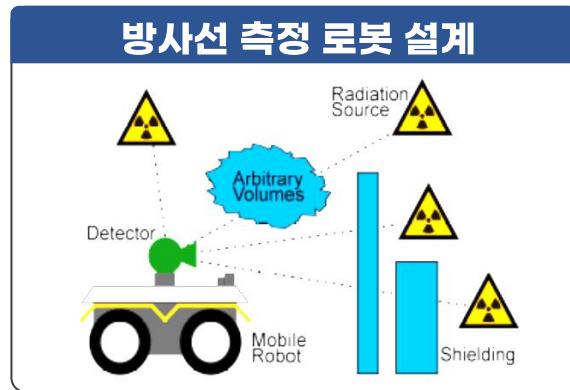
| 대표 기술이전 및 산학과제

- ⦿ 원익로보틱스, 모바일 로봇 SI 및 자율 도킹시스템, 2023



| 대표 기술이전 및 산학과제

- 원전 로봇의 내방사선 및 내열 기능 설계 및 비상 상황 대응 기술 개발, 2024-2026



| 대표 기술이전 및 산학과제

- ⦿ 현대자동차, 4족 보행 로봇에 상용 로봇팔 결합한 전신 로봇 제어, 2022



| 대표 기술이전 및 산학과제

- ▶ 피트인, 멀티 로봇 디지털 트윈 및 VLM, 2024



Implementation of Autonomous Task Sequences through Integration of Behavior Tree and AI Models

Seunghyun Lee¹, Sanghyun Kim¹

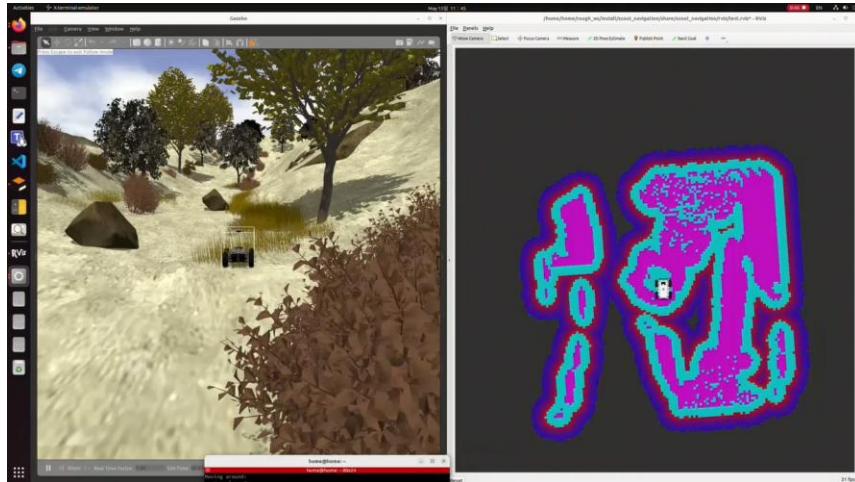
1. Department of Mechanical Engineering, Kyung Hee University, Suwon, Republic of Korea



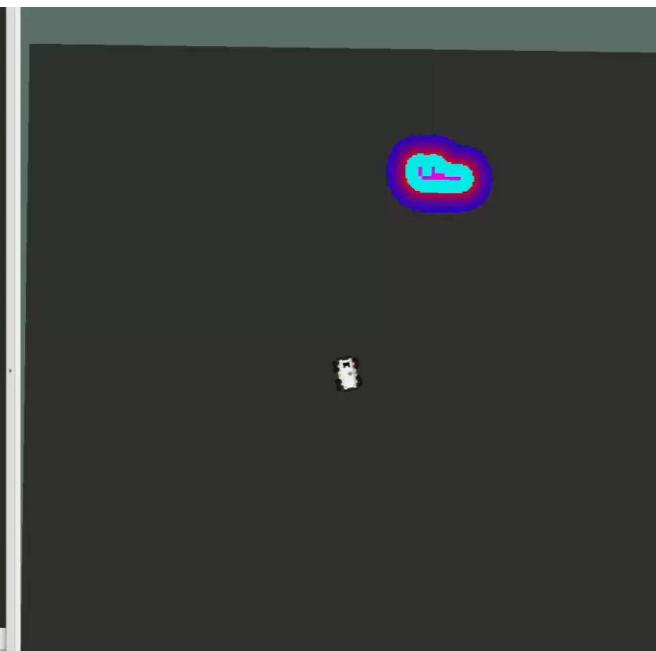
This video is a presentation on autonomous task sequences, designed to automate the progression of task sequences while effectively managing incident scenarios.

| 대표 기술이전 및 산학과제

- ⦿ 미공개, 실외 야지 주행 (RGB+Lidar 결합), 2025–2027



Lidar만을 사용한 경우



03

수업의 목적

수업의 목적

☞ ROS2 Humble 사용법 숙지 및 Simulation을 활용한 간단한 로봇 프로젝트 구현

- 본 강의는 원격 강의임. Final Project 발표회 등을 제외하면 비대면 수업 예정임.
- 9월 중 ROS2와 관련된 대부분의 기능에 대한 설명 영상이 업로드 될 예정임.
- 이를 활용하여, Midterm Project (개별) 및 Final Project (팀별) 실시할 예정임.

성적 관련

➤ Midterm Project (20%), Final Project (60%), Homework (10%), Attendance (10%)

- Midterm Project : Turtlebot4를 사용한 자율 주행 알고리즘 구현 및 실습
 - : 추가 기능을 넣을 시, 가산점 부여
 - : (평가) 조교 및 교수자 평가
- Final Project : 랜덤으로 팀원 선별 (2주차)
 - : 해당 학기의 2분의 1을 지난 뒤, 배운 지식 (ROS2 사용법) + 기존 라이브러리 (자율주행, 인식, AI, LLM) 등을 활용
 - : 10월 중순 (주제 선정 및 원격 발표회 개최)
 - : 12월 중순 (팀별 최종 결과 발표회 개최 (대면))
 - : (평가) 조교 및 교수자 평가 (70%), 팀별 상호 점수 평가 (30%)
- 성적: 정원의 45% 고려하여 A등급 지급

Dec 18th, 2024
Robot Programming

Yolo와 GPT를 활용한 실외 주차장 빈 자리 탐색 드론 Final Project

5조: 정태현, 서종민, 이동희
로봇 프로그래밍 01분반_김상현 교수님

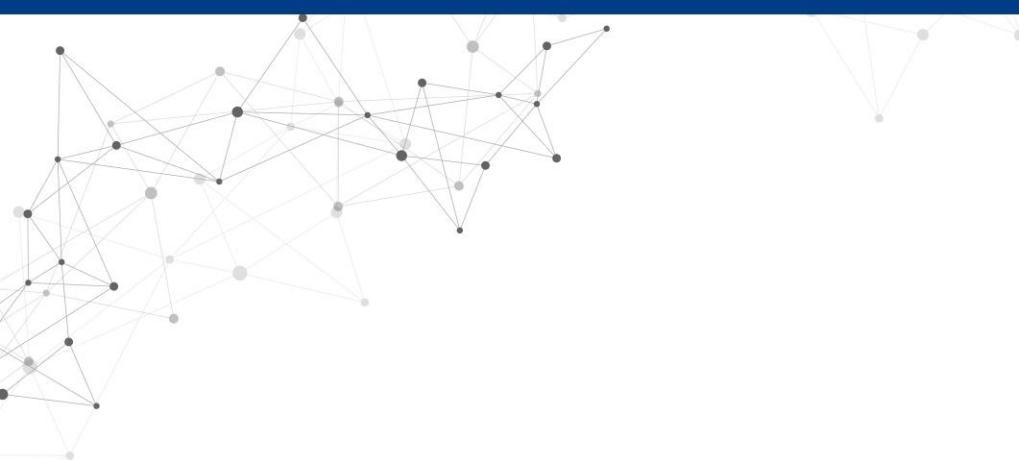
분리수거 공장 시뮬레이션

로봇 프로그래밍 – final project

2020103501 이종호

2020103588 유현준

2020103495 고창훈



감사합니다

KHU

