

신뢰·작업부하 인지형 HRI 플랫폼

뇌와 로봇을 실시간으로 잇는 실험 기반 플랫폼

고광채

HCN Lab · 인천대학교 임베디드시스템공학과

2025-09-15

목차

- 연구 배경 · 문제정의
- 연구 목표 · 연구질문
- 시스템/실험 구성 (Unity–ROS2–EEG)
- 과업/프로토콜 (pick-and-place: 정상/오류)
- 진행 상황 · 데모
- 분석 계획 (바이오마커/전처리)
- 리스크 · 다음 단계

문제정의

문제정의

문제정의

문제정의

문제정의

문제정의

연구 배경 · 접근 방식 선택

연구 배경 · 접근 방식 선택

왜 이 연구를 하는가?

연구 배경 · 접근 방식 선택

왜 이 연구를 하는가?

- **Physical AI 시대:** 로봇이 실제 환경에서 작업 → HRI 평가의 객관성 필요
- **기존 한계:** 주관적 설문 중심 평가로는 실시간/정량적 신뢰·작업부하 측정 어려움
- **EEG의 가능성:** 뇌파는 인지 상태를 실시간으로 반영하는 객관적 바이오마커

연구 배경 · 접근 방식 선택

왜 이 연구를 하는가?

- **Physical AI 시대:** 로봇이 실제 환경에서 작업 → HRI 평가의 객관성 필요
- **기존 한계:** 주관적 설문 중심 평가로는 실시간/정량적 신뢰·작업부하 측정 어려움
- **EEG의 가능성:** 뇌파는 인지 상태를 실시간으로 반영하는 객관적 바이오마커

왜 이런 접근법을 택했는가?

연구 배경 · 접근 방식 선택

왜 이 연구를 하는가?

- **Physical AI 시대:** 로봇이 실제 환경에서 작업 → HRI 평가의 객관성 필요
- **기존 한계:** 주관적 설문 중심 평가로는 실시간/정량적 신뢰·작업부하 측정 어려움
- **EEG의 가능성:** 뇌파는 인지 상태를 실시간으로 반영하는 객관적 바이오마커

왜 이런 접근법을 택했는가?

- **시뮬→실제 전략:** 안전하고 통제된 환경에서 검증 후 물리 환경 확장
- **pick-and-place 선택:** 가장 기본적이면서도 오류 상황 유도 가능한 과업
- **통합 플랫폼:** Unity-ROS2-EEG 동기화로 재현 가능한 실험 환경 구축

연구 배경 · 접근 방식 선택

왜 이 연구를 하는가?

- **Physical AI 시대:** 로봇이 실제 환경에서 작업 → HRI 평가의 객관성 필요
- **기존 한계:** 주관적 설문 중심 평가로는 실시간/정량적 신뢰·작업부하 측정 어려움
- **EEG의 가능성:** 뇌파는 인지 상태를 실시간으로 반영하는 객관적 바이오마커

왜 이런 접근법을 택했는가?

- **시뮬→실제 전략:** 안전하고 통제된 환경에서 검증 후 물리 환경 확장
- **pick-and-place 선택:** 가장 기본적이면서도 오류 상황 유도 가능한 과업
- **통합 플랫폼:** Unity-ROS2-EEG 동기화로 재현 가능한 실험 환경 구축

기대하는 기여

연구 배경 · 접근 방식 선택

왜 이 연구를 하는가?

- **Physical AI 시대:** 로봇이 실제 환경에서 작업 → HRI 평가의 객관성 필요
- **기존 한계:** 주관적 설문 중심 평가로는 실시간/정량적 신뢰·작업부하 측정 어려움
- **EEG의 가능성:** 뇌파는 인지 상태를 실시간으로 반영하는 객관적 바이오마커

왜 이런 접근법을 택했는가?

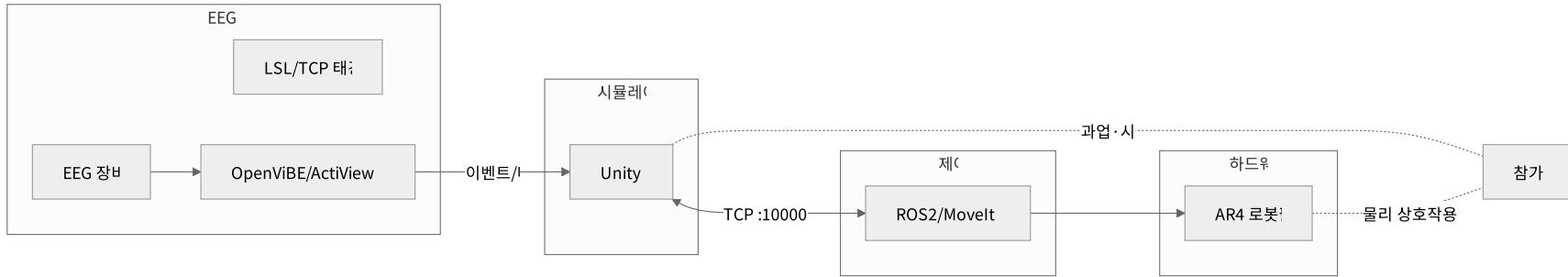
- **시뮬→실제 전략:** 안전하고 통제된 환경에서 검증 후 물리 환경 확장
- **pick-and-place 선택:** 가장 기본적이면서도 오류 상황 유도 가능한 과업
- **통합 플랫폼:** Unity-ROS2-EEG 동기화로 재현 가능한 실험 환경 구축

기대하는 기여

- 실시간 신경인간공학적 HRI 평가 방법론 제시

연구 목표 · 연구질문

시스템/실험 구성 (Unity-ROS2-EEG)



기술적 선택의 근거

기술적 선택의 근거

플랫폼 선택 배경

기술적 선택의 근거

플랫폼 선택 배경

- **Unity**: EEG 장비 연결 편의성, VR/AR 환경 구축 용이성, 가상환경 시각화 강점
- **ROS2**: 현재 표준 로봇 플랫폼, 하드웨어 연결 필수, 실시간 제어 지원
- **LSL/OpenViBE**: 보유 EEG 장비와 호환, 이벤트 마커 동기화 편의성
- **AR4**: 예산(~300만원) 내 최적 성능/페이지 비율

기술적 선택의 근거

플랫폼 선택 배경

- **Unity**: EEG 장비 연결 편의성, VR/AR 환경 구축 용이성, 가상환경 시각화 강점
- **ROS2**: 현재 표준 로봇 플랫폼, 하드웨어 연결 필수, 실시간 제어 지원
- **LSL/OpenViBE**: 보유 EEG 장비와 호환, 이벤트 마커 동기화 편의성
- **AR4**: 예산(~300만원) 내 최적 성능/페이지 비율

개발 환경 선택

기술적 선택의 근거

플랫폼 선택 배경

- **Unity**: EEG 장비 연결 편의성, VR/AR 환경 구축 용이성, 가상환경 시각화 강점
- **ROS2**: 현재 표준 로봇 플랫폼, 하드웨어 연결 필수, 실시간 제어 지원
- **LSL/OpenViBE**: 보유 EEG 장비와 호환, 이벤트 마커 동기화 편의성
- **AR4**: 예산(~300만원) 내 최적 성능/페이지 비율

개발 환경 선택

- **WSL2 채택**: Unity(Windows) + ROS2(Linux) 단일 머신 구동 필요
- **시뮬 우선 전략**: 하드웨어 부품 지연 + Unity/ROS2 학습 곡선 고려

과업/패러다임 (pick-and-place)

과업/패러다임 (pick-and-place)

과업 단계

과업/패러다임 (pick-and-place)

과업 단계

- 준비 → reach → grasp → lift → place → 피드백
- 오류 주입: 미세 위치/자세 오류, 그립 실패, 충돌 회피 경로 변경 등

과업/패러다임 (pick-and-place)

과업 단계

- 준비 → reach → grasp → lift → place → 피드백
- 오류 주입: 미세 위치/자세 오류, 그립 실패, 충돌 회피 경로 변경 등

조건/마커 설계

과업/패러다임 (pick-and-place)

과업 단계

- 준비 → reach → grasp → lift → place → 피드백
- 오류 주입: 미세 위치/자세 오류, 그립 실패, 충돌 회피 경로 변경 등

조건/마커 설계

- 조건: 정상 vs 오류, 신뢰 수준(피드백 정확도) 조작
- 마커: 준비/reach/grasp/lift/place/피드백/오류
- 동기화: Unity→LSL 태깅, ROS 타임 병행 기록

진행 상황 · 구현 과정

진행 상황 · 구현 과정

현재 위치와 경과

진행 상황 · 구현 과정

현재 위치와 경과

- **현재 단계:** 시뮬레이션 환경 구축 완료, 하드웨어 연결 준비 중
- **학습 곡선:** Unity + ROS2 모두 처음 사용으로 환경 파악에 상당 시간 소요
- **부품 이슈:** 일부 AR4 부품 불량으로 교체 대기 중 → 시뮬 우선 진행

진행 상황 · 구현 과정

현재 위치와 경과

- **현재 단계:** 시뮬레이션 환경 구축 완료, 하드웨어 연결 준비 중
- **학습 곡선:** Unity + ROS2 모두 처음 사용으로 환경 파악에 상당 시간 소요
- **부품 이슈:** 일부 AR4 부품 불량으로 교체 대기 중 → 시뮬 우선 진행

주요 구현 성과

진행 상황 · 구현 과정

현재 위치와 경과

- **현재 단계:** 시뮬레이션 환경 구축 완료, 하드웨어 연결 준비 중
- **학습 곡선:** Unity + ROS2 모두 처음 사용으로 환경 파악에 상당 시간 소요
- **부품 이슈:** 일부 AR4 부품 불량으로 교체 대기 중 → 시뮬 우선 진행

주요 구현 성과

- Unity-ROS2 TCP 브리지 안정화 (포트 10000)
- MoveIt 경로 계획과 Unity 시각화 동기화
- 기본 pick-and-place 시퀀스 구현

진행 상황 · 구현 과정

현재 위치와 경과

- **현재 단계:** 시뮬레이션 환경 구축 완료, 하드웨어 연결 준비 중
- **학습 곡선:** Unity + ROS2 모두 처음 사용으로 환경 파악에 상당 시간 소요
- **부품 이슈:** 일부 AR4 부품 불량으로 교체 대기 중 → 시뮬 우선 진행

주요 구현 성과

- Unity-ROS2 TCP 브리지 안정화 (포트 10000)
- MoveIt 경로 계획과 Unity 시각화 동기화
- 기본 pick-and-place 시퀀스 구현

다음 단계로 가는 이유

진행 상황 · 구현 과정

현재 위치와 경과

- **현재 단계:** 시뮬레이션 환경 구축 완료, 하드웨어 연결 준비 중
- **학습 곡선:** Unity + ROS2 모두 처음 사용으로 환경 파악에 상당 시간 소요
- **부품 이슈:** 일부 AR4 부품 불량으로 교체 대기 중 → 시뮬 우선 진행

주요 구현 성과

- Unity-ROS2 TCP 브리지 안정화 (포트 10000)
- MoveIt 경로 계획과 Unity 시각화 동기화
- 기본 pick-and-place 시퀀스 구현

다음 단계로 가는 이유

- 시뮬 환경에서 EEG 마커 동기화 검증 필요

데모 사진

데모 사진

데모 사진

데모 영상



리스크와 대응

리스크와 대응

주요 리스크

리스크와 대응

주요 리스크

- WSL2 네트워킹/USB 이슈로 연결 불안정
- Unity/패키지 버전 변동에 따른 파손
- 문서와 구현의 드리프트 발생
- 하드웨어 내구성/안전 이슈

리스크와 대응

주요 리스크

- WSL2 네트워킹/USB 이슈로 연결 불안정
- Unity/패키지 버전 변동에 따른 파손
- 문서와 구현의 드리프트 발생
- 하드웨어 내구성/안전 이슈

대응 전략

리스크와 대응

주요 리스크

- WSL2 네트워킹/USB 이슈로 연결 불안정
- Unity/패키지 버전 변동에 따른 파손
- 문서와 구현의 드리프트 발생
- 하드웨어 내구성/안전 이슈

대응 전략

- 검증된 버전 편 고정, 재현 스크립트 제공
- 사전 점검 체크리스트, 대체 경로(시뮬 우선)
- 문서 CI 검사 및 분기 릴리스
- 안전 가이드·리미트·복구 시나리오 준비

다음 단계

다음 단계

바로 다음 단계

다음 단계

바로 다음 단계

- 첫 모션 튜토리얼 초안 검토/촬영 범위 확정
- 하드웨어 조립(AR4) 진행 및 안전 체크리스트 작성

다음 단계

바로 다음 단계

- 첫 모션 튜토리얼 초안 검토/촬영 범위 확정
- 하드웨어 조립(AR4) 진행 및 안전 체크리스트 작성

향후 계획(요약)

다음 단계

바로 다음 단계

- 첫 모션 튜토리얼 초안 검토/촬영 범위 확정
- 하드웨어 조립(AR4) 진행 및 안전 체크리스트 작성

향후 계획(요약)

- VR(HMD) 도입 및 XR 상호작용 설계
- LSL/OpenViBE 마커 동기화 검증(LSL clock correction, ROS 타임 병행)
- 시뮬 → 실제 AR4 연동 리허설 및 위험요인 점검

하드웨어 부품 사진

하드웨어 부품 사진



하드웨어 부품 사진



하드웨어 부품 사진

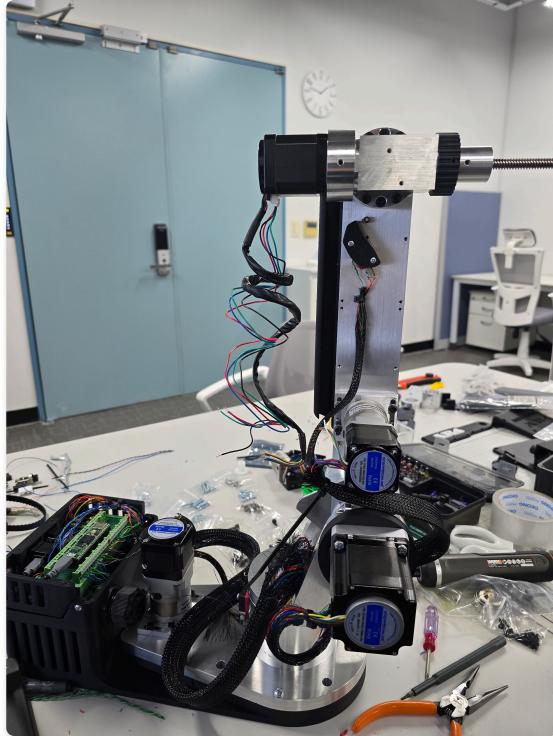


하드웨어 조립 사진

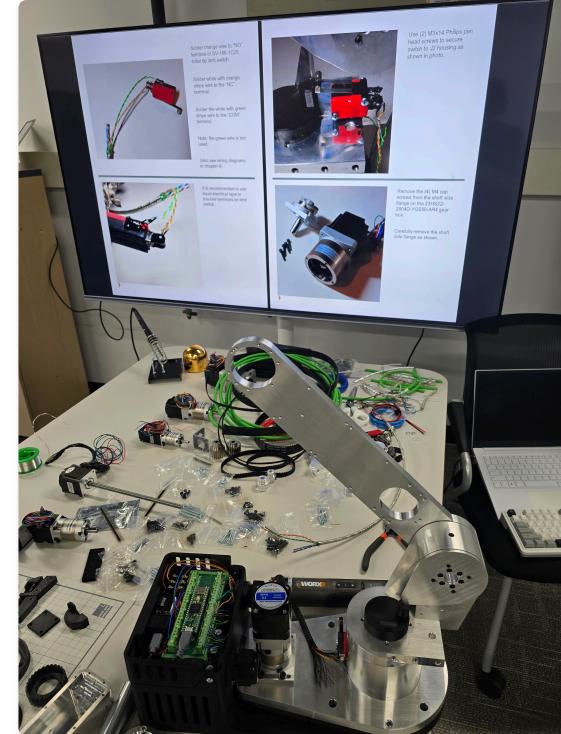
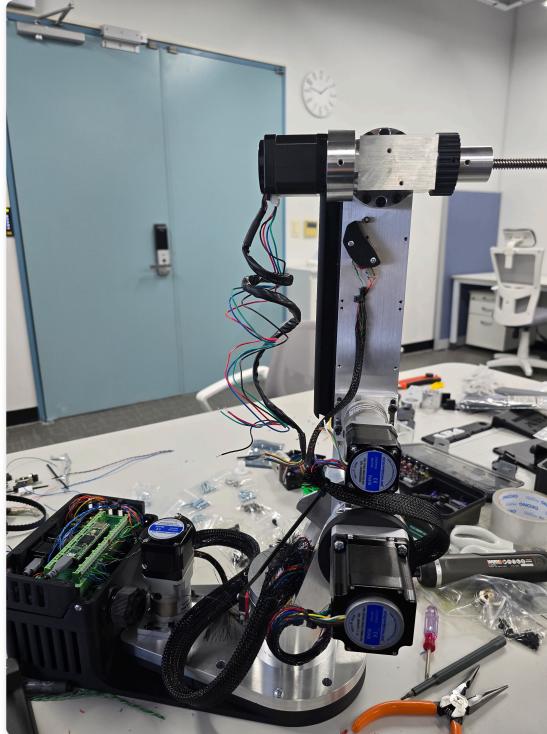
하드웨어 조립 사진



하드웨어 조립 사진



하드웨어 조립 사진



참고 링크 (부록)

- 메인 저장소: <https://github.com/kwangchae/ar4-stack>
- ROS2 워크스페이스: <https://github.com/kwangchae/ros2-ar4-ws>
- Unity 시뮬레이션: <https://github.com/kwangchae/unity-ar4-sim>
- 버전 관리 정책: <https://github.com/kwangchae/ar4-stack/blob/main/VERSIONING.md>

감사합니다! □