# 유 세욱

주소 | 서울 / 대한민국
위치 | 책임 연구원
| 웨어러블에이아이
메일 | sewookyoo@gmail.com
링크 | linkedin | github
| @ blog | scholar


## 요약


주행팀 책임 연구원으로서 자율주행 로봇 플랫폼의 성능과 안전성을 향상하는 데 주력하고 있습니다. 도심 및 오프로드 환경을 모사한 가상 시나리오를 기반으로 자율주행 시스템의 테스트베드를 구축하고, 알고리즘을 개발 및 검증하는 역할을 맡아왔습니다. 특히, 강화학습과 모방학습 등 인공지능 학습 기술을 주행 알고리즘에 접목하는 연구에 집중하고 있으며, 이를 통해 다양한 실제 주행 환경에서도 효과적으로 대응할 수 있도록 기술 개발을 주도하고 있습니다. 이러한 기술은 자율주행 모듈의 핵심 요소로 자리 잡았으며, 로보틱스 학회 및 저널에 다수의 논문을 게재한 바 있습니다. 또한, 실제 차량 플랫폼에 적용하여 현장 성능을 개선하는 데 기여하고 있습니다. 저의 전문성과 프로젝트 경험에 대한 자세한 내용은 다음과 같습니다.

**민간 및 정부 프로젝트를 통한 연구 협업**

- 연구실에서 설립한 스타트업 토르드라이브와 협업하여 개조된 상용차(스누비)의 도심 자율주행 기술을 개발하고 알고리즘을 개선함.
- 국방연구소와 협력하여 군용 무인 지상 차량(UGV) Husky의 오프로드 자율주행 기술을 개발하고 주행 성능을 최적화함.
- 과학기술정보통신부의 기초연구사업을 통해 로봇 조작, 보행, 항해 등 다양한 로보틱스 작업에 적용 가능한 학습 기반 기술을 연구하고 새로운 기법을 도입함.
- 딥러닝 기반 강화학습 및 모방학습 기법을 활용하여 로봇 플랫폼의 경로 예측·생성·추적, 장애물 회피, 운동 계획, 작업 계획 및 의사 결정 성능을 향상시키고 실험을 통해 검증함.
- GitHub과 DockerHub를 활용하여 코드 공유 및 동료 리뷰를 진행하며 협업 효율성을 높이고 코드 품질을 유지함.

**도심 및 오프로드 시뮬레이션을 활용한 테스트베드 구축**

- 강화학습 연구를 위해 OpenAI Gym toolkit과 심 주행용 물리 엔진 CARLA를 활용하여 가상 환경 인터페이스를 구축하고 학습 모델을 실험함.
- 오프로드 환경에 대한 연구를 위해 강체 물리학 엔진 PyBullet을 활용하여 학습용 가상 환경 인터페이스를 구축하고 다양한 지형에서 자율주행 알고리즘을 평가함.
- 라이다 및 카메라 센서를 활용하여 교내 캠퍼스와 산악 지형 데이터를 수집하고 3D 메시 모델을 복원하여 실제 지형을 반영한 가상 환경을 구성함.
- AI 학습을 위한 시나리오 자동 생성 시스템 구축 및 다양한 변수에 랜덤성을 부여하여 현실적인 주행 데이터를 확보하고 학습 환경을 조성함.
- RGB 카메라, 라이다, Semantic Segmentation, Depth 카메라, IMU 등 다양한 센서를 가상환경에서 조정할 수 있도록 구성하여 데이터를 분석하고 알고리즘을 최적화함.
- 조이스틱 컨트롤러를 사용하거나 완성된 알고리즘을 구동하여 전문가 합성 데이터셋을 확보하고 학습 모델의 성능을 검증함.
- 특정 시나리오를 반복적으로 실행할 수 있도록 개발된 모듈을 검증하고 신뢰성을 평가하는 시스템을 구축함.
- 로봇 운영 체제(ROS)와 연동하여 개발 중인 모듈을 시뮬레이션 환경에 적용하고 다양한 주행 상황에서 성능을 분석함.
- 테스트 중 발생한 문제를 효율적으로 추적할 수 있도록 데이터 기록 및 시각화 기능을 개발하고 오류 분석을 수행함.
- 주행 중 발생할 수 있는 사고를 예방하기 위해 위험 감지 및 비상 정지 시스템을 개발하여 안전성을 향상함.

**도심 및 오프로드 자율 주행을 위한 풀 스택 모듈 개발 및 실제 플랫폼 탑재**

- 스누비에 인식, 측위, 주행 모듈을 탑재하고 K-City(한국교통안전공단 자동차안전연구원)에서 실험을 수행하며 주행 성능을 평가하고 개선점을 도출함.

- 도로망 데이터베이스를 활용하여 도심 주행 제어 알고리즘을 개발하고 목표 속도를 반영한 Pure Pursuit 및 모델 예측 제어(MPC) 기반 경로 추종 기능을 구현함.
- 시맨틱 정보를 활용하여 도심 주행 시 후보 경로를 선택하는 규칙 기반 과제 분류 알고리즘을 개발하고 다양한 환경에서 적용성을 확인함.
- 충돌 위험 예측(TTC) 및 안전 영역 분석을 반영하여 차선 변경 및 우회 판단을 수행하는 규칙 기반 주행 모듈을 개발하고 실제 주행 실험을 통해 검증함.
- 불법 주정차 및 교착상태와 같은 복잡한 도로 상황을 해결하기 위해 강화학습 기반 차선 변경 및 우회 판단 모듈을 개발하고 성능을 비교 분석함.
- 규칙 기반 모델과 강화학습 모델을 결합한 하이브리드 에이전트를 개발하여 교차로 및 차선 변경 시 최적 주행 경로를 도출하고 성능을 최적화함.
- Husky에 풀 스택 모듈을 탑재하고 캠퍼스 및 산악 지형과 같은 다양한 비구조화 환경에서 실험을 수행하며 주행 성능을 평가함.
- 울퉁불퉁한 지형에서 진동하는 차량의 움직임을 고려하는 모델 예측 경로 적분(MPPI) 기반 경로 추종 알고리즘을 개발하여 차량이 안정적으로 움직일 수 있도록 개선함.
- 프런티어 기반 적응적 샘플링 기법을 활용하여 글로벌 지도가 없는 환경에서도 미탐지 영역을 탐색할 수 있도록 경로 계획 방법을 개발함.
- 대규모 실내 환경에서 중간 경유 지점을 활용한 자율 주행 경로 계획 및 좁은 통로 이동을 고려한 4륜 독립 구동 로봇 속도 제어 시스템 개발함.

**강화학습과 모방학습과 같은 인공 지능 학습 기반의 기술들을 전반적인 로보틱스 작업에 접목**

- 차량 간 상호작용과 운동역학을 고려하여 경로 생성 성능을 개선하고 주행 안정성을 높이는 연구를 수행함 [6].
- 주변 차량의 움직임을 그래프 신경망(GCN)으로 예측하고 위험 요소를 반영한 안전 강화학습 프레임워크를 연구하여 자율주행의 안전성을 향상함 [3].
- 계측적 관점을 반영한 모방학습으로 하위 작업을 자동 분류하고 조합하여 단일 에이전트가 여러 작업을 효율적으로 수행하도록 학습 기법을 개발하고, 실험을 통해 신속한 전이 학습 가능성을 검증함 [1].
- 그래프 컨볼루션 네트워크(GCN)를 활용하여 하위 과제 간 전이 확률과 수행 순서를 학습하고, 작업 흐름을 그래프 구조로 모델링함. 이를 통해 하위 과제의 관계를 명확히 표현하고 최적의 과제 전환 경로를 예측하는 방법을 제시 [2].
- 산악 지형에서 로봇이 위험 지역을 회피하고 속도를 조절할 수 있도록 지상·로봇 상호작용을 고려한 횡단 가능성 정보를 경로계획과 제어에 통합하는 이동항법 프레임워크를 설계하고 실험을 통해 검증함 [4].
- 오프로드 환경에서 자율주행을 수행하는 로봇이 환경 변화에 적응하기 위해 경험 데이터로 예측된 횡단 가능성의 불확실성을 스스로 평가하고 개선할 수 있도록 온라인 연속 학습 프레임워크를 개발하여 지속적인 주행 성능 향상을 도모함 [5].
- 다양한 로봇 플랫폼에서 안전한 탐색을 수행할 수 있도록 비용 함수 및 보상 함수를 설계하고 전문가 시연 데이터를 활용하여 전이 학습을 적용하는 방법을 연구함 [9].

## 교육

**서울 대학교** *2018.09 - 2025.02*

전기·정보공학부 공학박사

- 평점: 3.71 / 4.3 (전공 평점: 3.71 / 4.3)

**홍익 대학교** *2012.03 - 2018.08*

전기·전자공학부 학사

- 평점: 4.12 / 4.5 (전공 평점: 4.31 / 4.5)

## 기술

| | |
|---|---|
| **프로그래밍 언어** | ***Experienced:*** Javascript \| Matlab \| R \| Julia ***Familiar:*** Python \| C++ |
| **소프트웨어 개발** | ***Programming Paradigms:*** ROS \| Git \| GitLab \| Docker \| DevOps |
| **프레임워크 & 라이브러리** | Jupyter \| Matplotlib \| Numpy \| Pandas \| Scikit-learn \| Gym \| PyTorch \| Tensorflow |
| **언어** | ***Native:*** 한국어 ***Fluent:*** 영어 (TOEFL iBT : 89) |

## 업무 경험

**주식회사 웨어러블에이아이** *2025.01 - 현재*

책임 연구원

**주식회사 토르드라이브** *2019.08 - 2019.10*

소프웨어 개발자 인턴

**병역** *2013.01 - 2014.10*

공동경비구역 유엔사경비대대 육군 병장 만기 전역

## 연구 프로젝트

**자율주행 운송수단(AM) 도입사업 | 인천국제공항** *2025.01 - 현재*

사용자가 다인승 로봇인 쿼디를 타고 넓은 실내 공간을 이동하며 네비게이션 서비스를 받을 수 있는 자율 주행 솔루션 개발.

- **대규모 실내 환경을 위한 경로 계획 및 제어 시스템** *2025.01 - 현재*

대규모 실내 환경에서 지도 없이 자율 주행이 가능하도록 중간 경유 지점을 활용한 경로 계획을 개발. 좁은 통로에서도 원활한 이동이 이루어질 수 있도록 경로 계획 시스템을 설계하고 구현. 터널의 중간 지점에서 양보 로직을 적용해 교착 상태를 해소하는 의사결정 시스템을 개발. 네 개의 바퀴가 독립적으로 회전하는 구동 방식의 로봇을 위한 속도 계획 및 제어 시스템을 구축.

**미래도전 국방기술 연구개발사업 | 국방과학연구소** *2022.01 - 2025.02*

험지 임무 수행을 위한 자율지능 기술 개발.

- **안전 탐사를 위한 비용함수의 복구** *2024.01 - 2025.02*

작업과 무관하게 안전 요건을 충족하는 전문가의 시연을 사용하여 안전 강화학습 에이전트의 학습에 사용되는 보상함수를 복원하는 방법을 연구. 학습된 함수들을 전이 학습에 사용하여 안전한 탐색을 장려함으로써 목표 작업에서 성능을 향상시킬 수 있다는 것을 보임 [9].

- **비정형 환경을 위한 횡단 가능성 추정** *2023.01 - 2023.12*

변화된 환경에 적응할 수 있는 로봇 횡단 가능성 평가를 위해 경험 데이터 세트의 불확실성을 고려하는 자가 감독 온라인 연속 학습 프레임워크에 대해 연구. 이 연구에서 공동 연구자로 참여하여 로봇 횡단 가능성 예측과 경로 계획에 대한 구현을 담당 [5].

- **횡단 가능성 인식 산악지형 항법** *2023.01 - 2023.12*

지상 로봇 상호작용을 고려한 횡단 가능성 정보를 경로계획 및 제어의 최적화 과정에 통합하기 위한 방법 개발. 위험지역을 우회하고 동적으로 속도를 조절하는 산악지형의 이동항법 프레임워크를 연구 [4]. 해당 방법을 이면 도로와 같은 비구조화된 환경에서 항법을 위해 적용하여 IROS 2024 에서 주최한 Earth Rover Challenge 우승에 기여.

- **대규모 미지환경을 위한 경로 계획** *2022.07 - 2023.07*

글로벌 지도가 없을 때 경로계획을 위해 인지된 영역 중 탐색이 필요한 부분을 자동으로 설정하는 알고리즘을 개발. 프런티어 기반 적응적 샘플링을 사용해 경로 계획에 대한 지침으로 사용함으로써 탐색과 착취 사이의 균형을 유지하도록 만드는 방법에 대해 연구 [0].

- **오프로드 주행을 위한 경로 추종** *2022.01 - 2023.12*

울퉁불퉁한 지형에서 차량의 진동을 반영하는 모델 예측 경로 적분(MPPI) 기반 경로 추종 알고리즘을 개발하고, 이를 Husky에 탑재하여 비포장도로 및 산악 지형과 같은 비구조화된 환경에서도 안정적으로 동작할 수 있도록 튜닝 및 검증을 수행.

- **실제 지형 오프로드 시뮬레이터** *2022.07 - 2023.12*

ROS 및 Gym 인터페이스에서 강체 물리학 시뮬레이션 엔진(PyBullet)을 활용하여 인공지능 모듈 학습과 알고리즘 테스트를 위한 실제 지형 기반의 합성 시뮬레이션 환경을 구축. 라이다 및 카메라 센서를 이용해 교내 캠퍼스와 산악 지형 데이터를 취득하고, 이를 바탕으로 3차원 메시 모델을 복원하여 가상 환경을 구성. 이후 오프로드용 무인 지상 차량(UGV) Husky의 실제 차량과 가상 시뮬레이션에서의 동작을 검증할 수 있도록 데이터 I/O 구조를 통일.

**민간 지원 사업 | 주식회사 토드르라이브** *2018.09 - 2022.12*

자율주행 시스템 안정성 검증을 위한 모의환경 개발 및 도시환경에서의 자율주행 방법론 연구.

• **의사결정 딜레마를 다루기 위한 하이브리드 에이전트** *2021.01 - 2022.12*
규칙 기반 모델과 강화 학습 기반 모델을 보완하는 하이브리드 접근법을 적용하여 차선 변경 및 불법 주·정차 차량 우회 여부를 결정하는 모듈을 개발. CARLA를 활용하여 우회 및 차선 변경이 필요한 가상 시나리오를 설정하고, 강화학습 기반의 우회 판단 알고리즘을 개발하여 후보 경로를 선택하는 방식 구현. 하이브리드 접근법을 실제 차량에서 적용할 수 있도록 I/O 구조를 통일하고, 두 결과 중 최적의 선택을 도출하기 위한 알고리즘을 설계 및 검증 [6, 3].

• **도심주행을 위한 경로추종** *2020.01 - 2020.12*
시맨틱 데이터베이스에서 조회한 도로망 정보를 활용하는 Pure Pursuit 제어 및 모델 예측 제어(MPC) 기반 경로 추종 알고리즘을 개발. 개조된 자율주행 차량 스누비에 알고리즘을 탑재하고, 한국교통안전공단 자동차안전연구원의 자율주행 실험 도시(K-City)에서 튜닝 및 안정성 검증.

• **시험 운영 기록 시스템** *2019.08 - 2019.10*
자율주행 알고리즘 개발 과정에서 문제를 편리하게 확인하고 기록할 수 있는 시스템을 개발. 동작 옵션에 따라 GUI를 제공하고, 문제 상황을 데이터베이스에 기록하도록 구현. 문제 추적을 위해 운전 중 발생하는 오류 메시지와 해당 시점의 차량 상태 정보를 저장. 자동으로 수집된 데이터를 기반으로 웹 대시보드를 구축하여 차량 이동 경로, 이슈 발생 지역 히트맵, 차량 상태 그래프, 문제 빈도 차트를 시각화.

• **도심주행을 위한 가상 시나리오 생성** *2018.09 - 2019.12*
학습 기반 에이전트 훈련 및 전문가 데이터 수집을 위해 OpenAI의 Gym 툴킷과 도심 주행용 물리 엔진(CARLA)을 활용하여 로봇 운영 체제(ROS)용 가상 환경 인터페이스를 구축. 알고리즘 검증을 위해 가상 시나리오를 분류별로 설정하고, 조이스틱 조작을 통해 학습용 합성 데이터를 수집. 연구원들이 개발한 풀 스택 알고리즘을 검증하고 협업을 지원하기 위해 원격 저장소(GitHub)를 통해 인터페이스를 공유.

**공학분야 기초연구사업 | 과학기술정보통신부** *2018.09 - 2022.11*
자율주행자동차를 위한 인간수준의 주행지능에 관한 연구.

• **상호작용 인지 의사결정 프레임워크** *2022.01 - 2022.11*
동적 물체 대응을 위한 효율적인 의사결정 전략을 학습하기 위해 그래프 컨볼루션 네트워크(GCN)를 활용한 딥러닝 기반 안전 강화학습 프레임워크를 연구. 도심 주행에서 주변 차량과의 상호작용을 효과적으로 반영할 수 있도록, 상황 인식 단계에서 얻은 정보를 주행 정책에 피드백하여 실시간으로 의사결정을 최적화하는 구조를 설계하고, 이를 통해 효율적인 주행 전략을 도출하는 방법을 제시 [3].

• **신속한 적응을 위한 다중 작업 의도 추정** *2021.01 - 2021.12*
다양한 다중 작업을 효과적으로 수행하는 인간의 행동을 모방하기 위한 알고리즘을 개발. 계층적 작업 구조에서 하위 작업을 자동으로 분류하고 적절히 할당하는 학습 방법을 연구. 단일 정책으로 여러 작업을 해결하기 위해 계층적 모방학습을 활용하여 하위 작업의 표현을 학습하고, 변화된 환경에 적응할 수 있도록 하위 작업의 수행 순서를 계획하는 방법을 제시 [1].

• **계층 구조에 대한 작업 분해 및 계획** *2018.09 - 2019.12*
자율주행 문제에서 후보 경로를 생성할 도메인을 선택하기 위해 시맨틱 정보를 포함하는 데이터베이스를 참조하여 규칙 기반 하위 작업 분류 알고리즘을 개발. 규칙 기반 접근법의 한계를 극복하기 위해 시맨틱 정보와 라벨링 비용 없이 학습 가능한 하위 작업 분해 알고리즘을 연구. 도심 주행 환경에서 트랜스포머를 활용하여 하위 작업을 자동으로 생성하고 분류하는 방법을 제시 [7]. 로봇 팔 조작 문제에서 그래프 컨볼루션 네트워크(GCN)를 활용하여 하위 작업을 표현하는 잠재 변수를 학습하는 방법을 연구 [2, 8].

## 활동

- IEEE Transactions on Intelligent Vehicles (T-IV),
  IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) 리뷰어. *2024*
- IEEE/RSJ International Conference on Robotics Automation (ICRA),
  IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS),
  IEEE Robotics and Automation Letters (RA-L) 리뷰어. *2023*
- 서울대학교 지능형 자동차 연구실 방장. *2023*
- IEEE/RSJ International Conference on Robotics and Automation (ICRA),
  IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) 리뷰어. *2022*
- 서울대학교 공학자를 위한 인공지능 시스템 설계 조교. *2021 2학기*
- 서울대학교 공학자를 위한 인공지능 시스템 설계 조교. *2020 2학기*
- 서울대학교 통신 공학 특강 조교. *2019 1학기*

## 수상

- The Earth Rover Challenge, 우승, International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). *2024*
- 우수 논문상 수상, 동상, International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC). *2022*

- 홍익대학교 공과대학 딘스리스트 수상. *2015*
- 지능형 모형차 경진대회, 동상, 한양대학교. *2012*

## 관심 연구

강화학습 | 모방학습 | 역 강화학습 | 안전 강화학습 | 계층 강화학습 | 다중작업학습 | 온라인학습 | 전이학습 | 표현학습

## 연구 출판

### 국제 학회

[1] Se-Wook Yoo and Seung-Woo Seo. "Learning Multi-Task Transferable Rewards via Variational Inverse Reinforcement Learning". In: *2022 International Conference on Robotics and Automation* (*ICRA*). IEEE. 2022, pp. 434–440. DOI: 10.1109/ICRA46639.2022.9811697.

[2] Se-Wook Yoo and Seung-Woo Seo. "Graph-based Subtask Representation Learning via Imitation Learning". In: *2022 International Conference on Electronics, Information, and Communication* (*ICEIC*). IEEE. 2022, pp. 1–4. DOI: 10.1109/ICEIC54506.2022.9748273.

### 국제 저널

[3] Se-Wook Yoo, Chan Kim, JinWoo Choi, Seong-Woo Kim, and Seung-Woo Seo. "GIN: Graph-Based Interaction-Aware Constraint Policy Optimization for Autonomous Driving". In: *IEEE Robotics and Automation Letters* 8.2 (2022), pp. 464–471. DOI: 10.1109/LRA.2022.3227862.

[4] Se-Wook Yoo, E-In Son, and Seung-Woo Seo. "Traversability-aware Adaptive Optimization for Path Planning and Control in Mountainous Terrain". In: *IEEE Robotics and Automation Letters* (2024), pp. 1–8. DOI: 10.1109/LRA.2024.3387042.

[5] Hyung-Suk Yoon, Ji-Hoon Hwang, Chan Kim, E In Son, Se-Wook Yoo, and Seung-Woo Seo. "Adaptive Robot Traversability Estimation Based on Self-Supervised Online Continual Learning in Unstructured Environments". In: *IEEE Robotics and Automation Letters* (2024), pp. 1–8. DOI: 10.1109/LRA.2024.3386451.

### 국내 학회

[6] 유세욱 and 서승우. "딥러닝 기반의 경로 생성을 이용한 차선변경의 개선방안". In: 대한전자공학회 학술대회 (2019), pp. 632–633. URL: https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE09282347.

[7] 유세욱 and 서승우. "자율 주행을 위한 복합 과제 모방학습을 통한 트랜스포머 기반의 하위과제 자동 분류 방법". In: 대한전자공학회 학술대회 (2022), pp. 1291–1294. URL: https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE11132622.

[8] 유세욱. "모방 학습을 통한 그래프 기반 하위 작업 표현 학습". In: 전자공학회지 49.5 (2022), pp. 20–27. URL: https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE11100736.

### 검토 중

[9] Se-Wook Yoo and Seung-Woo Seo. "DIAL: Distribution-Informed Adaptive Learning of Multi-Task Constraints for Safety-Critical Systems". In: (2025). DOI: 10.1109/LRA.2024.3386451.