

AI 자율주행 배달 기능을 갖춘 서비스 로봇 개발

신다혜¹, 홍은채¹, 권기진¹, 최기환², 장영훈², 이경용³

¹동의대학교 응용소프트웨어공학과 학부생

²동의대학교 정보통신공학과 학부생

³동의대학교 응용소프트웨어공학과 겸임부교수

sindahye730@gmail.com, ksme7918@gmail.com, rkrhdf19@gmail.com,
rlghks9806@gmail.com, gnsdudwkd98@gmail.com, 14575@deu.ac.kr

Development of service robot with AI autonomous driving delivery function

DaHye Shin¹, EunChae Hong¹, KiJin Kwon¹,

KiHwan Choi², YoungHoon Jang², KyungYong Lee³

¹Dept. of Applied Software Engineering, Dong-Eui University

²Dept. of Information and Communication Engineering, Dong-Eui University

³Dept. of Applied Software Engineering Dong-Eui University

요 약

배달량 확산과 자율 주행 로봇의 실내외 주행이 가능해지면서 로봇을 활용할 주문 및 배달 서비스가 활발해지고 있다. 따라서 기존의 자율 주행 배달 로봇의 문제점을 개선하여 보다 나은 배달 서비스를 제공하고자 자율 주행 배달 로봇을 연구하였다. 배달 로봇에 AI를 적용하여 장애물 탐지, 최적 코스 탐색을 통해 목적지까지 최적 경로로 이동하며, 배달 물품 안전까지 보장한다.

1. 서론

최근 자율 주행 배달 로봇의 발전과 함께 배달 서비스가 활성화되었다. 그러나 현존하는 배달 로봇은 물품 파손, 위치 불확실성, 플랫폼 부재 등의 문제를 가지고 있으며, 더 안전하고 정확한 시스템 및 플랫폼의 개발이 요구된다.[1]

이와 같은 문제점들을 개선하고자 다양한 연구가 진행되고 있다. 그 중 GPS 모듈과 SLAM 모듈을 활용한 연구[2]는 센서 융합 통해 주행 안정성을 높여 상용화에 가까운 사례라고 판단한다. 하지만 이 연구에서는 물품 파손, 플랫폼 부재 등 기존의 문제점 대부분을 해소하지 못하고 있다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 배달 로봇 내부의 기울기 조절, 온도 조절 등을 통해 보완하며 안전한 자율주행을 위해 ROS1과 SLAM을 활용한 지도 제작과 Segmentation, YOLOv8을 이용한 장애물 탐지 기술을 소개한다. 또한, 이를 지원하는 플랫폼 개발 과정에 관해서도 소개한다.

2. 세부 설계

2.1 하드웨어

본 논문의 AI 자율주행 배달 로봇의 하드웨어는 크게 세 부분으로 구성되어 있다. 외형은 바퀴를 제외하고 모두 3D모델링되었다. 최하단부에 In-Wheel

모터가 탑재되고, 아두이노 제어를 받는 모터 드라이버와 연결된다. 하단부에 모터용 배터리가 탑재되며 중앙부에는 수평 유지장치, 온도 센서와 배달 물품을 담을 수 있도록 모델링 되어있다. 상단에는 LiDAR, Jetson Nano, 카메라가 탑재되어 있다.

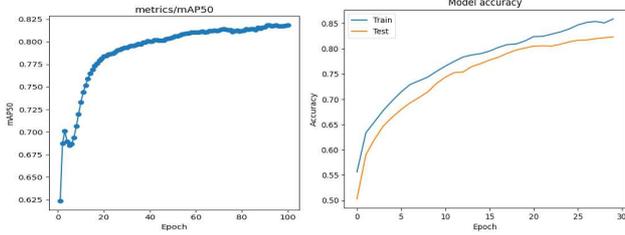
2.2 인공지능

AI 허브에서 인도 보행 영상에 필요한 이미지 데이터와 마스킹 데이터를 확보하여 학습에 활용하였다. 장애물과 같은 실시간 객체 탐지에 뛰어난 모델인 Ultralytics 사의 최신 버전인 YOLOv8 모델을 사용하였으며, 훈련 데이터는 이동체 13종류, 고정체 16종류로 총 102,129장의 이미지를 train, test, valid에 각 7:2:1로 넣어서 이미지를 사용하였다.

학습은 yolov8n 모델로 100 epochs 학습하였고, 모델의 성능 평가를 위해 객체 탐지 모델 평가 방식 중 precision, recall, mAP50를 선택했다. 그림 1-1은 mAP50을 시각화하여 나타냈다.

안전한 주행 환경을 판별하기 위한 Semantic Segmentation 학습에는 PSPNet 모델을 사용하였으며, 데이터셋에는 21개의 색상별 class가 있다. 이를 주행 인식에 중요한 6개 list로 묶고 배경을 포함해 총 7개의 list로 학습하였다. 훈련과 테스트에 각각 34,764장과 11,588장의 이미지와 동일 수의 마스크를

사용하여 총 30 epochs의 학습을 진행하였다.



<그림1> yolov8 mAP50(좌) Pspnet Accuracy(우)

2.3 소프트웨어

본 연구에서는 효율적인 배달 로봇 서비스를 위해 Flutter 기반의 소비자용 앱과 React를 활용한 판매자용 웹 대시보드를 개발한다. 소비자용 앱에서는 편리한 음식 주문과 판매업체 정보 및 로봇의 실시간 위치를 확인할 수 있고, 판매자용 대시보드는 로봇 데이터와 가게 관리를 위한 기능을 제공한다. 이 모든 데이터 처리는 FastAPI 서버와 MongoDB 데이터베이스를 통해 이루어진다.

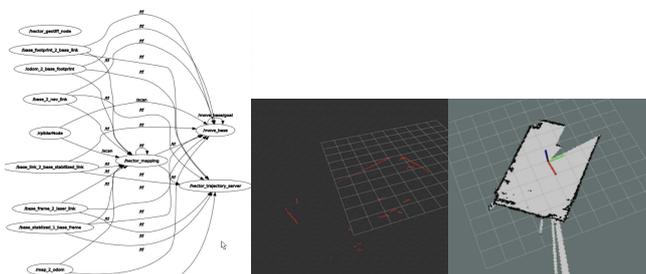
3. 주요 기능 구현

3.1 IOT

Rest API 기반의 Http 프로토콜과 웹 소켓 통신을 이용해 로봇과 서버를 연결해 서버를 중심으로 IOT 플랫폼을 구성한다. 서버에서 로봇의 요청으로부터 받은 payload를 통해 데이터베이스에 저장된 로봇의 상태 값을 변경하며 이를 통해 서버와 연결된 웹과 앱에서 로봇의 상태를 제어 및 확인할 수 있다.

3.2 SLAM과 자율주행

SLAM(동시성 위치 추정 및 지도화)을 수행하기 위해 LiDAR 센서를 통해 스캔된 점군을 실시간 정합하여 SLAM을 실시하는 Hector_SLAM을 사용한다. 이를 통해 작성된 지도와 위치 정보를 move_base의 navfn 알고리즘을 통해 로봇의 시작 위치에서 목표 위치까지의 potential field를 계산하여 시작 위치에서 목표 위치까지의 경로를 계획한다. 다음은 그렇게 설계된 ROS 노드 구성도이다.



<사진1> ROS 노드 구성도(좌) 스캔한 점군(중) 점군의 지도화(우)

4. 구현결과

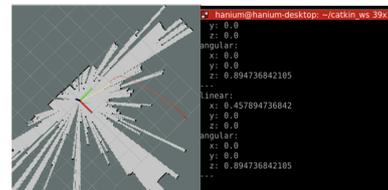
4.1 인공지능



<사진2> 실제 객체 탐지(좌) 실제 세그멘테이션 탐지(우) 객체 탐지 시 고정체는 3m, 이동체는 5m로 하여 회피 기동 시 조금 더 부드럽게 하였다. 횡단보도를 만나면 보행자 신호등을 영상 처리를 통해 색상 감지를 하여 보행 유무를 판단한다. 세그멘테이션은 주행 중 주변 환경을 파악하여 로봇이 움직일 수 있는 도로를 마스킹하게 함으로써 더 안전한 주행이 가능하게 했다.

4.2 SLAM 및 자율주행

LiDAR 최대 탐지 거리인 12m를 기준으로 계속해서 새로운 지도를 그리며 장애물의 움직임 여부를 갱신하며 그를 토대로 경로를 계획한다.



<사진3> 경로계획 결과(좌) 주행 정보 출력(우)

5. 향후 연구 방향

로봇 배달을 통해 인력 비용 절감, 배송 시간 단축 등의 경제적 효과를 가져올 것이고, 플랫폼을 통해 판매자, 로봇, 사용자 간의 불편함이 해소될 것으로 기대된다. 향후 SLAM과 비전 기술을 보완을 통해 자동 도킹 충전에 대한 연구가 필요하다. 또한 낮은 턱이나 계단 등을 효과적으로 극복할 수 있는 이동 기술, 특히 바퀴 기술 개발의 필요성이 있다.

※ 본 프로젝트는 과학기술정보통신부 정보통신망의 인재양성사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.

참고문헌

- [1] 신기동, 한영숙. 배달서비스 확산에 따른 외식업 변화 특성 연구, 경기도 수원시, 경기연구원, 2022
- [2] 김봉상, 남일진, 류제규, 문희창. 경로점 기반 자율주행 배달 로봇의 주행 안정성을 위한 GPS 모듈과 SLAM 모듈의 비교 연구, 전자공학회논문지 제 59권 제12호(통권 제541호), 87 - 94 (8page), 2022