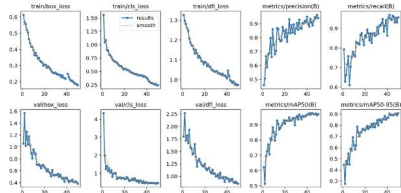


nav2_waypoint_follower 패키지를 통해 로봇이 순차적으로 경로를 따라 주행하도록 설정했다. 또한, 각 웨이포인트에 도달할 때마다 MQTT 프로토콜을 통해 로봇의 상태를 외부 시스템에 실시간으로 전송하는 커스텀 플러그인도 개발했다.

2.3. 쓰레기 인식 및 수거

4-자유도로 구성된 로봇 팔은 런치 파일 실행 시 서보 모터 값을 초기화하여 garbage value를 제거한다. 이후 초음파 센서가 30cm 이내의 물체를 감지시 이미지를 캡처하고, OpenCV를 사용해 카메라 내부 파라미터를 보정한다. Homogeneous Transformation을 통해 카메라 좌표계를 실세계 좌표계로 변환하여 로봇 팔의 목표 위치를 계산한다. Yolov8 모델을 통해 실시간으로 쓰레기를 인식하고, Google Coral TPU를 사용해 추론 시간을 개선한다. 쓰레기가 위치한 곳을 3D 좌표로 최적 경로를 탐색하고 쓰레기를 수거하기 위해 IKFast 라이브러리를 활용한 Inverse Kinematics를 이용한다.



(그림 4) 인공지능 모델 결과

2.4. 데이터 저장 및 분석

로봇 로그 데이터와 수거한 쓰레기 데이터의 실시간 전송을 위해 MQTT 프로토콜을 사용하여 통신한다. 특정 토픽에 대한 json 메시지를 설정 후 이벤트 발생 시 AWS IoT Core로 데이터를 전송한다. 해당 데이터는 AWS Lambda 함수로 RDS에 전송하기 전 데이터의 무결성을 확인한다. 수거된 쓰레기의 시기별 발생량 변화는 Amazon Kinesis Data Stream에서 다중 선형 회귀 분석을 통해 분석된다. 기상청 API 데이터 기준으로 통합 데이터셋을 구축 후, 기상 변수와 쓰레기 발생량 간의 상관관계를 도출해 기상 조건이 쓰레기 발생량에 미치는 영향을 예측할 수 있는 패턴을 추출한다.



(그림 5) 데이터 분석 결과

2.5. 통합 관리 웹서비스

FE(Fron-end)는 React로 구현했으며, 사용자에게 제공되는 정보는 BE(Back-end)와 실시간으로 연동되어 갱신된다. 카카오 맵 API를 활용해 로봇이 수거한 쓰레기의 분포를 지도 상에 시각화했고, Recharts 라이브러리를 통해 시간별 쓰레기 수거 결과를 그래프로 시각화하는 기능을 구현했다.BE는 Flask를 기반으로 구현됐으며, FE에서 요청한 데이터를 처리하는 역할을 담당한다. REST API로 FE와 통신하며, 로봇 서버와는 TCP 통신을 통해 실시간으로 데이터를 주고받아 로봇의 상태와 활동을 관리한다.



(그림 6) 통합 관리 웹서비스 사진.

3. 결론

본 연구는 자율 주행을 기능을 갖춘 로봇이 쓰레기를 수거한 후, 수거한 데이터를 저장 및 분석해 통합 관리 웹 서비스에 띄우는 시스템을 제안하고 본 연구와 관련된 github와 영상을 참고 문헌에 게시하였다. [4]

해변 환경에서 쓰레기를 정확히 인식하기 위해 YOLO v8를 딥러닝 모델로 채택해 평균 94%의 정확도를 보였다. 이 시스템을 실제 해변 환경에 적용할 경우, 쓰레기 수거 비용 절감, 해변 쓰레기 데이터셋 구축, 관광 수요 증대, 협업 로봇 시스템을 통한 확장성 강화, 그리고 공공 기관의 효율적인 해변 관리가 가능해질 것으로 기대된다.

※ 본 논문은 해양수산부 실무형 해양물류 일자리 지원사업(스마트해양물류 x ICT멘토링)을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.

참고문헌

- [1] 오예진, "해양쓰레기 연평균 11만4천t 수거...해안가 쓰레기 83% 플라스틱", 연합뉴스, 2021, 03. 10. <https://www.yna.co.kr/view/AKR20210310064200530>
- [2] 박정일, "광주시 남구, 공원·이면도로에 '청소 로봇' 투입한다", 로봇신문, 2023, 05. 01. <http://m.irobotnews.com/news/articleView.html?idxno=31491>
- [3] TechTics, 2023, <https://project.bb/>
- [4] <https://github.com/orgs/Team-EmbeddedProject>