

노면 탐지 영상처리 및 센서를 활용한 개인형 이동장치용 경고 장치 설계

최수진¹, 김가은¹, 신다운¹, 박지연¹, 문형진^{2*}

¹성결대학교 정보통신공학과 학생, ²성결대학교 정보통신공학과 부교수

Design of Warning Devices for Personal Mobility Using Road Detection Image Processing and Sensors

Su-Jin Choi¹, Ga-Eun Kim¹, Da-Un Shin¹, Ji-Yeon Park¹, Hyung-Jin Mun^{2*}

¹Student, Dept. of Information & Communication Engineering, Sungkyul University

²Associate Professor, Dept. of Information & Communication Engineering, Sungkyul University

요약 개인형 이동장치(Personal Mobility)는 노면 상태에 따라 사용자의 안전에 큰 위협이 된다. 최근 사용이 급증하면서 사고 건수도 함께 증가하고 있어, 이를 예방하기 위한 시스템이 필요하다. 본 연구는 노면 장애물을 감지하여 운전자의 안전을 향상시키기 위한 경고 시스템을 설계하고 개발한다. 이를 위해 노면 장애물의 이미지를 기반으로 데이터셋을 구성하고 YOLOv5 모델을 학습시킨다. 이후 라즈베리파이 4B를 기반으로 하여 카메라로 촬영된 영상을 실시간 프레임 단위로 처리하고 노면 장애물이 감지되면 LED 경고를 발생시킨다. Flask 프레임워크를 활용하여 실시간으로 장애물 감지 상태를 모니터링한다. 또한, GPS 센서를 활용하여 사용자의 위치 및 속도 정보를 수집하고, 설정 속도를 초과할 경우 버저를 통해 청각 경고를 발생시키는 시스템을 개발한다. 향후 사용자의 운행 과정에서 발견된 노면 장애물과 GPS 정보를 서버에 전송하여 실시간으로 노면 안전 상태를 제공하는 시스템으로 확장할 수 있으며, 본 연구 결과는 이러한 시스템 개발의 요소기술로 활용될 가능성이 높다.

키워드 : 개인형 이동장치, 불량 노면 감지 모델, Flask, GPS 센서, 라즈베리파이, YOLO

Abstract Personal Mobility devices pose a significant safety risk to users depending on road conditions. With the recent surge in usage, the number of accidents has also increased, highlighting the need for a preventative system. This study aims to design and develop a warning system to enhance the safety of drivers by detecting road obstacles. To achieve this, a dataset is constructed using images of road obstacles, and the YOLOv5 model is trained. The system is based on the Raspberry Pi 4B, which processes video frames captured by a camera in real-time and triggers an LED warning when an obstacle is detected. The Flask framework is used to monitor the obstacle detection status in real time.

Additionally, a GPS sensor is utilized to collect the user's location and speed data, and an auditory warning is triggered via a buzzer if the set speed is exceeded. In the future, this system could be expanded to transmit detected road obstacles and GPS information to a server, providing users with real-time road safety information. The results of this study can serve as essential technology for developing such a system.

Key Words : Personal mobility device, Bad road surface detection model, Flask, GPS sensor, Raspberry Pi, YOLO

*Corresponding Author: Hyung-Jin Mun (jinmun@gmail.com)

Received July 9, 2024

Accepted October 20, 2024

Revised September 25, 2024

Published October 28, 2024

1. 서론

최근 개인형 이동장치(Personal Mobility)의 사용이 급격히 증가하면서 전동 킥보드와 같은 이동 수단의 인기가 크게 높아지고 있다. 이러한 성장과 함께 전동 킥보드를 포함한 개인형 이동장치의 사고 건수도 급증하고 있다[1]. 개인형 이동장치는 일반 자동차의 주행 특성과는 크게 다르다. 전동 킥보드 구조상 축간거리가 짧고 무게중심이 높으며, 타이어 폭이 좁아 주행 안정성이 취약하다. 또한, 불량 노면에서 서스펜션 강도가 낮아 주행 중 장애물을 조기에 발견하지 못할 경우 사고로 이어질 가능성이 크다[2].

도로교통법에 따르면 전동 킥보드는 최우측 차로로 주행해야 하는데, 이 차로는 불량 노면이 많이 존재해 사고 위험이 더욱 커진다[3]. 2018년부터 2022년까지 개인형 이동장치 관련 사고 건수는 약 10배 증가했으며, 그중 단독사고는 약 11%를 차지한다. 이는 도로 상태를 사전에 파악하지 못한 채 주행하면서 발생하는 경우가 많다. 따라서, 전방 노면 상태를 조기에 감지하고 경고하는 시스템의 연구가 필요하다.

이를 위해, 라즈베리파이 4B에 연결된 카메라로 불량 노면을 실시간으로 촬영하고, 학습된 YOLOv5를 모델을 활용해 불량 노면을 조기에 감지하여 LED 경고 시스템을 통해 경고 신호를 발생시키도록 시스템을 설계하였다.

본 연구는 불량 노면을 조기에 감지하여 전동 킥보드 사고를 예방하고, 개인형 이동장치 사용자들의 안전을 향상시킬 것으로 기대되며, 개인형 이동장치의 안전 기술 발전에 기여할 수 있다.

2. 관련연구

도로 노면 파손이 운전자의 조향 제어에 미치는 영향을 크고 다양하지만, 개인형 이동장치의 타이어의 폭이 좁아 파손을 마주할 경우 사고의 원인이 될 수 있다. 기후에 의한 요인과 노후화로 인해 도로 노면 파손을 해결하기 어려워 신속한 보수가 필요하고, 이를 위한 유지관리 기술에 관심이 높아지고 있다. 영상을 이용한 도로 노면 파손 탐지 연구가 지속되고 있다. Koch and Brilakis (2011)는 포트홀 탐지를 위해 영상처리 기법을 히스토그램과 파손 영역의 기하학적 정보를 활용하여 사용하였다. Buza et al.(2013)은 그레이 영상으로부터 추출한 히스토그램 정보를 활용한 spectral clustering 방식과 9단계의 순차적인 특징기반의 방법을 사용하여 도로 노면 상태를

탐지 알고리즘을 제안하였다. Jo et al. (2016)은 규칙 기반의 알고리즘을 사용하여 도로 노면 상태를 탐지하는 연구를 제안하였다. 영상 이미지에서 이진영상을 생성한 후 차선을 인식하고 내부에 존재하는 객체에 여러 필터를 적용하여 도로 파손을 탐지하였다[4].

YOLO(You Only Look Once)는 객체 특징을 추출하는 합성 신경망(CNN, Convolutional Neural Network) 기반의 실시간 객체 탐지 모델이다[5]. CNN은 객체의 위치를 인식(Localization)하고 그 객체가 무엇인지 분류(Classification)한다. CNN 네트워크 계열은 인식과 분류 두 단계로 수행하기 때문에 연산 속도가 느려 실시간 탐지에 적용하기 어려운 단점이 있다. 이를 개선한 YOLO는 속도와 정확도에서 뛰어나며, 최근 객체탐지(Object Detection) 분야에서 가장 많이 활용되고 있는 모델이다[5-9].

현재는 개선된 백본 네트워크와 SPP, CSP로 더 빠르고 정확한 탐지를 하는 YOLOv8, E-ELAN, 효율적 백본과 Neck 구조, P6 아키텍처 지원으로 성능이 향상된 YOLOv9, 어텐션 메커니즘 통합, 데이터 증강 기법 강화, 커스텀 헤드 지원과 하이퍼파라미터 최적화 기법을 도입하여 모델의 훈련 효율성을 극대화 한 YOLOv10까지 개발되었다[10].

YOLOv5는 경량화된 모델로, 라즈베리파이 4와의 뛰어난 호환성을 자랑하며 저 사양 환경에서도 원활하게 구동된다. 다양한 연구결과가 있어 개발 및 배포 과정에서 장점을 가지고 있다.

3. 개인형 이동장치 경고 시스템 설계

3.1 YOLOv5모델 학습

3.1.1 노면 장애물에 대한 이미지 데이터셋 구성

노면 장애물 감지 모델을 학습시키기 위해 필요한 데이터셋을 약 3,000개 확보하였다. 이 데이터셋은 맨홀, 포트홀, 방지턱과 같은 다양한 노면 장애물을 포함하고 있다. Roboflow 플랫폼을 통해 초기 데이터를 수집하였으며, 학습의 다양성을 높이기 위해 다양한 환경과 조건에서 촬영한 이미지를 포함했다. 각 장애물의 위치와 유형을 정확히 명시하는 라벨링 작업을 진행해 추가 데이터셋을 구성했으며, 이 과정에서 LabelImg 도구를 사용하였다. 확보한 3,000개의 데이터셋은 모델 학습의 정확성을 높이기 위해 학습(training), 검증(validation), 테스트(test) 데이터셋을 7:2:1 비율로 분할하여 구성하였다.

3.1.2 코랩을 사용한 YOLOv5 모델 학습

구글 코랩을 사용하여 YOLOv5 모델 학습을 진행하였다. YOLOv5는 신경망 기반의 객체 감지 모델로, 높은 정확도와 빠른 처리 속도를 제공하여 실시간 응용에 적합하다고 판단하였다. 학습 과정에서는 데이터셋의 특성을 고려하여 하이퍼파라미터(이미지 크기, 배치 크기, 데이터 파일 등)를 설정하였다. 이미지 크기는 널리 사용되는 기본값인 416*416 픽셀로 설정하였고, 배치 크기는 메모리와 학습 데이터의 크기를 고려하여 16으로 설정하였다. 또한 데이터 파일 경로 및 학습 관련 설정도 체계적으로 구성하였다. 구글 코랩의 GPU 가속 기능을 활용하여 대규모 데이터셋에 대해 효율적으로 학습을 진행하였다[6]. 라즈베리파이에서 원활한 실시간 영상 처리를 위해 확장자를 .pt 파일에서 .onnx 파일로 변경하여 최적화를 통해 추론 속도를 향상시켰다. 학습된 YOLOv5 모델은 테스트 이미지와 영상을 사용하여 객체 감지 성능을 평가하였다. 최종적으로 학습된 YOLOv5 모델은 노면 장애물을 정확하게 인식하고 경고하는 개인형 이동장치용 경고 시스템으로의 적용 가능성을 확인하였다.

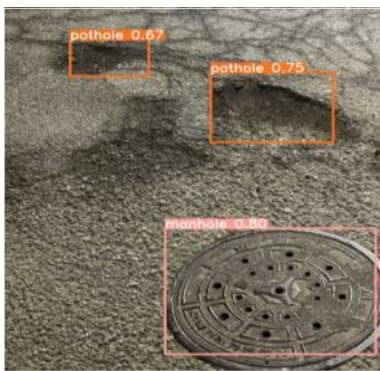


(b) bump and manhole
Fig. 2. Detection results screen

Fig. 1은 구글 코랩 환경에서 YOLOv5 모델을 학습시키는 과정을 보여준다. train.py 스크립트를 실행하여 학습을 진행하였다. Fig. 2는 학습된 모델을 통해 얻은 이미지 테스트하여 탐지된 결과를 나타낸다. Fig. 2(a)는 포트홀과 맨홀 감지를 하였고, Fig. 2(b)는 방지턱과 맨홀을 감지하는 것을 확인할 수 있다.



Fig. 1. The process of training the yolov5



(a) pothole and manhole

3.2 Flask를 활용한 경고 시스템 개발

본 연구에서는 라즈베리파이에서 Flask 웹 서버를 사용하여 실시간 스트리밍을 구현하였다. Flask 웹 서버를 통해 라즈베리파이 카메라로 촬영되는 영상이 실시간으로 스트리밍되며, 학습된 모델을 사용해 불량 노면을 감지하고 이를 실시간으로 확인할 수 있다.



Fig. 3. Live streaming using flask

Fig. 3는 Flask 웹 서버를 통해 라즈베리파이 카메라로 촬영된 영상이 실시간으로 스트리밍되고 있는 화면이다. 화면에서 학습된 YOLOv5 모델이 불량 노면을 정확하게 감지하는 모습을 확인할 수 있다. 감지된 불량 노면은 경계 박스로 표시되며, 불량 노면의 종류 및 정확도에 대해서 나타난다. 이를 통해 사용자는 실시간으로 도로 상태

를 모니터링할 수 있다.

4. YOLOv5를 활용한 LED 경고 시스템

4.1 환경 구축 및 장치 연결

포트홀과 방지턱, 맨홀의 데이터셋을 사용하여 YOLOv5 모델에 학습시킨 후 라즈베리파이 4B에서 학습시킨 YOLOv5를 적용한다. 키보드에 부착된 라즈베리파이의 카메라를 통해 실시간으로 도로 노면 상태를 제공하고 이를 YOLOv5 모델이 실시간으로 객체를 감지한다. 주행 중 불량 노면이 감지되면 적색 LED를 통해서 사용자에게 실시간으로 경고를 준다.

4.1.1 라즈베리파이 환경 구축

실시간으로 불량 노면 판별 시스템을 구현하기 위해 라즈베리파이 4B와 카메라 모듈을 설정한다. 라즈베리파이 운영체제를 설치하고 필요한 패키지와 라이브러리를 설치하여 라즈베리파이를 동작할 수 있도록 설정한다. 라즈베리파이에서 카메라 모듈을 사용하기 위해 라즈베리파이용 카메라를 연결하고 카메라의 인터페이스를 활성화한다. 이를 통해 실시간 비디오 스트리밍을 받아들 수 있다.

라즈베리파이에서 YOLOv5 모델을 실행하고, 카메라 모듈을 통해 실시간 비디오 스트리밍을 받아오는 실시간 불량 노면 판별 시스템을 개발한다. 라즈베리파이에서 YOLOv5 모델을 실행하여 비디오 프레임을 입력으로 전달하고, 도로 노면 상태를 판별한다. YOLOv5 모델의 출력 결과를 바탕으로 포트홀, 방지턱, 맨홀을 검출하고, 이를 활용해 LED 경고 시스템을 개발한다. 검출된 포트홀, 방지턱, 또는 맨홀이 있을 경우, LED를 제어하여 경고 신호를 발생시키도록 구현하여 즉각적인 알림 기능을 제공한다. 라즈베리파이의 GPIO 핀을 활용하여 LED와 연결하고, 제어 방법을 구현한다.

4.1.2 소프트웨어 설정 및 장치 연결

라즈베리파이에서 run-web.py 코드를 실행시킨다. GPIO 핀 번호를 22번으로 설정하여 코드를 작성하였다. 모델이 감지한 객체들 중 신뢰도가 0.7을 초과하면 LED가 3초간 켜지는 조건으로 설정하였다. 비디오 스트리밍 함수를 통해 비디오 프레임을 읽어 모델을 통해 처리하고 결과를 스트리밍한다. 2개의 라우터를 정의하여 웹페이

지와 비디오 스트림을 제공하고 Flask를 실행하여 웹서버를 시작한다.

라즈베리파이를 사용하여 LED를 연결하고 제어하는 과정이다. 브레드보드에 LED를 연결한 뒤 라즈베리파이의 GPIO 핀에 연결한다. LED는 GPIO 22번으로 설정하였고 LED의 (+)극인 긴 다리를 라즈베리파이 GPIO 22번인 15에 연결한다. (-)극인 짧은 다리는 GND에 연결한다. 라즈베리파이의 발열을 제어하기 위해서 추가로 쿨러도 연결한다. 이를 키보드에 부착한다. 방지턱, 포트홀, 맨홀을 발견하면 LED를 통해 사용자가 경고 알림을 제공받는다.



Fig. 5. Overall view of the scooter

Fig. 5는 카메라, 라즈베리파이, 그리고 센서들이 부착된 키보드의 전체적인 모습을 보여준다. 해당 그림에서는 키보드에 장착된 경고장치의 위치를 간단하게 확인할 수 있다.

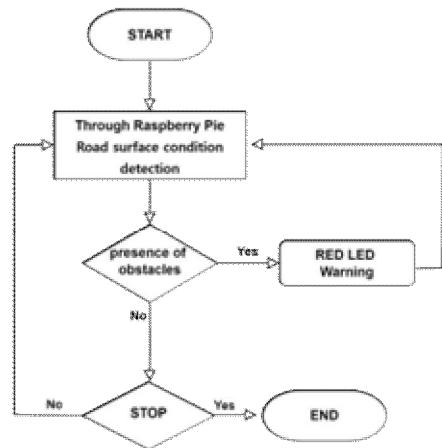


Fig. 6. Alert system flowchart using YOLO

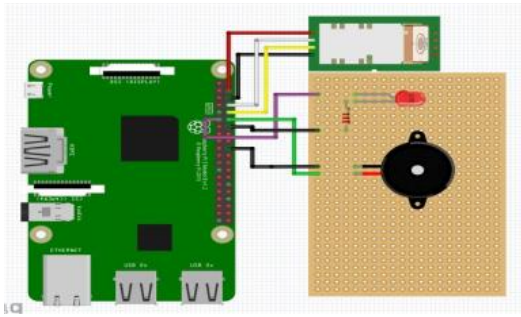


Fig. 7. Raspberry Pi with Breadboard and Device Connection

Fig. 6은 도로 상태를 판별하여 경고를 발생시키는 시스템의 순서도를 나타낸다. 주행 시 실시간으로 도로 노면 상태를 감지하며 포트홀, 방지턱, 맨홀이 있다면 적색 LED를 통해 경고를 주게 되고 장애물이 없다면 LED가 꺼진다. Fig. 7은 브레드보드를 사용한 라즈베리파이와 장치의 연결을 보여준다.

4.2 GPS 센서를 활용한 청각 경고 시스템

전동 킥보드의 속도 초과 시 청각 경고를 제공하는 시스템을 개발하기 위해 필요한 장비 및 소프트웨어를 준비하고, GPS 센서 연결 및 데이터 수신, 킥보드의 속도 측정, 청각 신호 발생, 주행 속도 안정 시 청각 신호를 중지하는 단계를 포함하였다. 킥보드가 특정 속도를 초과하는 경우, 버저를 통해 청각 신호를 발생시키며, 킥보드의 속도가 기준 속도 이하로 안정화되면 청각 신호를 중지하였다. 이를 통해 특정 속도 초과 시 청각 경고를 제공하는 시스템을 구현하였다.

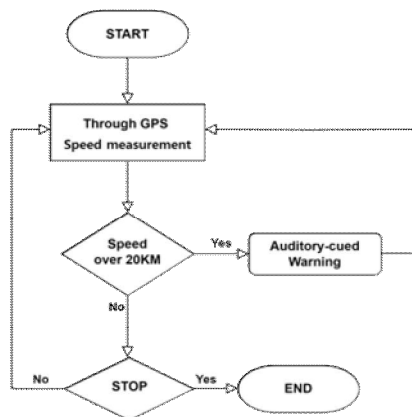


Fig. 8. Warning system flowchart

Fig. 8은 GPS를 이용한 경고 시스템의 동작 흐름을 나타낸다. 주행 시 속도를 측정하고 특정 속도를 초과하는 경우 청각 경고가 발생하며 속도가 줄어들면 청각 경고가 멈추도록 설계하였다.

4.2.1. 장비 및 소프트웨어 준비

NEO-6M GPS 모듈과 수동 버저를 사용하였다. GPS 센서 제어를 위한 라이브러리를 설치하고, 라즈베리파이와 GPS 센서를 연결하였다. 라즈베리파이의 핀 맵을 참고하여 GPIO 핀을 사용하였으며, GPS 모듈은 5V, GND, TX, RX 핀에 연결하였다. 이때, GPS 모듈의 TX는 라즈베리파이의 RX에, GPS 모듈의 RX는 라즈베리파이의 TX에 연결해야 한다. 따라서 4, 6, 8, 10번 핀에 GPS 모듈을 연결하였다. 버저는 라즈베리파이의 GPIO 18번 핀에 연결하였으며, (+)극을 GPIO 18번 핀에, (-)극은 GND에 연결하였다.

4.2.2. 데이터 수신 및 속도 계산

GPS 센서로부터 수신한 데이터를 파싱하여 위치 정보와 속도 정보를 추출하였다. 이를 통해 킥보드의 현재 속도를 계산하였다. 일정 주기로 속도를 확인하고, 특정 기준 속도를 초과하는지 여부를 판단하였다. GPS 데이터가 유효하고 속도가 일정 값 이상인 경우 버저를 울리도록 설정하였으며 버저는 0.1초 간격으로 켜고 끄며 총 20회를 반복하였다. 속도가 특정 속도 이하로 떨어지면 버저 소리를 끄도록 설정하였다.

4.3 개인형 이동장치 경고 시스템의 동작원리

Fig. 4는 경고 시스템의 동작원리를 나타낸다. 카메라가 실시간으로 영상을 촬영하여 라즈베리파이 4B로 전송한다. 라즈베리파이 4B는 YOLOv5 모델을 사용하여 프레임 단위로 노면 장애물(맨홀, 포트홀, 방지턱)을 감지하며, 장애물이 감지되면 LED 경고를 발생한다.

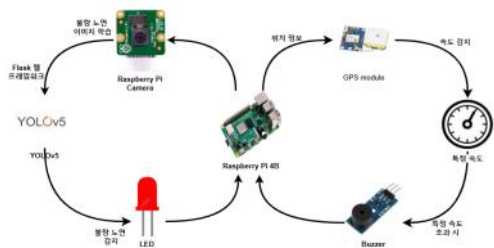


Fig. 4. Operation Principles of Warning System

Flask 프레임워크를 활용하여 장애물 감지 상태를 실시간으로 모니터링할 수 있다. GPS 센서를 통해 사용자의 위치 및 속도 정보를 수집하여 사용자가 설정 속도를 초과하면 버저를 통해 청각 경고를 발생한다. 라즈베리파이와 서버 간의 데이터 통신, GPS 센서와 라즈베리파이 간에 시리얼 통신을 한다.

5. 실험 및 결과

개인형 이동장치 사용자의 단독사고 예방을 목표로 “개인형 이동장치용 경고장치”를 개발하였다. 라즈베리파이와 라즈베리파이 카메라를 활용하여 촬영된 노면 영상은 비디오 스트리밍 함수를 통해 실시간으로 프레임 단위로 처리된다. 각 프레임을 YOLO 모델에 입력하여 영역 내 장애물(맨홀, 방지턱, 포트홀)의 존재 및 감지 여부에 따라 LED 경고를 발생시키는 시스템을 개발하였다. Flask 프레임워크를 활용하여 사용자 인터페이스를 구현하였으며, 사용자는 이를 통해 실시간으로 장애물 감지 상태를 모니터링할 수 있다. 하지만 라즈베리파이 4B의 성능이 낮아 영상 스트리밍이 현저히 지연된다. 따라서 Jetson Nano 또는 가속기를 사용해 하드웨어 성능을 높여야 할 필요가 있으며, 이는 향후 연구에 중요한 과제가 될 것이다.

또한, GPS 모듈을 통해 속도를 측정하여 설정된 특정 속도를 초과하는 경우 청각 경고를 발생시키는 시스템을 개발하였다. GPSD 라이브러리를 사용하여 현재 위치와 속도 데이터를 수집하였고, 특정 속도를 초과할 경우 버저가 울리는 것을 확인하였다.

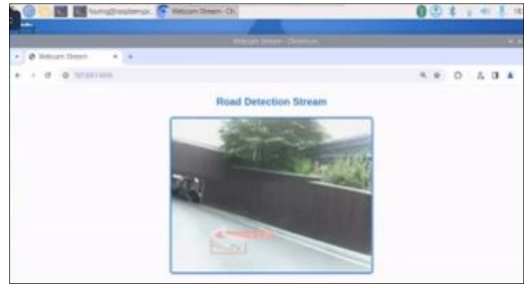
사용자는 해당 장치의 사전 경고 기능을 활용하여 사고를 방지할 수 있으며, 이를 통해 개인형 이동장치를 안전하게 이용할 수 있다.



Fig. 9. Appearance of the final warning device for personal mobility

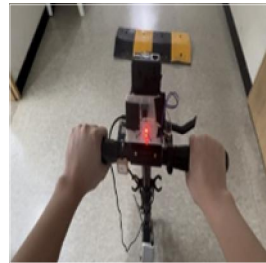


(a) bump detection

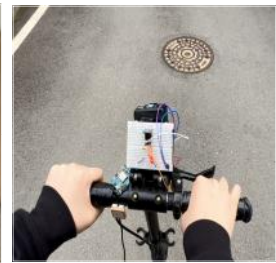


(b) manhole detection

Fig. 10. Object detection on the flask



(a) bump



(b) manhole

Fig. 11. LED ON state during object detection

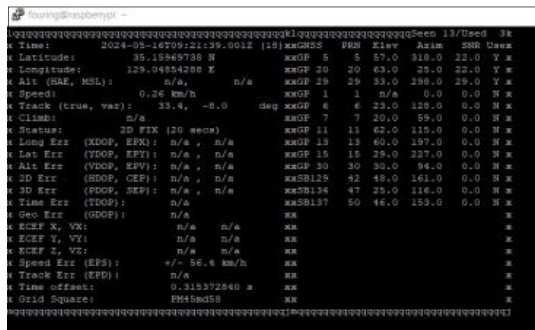


Fig. 12. Screen showing location and speed data during obstacle detection

Fig. 9는 최종적인 경고장치의 모습이다. 핸들에 장착된 카메라는 노면을 촬영할 수 있게 설계하였다. Fig. 10은 실시간으로 방지턱, 맨홀 감지하는 모습이다. Flask 웹 프레임워크를 사용해 웹 서버를 구성하고, 카메라로부터 비디오 프레임을 실시간으로 읽어와 YOLO 모델에 입력되어 객체를 감지한다. Fig. 11은 방지턱, 맨홀 감지 후 LED가 점등되는 모습이다. 감지된 객체의 신뢰도가 설정한 임계값(0.7)을 초과하면 LED가 켜진다. Fig. 12은 GPSD 라이브러리를 통해 현재 위치와 속도 데이터를 수집한 결과이다.

6. 결론

개인형 이동장치에 관한 시장 및 공유 서비스가 증가함에 따라 관련 사고가 늘어나고 있다. 그러나 개인형 이동장치의 운전자를 위해 안전 장치는 전무한 상황이다. 본 연구에서는 노면탐지 영상처리 및 센서를 활용한 개인형 이동장치용 경고 장치를 제안한다.

본 연구에서는 YOLOv5를 활용해 불량 노면 객체 탐지 모델을 학습하고, 이를 라즈베리파이 4B에 통합하여 카메라를 통해 실시간으로 불량 노면을 감지하는 시스템을 설계하였다. 카메라를 통해 감지되는 도로에 불량 노면이 있을 경우, LED를 통해서 사용자에게 시각적으로 경고하도록 설계하였다. 또한, GPS 센서를 활용하여 운전자의 위치 및 속도 정보를 수집하고, 특정 속도를 초과하면 버저를 통해 운전자에게 청각적으로 경고하도록 설계하였다.

윈도우 환경에서 도로 주행 동영상 파일로 테스트하였을 때 빠른 속도에서도 감지가 잘 되는 것을 확인하였다. 그러나 라즈베리파이의 하드웨어 성능이 낮아 실시간 스트리밍이 지연되는 것으로 판단된다. 따라서 향후 연구에서는 탐지 속도를 높이기 위해 Jetson Nano 또는 가속기를 사용해 하드웨어 성능을 향상시킬 필요가 있다.

또한, 불량 노면 감지의 정확도를 높이기 위해 양질의 데이터를 수집하여 고도화된 모델 개발이 요구되며 다른 사용자가 노면의 장애물을 발견하면 장애물 종류와 위치 정보를 서버에 전달해 해당 지역을 지나가는 사용자에게 알람을 제공하는 시스템 개발이 필요하다.

REFERENCES

[1] D. Han (2020). Analysis of severity factors in

personal mobility (PM) traffic accidents. *Journal of Korean Society of Transportation*, 38(3), 232-247.
DOI: 10.7470/jkst.2020.38.3.232

[2] Korea Institute of Transport and Logistics. (2018). Development of Personal Mobility Safety System Using AI Image Object Recognition Technology. *Journal of the Korea Institute Of Information and Communication Engineering*, 25(3), 486-489.
DOI: 10.6109/jkiice.2021.25.3.486

[3] Road Traffic Authority. (2023, April 6). Road Traffic Authority press release, personal mobility device (PM) traffic accidents increase every year. Retrieved from <http://www.koroad.or.kr>

[4] N. E Kang, M. H. Roh, H. J. Kim & S. R. Oh (2023). Development of Personal Mobility Safety System Using AI Image Object Recognition Technology. *Journal of the Korea Institute Of Information and Communication Engineering*, 25(3), 486-489.
DOI: 10.6109/jkiice.2021.25.3.486

[5] K. O' Shea (2015). An introduction to convolutional neural networks. arXiv preprint arXiv:1511.08458.

[6] Y. H Lee & Y. S Kim (2020). CNN and YOLO performance comparison experiment for object detection. *Journal of the Semiconductor & Display Technology*, 19(1), 85-92.

[7] M. S. Joo (2018). A study on real-time object segmentation using deep learning and image processing techniques. *Korea University*. Retrieved from <https://www.riss.kr/link?id=T14704785>

[8] H. J. Mun and M. H. Lee.(2022). Design for Visitor Authentication Based on Face Recognition Technology Using CCTV. *IEEE Access*, 10, 124604-124618.
DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3223374

[9] M. Lee & H. Mun. (2020). Comparison analysis and case study for deep learning-based object detection algorithm. *International Journal of Advanced Science and Convergence*, 2(4), 7-16.
DOI: 10.22662/IJASC.2020.2.4.007

[10] G. E. Kim, D. U. Sin, S. J. Choi & H. J. Mun

(2024, January). Design of Warning Device for Personal Mobility using Road Detection Image Processing and Sensors. *In Proceedings of the 2024 KLife Conference* (pp. 15).

[11] A. Wang, H. Chen, L. Liu, K. Chen, Z. Lin, J. Han & G. Ding. (2024). Yolov10: Real-time end-to-end object detection. *arXiv preprint arXiv:2405.14458*.

최수진(Su-Jin Choi)

[학생회원]



- 2020 03월 ~ : 성결대학교 정보통신공학과 학부생
- 관심분야 : 클라우드 , 정보 보안
- E-Mail : sujiny1110@naver.com

김가은(Ga-Eun Kim)

[학생회원]



- 2021 03 ~ : 성결대학교 정보통신공학과 학부생
- 관심분야 : 클라우드, 소프트웨어, 정보 보안
- E-Mail : kke3182439@naver.com

신다운(Da-Un Shin)

[학생회원]



- 2021 03월 ~ : 성결대학교 정보통신공학과 학부생
- 관심분야 : 클라우드, 정보보안
- E-Mail : rida1003@naver.com

박지연(Ji-Yeon Park)

[학생회원]



- 2021 03월 ~ : 성결대학교 정보통신공학과 학부생
- 관심분야 : 클라우드 , 소프트웨어, 앱 개발
- E-Mail : bsok021023@naver.com

문형진(Hyung-Jin Mun)

[종신회원]



- 2008년 2월 : 충북대학교 전자계산학과(이학박사)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 성결대학교 정보통신공학부 조교수, 부교수
- 관심분야 : 정보보안, 네트워크 보안, 빅데이터분석
- E-Mail : jinmun@gmail.com