

도로 외 구역 자율 주행을 위한 장애물 탐지 시스템 개발 연구

김은완, 최정훈, 김보우, 서동준*
경북대학교

*corresponding author

{olligo20, cjh34544, kbw5913, *dongjunsuh}@knu.ac.kr

A Study on the Development of Obstacle Detection System for Autonomous Driving in Off-road Areas

Eunwan Kim, Jeonghoon Choi, Bowoo Kim, Dongjun Suh*
Kyungpook National University

요 약

본 논문은 최근 안전성 문제가 제기되고 있는 개인형 이동 장치나 사고에 취약한 휠체어 등 도로 외 영역을 주행하는 장치들의 안전성 확보를 위해 장애물 탐지 시스템을 개발하고자 한다. 인도 자율주행 연구를 위한 인도 보행 데이터셋을 활용하여 영상 분할, 객체 탐지, 깊이 예측을 수행하고 이를 바탕으로 장애물 탐지 시스템을 만드는 연구를 진행하였다. 촬영한 영상에 사전 학습된 모델의 가중치를 사용하여 테스트하였고 이를 통해 우수한 성능의 모델임을 확인하였다.

1. 서 론

최근 공유 전동킥보드, 전기자전거 등의 서비스가 널리 확산되면서 일반 도로를 주행할 수 없는 개인형 이동 장치의 안전성에 대한 우려가 제기되고 있다. 또한 보행자로 취급되어 인도를 주행해야 하는 휠체어류 또한 안전에 대한 문제가 지속적으로 논의되고 있다. 이처럼, 도로가 아닌 곳에서 주행하는 장치들의 안전성을 높일 수 있는 개선 방안이 필요하다 [1].

현재 제시되는 개선 방안 중, 자율주행 도입이 가장 주목받고 있다. 자율 주행을 통해 사용자의 운전 미숙으로 인한 사고 발생을 감소시켜 사고의 발생을 예방할 수 있다. 최근 자동차 분야의 경우 자율주행에 관한 연구가 활발하며 해외에서는 상용화까지 진행되었다. 그 외에도 다양한 분야에서 자율주행에 대한 연구가 활발히 이뤄지고 있다. 하지만, 도로 외 구역의 자율 주행에 관한 연구는 미흡한 수준으로 추가 연구가 필요하다.

따라서, 본 논문에서는 AI Hub에서 제공하는 인도 보행 영상 데이터셋을 활용하여 안전성을 향상시킬 수 있는 장애물 탐지 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 객체 탐지(object detection)와 영상 분할(video segmentation), 깊이 예측(depth prediction) 3가지 기법을 결합하여 구현하였으며, 기타 센서 데이터를 사용하지 않고 이미지 영상 데이터만을 활용하였다. 이는 하드웨어에 고가의 센서를 부착하지 않아도 되므로 경제성과 접근성이 우수하다. 또한, 인도에 초점을 맞춘 라벨을 새로 생성하여 도로 외 구역의 자율주행에 특성화된 시스템을 개발하였다. 이는 도로와 인도의 장애물 종류에 차이를 두어 더욱 정확하게 장애물 탐지가 가능하다. 최종적으로, 제안하는 시스템은 킥보드나 휠체어 등에 적용하여 개인의 운전 미숙으로 발생하는 안전 사고 예방을 목적으로 한다 [2].

II. 본론

본 논문은 객체 탐지와 영상 분할, 깊이 예측 등을 사용하여 장애물 탐지 시스템을 제안한다. AI Hub에서 제공하는 인도 보행 영상 데이터는 bounding box, polygon segmentation, surface masking, depth prediction으로 이루어져 있으며, 각 이미지와 연구 수행에 필요한 전처리된 데이터를 포함한다.

객체 탐지는 주행 환경에 장애물이 되는 객체를 탐지하여 회피해야 할 장애물인지 아닌지를 판단하기 위한 작업으로, bounding box 데이터셋을 활용하였다. 데이터셋 구축 가이드라인을 참고하여 사람, 신호등, 입간판 등 27개의 라벨을 생성하고 Detectron2 기반 객체 탐지 알고리즘을 적용하였다. 학습에는 10,500 장, 테스트에는 4,500 장을 사용했으며, 모델은 객체 탐지에서 우수한 성능을 내는 RetinaNet을 사용하였다. RetinaNet은 하나의 backbone network와 두 개의 sub networks로 구성된 모델로 ResNet 기반의 FPN(Feature Pyramid Network)를 사용하며, easy/hard sample에 따라 가중치를 조절하여 학습의 효율을 증가시킨다. 그림 1은 테스트 결과를 나타낸 것이다 [3].

영상 분할은 노면을 재질에 따라 나누고, 특수성, 파손 등으로 구분하는 작업이다. 노면의 상태 정보를 이용하여 안전한 위치, 상태 인지, 주행 가능 여부에 대해 확인 가능하다. 데이터셋의 surface masking을 활용하여 모델 학습을 진행하였다. 또한, 모델의 편의성을 높이기 위해 학습 결과를 가중치로 저장하여 하드웨어에서 편리하게 적용 가능 하도록 하였다. 25,000 장의 데이터를 사용하여 모델을 학습시켰으며, 성능 지표는 IoU(Intersection over Union)를 측정하여 성능을 확인하였다. 보도블록, 횡단보도 등 노면에 따른 27개의 라벨을 포함한 라벨 마스크와 여러 환경에서 촬영된 이미지를



(a) Image



(b) Prediction

Fig 1. Prediction of Object Detection



(a) Image



(b) Prediction

Fig 2. Prediction of Segmentation



(a) GT



(b) Prediction

Fig 3. Prediction of Disparity map

사용하였고, 각각 학습 17,500 장, 테스트 7,500 장을 사용하였다. 학습에 사용된 U-Net은 End-to-End 방식의 FCN(Fully Convolution Network) 기반 모델로 얇은 층과 깊은 층의 피쳐맵을 결합하는 특징이 있으며, 컨텍스트 정보를 잘 사용하면서도 정확하게 지역화 하여 우수한 성능을 보여준다. 실험을 진행한 GPU 사양은 NVIDIA RTX A6000에서 진행되었다. 그림 2는 테스트 결과를 나타내었다 [4].

마지막으로, 깊이 예측은 장애물이나 파손된 노면과의 거리를 예측한다. 자율주행에서 장애물을 회피하거나 경로를 우회하기 위해 깊이 예측은 필수적이다. 깊이 예측에는 OpenCV 라이브러리를 활용하였으며, 데이터셋의 depth prediction의 좌, 우 이미지를 사용하여 disparity map을 출력하였다. 성능을 평가하기 위해 검증 결과를

시각화한 뒤 데이터셋의 실제 값과 비교하는 방식으로 진행하였다. 다음 그림 3은 두 값을 시각화한 것이다.

실험 결과, 객체 탐지는 MIoU(Mean Intersection over Union) 91.8%, 영상분할은 MIoU 88.2%로 높은 성능을 보였으며, 깊이 예측은 결과를 시각화한 이미지를 통해 비교 분석을 진행하였다.

III. 결론

본 연구에서는 도로 외 구역 주행의 자율주행을 위해 장애물 탐지 시스템을 개발하였다. AI Hub에서 제공하는 인도 보행 영상 데이터셋을 사용하였으며, 주요 세가지 기법을 활용하여 최종 장애물을 도출하였다. 개발한 시스템은 하드웨어에 적용하기 쉽도록 이미지를 활용하여 접근성과 경제성을 높였다. 성능 확인은 검증 데이터셋을 통해 각 성능 지표를 확인하였고, 세 기법 모두 우수한 성능을 확인하였다. 본 연구에서 제안하는 시스템은 노면의 상태를 확인하여 주행에 적합한지 판단하고, 객체 탐지를 통해 장애물을 감지한다. 이렇게 감지된 장애물들과 거리를 예측하여 위험 변수가 상대적으로 많은 구역에서의 주행 안전성을 높일 수 있다.

향후 하드웨어에 적용하여 실제 주행을 통해 성능을 확인하고 추가적으로 보완할 점을 연구할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 정부(과학기술정보통신부, 교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었음 (과제번호: 2021R1A5A8033165, 2021R111A3049503)

참 고 문 헌

- [1] S. S. Kang and S. K. Kang, "A Study on Major Safety Problems and Improvement Measures of Personal Mobility," Journal of the Society of Disaster Information, vol. 18, no. 1, pp. 202-217, Mar. 2022.
- [2] AI Open Innovation Hub, "인도 보행 영상", (<https://aihub.or.kr/aidata/136>)
- [3] Lin, Tsung-Yi, et al. "Focal loss for dense object detection." Proceedings of the IEEE international conference on computer vision. 2017.
- [4] Ronneberger, Olaf, Philipp Fischer, and Thomas Brox. "U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation." International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention. Springer, Cham, 2015.