

IoT 센서 및 YOLO를 이용한 공유 킥보드의 다인 탑승 및 불법주차 탐지 시스템

장어진, 김려원, 서유빈, 최윤석, 이광재*

*상명대학교

{201821253, 202021245, 202021264, 201821260}@sangmyung.kr, *beglearn@smu.ac.kr

A Multiple Riding and Illegal Parking Detection System for shared Scooter using IoT sensor and YOLO

Eo-Jin Jang, Ryeo-Won Kim, Yu-Bin Seo, Yoon-Seok Choi, Kwangjae Lee*

*Sangmyung Univ.

요 약

공유 킥보드 서비스는 편리함을 장점으로 관련 사업의 엄청난 성장을 이끌었다. 하지만 교통질서 의식이 정착되지 않아 다인 탑승 및 불법주차 등으로 인한 안전사고가 끊이지 않고 있다. 이 문제점을 해소하기 위해서 본 논문에서는 IoT 센서 및 YOLO를 이용한 공유 킥보드의 다인 탑승 및 불법주차 감지 시스템을 제안한다. 세부적으로 압력센서를 3x5 배열로 부착하고 측정 패턴을 분석하여 1인, 2인 탑승을 탐지하였고, 가속도 센서로 킥보드의 쓰러짐 여부를 판단하였다. 그리고 yolov5m 모델로 킥보드, 횡단보도, 점자블록 객체를 훈련하여 반납하는 사진으로 불법주차 여부를 판별하였다. 훈련한 yolov5m 모델의 mAP는 95.2%로 평가되었다. 이 시스템은 올바른 공유 킥보드 이용 문화를 정착시키는 데 이바지할 것으로 기대한다.

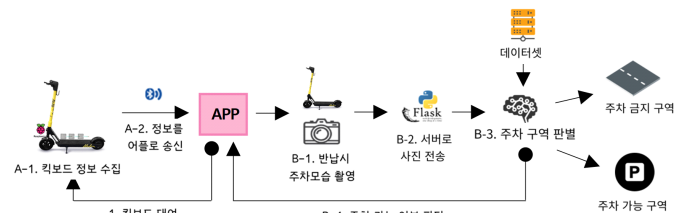
I. 서론

공유 킥보드 서비스는 2018년에 처음으로 등장해 관련 사업의 폭발적인 성장을 이끌었다. 하지만 급속한 기술의 발전에 비해 교통질서 의식이나 건전한 교통문화가 정착되지 않은 문화 지체 현상이 발생했고, 2017년 대비 2021년 공유 킥보드를 포함한 개인형 이동장치의 사고 증가율은 약 15배가 증가했다[1]. 특히 도로교통법에서는 2인 이상 탑승 금지, 지정된 구역에 주차 등의 규제가 있지만 잘 지켜지지 않아 강제적인 수단이 필요하다[2]. 2인 탑승에 관한 기존의 연구는 다수의 조도 센서를 킥보드 발판에 부착하는 방식으로 판단하였다[3]. 이 연구는 킥보드에 올라간 발은 조도 센서를 가리기 때문에 3개 이상의 발이 인식된다면 탑승이라고 판단한다. 하지만 조도가 낮은 조건에서는 작동하지 않는 점과 2인 탑승의 다양한 사례 판별이 어렵다는 점에서 한계가 있다. 그리고 금지된 구역에 주차를 방지하기 위한 기존의 연구는 CNN 기반으로 2,500개의 데이터를 이용해 딥러닝 모델을 생성한다[4]. 하지만 학습 결과가 60%의 정확도로 낮았고, 주차 구역의 판별 기준이 명확하지 않다는 점에서 한계가 있다.

본 논문은 킥보드의 발판에 압력센서를 3x5 배열로 부착하고 센서의 임계값을 설정하여 행렬의 합을 이용해 1인 탑승 및 2인 탑승 패턴의 다양한 사례를 판별한다. 또한 가속도 센서로 킥보드의 기울기를 측정하여 킥보드의 쓰러짐 여부를 판별한다. 마지막으로 불법주차 구역의 판별 기준을 횡단보도와 점자블록으로 특징하고 킥보드, 횡단보도, 점자블록의 이미지를 수집하여 yolov5m을 이용해 킥보드의 올바른 주차 구역을 판별한다.

II. 본론

본 논문이 제안하는 다인 탑승 및 불법주차 탐지 시스템의 개념도는 그림 1과 같다. 이용자는 공유 킥보드 이용 app에 접속해 운행을 시작한다. 킥보드의 기울기 측정을 위한 가속도 센서와 탑승 인원 판별을 위한 압력 센서가 부착된 킥보드는 운행 중 탑승 인원을 판별하고 운행 종료 후 킥



[그림 1] 다인 탑승 및 불법주차 탐지 시스템의 개념도

드의 기울기를 측정한다. app과 킥보드는 블루투스로 통신하며 app은 킥보드에 운행제어 명령을, 킥보드는 app에 판별 결과를 송신한다. 운행 종료 후 이용자는 app의 안내에 따라 반납 시 주차 모습을 촬영하고 촬영된 이미지를 웹 서버로 송신한다. 웹 서버는 주차 구역을 학습한 모델을 이용하여 수신한 이미지를 판별하고 판별 결과를 다시 app으로 송신한다. 그리고 이를 종합하여 이용자에게 안내한다.

압력센서를 이용한 다인 탑승 판별 방법은 킥보드 발판에 3x5로 압력센서를 부착해 1인 또는 2인 탑승 구분한다. 실험을 통해 1인 탑승은 최대 3개의 연속적인 행에 압력이 가해지는 패턴을 얻었으며, 2인 탑승은 행이 두 부류(1-3행과 4-5행)로 나뉘어 압력이 가해지는 패턴을 얻었다. 제안하는 방법은 1-3행의 합과 4-5행의 합으로 2인 탑승을 구분할 수 있다. 1인 탑승의 임계값을 600으로 보아 1-3행, 4-5행의 합과 비교해 임계값 이상이면 1씩 더해주어 1이면 1인 탑승, 2이면 2인 탑승으로 본다.

가속도 센서를 이용한 주차 유형 판별 방법은 가속도 센서를 킥보드에 부착해 측정 가속도의 적분 연산을 통해 도출된 현재 기울기를 이용하여 주차 유형을 판별한다. X, Y, Z축의 기울기로 판별할 수 있는 주차 유형은 스탠드를 사용한 올바른 주차, 좌우로 눕혔을 때, 경사 주차한 경우이다. 다수의 실험으로 구분된 기울기의 범위(X축 변화 및 Z축 증가의 경우)는 표 1과 같다. 올바른 주차의 경우 X축 -3.39에서 -3.17, Y축 0.04에서 0.23,

Z축 -10.75에서 -10.49의 범위를 가지지만, 좌우로 넓혀 주차하면 올바른 주차에 비해 X축의 값(또는 Y축의 값)의 변동이 큼을 확인할 수 있다. 그리고 경사 주차인 경우는 Z축이 값이 증가함(또는 감소함)을 알 수 있다.

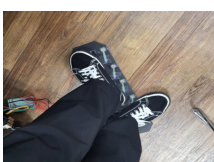
[표 1] 주차 유형별 기울기 범위(X축 변화 및 Z축 증가의 경우)

	올바른 주차	오른쪽 쓰러짐	왼쪽 쓰러짐	경사 주차
x	-3.39 ~ -3.17	9.85 ~ 10.15	-9.68 ~ -9.39	-
y	0.04 ~ 0.23	-0.73 ~ -0.65	0.71 ~ 0.81	-
z	-10.75 ~ -10.49	-4.03 ~ -3.76	1.06 ~ 1.24	Z축 증가감소

YOLO를 이용한 불법주차 판별 방법은 불법주차의 기준을 정하는 것이 중요하다[3]. 본 논문에서는 사진에 횡단보도와 점자블록 객체가 탐지되는 것으로 설정했다. 반납을 위해 찍은 킥보드 주차 사진을 yolov5m 모델로 분석하여 탐지된 객체가 킥보드 외에 횡단보도 또는 점자블록이거나 킥보드가 존재하지 않으면 주차 불가로 판별한다. 공유 킥보드를 반납할 때 사진을 찍으면 base64 인코딩하여 이미지를 서버에 전달한다. 전달된 이미지는 킥보드, 횡단보도, 점자블록을 학습시킨 모델에 입력하고 해당 이미지에서 객체를 탐지하면 탐지한 객체에 따라 불법주차 여부를 판별한다. 성공적인 주차는 킥보드가 존재하며 다른 객체는 탐지되지 않아야 한다. 다른 객체가 존재하거나 킥보드가 없으면 불법주차로 판별하고 재주차를 요청한다. 판별이 완료되면 성공, 실패 여부와 그에 맞는 문자열을 json 형식으로 다시 app에 전달한다.

III. 실험 결과

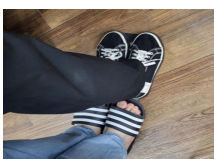
킥보드에 가속도 센서, 압력센서를 부착해서 킥보드의 쓰러짐 판별과 2인 탑승 판별 실험을 진행하였다. 킥보드가 쓰러졌을 때의 여러 경우를 판별하기 위해 기울기를 실험을 하였고 2인 탑승을 했을 때의 압력 분포도를 여러 경 예측해 실험해보았다. 1인 탑승엔 171cm, 60kg의 23세 남성이 실험하였고 2인 탑승의 경우 171cm, 60kg의 23세 남성과 173cm, 84kg 24세의 남성이 실험하였다. 또한 주차 구역 판별을 위한 YOLO의 성능평가를 마친 후 학습된 모델로 객체를 잘 검출하는지에 대한 정확도를 측정해보았다. 1인, 2인 탑승 실험은 4종류의 1인 탑승과 1종류의 2인 탑승으로 구분하여 수행하였다. 1인 탑승(일부) 실험 결과는 그림 2(a)처럼 탑승한 경우, 그림 2(b)에 보이는 것처럼 1행엔 압력이 가해지지 않아 합이 0이 나왔고 4-5행의 압력센서의 합은 471로 600 미만이므로 1인 탑승임을 확인할 수 있다. 2인 탑승 실험 결과는 그림 2(c)처럼 탑승한 경우, 그림 2(d)에서 1-3행의 압력센서 합이 1010으로 600 이상이고 4-5행의 압력센서 합이 1042로 600 이상이므로 2인 탑승임을 확인할 수 있다.



(a) 1인 탑승

0	0	0
15	124	0
0	180	0
0	237	0
191	19	24

(b) 1인 탑승 압력 분포도



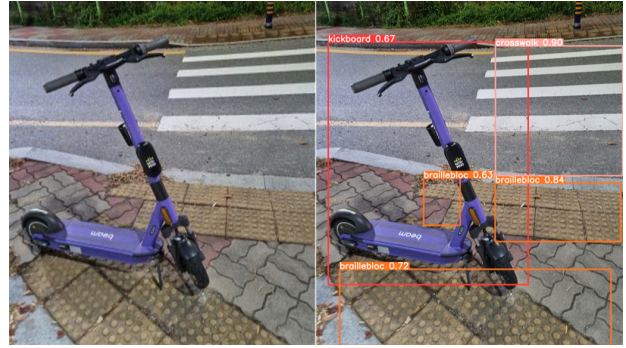
(c) 2인 탑승

102	172	93
237	0	275
0	10	121
332	0	3
359	55	293

(d) 2인 탑승 압력 분포도

[그림 2] 1인 탑승(일부) 및 2인 탑승 실험 사진 및 압력 분포도

YOLO를 이용한 불법주차 판별모델의 정확도를 측정할 때 영상인식 알고리즘의 성능평가 방법에 가장 많이 사용하는 합수인 mAP를 사용한다 [5]. 약 5,600개의 학습데이터와 batch size 16, epoch 50으로 설정하고 학습한 결과 모델의 mAP는 95.2%의 값을 얻었다. 객체들의 평균 정밀도는 93.0%, 재현율은 93.7%로 측정되었다. 그림 3은 학습된 모델을 테스트 데이터에 적용한 결과로 왼쪽은 촬영 사진, 오른쪽은 객체 탐지 결과를 나타낸다. 객체 탐지 결과를 보면 빨간색, 분홍색, 주황색 바운딩 박스는 각각 킥보드, 횡단보도, 점자블록을 탐지한 것을 볼 수 있다. 이 결과는 학습된 모델이 실제 실험에서도 객체를 잘 검출하는 것을 알 수 있다.



[그림 3] yolov5m 모델 탐지 테스트(좌: 촬영 사진, 우: 객체 탐지 결과)

IV. 결론

본 논문에서는 교통법 준수를 위해 IoT 센서 및 YOLO를 이용한 공유 킥보드의 다인 탑승 및 불법주차 탐지 시스템을 제작하였다. 첫째로 다수의 압력센서 및 제안한 방법으로 여러 가지 종류의 1인, 2인 탑승을 판별하였다. 둘째로 불법주차 방지를 위해 킥보드, 횡단보도, 점자블록을 학습한 yolov5m 모델을 훈련하여 mAP 95.2%의 성능을 확인했고 탐지 테스트로 각 객체를 정확히 인식함을 확인했다. 그리고 불법주차로 판별하면 제작한 애플리케이션에 주차 가능 여부를 전송됨을 확인했다. 하지만 불법주차 판별 시 횡단보도와 점자블록만을 확인하는 한계가 있어 다른 주차금지 구역에 대한 추가적인 학습이 필요하다. 또한, 실험에서 사용한 킥보드의 발판이 일반적인 공유 킥보드보다 작아 결과가 달라질 수 있어 추가적인 시도를 향후 과제로 제안한다.

참 고 문 헌

- [1] MOIS. "Personal mobility device, follow the precautions and ride safely." mois.go.kr. https://www.mois.go.kr/frt/bbs/type010/commonSelectBoardArticle.do?bbsId=BBSMSTR_0000000000008&ntId=92283 (accessed Jan. 6, 2023).
- [2] Sejong-si. "Illegal parking electric kickboard accident risk." kmtoday.co.kr. <http://m.kmtoday.co.kr/view.php?idx=48607> (accessed Jan. 6, 2023).
- [3] J.-W. Jang *et al.*, "Electric kickboard that prohibits boarding of more than two people using CDS Photocell and Neo-Pixel," in *Proc. KIIT Conf.*, Nov. 2021, pp. 560-562.
- [4] J.-S. Park *et al.*, "Automatic Parking Enforcement of Electric Kickboards Based on Deep Learning Technique," in *Proc. 2021 Fall Conf. Korea Inf. Commun. Soc.*, 2021, vol. 25, no. 2, pp. 326-338.
- [5] S.-R. Oh and Y.-C. Bae, "Braille Block Recognition Algorithm for the Visually Impaired Based on YOLO V3," *J. Korean Inst. Intell. Syst.*, vol. 31, no. 1, pp. 60-67, 2021.