

다중-객체 분석 기반 전동스쿠터 다중-탑승 행위 탐지*

이윤준⁰¹, 심은석¹, 정선주¹, 김경백²

¹전남대학교 전자컴퓨터공학부

²전남대학교 인공지능융합학과

ses8323@gmail.com, dbswns97@gmail.com, ju990317@gmail.com, kyungbaekkim@jnu.ac.kr

Detecting Electric Scooter Multi-Riding Behavior based on Multi-Object Analysis

Yun-Jun Lee⁰¹, Eun-seok Shim¹, Seon-Ju Jeong¹, Kyungbaek Kim²

¹Dept. of Electronics and Computer Engineering, Chonnam National University

²Dept. of Artificial Intelligence Convergence, Chonnam National University

요 약

최근 전동 스쿠터 공유 서비스 사용자가 증가함에 따라 전동 스쿠터 탑승 관련 문제와 민원이 급증하고 있다. 이에 실시간으로 객체를 탐지하고 추적하는 영상처리 기술을 적용한 전동 스쿠터 탑승 수칙 위반 행위 탐지 알고리즘에 대한 연구가 진행되고 있다. 이 논문에서는 복합적인 상황을 고려하여 전동 스쿠터와 사람을 학습한 모델에서 탐지된 객체의 추적 상태를 분석하여 위반 행위를 검출하는 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘의 가용성 확인을 위해 YOLOv4와 DeepSORT를 이용하여 구현하였고, 위반 행위 자체를 하나의 객체로 학습하여 탐지하는 모델과 다중 탑승 행위 탐지 성능을 인식 정확도와 MAE 측면에서 비교하였다. 비교 결과, 객체 간의 상관관계를 고려해야 하는 다중 탑승 행위 탐지를 위해서는 제안되는 알고리즘이 보다 우수한 성능을 보임을 확인하였다.

1. 서 론

2020년 전동 스쿠터 공유 서비스 애플리케이션의 월간 실사용자 수는 2019년의 약 6배로 매우 큰 폭으로 증가하였다[1]. 전동 스쿠터는 전기를 동력으로 하는 개인형 이동장치의 한 종류로 스마트폰만 소지하고 있다면 누구나 쉽게 탑승가능하다. 하지만 사용량 증가에 따라 전동 스쿠터 관련 민원 또한 2018년 대비 2020년 8.4배 증가하였다. 민원의 15%는 운전자의 운전자 태도와 관련된 것으로 동승자 탑승에 관한 내용이다[2]. 2021년 5월부터 개인형 이동장치 탑승 관련 법안이 개정된 도로교통법(제17891호)이 적용된다. 동승자 탑승이나 안전모 미착용 등 안전 수칙 위반 행위에 대해 범칙금을 부과하는 법안 등을 포함하고 있다[3]. 이에 각 지방자치와 경찰청은 인력을 투입하여 단속을 강화하겠다는 입장을 밝혔으나, 전동 스쿠터 이용 장소와 시간이 한정되어 있지 않아 단속에 어려움이 예상된다[4]. 효율적인 단속을 위해서는 시간과 장소에 관계없이 안전 수칙 위반 행위를 탐지할 수 있는 단속 시스템이 필요하다.

기존의 위반행위 탐지 연구로는 객체탐지기술인 YOLO와 객체추적기술인 DeepSORT를 사용하여 도로에서 좌회전 끼어들기 차량을 검출하는 연구가 있다[5]. 카메라를 이용하고 ‘위치 기반 추적 방식’ 알고리즘에 따라 단속

시스템을 구현하였다. 대기열에 위치한 차량이 제한 속도 이하로 주행하는 경우에 대해 차량의 바운딩 박스(Bounding Box)의 중심점이 루프 검지선을 지나는 것을 추적하는 방법이다.

이 논문에서는 YOLO와 DeepSORT를 사용하여, 전동 스쿠터 다중탑승 행위를 탐지하는 2가지 방법을 제안하고 비교분석하였다. 첫 번째 방법은 객체를 사람과 전동 스쿠터로 분류하여 인식한 후, 사람과 전동 스쿠터의 거리 차를 이용하여 전동 스쿠터 다중 탑승 행위를 판단한다. 두 번째 방법은 전동 스쿠터 다중 탑승 상태를 하나의 객체로 인식하여 전동 스쿠터 다중 탑승 행위를 판단한다. 비교 기준은 전동 스쿠터 탑승자를 정면, 측면, 후면에서 촬영한 영상에서의 전동 스쿠터 다중 탑승 행위 인식 정확도와 MAE로 한다.

2. 배경 기술

2.1 YOLOv4

YOLOv4는 딥러닝 기법을 기반으로 하여 빠른 속도와 높은 정확도를 보장하는 대표적인 객체 탐지 모델이다 [6]. YOLOv3에 BOF(Bag of Freebies)와 BOS(Bag of Specials) 기법을 적용해 정확도를 높였다. YOLOv4의 네트워크 계층(Network Layer)는 크게 척추(Backbone)과 머리(Head)로 구분된다. 척추는 CSP-Darknet53, 머리는 SPP와 PANet으로 구성되어 있다. 척추를 이용하여 입력 값에 대한 특징(Feature)을 추출하여 특징 지도(Feature

* 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터육성지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITP-2021-2016-0-00314)

Map)를 만든다. 머리는 척추를 통해 생성된 특징 지도를 통해 객체를 예측하고 바운딩 박스를 만든다. 이 특징 지도를 더욱 유효한 특징 지도로 만들기 위해 척추와 머리 사이에 목(Neck)을 구성하여 특징 지도를 정제하고 재구성한다. YOLOv4는 이 척추, 머리, 목에서 다양한 모델들의 성능을 테스트하여 성능이 가장 좋은 모델을 사용한다.

2.2 DeepSORT

DeepSORT는 다중 객체 추적(Multi-Object-Tracking) 알고리즘 SORT(Simple Online and Realtime Tracking)에 심층 연성 매트릭 (Deep Association Metric)을 적용하여 확장된 다중 객체 추적 알고리즘이다. SORT는 칼만 필터(Kalman Filter) 및 헝가리안 알고리즘(Hungarian Algorithm)을 조합해서 사용한다[7]. 칼만 필터는 감지와 이전 예측을 이용해 이전의 상태와 현재의 측정값을 비교하여 바운딩 박스 추적에 도움을 준다. 헝가리안 알고리즘은 최적의 매칭(Matching) 알고리즘으로 칼만 필터의 바운딩 박스 좌표들에 대한 예측 값과 감지 값 사이 거리 총합이 최소가 되는 매칭 쌍을 찾는다. DeepSORT는 SORT의 칼만 필터에 딥러닝을 이용하여 추출한 특징을 추가로 반영하여 객체를 추적한다.

3. 다중 탑승 행위 감지 알고리즘

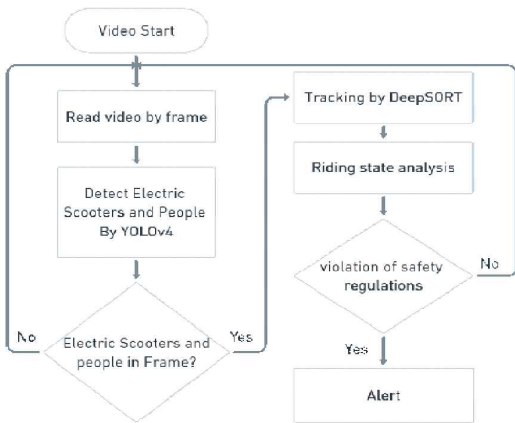


그림 1. 다중 탑승 행위 검출 FlowChart

본 논문에서는 딥러닝 모델을 사용하여 전동 스쿠터 사용자의 다중 탑승 행위를 검출하기 위해 객체 탐지 모델인 YOLOv4와 객체 추적 모델인 DeepSORT를 이용하여 전동 스쿠터와 사람 객체를 탐지하고, 이 객체들의 상태를 분석하여 다중 탑승 행위를 검출하는 알고리즘을 제안한다. 그림 1은 YOLOv4와 DeepSORT를 이용하여 다중 탑승 행위 검출 방법을 설명하는 FlowChart이다. 영상을 프레임 단위로 읽어 YOLOv4를 이용하여 전동 스쿠터와 사람 객체를 탐지한다. 그리고 DeepSORT를 이용하여 인식된 전동 스쿠터와 사람 객체를 추적한다. 전동 스쿠터 다중 탑승 행위를 검출하기 위해서는 인식된 사람 객체가 전동 스쿠터에 탑승한 상태인지 확인하는 과정이 필요하다. 탑승 상태를 확인하기 위해서 YOLOv4

와 DeepSORT에서 만들어진 전동 스쿠터와 사람의 추적 객체의 바운딩 박스의 좌표 값을 이용한다.

그림 2는 전동 스쿠터와 사람 객체의 바운딩 박스의 좌표를 보여준다. 전동 스쿠터의 바운딩 박스의 좌표를 (smx, smy, sMx, sMy), 사람 객체의 바운딩 박스의 좌표를 (pmx, pmy, pMx, pMy)라고 설정한다. 사람 객체는 탑승 상태가 되었을 때 다음 두 가지 조건을 만족한다.

$$1) \quad smx < (pmx + pMx) / 2 < sMy$$

$$2) \quad smy < pmy < sMy$$

조건 (1)은 사람 객체의 바운딩 박스 좌표 중점의 x 값이 전동 스쿠터 바운딩 박스의 좌·우변 사이에 있어야 한다는 것을 의미한다. 조건 (2)는 사람 객체의 바운딩 박스의 밑점 좌표가



그림 2. 객체 바운더리 좌표

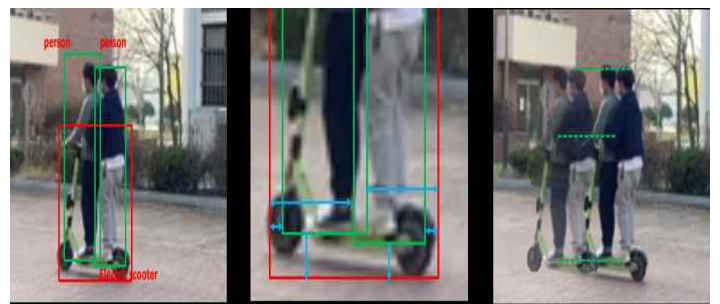


그림 3. 객체 바운더리 기반 탑승 상태 분석

전동 스쿠터 객체의 바운딩 박스의 윗점 좌표보다 아래에 있어야 한다는 것을 의미한다. 전동 스쿠터와 사람 객체의 상태를 분석했을 때, 두 가지 조건을 만족한다면 탑승 상태, 만족하지 못한다면 비탑승 상태라고 판단한다.

위 분석 과정을 통해 탑승 상태를 추출할 수 있지만, 행인이 전동 스쿠터 앞을 지나가는 상황에서 전동 스쿠터를 탑승한 것으로 오탐지를 할 수 있다. 하지만 행인의 경우는 다음 프레임에서 전동 스쿠터를 지나쳐갈 것이기 때문에 비탑승 상태가 된다. 이러한 점을 고려하여, DeepSORT로 전동 스쿠터와 사람 객체를 계속 추적하여

상태 변화가 있을 때 탑승 상태가 2초 이상 유지되지 못한 객체들을 비탑승 상태로 판단한다. 이를 통해 한 프레임에서 오탐지되는 상황이 발생하여도 다음 프레임의 정보를 이용하여 탑승 상태를 정확하게 분석할 수 있다. 그리고 각 전동 스쿠터에 탑승 상태인 사람 객체가 2개 이상 탐지될 경우 탑승 행위 위반이라고 판단한다.

4. 성능 비교

본 논문에서는 YOLOv4는 학습 시간과 결과를 도출하는 시간이 오래 걸린다는 점을 고려하여 더 원활한 실험을 위해 YOLOv4의 성능은 유지하면서 경량화된 버전인 YOLOv4-tiny을 이용하여 데이터를 학습하였다.

총 5772개의 이미지로부터 사람, 전동 스쿠터 객체를 라벨링한 데이터 셋(Data-Set)으로 학습시킨 모델을 EP(Electric scooter and Person) 모델이라고 칭한다. 사람 객체는 머리, 토르소, 발을 포인트로 라벨링하였다. EP 모델에 3에서 언급한 다중 탑승 행위 감지 알고리즘을 사용하여 전동 스쿠터 탑승 위반 행위를 판단한다. 또한 동일한 이미지로부터 전동 스쿠터 다중 탑승 행위를 violation 객체로 라벨링한 데이터 셋으로 학습시킨 모델을 V(Violation) 모델이라고 칭한다. V 모델은 딥러닝 기법만을 이용하여 테스트 셋에서 violation 객체를 탐지하여 전동 스쿠터 탑승 위반 행위를 판단한다.

성능 비교에는 정면 영상 11개, 측면 영상 14개, 후면 영상 10개로 총 35개의 영상을 사용하였다.

표 1. 상황별 객체 탐지 결과

	정면	측면	후면
전체 Data	11	14	10
EP Model + 알고리즘	5	14	6
V Model	5	9	6

[표 2] 성능 평가 결과

	정확도	MAE
EP Model + 알고리즘	0.7142	0.2857
V Model	0.5714	0.6

4.1 위반 행위 인식 정확도

위반 행위 인식률은 전체 테스트 셋 중 정답지와 모델이 인식한 위반 행위가 얼마나 일치하는지 나타낸다.

$$\frac{\text{(위반 행위를 맞춘 영상 개수)}}{\text{체 테스트 영상 개수}}$$

EP 모델과 다중 탑승 행위 감지 알고리즘을 사용했을 때 정면에서 5개, 측면에서 14개, 후면 6개가 올바르게 판단하여 위반 행위 인식률은 71%이다. V 모델을 사용했을 때는 정면에서 5개, 측면에서 9개, 후면에서 6개가 올바르게 판단하여 위반 행위 인식률은 57%이다. EP 모델이 V 모델보다 정확하게 판단함을 확인할 수 있다.

4.2 MAE 기반 성능평가

오탐지율은 한 영상 내에서 인식한 전동 스쿠터 탑승 위반 행위가 얼마나 일치하지 않는지를 나타낸다.

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\alpha_i - \alpha|$$

α_i : 모델로 탐지한 다중 탑승 객체 수
 α : 실제 다중 탑승 객체 수

MAE 값은 EP 모델은 0.2857, V 모델은 0.6이다. EP 모델이 V 모델보다 다중 탑승 객체를 올바르게 판단하는 비율이 높음을 확인할 수 있다.

5. 결론

전국적으로 전동 스쿠터 사용자 수가 매우 증가하였다. 이에 따라 도로교통법이 제정되었고 인력을 투입해 단속을 강화하였다. 하지만 전동 스쿠터 이용 장소와 시간이 한정되어 있지 않아 단속에 어려움이 예상된다. 본 논문에서는 딥러닝 기법을 이용해 검출된 객체 상태를 분석하여 다중 탑승을 판단하는 알고리즘을 제안한다. 그리고 영상 처리만을 이용하여 위반 행위를 판단하는 것과 성능을 비교한다.

실험 결과, 영상처리만 이용하여 위반 행위를 감지하는 것보다 위반 행위가 일어난 상황을 판단할 수 있는 시스템에 다중 탑승 행위 감지 알고리즘을 추가로 적용했을 때 더 좋은 성능을 보였다.

본 논문에서는 영상처리만 사용하는 것보다 영상처리에 알고리즘을 추가하여 사용했을 때 더 높은 성능을 낼 수 있음을 검증하였다.

참고 문헌

- [1] <https://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD&mid=sec&sid1=105&oid=011&aid=0003742083>
- [2] <https://blog.naver.com/loveacrc/222174454282>
- [3] <https://www.police.go.kr/upload/bbs/2021/1/28/0b507ad8-871e-474e-a2ef-3ebad8580099.hwp>
- [4] <http://www.jejumaeil.net/news/articleView.html?idxno=300974>
- [5] 임주성, 시여순. 좌회전 끼어들기 차량 검출을 통한 Edge AI 기반 교통단속 시스템 연구, 한국통신학회 학술대회논문집, 1315-1316, 2020.
- [6] 박주원, 김평강, 김재원, 홍참길. YOLOv4를 이용한 총기 자동 탐지 모델 생성 방법론, 한국정보과학회 학술 발표논문집, 1325-1327, 2020.
- [7] 박대선, 딥 뉴럴 네트워크 기반 교통 CCTV 데이터 분석, 국내석사학위논문 숭실대학교 정보과학대학원, 2018.