

# 객체추적기법을 활용한 전동 스쿠터 다중 탑승 행위 탐지 시스템

심은석\*, 이윤준\*, 정신주\*, 염성웅\*\*, 최철웅\*\*, 김경백\*\*

\*전남대학교 전자컴퓨터공학부

\*\*전남대학교 인공지능융합학과

ses8323@gmail.com, dbswns97@gmail.com, ju990317@gmail.com,

yeomsw0421@gmail.com, sentilemon02@gmail.com, kyungbaekkim@jnu.ac.kr

## Electric Scooter Multi-Boarding Behavior Detection System Using Object Tracking Technique

Eun-seok Shim\*, Yun-Jun Lee\*, Seon-Ju Jeong\*, Sung-woong Yeom\*\*,  
Chul-woong Choi\*\*, Kyung-baek Kim\*\*

\*Dept. of Electronics and Computer Engineering, Chonnam National University

\*\*Dept. of Artificial Intelligence Convergence, Chonnam National University

### 요 약

최근 전동 스쿠터가 대중화되면서 전동 스쿠터 탑승 안전사고와 관련 문제가 급증하고 있다. 이에 따라 전동 스쿠터 탑승 수칙 위반 행위를 단속하는 법안이 개정되었지만 단속 방안이 뚜렷하지 않은 상황이다. 인공지능 기술을 활용하여 위반 행위를 탐지하고 단속에 활용한다면 사고 발생 건수와 안전 우려 감소에 기여할 수 있을 것이다. 이에 따라 블랙박스과 CCTV를 통해 촬영된 영상을 활용하여 전동 스쿠터 다중 탑승 상태를 파악하는 연구를 진행 중이다. 본 논문에서는 촬영 영상에 YOLOv4와 DeepSORT를 활용하여 실시간으로 다중 객체 탐지하고 인식한 객체를 추적하는 기법을 기반으로 다중 탑승 행위를 탐지하는 시스템을 제안한다. 탐지된 위반 탑승자의 정보는 무결성과 변조방지를 위해 Ethereum을 통해 저장한다.

### 1. 서 론

국내 전동 스쿠터 시장 규모가 급성장함에 따라 전동 스쿠터 교통사고 발생건수와 부상자수는 연평균 약 90% 증가하였다. 이 전동 스쿠터는 탑승 시 지정된 도로에서 보호 장구를 착용이 필요하고 1인 탑승이 원칙이다. 하지만 전동 스쿠터 탑승 시 안전모 착용률은 8.9%로 매우 낮으며 2인 이상 탑승자가 많아 안전상의 문제가 존재한다 [1]. 이 안전상의 문제를 해결하기 위해 2021년 4월에 개정된 법안(도로교통법 제17891호)에 따라 전동 스쿠터 사용자가 탑승 수칙을 위반할 경우 범칙금을 부과하고 있다 [2]. 하지만, 다중 탑승 행위를 단속하는 방안이 아직 확립되지 않은 상황이다. 이러한 방안을 확립하기 위해 시간과 장소에 관계없이 높은 정확도로 다중 탑승 행위를 단속하기 위해 안전수칙 위반 탑승자를 감지할 수 있는 기술이 필요하다.

최근 모바일 및 임베디드 시스템에 탑재할 수 있으며 사람, 동물, 사물 등의 이미지에서 다양한 객체들을 보다 빠르고 정확하게 인식할 수 있는 YOLOv4가 연구되었다 [3][4]. 그러나 이 기법은 단일 프레임에서 객체 탐지를 수행하기 때문에 연속적인 프레임에서 이전의 탐지된 객체를 다른 객체로 인식하여 안전수칙 위반 상황에 대해 잦은 오탐지가 발생할 수 있다. 예를 들어 탑승자가 이동함

에 따라 한 탑승자를 새로운 탑승자로 인식하며, 지나가는 사람이 전동스쿠터와 겹칠 때에 탑승자로 인식되는 것이다.

이러한 오탐지를 줄이기 위해 칼만 필터와 헝가리안 알고리즘을 통해 인식한 다중 객체를 실시간으로 추적하는 DeepSORT가 연구되었다 [5]. DeepSORT는 앞서 인식한 객체가 사라지더라도 마지막 프레임 감지 정보를 이용해 새로운 프레임에서 객체를 추적하여 다시 식별하여 같은 객체로 인식할 수 있다 [6]. 하지만 객체 추적만으로는 인식된 객체가 전동 스쿠터 탑승 수칙 위반자인지 판단할 수 있는 방법은 없기 때문에 탑승 수칙 위반 탐지 알고리즘을 시스템에 추가한다.

본 논문에서는 IoT 기기를 통하여 전동 스쿠터 탑승 안전수칙 위반 행위를 인식하는 시스템을 제안한다. 이 시스템은 차량 내의 블랙박스와 거리 곳곳에 설치되어 있는 CCTV를 통하여 전동 스쿠터 탑승 데이터를 수집한다. 수집한 데이터들을 토대로 탑승자를 탐지 및 추적하여 탑승 인원을 파악하여 직접 개발한 알고리즘을 통해 위반 행위를 분석한다. 차후에 시스템은 전동 스쿠터 탑승 단속에 활용될 수 있다.

### 2. 관련 배경 기술

최근 안전 수칙을 따르지 않은 인원의 수가 증가함에 따라 도로위의 위법 행위의 진위여부를 판단하기 위해 차량 내 블랙박스나 도로 위 CCTV 환경에서 도로법 위법 행위 탐지 연구가 진행되고 있다. 특히, 전동 스쿠터와 같은 퍼스널 모빌리티 장치에 대한 법안이 아직 미흡하기 때문에 다중 탑승 행위를 단속하는 방안이 다소 부족하다. 이러한 위반 행위의 진위 파악과 방안 확립을 위해, 영상의 조작에 대한 무결성을 보장함으로써 시스템에 대한 신뢰성 확보가 필요하다.

### 2.1 YOLOv4

YOLOv4는 딥러닝 기법을 기반으로 하는 객체 탐지 알고리즘으로 빠른 속도와 높은 정확도를 보장하여 다양한 객체 탐지 시스템 구현에 사용된다 [5]. YOLOv4는 기존의 YOLOv3가 작은 객체를 탐지하는데 성능이 낮은 단점을 극복하기 위해 입력 해상도와 레이어 수를 늘려 정확도를 높인다. YOLOv4의 네트워크는 크게 척추(Backbone)와 머리(Head)로 구분된다. 척추는 이미지의 특징을 추출해 특징 지도(Feature map)를 만든다. 머리는 척추를 통해 생성된 특징 지도를 통해 객체를 예측하고 바운딩 박스를 만든다. YOLOv4는 이 특징 지도를 더 유효한 특징 지도를 만들기 위해 척추와 머리 사이의 목(Neck)을 구성하여 특징 지도를 정제하고 재구성한다. YOLOv4는 이 척추, 머리, 목에서 다양한 모델들의 성능을 테스트하고 성능이 가장 좋은 모델을 사용한다. 그 결과, 척추는 CSPNet(Cross Stage Partial Network), 머리는 시멘틱 분할(Semantic Segmentation), 목은 FPN(Feature Pyramid Network)와 PAN(Path Aggregation Network)을 사용하여 네트워크를 구성한다. 하지만 YOLOv4는 리소스가 제한된 임베디드 시스템에서 사용할 경우 많은 리소스를 소비하기 때문에 좋은 성능을 기대하기 힘들다. 이러한 리소스 낭비를 완화하기 위해 경량화된 YOLOv4 버전이 필요하다.

YOLOv4-tiny는 YOLOv4의 네트워크를 기반으로 리소스가 제한되어있는 임베디드 시스템에서 딥러닝 기술을 사용할 때 유용하다. 네트워크의 구성은 YOLOv4와 같으나 컨벌루션 레이어의 수를 압축해 네트워크의 크기가 급격하게 줄어든다. YOLO 레이어의 수는 세 개에서 두 개로 줄어들고 예측을 위한 앵커 박스의 수도 더 적다. 이 YOLOv4-tiny는 제한된 시스템에서 사람과 전동 스쿠터를 정확하고 빠르게 탐지한다.

### 2.2 DeepSORT

DeepSORT는 다중 객체 추적(Multi Object Tracking) 알고리즘인 SORT(Simple Online and Realtime Tracking)에 심층 연성 매트릭 (Deep Association Metric)을 적용하여 확장된 다중 객체 추적 알고리즘이다. 객체 추적을 위한 구성 요소로서 칼만 필터(Kalman Filter) 및 헝가리안(Hungarian) 알고리즘을 조합해서 사용한다. 칼만

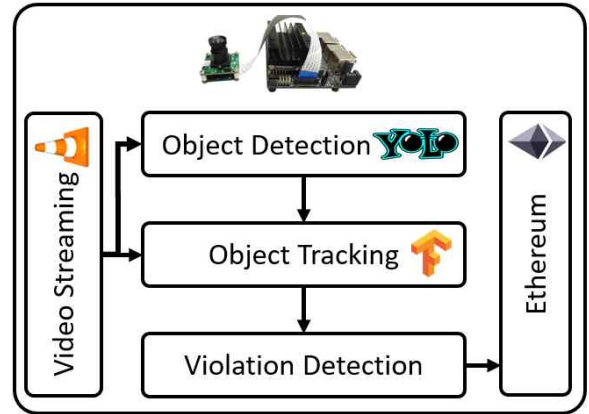


그림 1. 비정상 탑승 행위 검출 메커니즘

필터는 감지(Detection)와 이전 예측(Predictions)을 이용하여, 이전의 상태(State)와 현재의 측정값(Measurement) 비교하여 바운딩 박스 추적에 도움을 준다. 이 칼만 필터는 다른 기법들에 비해 추가적인 정보를 필요로 하지 않아 계산 속도가 향상된다. 헝가리안 알고리즘은 최적의 매칭(Matching) 알고리즘으로 칼만 필터의 바운딩 박스 좌표들에 대한 예측 값과 감지 값 사이 거리 총합이 최소가 되는 매칭 쌍을 찾기 위해 사용된다. 이 DeepSORT는 칼만 필터와 헝가리안 알고리즘을 사용해 빠른 속도로 객체를 추적한다 [6]. 이 DeepSORT는 제안된 시스템에서 객체 탐지 알고리즘인 YOLOv4의 출력을 입력으로 사용하여 사람과 전동 스쿠터 객체를 추적한다.

### 2.3 Ethereum

Ethereum은 블록체인 기술을 기반으로 스마트 계약 기능을 구현하기 위한 분산 컴퓨팅 플랫폼이다. 블록체인은 관리 대상 데이터를 블록이라고 하는 소규모 데이터들이 P2P(Peer-to-Peer) 방식을 기반으로 생성된 체인 형태의 연결고리 기반 분산 데이터 저장환경에 저장되어 임의로 수정할 수 없고 원장 관리 기술이기 때문에 데이터의 무결성과 안정성이 보장된다 [7]. 이 시스템에서 탑승 수칙 위반 탑승자 정보를 Ethereum을 이용해 무결성과 안정성을 보장하고, 서버 없이 결과 저장이 가능하게 한다.

### 3. 전동 스쿠터 다중 탑승 행위 탐지 시스템 초기 설계

본 논문에서는 객체 추적 기법을 활용하여 다중 탑승 행위를 탐지하는 시스템을 제안한다. 그림 1은 차량 내 설치한 IoT 기기를 통하여 안전 수칙을 위반한 전동 스쿠터 탑승자를 탐지하는 메커니즘을 보여준다. 우선, 비디오 스트리밍 모듈에서는 카메라 모듈로부터 수집되는 이미지 프레임을 실시간으로 캡처한다. 객체 탐지 모듈에서는 실시간으로 수집되는 이미지 프레임으로부터 YOLOv4-tiny를 활용하여 전동 스쿠터와 사람을 탐지한다. 그러나 객체 탐지는 단일 프레임에서 수행되기 때문에 전동 스쿠터 운행여부를 판별하기 어렵다. 비정상적 행위가 지속되는지 확인하고 객

체 추적 모듈에서는 연속적인 프레임에서 다수의 객체를 추적하는 DeepSORT 기반 객체 추적 기법을 적용한다. DeepSORT는 객체가 프레임 상에서 갑자기 사라지더라도 마지막 프레임의 감지 정보를 이용해 새로운 프레임에서 객체를 재추적할 수 있게 돕는다. 이때, 정원 초과와 같은 탑승 행위 위반을 인지하려면 다수의 사람 객체가 정해진 바운더리 내에 포함되어있는지 확인하는 탑승 상태 분석이 필요하다.



그림 2. 전동 스쿠터 바운더리 기반 탑승 상태 분석

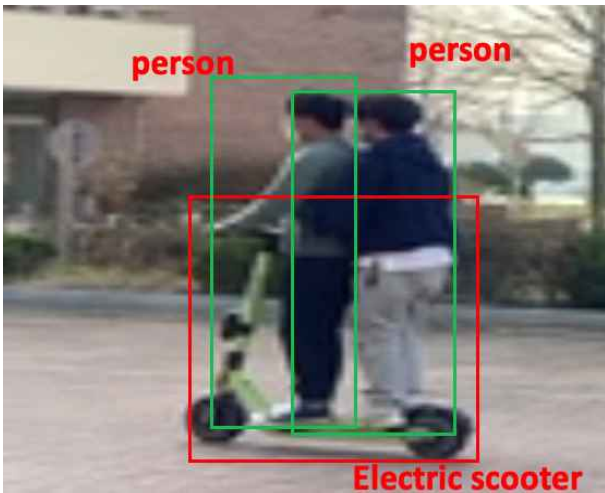


그림 3. 다중 탑승 행위

위반 행위 감지 모듈은 전동 스쿠터 바운더리를 활용하여 정원초과와 같은 다중 탑승 행위를 검출한다. 그림 2은 탑승 상태 분석을 위한 전동 스쿠터 바운더리를 보여준다. 이 탑승 상태 분석은 전동 스쿠터 객체의 좌표와 사람 객체의 좌표의 거리 차를 이용해서 탑승상태를 파악한다. 전동 스쿠터 객체의 바운딩 박스 좌표는 (smx, smy, sMx, sMy), 사람 객체의 바운딩 박스 좌표는 (pmx, pmy, pMx, pMy)으로 설정한다. 전동 스쿠터를 탑승한 사람의 pmx와 pMx 값은 smx 값과 sMx 값의 사이 값이 되고, pmy 값은 smy 값과 sMy 값의 사이 값이 된다. 이 조건을 충족하는 경우 탑승 상태로 정의하고, 충족하지 못할 경우 미

탑승 상태로 정의한다.

이를 통해 프레임 상에서 추적되고 있는 사람 객체들 중 탑승 상태로 판단되는 사람 객체를 전동 스쿠터 별로 관리한다. 그림 3와 같이 해당 전동 스쿠터의 탑승한 인원이 다수일 경우 비정상적인 탑승 행위로 간주한다. 이와 같이 비정상 탑승 행위가 탐지된 프레임을 관리할 필요가 있다. 이를 위해 다중 탑승 행위를 입증할 수 있는 정보에 대한 무결성과 안정성을 보장하기 위해 Ethereum을 활용한다. Ethereum을 사용하면 탈중앙화된 분산원장을 이용하기 때문에, 자원이 제한적인 IoT 기기에서 서버를 구축할 필요 없이 정보를 관리할 수 있다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 객체 추적 기법을 활용한 전동 스쿠터 다중 탑승 행위 탐지 시스템을 초기 설계하였다. 제안된 시스템은 YOLOv4, DeepSORT 기반 객체 탐지 및 추적을 활용하여 다중 탑승 상황을 탐지하고 YOLOv4-tiny를 활용하여 리소스가 제한된 임베디드 시스템에서 실시간 탐지가 가능하도록 하며, Ethereum을 사용하여 탐지 결과의 무결성을 보장해준다. 차후에 제안된 시스템을 활용해 전동 스쿠터 위반 탑승자를 자동으로 신고하는 서비스를 구축할 것이다.

#### Acknowledgment

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터육성지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2021-2016-0-00314\*). 본 연구는 2021년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신 사업의 결과입니다.

#### 참고문헌

[1] <http://www.kotsa.or.kr/ind/prt/InqListNANNewsData.do?bbsCd=203&bbsSn=16401&ctgCd=-1&fileSn=&dataType=G&searchCtgCd=&pageIndex=1&searchCnd=01&searchWrd=%EA%B0%9C%EC%9D%B8%ED%98%95>

[2] <https://www.police.go.kr/upload/bbs/2021/1/28/0b507ad8-871e-474e-a2ef-3ebad8580099.hwp>

[3] Bochkovskiy, Alexey, Chien-Yao Wang, and Hong-Yuan Mark Liao. "Yolov4: Optimal speed and accuracy of object detection." arXiv preprint arXiv:2004.10934,2020.

[4] Wojke, Nicolai, Alex Bewley, and Dietrich Paulus. "Simple online and realtime tracking with a deep association metric." 2017 IEEE international conference on image processing (ICIP). IEEE, 2017.

[5] 박주원, 김평강, 김재원, 홍참길. (2020). YOLOv4를 이용한 총기 자동 탐지 모델 생성 방법론. 한국정보과학회 학술발표논문집, 1325-1327.

[6] 박대선. "딥 뉴럴 네트워크 기반 교통 CCTV 데이터 분석." 국내석사학위논문 숭실대학교 정보과학대학원, 2018. 서울

[7] 염성웅, 퀴 흥 남, 김경백. 위험운전행태 인식 기반 운전자 신뢰도 평가 시스템 설계, 2019년도 한국스마트미디어학회(KISM) 추계학술대회 논문집, 16-18.