

CNN 및 LSTM 기반의 전동킥보드 안전시스템 개발

백상운¹, 백석현¹, 우현창¹, 유지상¹, 임주론²
 한국공학대학교 전자공학부 임베디드시스템¹, 경동나비엔²

shark3165@naver.com, 00bsh@naver.com, steve1703123@gmail.com, sjf115@naver.com,
wfnhs91@naver.com

Development of an Electric Scooter Safety System Based on CNN and LSTM

Sang-Un Baek¹, Seok-Hyeon Baek¹, Hyen-Chang Woo¹, Ji-Sang You¹, Joo-Ron Lim²
 Dept. of Embedded Systems Engineering, Teck University of Korea¹, Kyungdong Navien²

요 약

최근 개인형 이동장치(PM, Personal Mobility) 사용 증가에 따라 전동 킥보드 사고 발생 빈도가 높아지면서, 전동 킥보드 사용자의 인식과 안전성 확보가 대두되었다. 본 시스템은 해당 문제를 해결책으로 CNN(Convolutional Neural Network)과 CNN-LSTM(Long Short Term Memory) 기반의 인공지능 모델로 다인승 탑승, 인도 및 차도 주행, 헬멧 착용 여부를 실시간으로 감지, 안전 기준을 충족하지 않는 경우 자동으로 출력 제한을 적용함으로써 사용자에게는 안전 인식을 각인시키며 큰 사고의 발생 위험을 줄이는 데 기여할 수 있다. 즉, 전동 킥보드의 안전성을 높이고, 인명 사고를 예방하는 데 기여할 것으로 기대된다.

1. 서론

[그림 1] 최근 5년간(2017~2021년) 연도별 개인형 이동장치(PM) 교통사고 현황 (단위: 명)



(그림 1) 개인형 이동장치(PM) 교통사고 현황 [1]
 (그림 1)[1]에 따르면 최근 5년간(2017~2021년) 전체 교통사고 1.6% 감소, 개인형 이동장치 사고는 연평균 96.2% 증가하여 전동킥보드 사고 및 교통법규 위반 위험성이 사회적 이슈가 되고 있다.

본 연구는 CNN, CNN-LSTM 모델을 이용한 전동킥보드 안전 시스템을 개발하고 실제 주행에서도 동작하는 것을 목적으로 한다.

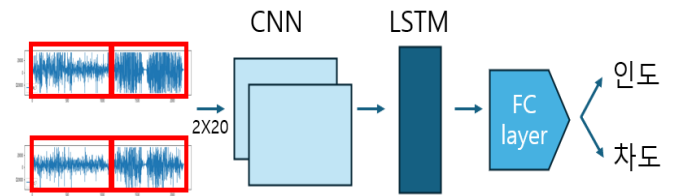
2. 시스템 설계 및 개발

본 연구에서는 6 축 자이로-가속도 센서, 카메라, 압력센서를 통하여 실시간으로 입력한 데이터를 인도/차도주행, 헬멧 착용, 다인승 탑승을 판단하는 모델을 설계하였다. 설계한 모델을 사용하여 전동킥보드 안전시스템을 구축하였으며, 이 시스템을 실제 주행하여 성능을 검증하였다.

2.1 인도 감지 시스템

인도와 차도를 효과적으로 구분하기 위해 CNN-LSTM

모델을 활용한 방법을 제안한다. 이 모델은 다양한 종류의 보도블럭, 자전거 전용도로, 그리고 일반 차



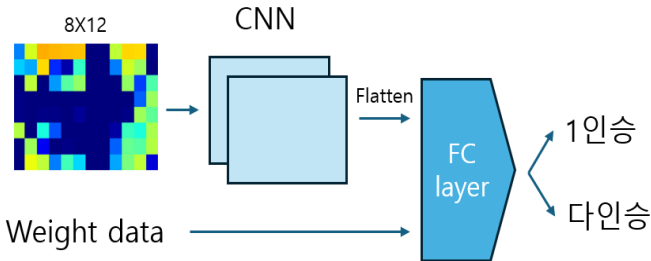
(그림 1) 인도/차도 판단 레이어 구조 [2]

도에서 수집된 데이터를 기반으로 인도와 차도를 구분하는 데 중점을 둔다. 데이터는 총 11,160 개의 샘플로 구성되었으며, 각 샘플은 20 개의 시계열 데이터로 나뉘어 학습에 사용된다. 즉, 원본 데이터를 20 개 시계열 데이터 단위로 잘라서 모델에 입력하며, 이는 인도와 차도를 더 정확하게 구분하기 위한 시간적 패턴을 학습하는 데 도움을 준다.

먼저, 데이터를 효과적으로 활용하기 위해 데이터 전처리 과정을 거쳤다. 6 축 자이로 센서에서 6 개 데이터 샘플 중 특징이 뚜렷한 가속도 Y, Z 축 데이터만 추출하였다. 인도와 차도를 구분하기 위해 (그림 1) 과 같이 CNN 과 LSTM 구조를 결합한 모델을 사용하였다.

제안된 알고리즘은 주행 중 실시간으로 인가되는 데이터를 모델의 예측 결과를 바탕으로 가장 최근 5 개의 판단 중 3 회 이상 동일한 결과를 얻은 경우 해당 결과를 최종적으로 판단한다. 본 모델은 학습 및 검증 과정을 통해 95.2%의 정확도를 달성하였다. 이는 제안된 모델이 인도와 차도를 높은 신뢰도로 구분

할 수 있음을 의미하며, 실제 주행 상황에서도 효과적으로 사용할 수 있는 가능성을 보여준다.



(그림 2) 다인승 판단 레이어 구조 [2]

2.2 다인승 감지 시스템

킵보드 다인승 탑승 여부를 정확하게 분류하기 위해 96 개의 압력 센서로부터 획득한 데이터를 8*12 크기의 이미지 데이터와 무게 데이터를 활용한 모델을 제안한다. 데이터는 총 4,502 개의 샘플로 구성되었으며, 신발의 종류와 발 위치, 발 개수 등 다양한 변수를 고려하여 사용하였다.

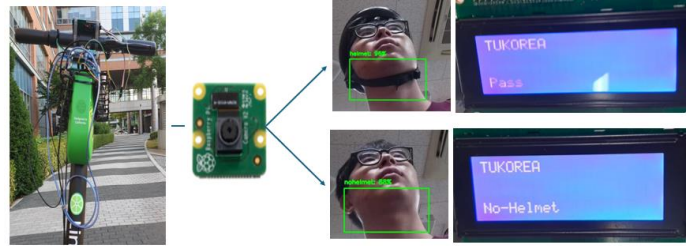
본 모델은 두 가지 입력 데이터를 사용한다. 첫째, 8*12 크기의 이미지를 통해 발의 위치와 형태를 분석한다. 둘째, 압력 센서의 값을 합산하여 얻은 무게 데이터를 통해 탑승자의 무게를 추정한다. 이러한 입력 데이터는 모델이 다인승 여부를 판단하는 데 필요한 정보를 제공한다. (그림 2)와 같이 주어진 이미지 데이터와 추가적인 무게 정보를 결합하여 두 개의 클래스로 분류하는 다중 입력 신경망 모델이다. 합성곱 신경망(CNN) 구조는 이미지로부터 특징을 추출하고, 추가적인 완전 연결 레이어는 무게 정보와 결합하여 최종 예측을 수행한다. 제안된 알고리즘은 주행 중 실시간으로 인가되는 데이터를 모델의 예측 결과를 바탕으로 가장 최근 5 개의 판단 중 3 개 이상이 다인승으로 판단될 경우 다인승 탑승으로 결론 내린다.

이 모델은 세 가지 주요 기능 중 하나인 다인승 킵보드 탑승 여부를 판단하는 기능을 제공한다. 모델의 성능은 86.4%의 정확도를 달성하였다. 이 결과는 다양한 주행 환경 및 조건에서 다인승 여부를 정확하게 판별할 수 있는 모델의 능력을 시사한다.

2.3 헬멧 감지 시스템

킵보드 이용자의 헬멧 착용 여부를 판별하기 위해 TensorFlow Object Detection [3]을 사용하여 모델을 구축하였다. 일반적인 얼굴 인식과 달리 아래 각도에서 촬영된 이미지는 헬멧을 정확하게 판별하기 어려운 문제가 있다. 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 (그림 3)과 같이 턱끈 인식을 활용하는 방법으로 접근하였다.

모델의 성능을 높이기 위해 다양한 데이터 증강 기법을 적용하였다. 명암 조절을 통해 다양한 조도 환경에서의 이미지 변화를 반영하였으며, 이를 통해 모델이 다양한 상황에서의 헬멧 착용 여부를 정확히 판단할 수 있도록 하였다. 총 2,966 개의 이미지를 데이터셋으로 사용하였으며, 이 데이터는 다양한 각도와 환경에서 촬영된 헬멧 착용 및 미착용 이미지를 포함한다. 제안된 알고리즘은 주행 중 실시간으로 인가되는 데이터를 모델의 예측 결과를 바탕으로 가장



(그림 3) 헬멧 턱끈 판단 구조

최근 5 개의 판단 중 4 개 이상이 턱끈이 인식될 경우 헬멧 착용으로 결론 내린다. 모델의 성능은 92.4%의 정확도를 달성하였다. 이 결과는 다양한 환경 및 조건에서 헬멧 착용 여부를 안정적으로 판별할 수 있는 모델의 능력을 시사한다. 특히, 헬멧 착용 여부를 판단하기 어려운 각도에서도 높은 정확도를 유지할 수 있어 실용적인 활용 가능성이 높다.

최종적으로 위의 3 가지 시스템 중 하나라도 위반으로 판단할 경우 전동 킵보드의 최대 출력을 제한한다.

3. 최종결론 및 기대효과

본 연구에서는 전동킵보드 주행 중 발생할 수 있는 다양한 교통법규 위반을 6 축 자이로-가속도 센서, 압력센서, 카메라를 통하여 실시간으로 감지하고, 이를 실시간 판단하여 위반 시 최대출력을 제한하는 시스템을 CNN 과 CNN-LSTM 모델을 이용하여 개발하고 검증하였다. 이후 연구에서는 더욱 다양한 조건에서 데이터를 수집하여 모델의 범용성을 향상해야 할 필요가 있다.

위 시스템을 통해 개발된 전동킵보드 안전 시스템은 사용자가 교통법규를 준수하도록 유도한다. 특히, 헬멧 착용 여부, 다인승 탑승, 인도/차도 구분 등의 실시간 감지가 가능하여, 잠재적인 사고를 예방하고, 사고 발생 시 위험을 효과적으로 감소시킬 것으로 기대된다

※ 본 논문은 과학기술정보통신부 대학디지털교육역량강화 사업의 지원을 통해 수행한 ICT 멘토링 프로젝트 결과물입니다

참고문헌

[1] 이 00, 한국도로교통공단 보도자료, 개인형 이동장치(PM) 교통사고 매년 급증 (2023-04-06) https://www.koroad.or.kr/main/board/6/87946/board_view.do?cp=1&listType=list&bdOpenYn=Y&bdNoticeYn=N. [접속일 : 2024-09-11]

[2] 박진상, 송민재, 최은주, 김병수, 문용호, "CNN-LSTM 혼합모델을 이용한 비행상태 예측 기법, 항공우주시스템공학회지 제 16 권 제 4 호, pp 45-52, 2024.09

[3] "TensorFlow Lite Object Detection Model Comparison", Eject <https://www.ejtech.io/learn/tflite-object-detection-model-comparison>[접속일: 2024-03-24]