

합성곱 신경망 기반 물체 인식과 탑승 감지 센서를 이용한 개인형 이동수단 주행 안전 보조 시스템 개발

손권중^{1*}, 배성훈², 이현준²

¹홍익대학교 기계정보공학과 부교수, ²홍익대학교 기계정보공학과 학생

Development of Personal Mobility Safety Driving Assistance System Using CNN-Based Object Detection and Boarding Detection Sensor

Kwon Joong Son^{1*}, Sung Hoon Bae², Hyun June Lee²

¹Associate Professor, Department of Mechanical and Design Engineering, Hongik University

²Student, Department of Mechanical and Design Engineering, Hongik University

요약 최근에 전동킥보드와 같은 개인형 이동수단의 보급이 급격히 확대되면서 교통사고 발생 건수도 크게 늘고 있다. 개인형 모빌리티가 자세 안정성이 낮고 탑승자가 외부로 노출되어 전도 사고나 낙상 사고의 위험이 크기 때문이다. 전동킥보드 사고 방지를 위해 본 논문은 주행 보조 장치로써 자동긴급제동시스템과 안전시동시스템을 제안하였다. 인공지능 기반 물체 인식 기술을 이용하여 주변 위험 요소를 탐지하고 자동으로 제동을 걸 수 있는 시스템을 개발하였다. 또한 운전자의 탑승이 확인되기 전까지 장치의 시동을 보류하는 안전시동시스템도 개발하였다. 상용차와 주행 조건이 매우 다른 개인형 이동수단에 특화된 첨단 운전자 보조 시스템 융합 기술을 제안한다는 점에서 본 연구의 의의가 있다.

주제어 : 개인형 이동수단, 운전자 보조, 물체 인식, 합성곱 신경망, 융합 설계

Abstract A recent spread of personal mobility devices such as electric kickboards has brought about a rapid increase in accident cases. Such vehicles are susceptible to falling accidents due to their low dynamic stability and lack of outer protection chassis. This paper presents the development of an automatic emergency braking system and a safe starting system as driving assistance devices for electric kickboards. The braking system employed artificial intelligence to detect nearby threatening objects. The starting system was developed to disable powder to the motor until when the driver's boarding is confirmed. This study is meaningful in that it proposes the convergence technology of advanced driver assistance systems specialized for personal mobility devices.

Key Words : Personal mobility, Driver assistance, Object detection, Convolutional neural network, Convergence design

*This research was supported by Hongik University's 'Project for the Establishment of Regionally Specialized Smart City Graduate School'. (이 논문은 홍익대학교의 '지역특화형 스마트시티 전문대학원 구축 사업'의 지원을 받아 수행된 결과입니다.)

*Corresponding Author : Kwon Joong Son(kjson@hongik.ac.kr)

Received July 28, 2021

Revised August 18, 2021

Accepted October 20, 2021

Published October 28, 2021

1. 서론

개인형 이동수단(PM, Personal Mobility)은 전동킥보드와 전동휠과 같이 배터리와 모터를 동력원으로 하는 1인용 소형 수송기기로써 이동성과 편의성이 우수하고 관련 공유 서비스 산업도 빠르게 성장함에 따라 판매 및 이용량이 급증하고 있다. 전동킥보드, 전동휠, 전기자전거를 중심으로 PM 국내 시장은 2017년 97,500대 수준에서 2019년 196,200대 수준으로 지난 3년간 2배 이상 급증하였다[1]. 2019년 기준으로 국내 전동킥보드는 164,200대가 판매되어 83.7%의 최고 판매율을 점하고 있다.

개인형 이동수단 이용이 확대됨에 따라 교통사고도 급증하는 추세다. 실제로 한국도로교통공단 교통사고분석시스템(TAAS, Traffic Accident Analysis System)에 따르면 최근 3년간 PM 관련 교통사고 건수는 연평균 95% 비율로 급증하는 것으로 조사되었다. 주 1회 이상 PM을 이용하는 사용자를 대상으로 조사한 한국교통연구원의 2018년도 사고 실태조사에 따르면 조사자 중 14% 정도가 사고 경험이 있다고 응답하였으며 사고 형태로는 단독사고가 54.8%로 가장 빈번하게 나타나는 것으로 조사되었다[2]. 사고 장소로는 자동차 도로(16.1%)에서보다는 보도, 자전거도로, 이면도로와 같이 차로 이외 도로에서 사고 비율이 81.9%로 압도적으로 높았고 사고 원인으로는 상대방의 부주의(22.6%)보다는 운전자의 부주의(29.0%)와 주행 도로의 문제(39.0%)로 인한 사고 발생률이 더 높은 것으로 조사되었다. 이처럼 운전 실수나 고르지 못한 도로의 상태로 인한 교통사고 발생률이 높은 원인은 PM의 구조적 특징에서 찾을 수 있다. 개인형 이동수단은 구조적으로 탑승자가 외부에 직접 노출되어 있고 휠의 지름과 폭이 작으며 휠 사이의 간격은 좁은 반면 운전자 탑승 시 무게중심은 높게 위치하여 자세 안정성이 낮다. 따라서 고르지 못한 노면에서 주행할 때나 사고를 회피하기 위해 핸들을 급하게 돌릴 때 PM의 자세 안정성은 쉽게 무너질 수 있어 전도사고로 이어질 수 있다. 이 밖에 정지 상태라도 운전자가 완전하게 탑승하기 전에 실수로 손잡이 부분 가속 장치를 작동하게 되면 전동 킥보드가 급출발하면서 운전자는 중심을 잃고 낙상사고를 당할 수 있다.

개인형 이동수단의 교통사고 위험을 줄이고 주행 안정성을 높이기 다양한 방안들이 연구되고 있다. PM의 안정성과 기동성 향상을 위한 구동부의 속도 제어기 설

계연구가 보고되었다[3]. 도로 유실로 생긴 포트홀로 인해 발생하는 PM의 야간 교통사고를 방지하기 위해 포트홀 내부 공간에 LED 경고등을 설치하는 방식의 도로 디자인 연구도 보고되었다[4]. 하지만 PM의 경우 주행 중 사고 발생 요인을 실시간으로 감지하여 운전자에게 경고하거나 직접 차량을 제어할 수 있는 첨단 운전자 보조 시스템(ADAS, Advanced Driver-Assistant Systems) 기술의 개발이나 적용에 관한 연구는 활발하지 못한 편이다. 자동차의 경우 자동긴급제동(AEB, Autonomous Emergency Braking[5]), 전방충돌경고(FCW, Forward Collision Warning[6]), 충돌예방시스템(CAS, Collision Avoidance System[7]), 차선유지보조(LKA, Lane Keeping Assistance[8]) 등과 같이 센서기술, 인공지능, 머신비전 등 최신 융합 기술을 적용한 ADAS의 기술 성숙도가 높아져 교통사고 발생률을 획기적으로 낮추고 있는 상황과는 대비된다[9,10]. PM은 자동차 도로 이외에도 보도나 이면도로에서의 주행이 빈번하므로 자동차와 주행 환경이나 사고 위험 요소가 달라서 자동차용 ADAS와 차별화된 기술 개발이 요구된다. 예를 들어, 자동차의 경우 노면의 과속방지턱이나, 배수구 덮개, 포트홀, 무단으로 버려진 소형 쓰레기가 차량의 전도나 전복을 유발하지 않지만, PM 운행 중 이로 인한 교통사고가 자주 발생한다. 차량용 ADAS와 차별화된 PM 맞춤형 ADAS 기술의 개발이 필요한 이유이다. 이러한 배경하에 본 논문은 개인형 이동수단 중에서 가장 많은 비중을 차지하고 있는 전동킥보드의 사고 방지를 위한 운전자 보조 장치로써 인공지능 머신비전 기반 자동긴급제동시스템과 탑승 인식 센서 기반 안전시동시스템의 개발을 목표로 융합 설계, 시제품 제작 및 성능 평가 결과를 소개한다.

2. 전동킥보드 운전자 보조 시스템 개발

2.1 머신비전 기반 자동긴급제동시스템

전동킥보드 단독 사고 발생 주요 원인 중 하나로 과속 방지턱이나 배수구 덮개와 같은 노면 상 장애물을 꼽을 수 있다. 운전자가 장애물을 인식하지 못하면 전동킥보드가 고르지 못한 노면 장애물을 지날 때의 큰 충격으로 자세 안정성을 유지하기 어렵다. 설사 장애물을 인식했다더라도 운전자가 적시에 제동을 걸지 못하거나 핸들을 갑자기 꺾게 된다면 전동킥보드가 사고와 부상을 초

래할 수 있다. 주행 중 다른 차량이나 보행자와 같은 장애물을 인식하여 운전자의 개입 없이도 자동으로 제동하는 AEB 장치는 차량 추돌사고를 10% 이상 줄여주는 예방 효과가 있는 것으로 보고되었다[9,10]. 이와 같은 사고 예방 효과에도 불구하고 전동킥보드용 AEB 장치 연구는 활발하지 못하다. 따라서 본 연구에서 노면 장애물에 의한 전도사고를 획기적으로 방지할 수 있는 AEB 시스템을 개발하였다.

차량용 AEB는 전방 카메라와 레이더를 이용하여 전방 물체의 유무와 거리를 감지한 후 위험 단계별로 제동 제어를 진행한다. 주행 속도가 상대적으로 느린 전동킥보드의 경우 원거리 장애물 인식을 위해 고가의 레이더를 탑재할 필요성이 낮아 본 연구에서는 영상처리를 통한 장애물 인식 기능 개발에 초점을 맞추었다. 특히 전동킥보드용 AEB 장치는 차량이나 보행자뿐만 아니라 전도사고를 유발할 수 있는 노면 장애물을 인식하는 것이 기술 개발의 핵심이다.

본 연구에서 개발한 자동긴급제동장치는 Fig. 1에서 볼 수 있듯이 하드웨어적으로 전자식 브레이크, 카메라, 단일 보드 컴퓨터로 구성되어 있고 컴퓨터에 실시간 영상처리용 소프트웨어를 탑재하고 있다. AEB 시스템은 구조적으로 전동킥보드의 이동성과 편의성을 강조한 디자인의 단순성을 해치지 않도록 소형화가 요구된다. 기능적으로는 실시간 영상처리를 통한 물체 인식과 시간 지연이 없는 브레이크 작동이 요구되므로 저전력으로도 충분한 성능을 발휘할 수 있는 단일 보드 컴퓨터를 선정해야 한다.

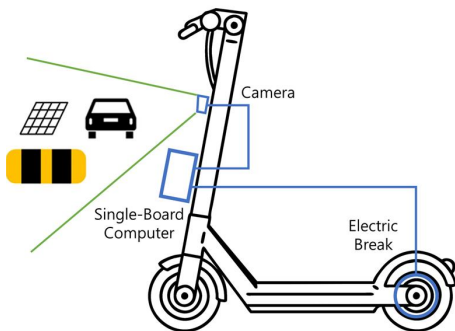


Fig. 1. AEB system configuration for PM

단일 보드 컴퓨터는 리눅스 운영체제로 구동되며 128개의 CUDA(Compute Unified Device Architecture)

병렬 처리 코어를 갖춘 그래픽 처리 장치가 탑재된 Nvidia Jetson Nano를 사용하였다. 비전용 카메라는 8만 화소 소형(25mm×23mm×9mm) 모듈을 사용하였다. 단일 보드 컴퓨터의 출력 단자에서 발생하는 아날로그 신호를 통해 AEB 시스템을 구동하고 제어할 수 있어야 하므로 전동킥보드에 전자식 브레이크 기능이 필요하다. 일반적으로 전동킥보드용 전자식 브레이크는 제동 신호를 주었을 때 모터에 흐르는 전류의 극성을 반대로 바꿔 휠의 회전 방향과 역방향 토크를 발생하여 제동력을 얻는 원리로 작동한다. 시제품 제작을 위해 선정한 전동킥보드 플랫폼은 MiTO에서 제작한 TiTAN으로 전·후륜 수동 기계식 디스크 브레이크[11,12]뿐만 아니라 후륜 전자식 브레이크를 갖추었으며 주요 제원은 Table 1에 정리하였다.

Table 1. Specifications of electric kickboard

| Contents | Value |
|-------------------------|-------------------------|
| Unfolding size (cm) | 114×56×120 |
| Folding size (cm) | 103×21×35 |
| Weight (kg) | 18 |
| Battery | 36V 19.2AH |
| Motor | BLDC motor (800W) |
| Max speed (km/h) | 25 |
| Tire | 10-in (tubeless) |
| Mechanical braking | Dual disk brakes |
| Electric braking (rear) | Counter-current braking |

전동킥보드용 AEB 장치는 주변 차량과 함께 노면 장애물도 인식할 수 있어야 한다. 본 연구에서는 차량, 과속방지턱, 배수구 덮개 3가지 물체를 주 표적으로 장애물 탐지용 머신비전을 개발하였다. 비전 처리용 코드는 Python 프로그래밍 개발 환경에서 TensorFlow 기계학습 플랫폼, OpenCV 컴퓨터 비전 라이브러리, NumPy 다차원 배열 수치 계산 라이브러리를 이용하여 작성하였다. 물체 인식 알고리즘은 합성곱 신경망(CNN, Convolutional Neural Network) 기반 딥러닝 기법이 가장 널리 사용되고 있으며 이미지 분할 또는 지역화 방식과 완전 연결 계층의 유무에 따라 R-CNN(Region-based CNN), Fast R-CNN, FCN(Fully Convolutional Network), SSD (Single Shot Multibox Detector), YOLO (You Only Look Once) 등의 모델로 세분된다[13]. 이 중 SSD와 YOLO는 단일 단계 방식으로 탐지 속도가 빨라 차량의 AEB

와 같이 실시간으로 물체 탐지가 필요한 응용 분야에 널리 활용되고 있다. 물체 인식 알고리즘 결정을 위해 전동킵보드용 AEB 시스템의 연산 및 제어 장치인 Nvidia Jetson Nano로 YOLO와 SSD 모델의 성능을 사전 시험하였다. 그 결과 YOLO와 SSD가 처리할 수 있는 초당 프레임(FPS, Frames Per Second) 수는 평균적으로 1.5과 7.0으로 각각 측정되었다. AEB 시스템은 교통사고 예방을 위해 신속한 장애물 인식과 즉각적인 제동 장치의 작동이 필수적이기 때문에 본 연구에서는 SSD 모델 중에서도 탐지 속도가 빠른 SSD-MobileNet[14]을 딥러닝 신경망 모델로 선정하였다. 선택한 SSD 모델의 신경망 구조를 Fig. 2에 간략하게 나타냈다.

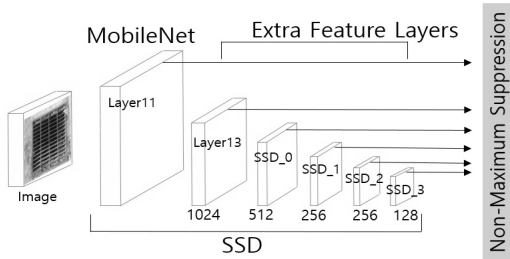


Fig. 2. Convolutional neural network structure of SSD MobileNet object detection model[14]

배수구나 과속방지턱과 같이 PM용 장애물 이미지의 경우 ImageNet과 같이 개체 정보가 레이블링된 공개 데이터 집합을 구할 수 없다. 따라서 본 논문의 저자들이 직접 노면 장애물 이미지를 촬영하고 딥러닝 지도학습에 사용될 정답 데이터 레이블링 작업[15]을 수행하였다. 전동킵보드가 자주 다니는 도로에서 총 1,731장의 장애물 사진(배수구 덮개 567장, 과속방지턱 512장, 차량 652장)을 촬영하였다. Fig. 2의 입력 데이터 크기에 맞춰 촬영된 원시 데이터는 300×300픽셀로 크기를 조정된 뒤 LabelImg라는 공개 프로그램을 이용하여 특정 물체가 포함된 영역을 지정하고 물체의 분류 번호를 레이블링하는 작업을 수행하였다. 촬영 이미지로부터 최종적으로 1,601개의 레이블링 데이터를 생성하였으며 Fig. 3은 그중 일부의 샘플 이미지 보여준다.

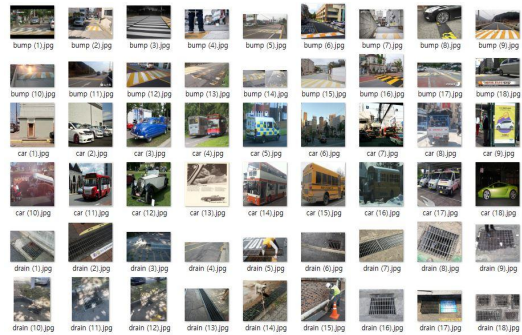


Fig. 3. Example of labeling data set

총 1,601개의 레이블링 데이터에 SSD-MobileNet 모델 훈련을 위해 미니배치학습(Mini-Batch Learning)을 수행하였다. 배치 데이터 크기는 24이며 총 66회의 반복 계산을 수행하였고 계산 1회당 샘플링한 배치 개수는 66개로 총 데이터 학습은 104,544회 수행하였다. Fig. 4는 SSD-MobileNet 모델의 훈련 진행 시 가중치 파라미터 최적화에 사용한 손실 함수의 추이를 나타내는 그래프로써 학습 완료 후 정확도와 손실률은 각각 99.15%와 0.85%로 확인되었다.

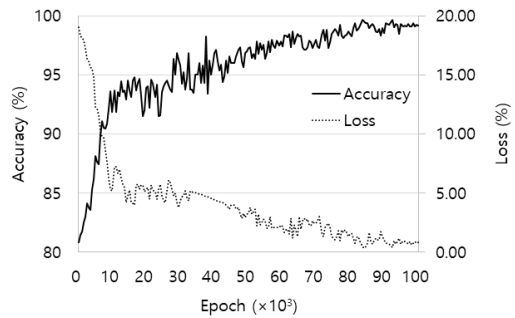


Fig. 4. Accuracy and loss versus epochs during SSD-MobileNet model training

전동킵보드 주행 중 장애물이 감지되면 단일 보드 컴퓨터는 아날로그 출력 단자를 통해 전자식 브레이크를 작동하기 위한 제어 신호를 발생함과 동시에 모터 제어기에 연결된 가속 버튼의 신호 전달을 차단하는 방식으로 자동긴급제동을 수행한다. 보조 기능으로써 긴급제동 작동 시 운전자에게 경고음을 울리며 장애물의 이름을 문자열로 대시보드 디스플레이에 표시할 수 있는 보조 기능도 함께 구현하였다.

2.2 탑승 감지 센서를 이용한 안전시동장치

운전 자세에 있어 완전 탑승 후 발로 가속 장치를 작동할 수 있는 차량과 달리 전동킥보드는 탑승 전 가속 버튼이 위치한 핸들을 먼저 손으로 잡는 것이 일반적이다. 이때 운전자의 조작 실수로 인해 가속 버튼이 눌러 불완전한 탑승 자세에서 전동킥보드가 급가속 된다면 사고가 이어질 위험성이 매우 높다. 이러한 유형의 사고를 방지하기 위해 운전자의 탑승이 확인되기 전까지 장치의 시동을 보류하는 안전시동장치를 개발하여 전동킥보드에 적용하였다.

운전자의 탑승 여부를 탐지할 수 있는 센서로는 초음파 트랜스듀서 또는 광전센서와 같이 운전자로부터 반사되는 파동을 검출할 수 있는 근접센서와 운전자의 탑승에 따른 하중 변화를 감지할 수 있는 로드셀과 스트레인게이지 등이 있다. 본 연구에서는 운전자의 하중이 확실하게 전동킥보드에 실린 상황을 검출할 수 있어 오류가 가장 낮은 로드셀을 탑승 탐지 센서로 선정하였다. 미탑승 상태에서는 전동킥보드의 가속 버튼이 작동하지 않도록 설계한 안전시동시스템 개략도 및 부품 간 결선도를 Fig. 5에 나타냈다. 로드셀은 운전자의 앞쪽 발판에 위치하며 특정 무게(5kg) 이상이 감지되기 전까지 릴레이 모듈 스위치를 개방하여 가속 버튼과 모터 제어기 사이의 가속 신호가 차단되도록 프로그래밍하였다.

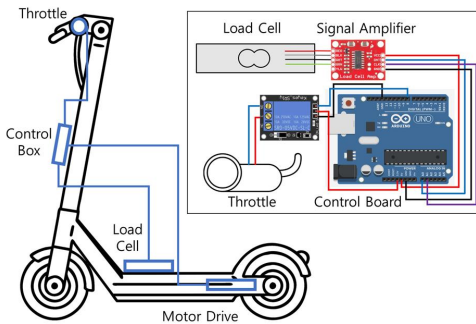


Fig. 5. Safe starting system configuration

Fig. 6은 머신비전 물체인식 기능을 이용한 자동긴급제동시스템과 탑승 감지 센서를 이용한 안전시동장치를 탑재한 전동킥보드 프로토타입의 전체적인 외형과 구성요소를 보여준다.



Fig. 6. Electric kickboard with automatic emergency braking system and safe starting system

3. 주행 시험 결과

자동긴급제동장치와 안전시동장치를 탑재한 전동킥보드 시작품의 성능시험을 실시하였다.

안전시동장치 성능 시험은 전동킥보드 미탑승 시 운전자가 가속 버튼을 누를 때 시동 여부를 확인하는 매우 간단한 방식으로 진행하였다. 총 20회 시험 결과 안전시동장치가 100% 정상 작동하여 운전자 미탑승 시 시동이 걸리지 않고 차체의 급발진이 일어나지 않는 것을 확인하였다.

전동킥보드용 AEB 시스템의 성능 평가를 위해 전자식 브레이크의 제동 성능 평가와 머신비전의 장애물 감지 성능 평가를 순차적으로 진행하였다. 전자식 브레이크 제동 성능은 브레이크 작동 시부터 전동킥보드의 완전 정지 시까지의 평균 감속도로 평가하였다. 평균 감속도와 주행 속도간의 의존성을 살펴보기 위해 10~25km/h의 운행 속도 범위에서 제동 성능을 측정하였다. 운전자가 전자식 브레이크를 작동한 후 전동 킥보드가 완전히 정지할 때까지의 시간과 직선 이동 거리를 측정된 결과를 Table 2에 정리하였다.

Table 2. Electric braking performance test results

| Vehicle speed (km/h) | Braking time (s) | Braking distance (m) |
|----------------------|------------------|----------------------|
| 10.0 | 4.0 | 5.6 |
| 15.0 | 5.0 | 11.1 |
| 20.0 | 5.6 | 12.9 |
| 25.0 | 6.0 | 14.6 |

머신비전의 장애물 인식 성능을 평가하기 위해 장애물 별로 각기 다른 장소 25곳에서 주행 시험을 진행하였다. 주행 시험 중 전동 키보드 속도 범위는 10km/h 이상에서 국내법상 최고 속도인 25km/h 이하로 한정하였다. 장소별로 운행 속도를 달리하여 3회씩 주행 시험을 진행하였으며 장애물 인식 여부와 감지 시점에서 장애물과의 거리를 측정하였다. Fig. 7은 장애물별 평가 현장의 예시를 보여주며 Table 3에 총 225회의 주행 시험 결과를 속도 구간별 평균값으로 정리하였다. 차량, 과속방지턱, 배수구 덮개에 대한 주행 중 평균 탐지 정확도는 각각 94%, 81%, 48%로 측정되었다. 장애물 인식 시 전동 키보드로부터 장애물까지의 평균 탐지 거리는 차량, 과속방지턱, 배수구 덮개의 경우 각각 9.0m, 4.5m, 0.7m로 측정되었다. 상대적으로 크기가 크면서 먼 거리에서도 카메라 화각 범위 안에 포함되는 차량의 경우 정확도와 거리면에서 탐지 성능이 우수하게 측정되었다. 반면에 상대적으로 크기가 작고 노면에 붙어있어 카메라 화각의 끝지점에 도달할 때 물체 인식이 가능한 배수구 덮개의 경우 탐지 성능이 가장 낮게 평가되었다.



Fig. 7. Obstacle detection test examples: drain cover, vehicle and bump

Table 3. Obstacle detection performance test results

| Speed range (km/h) | Class | Detection rate (%) | Distance to obstacle (m) |
|--------------------|-------------|--------------------|--------------------------|
| 10-15 | Car | 100 | 9.7 |
| | Bump | 100 | 5.6 |
| | Drain cover | 72 | 1.5 |
| 15-20 | Car | 92 | 9.3 |
| | Bump | 76 | 5.0 |
| | Drain cover | 52 | 0.3 |
| 20-25 | Car | 90 | 7.9 |
| | Bump | 67 | 2.8 |
| | Drain cover | 20 | 0.3 |

Table 2에 정리한 제동 거리와 Table 3의 장애물 탐지 성능을 비교해 보았을 때 Fig. 6에서 제시한 전동키보드의 경우 주행속도 15km/h 이하에서는 차량과 과속방지턱의 경우 충돌 회피가 가능하며 그 이상의 속도에서는 충돌 전 감속의 효과만을 얻을 수 있었다. 주행 속도 15km/h 이상일 때 장애물의 완전 충돌 회피는 어렵지만, 자동긴급제동시스템은 충돌 속도를 저감하고 운전자에게 사전 충돌 경고를 알릴 수 있어 장애물에 의한 사고 위험성을 낮추는 효과를 얻을 수 있다. 전동키보드 시작품의 장애물 탐지 성능을 추가적으로 개선하기 위해서는 광각 카메라의 추가 설치, 자동제어가 가능한 기계식 브레이크로의 교체, 인공지능 계산 성능이 우수한 물체 탐지용 단일 보드 컴퓨터의 탑재를 고려할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 전동키보드의 첨단 운전자 보조 장치로써 인공지능 머신비전과 기계제어 융합기술이 적용된 자동긴급제동장치와 탑승 감지 센서를 이용한 안전시동장치를 개발하였고 해당 기술이 적용된 시작품의 성능을 시험하고 평가하였다. 장치별 작동 원리를 설명하고 세부 하드웨어 구성 및 제어 방법을 소개하였다. 안전시동장치에 포함된 장애물 탐지용 비전 시스템은 합성곱 신경망 기반 알고리즘 중에서 영상 처리 속도가 우수하여 모바일 응용 분야에서 널리 사용되는 SSD 모델로 구현하였다. 신경망 모델 학습용 데이터를 직접 수집한 뒤 레이블링을 작업을 통해 분류한 후 모델의 가중치 최적화 훈련을 수행하였다. 훈련 후 테스트용 이미지 데이터로 검증한 탐지 정확도는 평균 99%로 매우 우수하였다. 전동키보드 주행 시험에서 실시간 장애물 탐지 정확도는 평균 74%이고 탐지 거리는 평균 4.7m로 측정되었다. 전자식 브레이크의 제동 성능 시험을 통해 국내법상 최고 속도인 25km/h로 전동키보드 시작품을 주행할 때 제동 거리는 14.6m로 측정되었다. 안전시동장치는 여러 차례의 현장 시험에서 오작동 없이 작동하였다.

본 연구의 의의는 크게 세 가지로 요약될 수 있다. 첫째, 현재 전동키보드와 같은 개인형 이동수단의 경우 운전자가 취할 수 있는 사고 방지 대책은 안전모나 반사조끼 등 개인 보호 장구를 착용하는 정도인데 본 연구에서 스마트 운전자 보조 장치를 제안하여 운전자의 안전 주행을 시스템적으로 지원했다는 사실에 기술적 기여도가 있다고 사료된다. 둘째, 차량용 시스템과 비교해 연구

개발이 활발하지 못한 개인형 이동수단용 첨단 운전자 보조 시스템 기술 발전에 기여했다는 점과 더불어 상용차와 주행 조건이 매우 다른 개인형 이동 수단에 특화된 첨단 운전자 보조 시스템 융합 기술을 제안한다는 점에서 본 연구의 차별성을 찾을 수 있다. 마지막으로 본 연구의 성과가 실제로 전동킴보드 등에 실제로 적용되어 활용된다면 최근 보급 확대와 함께 급증하고 있는 개인형 이동수단의 교통사고 발생률을 효과적으로 감소시킬 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구를 통해 개발된 전동킴보드용 운전자 보조 시스템의 기능과 디자인을 향상하기 위한 돌출형 하중 검출 패드를 평면 커버형으로 교체하는 디자인 개선, 비전 카메라의 화각 및 초점거리 조정을 통한 장애물 탐지 거리 개선, 인공지능 비전 영상 처리 및 장치 제어를 위한 저전력 소형화 엣지 컴퓨팅(Edge Computing)장치의 적용, 추가적인 운전자 보조 기능 적용 등은 후속 연구로 진행할 예정이다.

REFERENCES

- [1] I. Ha. (2020. June). Current Status and Prospect of Personal Mobility Usage and Sharing Business. *Monthly KOTI Magazine on Transport*, 6, 6-10.
- [2] D. Han, E. Kim & M. Ji. (2020). Analysis of Severity Factors in Personal Mobility (PM) Traffic Accidents. *Journal of Korean Society of Transportation*, 38(3), 232-247. DOI : 10.7470/jkst.2020.38.3.232
- [3] S. Lee & K. Yi. (2019). Controller Design and Validation of Three-Wheeled Personal Mobility Vehicle Considering Lateral Stability and Maneuverability. *Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers-A*, 43(9), 635-643. DOI : 10.3795/KSME-A.2019.43.9.635
- [4] A. Cho, H. Kang, H. Ko & H. Chung. (2019). A Study on Risk Prevention Design of Porthole for Personal Mobility Users. *KSDS Conference Proceeding*. (pp. 338-339). Seoul : Korean Society of Design Science.
- [5] B. Fildes, M. Keall, N. Bos, A. Lie, Y. Page, C. Pastor, L. Pennisi, M. Rizzi, P. Thomas & C. Tingvall. (2015). Effectiveness of Low Speed Autonomous Emergency Braking in Real-World Rear-End Crashes. *Accident Analysis and Prevention*, 81, 24-29. DOI : 10.1016/j.aap.2015.03.029
- [6] X. Xiong, M. Wang, Y. Cai, L. Chen, H. Farah & M. Hagenzieker. (2019). A Forward Collision Avoidance Algorithm Based on Driver Braking Behavior. *Accident Analysis and Prevention*, 129, 30-43. DOI : 10.1016/j.aap.2019.05.004
- [7] J. Tang. (2017). Review: Analysis and Improvement of Traffic Alert and Collision Avoidance System. *IEEE Access*, 5, 21419-21429. DOI : 10.1109/ACCESS.2017.2757598
- [8] R. Utriainen, M. Pöllänen & H. Liimatainen. (2020). The Safety Potential of Lane Keeping Assistance and Possible Actions to Improve the Potential. *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, 5(4), 556-564. DOI : 10.1109/TIV.2020.2991962
- [9] J. S. Lee, J. W. Lee & T. W. Kim. (2019). A Study on the Accident Prevention Effect of Autonomous Emergency Braking System via Meta-analysis. *Transactions of the Korean Society of Automotive Engineers*, 27(10), 811-818. DOI : 10.7467/KSAE.2019.27.10.811
- [10] J. Y. Choi, S. S. Kang, E. A. Park, K. W. Lee, S. H. Lee, S. K. Cho & Y. Kwon. (2019). Study on Effectiveness of Accident Reduction Depending on Autonomous Emergency Braking System. *Journal of Auto-vehicle Safety Association*, 11(2), 6-10. DOI : 10.22680/kasa2019.11.2.006
- [11] K. K. Choi & J. U. Cho. (2020). A Convergent Study on Heat Transfer at Brake Disc of Electric Kickboard. *Journal of Korea Convergence Society*, 11(11), 233-237. DOI : 10.15207/JKCS.2020.11.11.233
- [12] S. C. Han & B. G. Lee. (2018). A Study on Convergence Contact Behavior of Friction Heat and Pad on Disk Brake. *Journal of Korea Convergence Society*, 9(1), 283-289. DOI : 10.15207/JKCS.2018.9.1.283
- [13] J. Kim & J. Cho. (2019). YOLO-based Real-Time Object Detection Scheme Combining RGB Image with LiDAR Point Cloud. *Journal of KIIT*, 17(8), 93-105. DOI : 10.14801/jkiit.2019.17.8.93
- [14] W. Kim, F. Dehghan & S. Cho. (2020). Vehicle License Plate Recognition System using SSD-MobileNet and ResNet for Mobile Device. *Smart Media Journal*, 9(2), 92-98. DOI : 10.30693/SMJ.2020.9.2.92
- [15] J. H. Lee. (2018). A Method of Eye and Lip Region Detection using Faster R-CNN in Face Image. *Journal of Korea Convergence Society*, 9(8), 1-8. DOI : 10.15207/JKCS.2018.9.8.001

손 권 중(Kwon Joong Son)

[정회원]



- 2003년 2월 : 포항공과대학교 기계공학과(공학사)
- 2005년 5월 : 미국 카네기멜런대학교 기계공학과(공학석사)
- 2009년 5월 : 미국 텍사스대학교 오스틴 기계공학과(공학박사)
- 2010년 8월 ~ 2015년 4월 : 아랍에미리트 두바이아메리칸대학교 기계공학과 부교수
- 2015년 9월 ~ 현재 : 홍익대학교 기계정보공학과 부교수
- 관심분야 : 전산역학, 스마트제조, 인공지능, 융합교육
- E-Mail : kjson@hongik.ac.kr

배 성 훈(Sung Hoon Bae)

[학생회원]



- 2016년 3월 ~ 현재 : 홍익대학교 기계정보공학과(학사과정)
- 관심분야 : 인공지능, 컴퓨터비전, 전산역학
- E-Mail : qofp9703@naver.com

이 현 준(Hyun June Lee)

[학생회원]



- 2015년 3월 ~ 현재 : 홍익대학교 기계정보공학과(학사과정)
- 관심분야 : 인공지능, 로봇공학, 컴퓨터비전
- E-Mail : ars7889@naver.com