

## 영상처리 기반 후방위험요소 감지 시스템 연구

김영웅\*, 한재재\*\*, 박지현\*\*, 이동욱\*\*\*, 강성목\*\*, 정진우\*\*, 길준민\*\*

\*대구가톨릭대학교 컴퓨터소프트웨어학부

\*\*대구가톨릭대학교 전자전기공학부

\*\*\*대구가톨릭대학교 컴퓨터소프트웨어학과

{ghkfud6545, gkswowo98, banga1029, du137532, kangsm, jwjung11, jmgil}@cu.ac.kr

## A Study of Safety System for Backward Hazard Detection using Image Processing

Young-Woong Kim\*, Jae-Jae Han\*\*, Ji-Hyun Park\*\*

Dong-Wook Lee\*\*\*, Sung-Mook Kang\*\*, Jinwoo Jung\*\*, Joon-Min Gil\*

\*School of Computer Software Engineering, Daegu Catholic University

\*\*School of Electronic and Electrical Engineering, Daegu Catholic University

\*\*\*Department of Computer Software Engineering, Daegu Catholic University

## 요 약

최근 국내 전동킵보드 공유서비스의 증가 추세에 따라 전동킵보드와 보행자 혹은 차량과의 충돌사고가 증가하고 있다. 이러한 충돌사고로 인한 사고를 예방하기 위해 본 논문에서는 영상처리 기술에 기반한 후방위험요소 감지 시스템을 제안한다. 제안 시스템은 전동킵보드 사용자의 안전 헬멧에 라즈베리파이와 파이캠을 장착하여 가까이 오는 보행자나 차량을 영상처리 기법을 활용하여 인식하도록 하여 이들과의 충돌을 사전에 방지하도록 해준다. 제안 시스템의 정확도를 파악하기 위해 입력 영상의 해상도별 처리속도와 정확도를 비교한다. 아울러, 제안 시스템을 안전 헬멧에 장착하여 테스트 필드 실험을 통해 실제 환경에서 사용가능 여부를 검증한다.

## 1. 서론

최근 개인이동수단 대여 서비스로 주목받고 있는 전동킵보드 공유 서비스는 2018년 9월부터 국내 최초 서비스 시행을 기준으로 현재까지 꾸준히 규모가 증가하고 있다. 안드로이드 운영체제 기준 국내 전동킵보드 공유 서비스 사용자는 2020년 4월 기준으로 20만 명을 넘어섰다[1]. 그러나 전동킵보드 공유 서비스가 증가함에 따라 전동킵보드 사용자와 보행자 혹은 차량과의 충돌사고가 증가하고 있다. 2015년에서 2018년까지 최근 4년간 전동킵보드 사고는 총 528건으로 2015년부터 꾸준히 증가하여 2018년에는 233건이 발생했다. 이 안전사고 233건 중 182건은 운행사고로서 전체 사고의 34.4%로 높은 비중을 차지하고 있어 최근 사회 문제로 대두되고 있다[2, 3]. 이에 따라 도로교통공단은 도로교통법 개정, 안전 규제, 개인이동장치 안전교육, 가이드라인 등을 제시하고 있다[4]. 하지만 실질적으로 모든 킵보드 이용자를 단속하기 쉽지 않으며 더욱이 교육 및 가이드라인의 지침이 지켜지고 있지 않아 실효성에 한계가 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해 본 논문은

사전에 전동킵보드 이용자의 후방에서 차량이 일정 거리 접근하였을 때 경고를 하여 충돌사고를 사전에 예방하는 영상처리 기반 후방위험요소 감지 시스템을 제안한다.

## 2. 관련 연구

기존 전동킵보드 충돌사고를 예방하기 위한 연구는 크게 법, 제도 정비 방법과 기술적으로 충돌사고를 예방하는 방법이 있다. 개인형 이동수단 안전 문제와 개선 방안[5]은 개인형 이동수단 충돌사고를 예방하기 위해 기존 법, 제도의 문제점을 개선하는 방안을 마련했다. 하지만 해당 연구는 개선안을 즉시 법과 제도에 적용할 수 없다는 단점이 있다. 전동킵보드 충돌사고를 예방하기 위한 기술적인 방법 중에 하나로 BSD(Blind Spot Detection)가 있다[6]. BSD는 주변차량 감지를 위한 RADAR(radio detection and ranging) 센서, 감지 결과를 처리하는 처리기, 감지 결과에 따라 사용자에게 경보를 알리는 경보기로 구성된다. BSD는 차량 전방과 후방에 RADAR 센서를 이용하여 주변 차량이 일정 거리 내 접근할 경우 거리에 따라 차량 사이드미러와 운

† 교신저자

전자의 디스플레이 스크린에 안내 등을 점등한다.

### 3. 제안 시스템

그림 1은 본 논문에서 제안하는 영상처리 기술에 기반한 후방위험요소 감지 시스템의 개념도를 나타낸다. 제안 시스템은 카메라를 이용하여 실시간으로 영상을 수집한 후 영상 속의 각 차량들을 분류한다. 그리고 현재 키보드 운전자와 차량과의 거리를 측정하여 일정 거리 미만으로 가까워질 경우 LED와 부저를 이용하여 경고하도록 한다.



(그림 1) 제안 시스템의 개념도

제안 시스템은 크게 3가지 기능으로 구성되어 있다: 첫 번째는 입력 영상에서 차량을 분류하는 차량 분류 기능이며, 두 번째는 차량과의 거리를 파악하기 위한 차량거리 측정 기능이다. 마지막으로 세 번째는 거리에 따라 경고 알람을 하는 경보 알람 기능이다. 각 기능별 자세한 설명은 다음과 같다.

- 차량분류: 이 기능은 영상 내 물체 검출 방법인 Harr Cascades 알고리즘을 사용한다[7]. Harr Cascades는 머신러닝 기반 객체 검출 알고리즘으로 대량의 영상에서 객체의 특징을 추출 후 이를 학습한 뒤 얻은 가중치를 제공한다. 이 기능은 영상처리 라이브러리인 OpenCV의 CascadeClassifier 알고리즘을 이용하여 차량 특징을 학습한 가중치를 적용하여 실시간 입력 영상에서 차량 존재 여부를 판단한다. 본 논문에서는 기학습된 차량 가중치를 사용한다[8].
- 차량거리 측정: 먼저 입력 영상에서 차량으로 분류된 객체에 Bbox(Bounding box)를 이용하여 표시한다. 그리고 해당 Bbox의 크기와 입력 영상의 해상도 크기를 비교한다. 이 기능은 탐지 객체의 Bbox 크기가 증가하여 입력 영상의 해상도 크기와 유사해질수록 차량이 키보드 운전자와 가까워지는 것으로 판단한다. 본 논문에서는 탐지 객체의 Bbox의 크기가 입력 영상의 해상도 크기의 1/4을 넘어섰을 때 키보드 운전자와 후방차량 간

의 거리가 가깝다고 판단한다.

- 경보알림: 이 기능은 차량거리 측정의 결과에 따라 스피커와 LED에 경보알림 명령을 내린다.

### 4. 실험 환경 및 결과

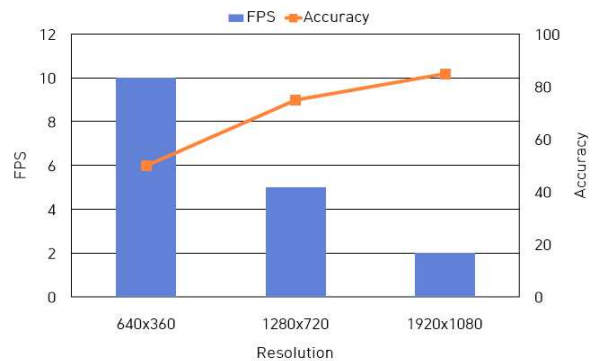
제안 시스템의 성능과 적용성을 보이기 위해 본 논문에서는 <표 1>에 제시된 실험 환경에 기반하여 실험을 수행하였다. Raspbian 운영체제 환경에서 객체 검출을 위한 라이브러리로서 Python 언어 기반 OpenCV의 CascadeClassifier를 사용하였다. 이러한 환경에서 본 연구에서 제안한 영상처리 기반 후방위험요소 감지 시스템의 성능을 파악하고 실제 도로주행 환경에서의 사용 가능 여부를 판단한다.

<표 1> 실험 환경

| 소프트웨어 | 운영체제               | • Raspbian   |
|-------|--------------------|--|
|       | 개발 언어 및 영상처리 라이브러리 | • Python 3.9<br>• OpenCV 4.4.0<br>• CascadeClassifier                          |
| 하드웨어  | 라즈베리파이4 모델 B       | • CPU:ARM Cortex-A72 1.5GHz<br>• RAM:4GB<br>• GPU:Broadcom VideoCore VI 500MHz |
|       | 라즈베리파이 카메라 V2.1    | • A 5MP (2592×1944 pixels)   |
|       | LED                | • 아두이노 5파이(5mm) LED(White)   |
|       | 부저                 | • 아두이노 95dB 피에조 스피커 (Piezo Vibration) 부저                                       |

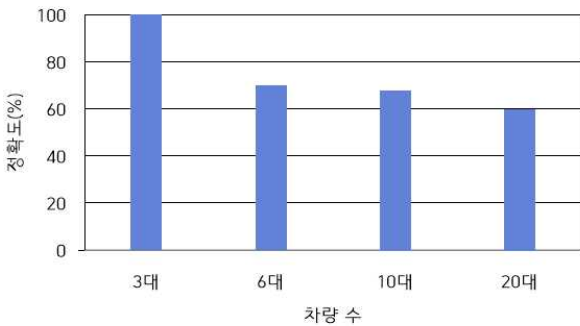
다음과 같이 3가지 실험을 제안 시스템을 대상으로 수행한다.

- 실험 1: 이 실험은 제안 시스템의 해상도별 영상처리 속도와 정확도를 측정한다.
- 실험 2: 이 실험은 제안 시스템의 차량 수별 정확도를 측정한다.
- 실험 3: 이 실험은 필드 테스트를 진행하여 실제 환경에서 시스템의 사용가능 여부를 파악한다.

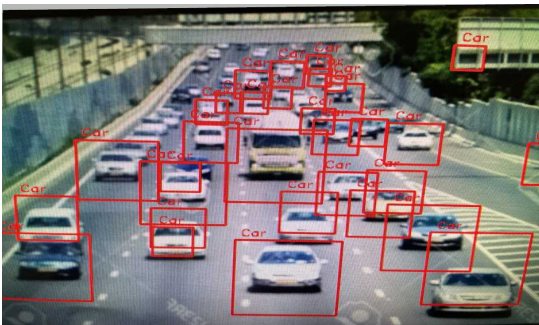


(그림 2) 해상도별 평균 영상처리 속도 및 정확도

실험 1에 해당하는 해상도별 영상처리 속도 및 정확도 실험은 <표 1>에 제시된 실험 환경에 기반하여 수행되었다. 이 실험에서는 차량 8대가 도심을 주행하는 5초 길이의 영상을 실험 데이터로 사용했으며, 640×360, 1280×720, 1920×1080 해상도별 영상에서 차량을 분류하고 이때의 영상처리 속도와 정확도를 계산한다. 그림 2는 해상도별 평균 영상처리 속도와 평균 객체탐지 정확도를 나타낸다. 실험 결과, 평균적으로 640×360 해상도에서는 10FPS, 1280×720은 5FPS, 1920×1080은 2FPS 속도로 처리됨을 확인하였다. 반면, 평균적으로 50%, 75%, 87.5% 순으로 정확도를 얻었다. 실험 1의 결과를 분석하면, 영상의 해상도 크기가 증가함에 따라 영상처리 속도는 감소하지만, 정확도는 반대로 증가함을 알 수 있었다.



(그림 3) 차량 수별 차량인식 정확도



(그림 4) 정확도 테스트의 영상 화면

한편, 차량 수에 따른 차량인식 정확도에 대한 실험 2를 진행하였다. 본 실험에서는 차량 수로 3대, 6대, 10대, 20대 이상 4가지로 구분하여 실험을 진행하였다. 그림 3은 차량 수별 차량인식 정확도를 보여준다. 그림 3의 결과를 살펴보면, 차량 수에 따라 각각 100%, 70%, 68%, 60%의 정확도가 산출되었으며, 차량 수가 적을수록 정확도가 증가함을 알 수 있다. 그러나, 그림 4의 영상 화면에서 볼 수 있듯이 차량 수가 많아지면 차량이 아닌 다른 객체도 차량으로 인식하는 상황도 발생하였다. 이러한 오인식은

본 논문에서 사용한 차량 분류기인 OpenCV의 CascadeClassifier가 500대의 차량 이미지만을 학습하였기 때문에 학습에 참여하지 않은 500대 이외의 차량에 대해서는 인식에 한계가 있다.

실험 3은 필드테스트로서 안전상의 문제로 일반도로가 아닌 야외주차장에서 진행하였다. 또한, 전동킥보드 공유 서비스에서 제공하는 전동킥보드의 제한속도인 25km/h 미만으로 테스트하였다. 해당 시스템은 실제 전동킥보드 이용자가 사용하므로 안전헬멧에 본 논문의 제안 시스템을 탑재하여 필드테스트를 진행하였다.

그림 5는 실험에 사용된 후방감지 헬멧의 구성도를 나타낸다. 헬멧 상단에는 영상수집 및 처리를 위한 라즈베리파이와 휴대용 배터리를 배치하였다. 후방에는 차량 영상의 수집을 위해 라즈베리파이 카메라를 부착하였다. 측면과 정면에는 차량이 다가왔을 때 경고하기 위한 LED와 부저를 부착했다.



(그림 5) 후방감지를 위한 안전 헬멧



(그림 6) 필드테스트 현장

그림 6은 주차장에서 필드테스트를 수행한 현장 사진을 나타낸다. 필드테스트 결과 LED와 부저는 킥보드와 차량 간 거리가 4~5m에서 경고 알람을 수행하였다. 도로 주행 상 차량 주행 속도를 고려하여 차량과의 거리가 4~5m일 때 경고하는 것이 적절하다고 판단된다. 하지만 입력 영상에 대해 차량 분류 속도가 느리고 모든 차량을 정확히 탐지하지 못하기 때문에 실제 상황에서 사용하기 위해서는 좀 더 정확도를 높이는 추가 연구가 필요하겠다.

## 5. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 영상처리 기술을 활용하여 전동킥보드 사용자에게 후방위험요소를 사전에 감지하고 알려주는 시스템을 제안하였다. 제안 시스템이 실제 상황에서 사용가능 여부를 알아보기 위해서 해상도별 영상처리 속도와 정확도를 계산하고 야외 주차장에서 필드테스트를 진행하였다. 해상도별 영상처리 속도와 정확도 관점에서는 해상도 크기가 증가할수록 영상처리 속도는 감소하지만 정확도는 반대로 증가하였다. 차량수에 따른 실험 결과 역시 차량의 수가 적을수록 높은 정확도를 보였다. 한편, 필드테스트 결과에서는 약 5m 거리에서 LED와 스피커가 정상적으로 작동하는 결과를 도출하였다. 그럼에도 불구하고 본 논문의 실험은 제한적 도로주행 환경에서 진행하였기 때문에 실제 환경에 즉각 적용하기에는 무리가 있다. 따라서 향후 연구에서는 라즈베리파이 이외에 다양한 고성능 컴퓨팅 하드웨어를 기반으로 본 논문의 제안 시스템을 확장 구현하여 정확도를 향상시키고자 한다. 아울러, 시골길, 도로변, 주, 야간 등 다양한 실제 주행 환경에서의 필드테스트가 향후 연구로 필요하다.

## Acknowledgment

본 논문은 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 사회맞춤형 산학협력 선도대학(LINC+) 육성사업의 연구결과입니다.

## 참고문헌

- [1] 이용열, 김승인, “전동킥보드 공유 서비스의 사용자 경험에 관한 고찰 -킥고잉과 라임을 중심으로-,” 디지털융복합연구, 제19권, 제2호, pp. 452-431, 2021.
- [2] 한국소비자원, “한국소비자원 전동킥보드 안전사고 발생현황,” <https://www.kca.go.kr/home/sub.do?menukey=4006&mode=view&no=1003054018>, 2020.
- [3] 최재호, “공유 전동킥보드 중심으로 살펴보는 마이크로모빌리티,” KDB 미래전략연구소, 제768호, pp. 37-53, 2019.
- [4] 법제처, “도로교통법개정 도로교통법 제2조 19-2,” <https://www.law.go.kr/%EB%B2%95%EB%A0%B9/%EB%8F%84%EB%A1%9C%EA%B5%90%ED%86%B5%EB%B2%95>, 2021.
- [5] 정경옥, “개인형 이동수단 안전 문제와 개선방안,” 월간교통, 제268권, pp. 11-17, 2020.

[6] Chang, Tsai-Wang Wu, Min-Jung Tseng, Chien-Chang, “Blind spot detection system”[Patent], United States, Wistron NeWeb Corporation, 2016

[7] P. Viola, M. Jones, “Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features,” Proc. of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 511-518, 2001.

[8] Chandravenky, “Computer-Vision---Object-Detection-in-Python,” <https://github.com/chandravenky/Computer-Vision---Object-Detection-in-Python>, 2020