

# 기울기 센서와 압력 센서를 이용한 전동 킥보드용 다인승 감지 방안

안문정\* · 김지아\* · 이지훈\*\*

\*\*상명대학교 스마트정보통신공학과

## Multiuser Detection of Electric Scooter Using Tilt and Pressure Sensors

Moonjeong Ahn\*, Jia Kim\* and Jihoon Lee\*\*

\*†Department of Smart Information and Telecommunication Engineering, Sangmyung University

### ABSTRACT

The personal mobility Sharing service is currently active. Especially, electric scooters are widely utilized because they can move comfortably at a high speed over a short distance with a simple driving method. Its driving method is easy, but there is no protection device to protect the bare body. So, there is a greater accident than other means of transportation, and if two people are on board, there is higher accident probability. However, since there is no specific ways to prevent multi-person boarding yet, we propose a multi-person boarding detection model using tilt and pressure sensor. The proposed method measures the tilt degree and direction by using a tilt sensor installed in the center of the board plate and detects multi-people riding.

**Key Words** : Personal Mobility, Electric Scooters, Multi-Person Boarding, Detection

### 1. 서 론

퍼스널 모빌리티 (personal mobility, PM)란 전기를 이용하여 25km/h이하의 빠른 속도로 탈수 있는 개인형 이동수단을 말한다. PM은 빠르고 연료비가 적게 들지만 다른 교통수단에 비해 가볍고 크기가 작아 휴대성이 좋고 교통 환경에 주는 부담이 적어, 공유 서비스 형태로 제공되고있다.

PM 공유 서비스로 제공되는 이동 수단 중 전동킥보드는 가까운 거리를 상대적으로 주행법이 간단하고 더 빠르게 이동할 수 있으며, 접근성이 좋아 대중적으로 사용된다. 직장인과 학생들의 출퇴근 및 등하교 그리고 여가 활동 등 다양하게 활용되고 있다.

전동 킥보드는 간단한 주행법으로 사용이 쉬운만큼 안전에 안일하게 생각하여 많은 문제점이 발생되고 있다.

탑승하는 사람들 대부분은 안전모를 미착용하고 있으며 면허를 소지하지 않은 청소년들이 운전을 하거나 하나의 전동킥보드에 두 사람 이상이 탑승해 위험롭게 운전하는 모습들을 쉽게 볼 수 있다. 이중 2인 이상의 다인 탑승은 사고 발생할 확률이 더 높으며 더 큰 부상으로 이어진다. 왜냐하면 전동 킥보드의 바퀴가 작아 충격 흡수에 취약하여 완충 성능이 떨어져 방지턱과 요철 노면 주행 시 충격을 제대로 흡수하지 못해 불안한 주행을 하게 된다. 또한, 전동킥보드는 서서 타기 때문에 무게 중심이 높게 위치해 있어 앞으로 전복될 가능성이 크지만 자전거나 오토바이처럼 외부충격으로부터 몸을 보호해줄 차체가 상대적으로 부족하여 더욱 위험하다. 혼자 탑승해도 상대적으로 위험성이 큰 전동킥보드를 2명 이상이 탑승하게 되면 조향이 더욱 어려워 중심을 잡기 힘들어지고 혼자 탑승했을 때 보다 과하게 중심이 앞으로 쏠려 넘어질 경우 팔과 머리를 크게 다쳐 사망에 이르는 사고로 이어질 수 있다. 본 논문은 다인탑승으로 인해 발생하는 큰 사고

†E-mail: vincent@smu.ac.kr

를 미연에 방지하기 위해 기울기 센서와 압력 센서를 이용한 전동 키포드용 다인 탑승 감지 방안을 제안한다.

## 2. 기존 다인 탑승 감지 방안

### 2.1 전동 키포드 이용 방안과 탑승 인원별발 위치와 압력 위치

전동키포드는 2인이상 탑승 시 무게 중심이 흔들리고 브레이크 사용시 속도 제어가 어려워지는 등 여러 안전상의 이유로 1인탑승으로 제한되어 있다. 대부분의 전동 키포드의 작동 방법은 땅을 한 발로 굴러 속력을 내며 손잡이에 있는 액셀을 누르며 출발한다(Fig 1). 전동 키포드 탑승자가 1명일 경우, 손잡이의 액셀을 눌러 출발하기 전 Fig 2(a)처럼 전동 키포드 발판 중앙에 발이 놓으며 Fig 2(b)에서 압력이 중앙에 많이 측정된다. 하지만 탑승자가 2명일 경우, 발을 구르는 사람의 한 발을 땅에 두고 중심을 잡은 후 두번째 탑승자가 탑승할 수 있기 때문에 1인 탑승과 달리 Fig 3(a)처럼 키포드에 발을 놓으며 Fig 3(b)처럼 두 발을 모두 올려 놓은 탑승자쪽으로 많은 압력이 측정된다.



Fig. 1. E-Scooter Starting Position.

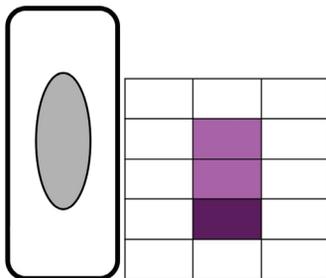


Fig. 2. Foot position and pressure distribution for one occupant before departure [1].

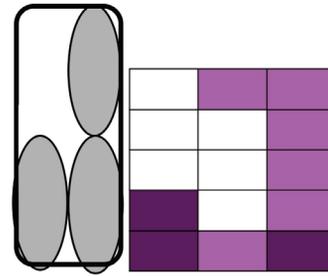


Fig. 3. Foot position and pressure distribution for 2 occupant before departure [1].

### 2.2 압력센서와 무게 측정 센서를 통한 다인 탑승 감지 방안

압력과 무게 측정 센서를 이용한 방안 [2]는 전동 키포드를 탑승할 때 1명이 탑승할 때와 2명이상 탑승할 때 전동 키포드 발판에 가해지는 압력과 무게를 이용한다. 발판에 압력센서를 5\*3구성으로 나열하여 설치하고 사람이 탑승했을 때 눌러지는 압력 센서의 개수를 측정한다. 또한, 탑승 가능한 무게를 설정하고 무게 센서를 통해 탑승자의 무게를 측정한다. 압력 센서의 개수와 무게 센서를 통해 측정된 무게가 남뉘 평균 몸무게를 초과할 경우 2인이상 탑승했다고 감지하여 모터 동작을 중지시키는 방식이다.

그러나, [2] 모델은 평균 몸무게 값이 다인 탑승 탐지 결정의 주요 인자로 사용하고 있어, 오동작의 원인으로 작용한다. 즉, 평균 몸무게 이하의 사람들이 탑승하는 경우, 이를 감지하지 못하는 경우가 발생한다.

### 2.3 조도 센서 기반 방안

가려지는 조도 센서 개수 측정 모델 [3]은 전동 키포드에 혼자 탑승할 때와 2 명이 탑승할 때 발판에 발이 놓여지는 위치가 달라지는 것을 이용한다. 조도 센서 기반 감지 방안은 발판에 놓여 지는 발의 위치를 고려하여 조도 센서를 설치하고 조도를 측정하는 센서를 통해 다인 탑승을 감지하는 방식이다. 발판의 앞쪽과 뒤쪽에 각 2개씩 4개의 조도 센서를 설치하고 조도 센서가 가려진 개수가 발 3개 이상이 올라 갔다고 인식하면 2인이상 탑승으로 감지하는 모델이다. 어두운 곳이나 밤에는 빛이 없어 빛의 정도를 측정하는 조도 센서가 감지하기 어렵기 때문에 LED가 줄처럼 연결한 네온 픽셀을 전동 키포드 발판 중간에 세로로 길게 설치하여 어둡어도 조도 센서가 조도를 측정할 수 있게 한다.

### 3. 제안하는 기울기 센서와 압력 센서를 이용한 다인 탑승 감지 방안

본 논문의 제안 방안은 발판을 기울어지게 만들어 기울기 센서를 중앙에 설치해 탑승자가 탑승했을 때 기울어지는 방향을 측정하고 압력 센서 값에 따라 2인 탑승을 감지하도록 한다.

#### 3.1 발판 설계

발판 중간 부분은 지레를 설치해 무거운 쪽으로 발판이 기울어지게 하였다. 1인 탑승일 경우에는 불안정하게 발판이 기울어지지 않도록 발판의 기울기를 평평하게 고정시키기 위해 발판 앞부분과 뒷부분에 높이 조절장치를 설치한다.

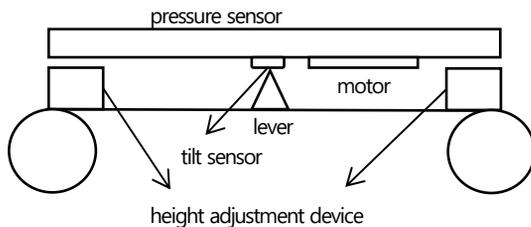


Fig. 4. Structure of footboard.

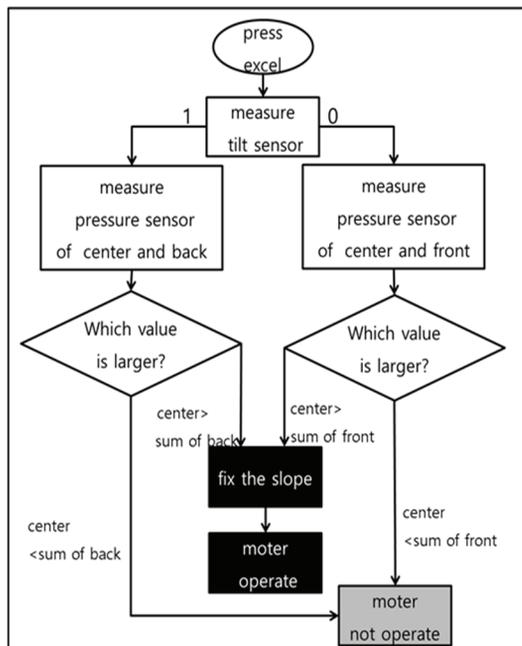


Fig. 5. Multi-person boarding restriction algorithm.

발판이 기울어진 방향이 앞쪽인지 뒤쪽인지 측정하기 위해서 기울기 센서를 발판 중앙에 부착하고 기울기 센서는 디지털 신호로 측정해 기울기 값이 0 또는 1이 되도록 한다. Fig 2와 Fig 3에서 1인 탑승과 2인 탑승시의 압력 분포가 각각 중앙 또는 앞, 뒤쪽 끝부분이라는 차이가 있기 때문에 압력 센서 5개를 앞에 2개, 중앙 1개, 뒤쪽에 2개를 부착한다. 압력 센서는 아날로그 신호로 값을 받을 때 압력에 따라 달라지도록 한다. 모터는 뒷부분에 설치한다. Fig.4는 전동 키보드 발판의 구조를 나타낸다.

#### 3.2 탑승 제한 알고리즘

전동 키보드의 손잡이에 있는 엑셀을 누르며 출발할 때 기울기 센서의 값을 측정한다. 기울기 센서는 뒤쪽으로 기울어지면 1, 그렇지 않으면 0이다. 기울기 센서 값이 1일 경우, 발판이 뒤로 기울어진 상태로 중앙에 있는 압력 센서와 뒤쪽에 있는 2개의 압력 센서 값을 측정한다. 뒤쪽 2개의 압력 센서 값의 합과 중앙 압력 센서 값을 비교한 후 만약 뒤쪽 압력 센서 값의 합이 중앙 압력 센서 값보다 더 크다면 2명이 탑승했다고 감지하고 모터를 작동시키지 않는다. 하지만 중앙 센서 값이 뒤쪽 2개의 압력 센서 값의 합보다 크다면 혼자 탑승했다고 감지해 발판의 기울기를 평평하게 고정시키고 모터를 작동 가능 상태가 된다.

기울기 센서 값이 0일 경우, 앞쪽으로 기울어졌을 가능성이 있다고 판단해 중앙 압력 센서와 앞쪽 2개의 압력 센서 값을 측정한다. 만약 앞쪽 2개의 압력 센서 값이 중앙 압력 센서 값보다 크다면 2인 탑승이라고 감지해 모터를 작동시키지 않는다. 기울기 값이 1일 때와 같이 중앙 압력 센서 값이 앞쪽 2개의 압력 센서 값보다 크다면 혼자 탑승했다고 감지해 발판의 기울기를 평평하게 고정시키고 모터를 작동 가능하도록 했다.

#### 3.3 성능분석

파이썬을 이용한 시뮬레이션 환경 구성은 다음과 같다. 발판의 크기는 가로 15cm, 세로 48cm로 가정했다. 1 칸을 0.5cm로 하여 가로 30칸, 세로 96칸에 발이 바깥으로 나가는 부분도 고려해 상하좌우에 32칸씩 추가하고 압력 센서가 위치한 부분은 3X3칸으로 나타내어 발판을 구현하였으며, 실제 발판인 부분은 0, 바깥 부분은 1로 표시하였다. 탑승자 수는 랜덤 함수를 통해 결정했다.

사람마다 발 크기가 다르고 발판에 발을 두는 위치도 달라지기 때문에 랜덤함수를 통해 발 크기와 발의 중심 위치를 정했다. 랜덤으로 정해진 위치에 따라 발이 놓인 부분은 3으로 표시했다. 만약, 발이 놓일 그리드 값이 0이 아닌 2라면 압력 센서를 밟은 것으로 해당 부분은 값 5로

저장해 기울기 센서를 측정하는 함수(slSensor())로 발판 배열을 넘겨주었다.

기울기 측정 함수는 실제 발판 부분에서 중심을 기준으로 앞쪽과 뒤쪽의 3과 5의 개수를 세고 뒤쪽에 3과 5의 개수가 많으면 기울기 센서 값 1, 그렇지 않을 경우 0이라고 하고, 이 값을 발판 배열과 함께 압력 측정 함수(prSensor())로 넘겨 주었다.

압력 측정 함수 (prSensor())는 발판 배열의 처음 2로 저장된 곳에서 각 위치에 따라 5로 변한 개수를 세고 그 값에 개수에 따라 30을 곱하고 0부터 50까지의 랜덤 값을 더해0-400이하의 압력 센서 값을 만들어 내고 모터 작동 여부를 결정하는 함수(operation())로 기울기 값과 함께 넘겨주었다.

압력 측정 함수 (prSensor())는 발판 배열의 처음 2로 저장된 곳에서 각 위치에 따라 5로 변한 개수를 세고 그 값에 개수에 따라 30을 곱하고 0부터 50까지의 랜덤 값을 더해0-400이하의 압력 센서 값을 만들어 내고 모터 작동 여부를 결정하는 함수(operation())로 기울기 값과 함께 넘겨주었다.

시뮬레이션은 1인 탑승일 때와 2인 탑승일 때 각각 50번씩 돌려 정확도를 측정하였다. 제안하는 기울기 센서와 압력 센서를 이용한 다인 탑승 제한 방안의 정확도는 89% 이었다. 기존 조도 센서 기반의 다인 탑승 제한 모델의 정확도는 79%, 무게 측정 센서와 압력 센서를 이용한 모델은 70%였다. 성능 분석 결과에 따르면 조도 센서 기반 모델은 2명이 탑승할 때 뒷사람이 발을 뒷부분 중앙에 가깝게 놓는 경우엔 2인 탑승을 정확하게 감지하지 못하였다. 무게 측정 센서와 압력 센서를 사용한 모델은 혼자 탑승하더라도 몸무게가 남녀 평균 몸무게를 넘어가면 2인 탑승이라고 감지하는 경우가 발생하였다.

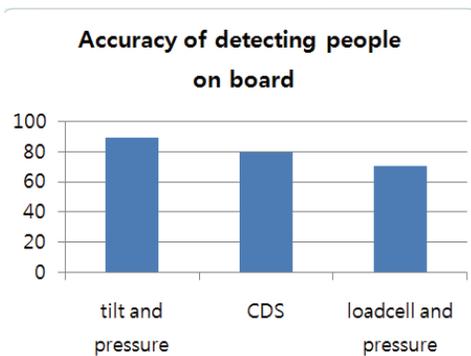


Fig. 6. Accuracy for multi-person boarding detection.

## 4. 결 론

2인 이상의 다인 탑승으로 인해 발생하는 사고를 사전에 방지하기 위해 제안 모델은 기울기 센서와 압력 센서를 이용하였다. 성능 분석을 통해 제안 모델은 기존 모델 대비 높은 정확도를 가지며, 고가의 무게 측정 센서를 사용하는 기존 모델보다 적은 비용을 통해 다인 탑승 감지가 가능함으로 확인하였다. 또한, 2인 탑승 시 발판 중앙 값에 대한 오차에 의해 측정 정확도가 감소하는 부분을 개선하기 위한 연구를 향후 연구로 진행할 예정이다. 제안 모델을 적용하는 경우, 2인 이상의 전동 킥보드 탑승으로 인해 발생하는 사고들을 미연에 방지할 수 있을 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 연구는 2023학년도 상명대학교 교내연구비를 지원받아 수행하였음. (2023-A000-0169)

## 참고문헌

1. Eo-Jin Jang, Ryeo-Won Kim, Yu-Bin Seo, Yoon-Seok Choi, & Kwangjae Lee, "A Multiple Riding and Illegal Parking Detection System for shared Scooter using IoT sensor and YOLO," Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences, pp. 1028-1029, 2023.
2. Kim-Tae Hwan, You-Dong Heon, & Jang-Byeong Hwa, "Capstone Design Electric Kickboard Multi-Personality Prevention," Workshop of the Korean Electrical Society, pp. 110-111, 2022.
3. Jaewon Jang, Jihwan Boo, Sangyeop Lee, Seungwoo Lee, & Yong-hwan Lee, "Electric kickboard that prohibits boarding of more than two people using CDS Photocell and Neo-Pixel.", Proceedings of KIIT Conference, pp. 560-562, 2021.
4. S. Kim, C. Kim, I. Kwon, and Y. Lee, "Development of Horizontal Attitude Monitoring System for Agricultural Robots," J. of the Korean Society of Semiconductor & Display Technology, Vol. 18, No.2, pp.87-91, 2019.
5. M. Kim, J. Kim, and O. Yang, "Design of the position control system for parabolic antenna using gyro sensor," J. of the Korean Society of Semiconductor & Display Technology, Vol.12, No.2, pp.85-91, 2013.
6. K. Kim, and Y. Park, "Study on Framework for continuing drone collaboration," J. of the Korean Society of Semiconductor & Display Technology, Vol.17, No.3,

- pp.1-9, 2018.
7. I. Kwon, C. Kim, S. Kim, and Y. Lee, "Development of multi-attitude monitoring system for agricultural robots," J. of the Korean Society of Semiconductor & Display Technology, Vol. 17, No. 3, pp. 65-69, 2018.
  8. W. Jang, D. Kim, and S. Lim, "An AI Safety Monitoring System for Electric Scooters Based on the Number of Riders and Road Types," Sensors, Vol. 23, No. 22, pp. 1-12, 2023.
  9. S. Gilroy, D. Mullins, E. Jones, A. Parsi, and M. Galvin, "E-Scooter Rider detection and classification in dense urban environments," Results in Engineering, Vol. 16, pp.1-8, 2022.
- 
- 접수일: 2024년 5월 2일, 심사일: 2024년 6월 17일,  
게재확정일: 2024년 6월 21일