

교통약자를 위한 스마트 보행기 구현

이지호*¹, 김민수*², 김기범*³, 최준혁*⁴, 이인수**

Implementation of a Smart Walkers for the Mobility Handicapped

Ji-Ho Lee*¹, Min-Soo Kim*², Ki-Beom Kim*³, Jun-Hyeok Choi*⁴, and In-Soo Lee**

요 약

교통약자들은 일반인보다 보행 시 사고에 크게 노출되어있다. 고령화 사회로 진입함으로써 노인들을 대상으로 하는 서비스 제공의 필요성이 커지고 있다. 본 논문에서는 보행 시 발생할 위험 상황을 사전에 방지하기 위한 스마트 보행기를 설계 및 제작하였다. 제안한 스마트 보행기는 사용자의 경로에 맞는 버스 번호 추출 후 안내하는 시스템과 정거장의 실시간 정보를 제공하는 기능이 있으며 보행 시 위험이 될 수 있는 포트홀, 오토바이, 자전거와 같은 정보를 인식한 후 경고할 수 있다. 이 외에도 횡단보도의 실시간 잔여 시간과 보행 속도를 비교하여 횡단 가능 여부를 판단하는 기능과 차량 진출입로 판단 기능을 추가하여 교통약자의 안전한 보행을 돕는다. 제안한 보행기는 소규모 시험 모델로 구현하였고 위험 인식, 길 안내 및 모터 제어 성능들을 확인하였다.

Abstract

The vulnerable are more exposed to accidents while walking than general public. As we enter an aging society, the need to provide services to the elderly is increasing. This paper suggests a smart walker designed to prevent dangerous situations that occur when walking in advance. Smart walker can extract the bus number suitable to the user's route and navigate them to their destination. It provides real-time bus arriving information to stations user will be passing through. Potholes, motorcycles, and bicycles that may pose a threat when walking are under detection continuously. In addition, it adds a function to compare the real-time remaining time of crosswalks with walking speed to determine whether crossing is possible, and capable of judging the entrance and exit road of vehicles to help the vulnerable walk safely. Proposed item is conducted by small figured test model and verified its various functions including danger detection, guiding system and motor control ability.

Key words

transportation vulnerable, smart walkers, convenience provision, accident prevention, recognizing dangerous objects, finding a way

* 경북대학교 전자공학부
- ORCID¹: <https://orcid.org/0009-0009-7793-100X>
- ORCID²: <https://orcid.org/0009-0008-8781-6868>
- ORCID³: <https://orcid.org/0009-0006-5591-7539>
- ORCID⁴: <https://orcid.org/0009-0008-6577-3027>
** 경북대학교 전자전기공학부 교수(교신저자)
- ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9773-4710>

· Received: Feb. 02, 2024, Revised: Feb. 22, 2024, Accepted: Feb. 25, 2024
· Corresponding Author: In-Soo Lee
School of Electronic and Electrical Engineering, Kyungpook National University, 80 Daehakro, Bukgu, Daegu, 702-701, Korea
Tel.: +82-53-950-7843, Email: insoolee@knu.ac.kr

1. 서 론

장애인, 고령자, 임산부, 영유아를 동반한 사람 및 어린이 등과 같이 일상생활에서 이동에 불편을 느끼는 사람을 말하는 교통약자들은 보행 시에 일반인보다 높은 빈도로 위험한 상황이 생길 수 있으며, 보행 중 사고가 발생했을 경우 심각한 부상으로 연결될 가능성이 높다. 국토교통부에서 수행한 2021년 교통약자 이동편의 실태조사 연구에 따르면, 2021년 말 기준으로 우리나라 교통약자 수는 전체 인구(약 5,164만 명)의 약 30%인 1,551만 명에 달했다. 이 중에서 장애인 및 고령자의 비율은 전체 교통약자의 약 68%에 달한다. 고령자는 시력, 반사적 반응, 판단의 속도, 판단의 정확성, 주의력 배분, 집중력 저하 등으로 인해 보행 시 큰 어려움을 겪는다.

현행 보행기 시장에서 안전 문제에 접근하는 방식은 사고 ‘후’ 부상을 줄이는 것에 치중되어 있다는 문제점이 있다. 스마트 보행기는 사고 ‘전’ 예방과 사용자의 스마트한 보행을 구현한다.

표 1에서 정리된 보행기 연구 사례를 살펴보면 대부분의 연구가 고령자의 보행을 보조하는 데 있어서 사고 ‘후’ 및 ‘안전’의 측면에 집중되어 있음을 발견할 수 있다[1]-[4].

본 논문에서는 교통약자들이 보행 시 겪을 수 있는 어려움을 사전에 방지하고 교통약자의 이동권을 보장하여 삶의 질을 향상할 수 있는 스마트 보행기를 설계하고 구현하였다.

II. 제안하는 스마트 보행기

2.1 제안하는 시스템의 형태와 연구범위

보행기의 구현 모델은 그림 1과 같이 구상한다. 사용자의 안전한 보행을 위해 GPS, 카메라, 초음파 센서 등이 필요하며, 각 센서를 통해 얻은 정보를 라즈베리파이에서 처리한다. 라즈베리파이에서 처리할 작업은 그림 2에 명시되어 있다.

표 1. 보행기 기술 및 연구사례
Table 1. Pedestrian technology and research cases

Researches	Content	Core content
A Study on Factors Affecting the Convenience of Walking Environment According to the Types of Walking Aids for the Mobility Handicapped [1]	Obstacle on the sidewalk was a factor that affects the convenience of the walking environment. Slope of the road is steep, the walker causes dangerous situations	Inconvenience recognition (Threatening factors)
A Safety evaluation of Walking Aids for the aged [2]	Stability evaluation of a walker conducted after the detailed design production. It is effective only when a stability evaluation is conducted in the early stages	Evaluation (Stability)
Electric walker for the elderly [3]	Personalized walkers are generally heavy and expensive, making them unsuitable for elderly to use	Structure (Personalized)
A Study on the Design Guidelines of the Elderly Walker for safety walking [4]	Some walkers are inconvenient to operate for elderly to use and did not fit to body structure	Evaluation (Stability)



그림 1. 제품 구상도
Fig. 1. Product conceptual diagram

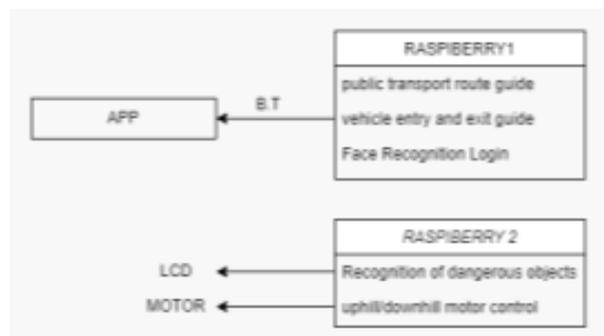


그림 2. 시스템 구상도
Fig. 2. System configuration map

횡단보도 잔여시간 정보서비스 API와 버스도착 정보 조회 서비스 API를 바탕으로 길찾기 및 버스 안내, 횡단보도 보조 시스템을 구현한다. 사용자에게 안내가 필요한 정보는 LCD를 통해 안내하고, 오르막길 보조 및 멈춤 시스템은 보행기에 부착된 모터로 제어한다.

2.1.1 GPS를 이용한 횡단보도 보조 시스템

교통약자는 인지 저하로 인해 본인의 보행 속도를 빠르게 인식하는 경향이 있어 횡단보도 보행 시에 사고가 빈번히 발생한다. 사용자의 원활한 보행을 보조하기 위해 잔여 시간과 평소 보행 속도를 계산하여 보행 가능 판단 여부를 안내하는 사용자 맞춤형 도로 횡단 시스템을 구상했다. 이를 위해 NEO-7M GPS 수신 모듈로 현재 사용자의 위도, 경도와 속도 정보를 얻는다. 보행자의 위치 정보와 교차로 Map 정보 API를 연계하여 가장 인접한 교차로ID를 추출한다. 교차로ID를 이용하여 신호제어기 잔여시간 정보 서비스 API에서 건너고자 하는 횡단보도의 실시간 잔여 보행 시간을 데이터 프레임으로 저장한다. 이 데이터는 사용자 보행 속도를 통해 산출된 예상 횡단 시간과 비교하여 사용자의 횡단 여부를 판단한다. 예상 횡단 시간은 교차로 Map 정보 API에서 가져온 횡단보도 폭을 사용자 보행 속도로 나눠서 산출한다.

2.1.2 길찾기 및 버스도착정보안내

사용자 목적지에 도달하는 가장 빠른 대중교통 경로를 대중교통 길찾기 API로 검색하여 버스 번호를 추출한다. 해당 버스의 실시간 도착 정보를 조회하고 사용자에게 남은 도착 시간을 음성으로 안내한다. 버스가 정류장에 진입할 때 사용자에게 탑승을 안내한다. LCD에 도착 예정 정보와 정류장 상세 정보를 함께 안내한다. 이러한 시스템은 안전하고 간편한 길찾기와 버스정보제공을 통해 노약자들의 이동을 효과적으로 지원할 수 있다.

2.1.3 차량 진출입로 안내

차량진출입로란 주차장, 주유소와 같은 장소에서

차량이 출입하기 위해 통과하는 도로를 말한다. 차량진출입로는 차량의 잦은 이동과 갑작스러운 경사, 시야 제한으로 인해 교통약자가 이를 인지하지 못해 안전사고가 발생할 위험이 크다. 이를 방지하기 위해 초음파 센서를 이용하여 차량진출입로 안내장치를 구현했다. 보행기 아랫부분에 초음파 센서 HC-SR04를 앞뒤로 2개 부착하여 보행기와 바닥 사이의 거리 D_1 , D_2 를 각각 측정한다. 일반적으로 차량 진출입로는 도로가 급경사인 경우가 다분하다. 보행기와 바닥 사이의 거리정보 측정값이 급변하는 점을 바탕으로 차량진출입로 여부를 판단한다.

그림 3에서 보이는 좌측 삼각형은 보행기 앞부분에 설치된 초음파 센서이고 우측 삼각형은 보행기 뒷부분에 설치된 초음파 센서이다. 각각 지면과 45° 각도로 부착되어 있다. 만약 보행자가 가야 할 경로에 차량진출입로가 존재한다면 앞부분 측정값과 뒷부분 측정값의 차이가 있을 것이다. 이때 측정한 빔변의 길이 D 와 $D+K$ 값의 차이, 즉 변화한 빔변의 길이인 K 값이 15cm 이상이라면 라즈베리파이가 이를 차량 진출입로로 판단하여 안전을 위한 브레이크(서보모터)를 1초 동안 동작시킨다. 이 기능은 기존 차량진출입로에서 빈번히 발생하는 안전사고를 예방하기 위해 고안되었으며 주로 보행기를 사용하는 노약계층, 장애계층에게 유의미한 안전사고 예방 기능이 될 것이다.

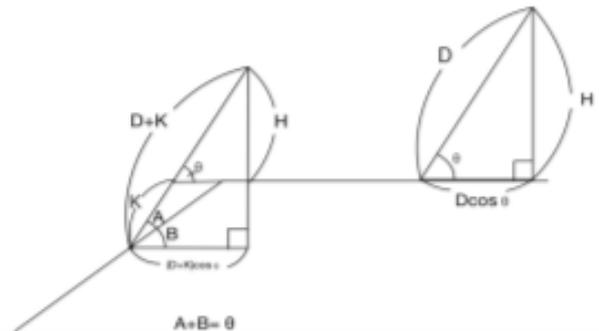


그림 3. 차량 진출입로 판단 알고리즘 그림 설명
Fig. 3. illustration of an entry and exit route decision algorithm

2.1.4 오르막길 보조 및 자동 멈춤 시스템

오르막길과 내리막길에서 발생할 수 있는 사고를 방지하기 위해 바퀴에 모터와 브레이크를 장착하여 사용자를 보조한다.

오르막길 보조 기능은 자이로 센서를 활용하여 보행기와 지면의 각도를 측정한다. 장애인, 노인, 임산부 등의 편의 증진 보장에 관한 법률에서 편의시설의 구조, 재질 등에 관한 세부 기준 제1호 나목에 따르면 진출입로 오르막 기울기를 최대 +6°로 제한하고 있다. 이에 본 보행기에서는 +2°에서 최대 기울기, +6° 사이의 각도를 감지하면 모터를 활용하여 사용자의 보행을 지원하고 경사로 구간에서 안정성을 높이도록 했다. 사용자의 평소 보행 속도와 경사각도, 날씨와 같은 변수를 고려하여 모터의 속도를 조절한다.

자동 멈춤 기능은 손잡이 하단에 부착된 압력 센서를 활용하여 주기적으로 압력을 감지하고 사용자의 보행 의지를 판단한다. 손잡이에 압력이 없을 때($P \leq 0$), 경사로에서 미끄러짐을 방지하기 위해 브레이크를 제어한다. 사용자의 보행 의지가 감지되면 ($P \neq 0$) 브레이크가 해제되어 보행을 지원한다.

2.1.5 사용자 맞춤 서비스를 위한 얼굴 인식

보행기를 이용하는 다수의 사용자를 고려한 사용자 맞춤 인터페이스를 제공하면서, 사용자 식별과 로그인 환경을 향상하기 위해 OpenCV와 웹캠을 활용한 얼굴 인식 시스템을 구현하였다. 사용 전에는 사용자의 얼굴 이미지를 보행기에 저장하여 개별적으로 식별할 수 있도록 하였다. 이를 위해 OpenCV를 사용하여 학습된 얼굴 데이터와 비교하여 얼굴 일치도가 75% 이상이면 해당 사용자로 인식하는 알고리즘을 도입하여 로그인 환경을 구현하였다.

그뿐만 아니라, 사용자의 편의성을 고려하여 사용자의 평소 보행 시간 및 자주 가는 목적지와 관련된 정보를 인터페이스상에서 제공한다. 이를 통해 사용자가 필요로 하는 정보를 쉽게 얻을 수 있다.

2.2 위험 인식

2.2.1 Yolo

YOLO(You Only Look Once)는 객체 인식 알고리즘으로 카메라로 인식한 이미지에서 실시간으로 원하는 모델 검출을 구현한다. 기존의 R-CNN이나

Fast R-CNN 알고리즘에서 회귀(Regression)을 통한 추출과 이름 분류 작업이 두 개의 독립시행이지만 YOLO에게서는 추출과 분류를 한 번의 회귀 작업으로 통합하여 FPS(Frames Per Second) 성능을 개선했다[5]. FPS는 초당 프레임 성능으로 높은 수치일수록 자연스럽게 연속적인 인식이 가능하다. 그리고 이미지 전체를 한 번에 받아들여 컨볼루션(Convolution)과 맥스-풀링(Max-Pooling) 연산을 수행하기 때문에 불필요한 영역 분할 및 계산 과정을 생략하여 실시간 처리 용이성을 높였다[6]. 이에 따라 본 논문에서 YOLO 알고리즘으로 실시간 위험 객체 인식 시스템을 구성하였다.

보행기에서 실시간 이동 중 잠재적 위험 요소들을 인식하기 위해 출시된 YOLO 버전 중 v5를 사용한다. YOLOv5의 이전 버전에서 Darknet 방식의 CNN backbone structure을 채택했다면, 해당 모델은 특징 맵(Feature map)을 추출하기 위해 CSPNet을 사용했다[7]. CSPNet은 무거운 연산량 문제를 해결하여 Mobile GPU에서도 빠른 응답을 보장한다. 가벼운 모델 크기와 빠른 검출은 라즈베리파이같은 가벼운 하드웨어에서도 실시간 위험 인식을 충족한다. 또한 PyTorch 딥러닝 프레임워크를 사용하여 실시간 탐지 가능성을 높였다.

2.2.2 Yolo의 학습 예측 방식

자동차, 오토바이, 흉기 등 요소들은 YOLOv5에서 MS COCO 데이터셋으로 사전 학습된 가중치들을 이용하여 인식한다. 실시간으로 빠른 요소 검출을 위해 경량화된 모델 파일, yolov5s.pt를 사용했다. 검출한 요소 중 잠재 위험들은 클래스별로 구분하여 정확도(Confidence)가 특정 수치 이상이면 인식 중인 화면을 라즈베리파이에 연결된 LCD 창에 띄우고, 알림을 커맨드창으로 전송한다.

보행자가 마주할 수 있는 또 다른 위험 요소인 포트홀을 검출하기 위해 Roboflow에서 포트홀 이미지 데이터셋(Pothole image Dataset)을 이용했다. Roboflow에서 총 665장의 통합된 포트홀 데이터들은 검출하고자 하는 모델에 경계 상자(Bounding box), 전처리되어 있어 모델 학습에 유리하다. Google Colaboratory 환경에서 포트홀 데이터 학습을 진행했다.

Google Colaboratory는 하드웨어에 상관없이 동등한 CPU, GPU, RAM 성능을 보장하고 딥러닝 관련 라이브러리를 제공한다. Roboflow에서 가져온 포트홀 이미지들은 온라인 T4 GPU에서 데이터 크기 (Batch size) 16, 반복 횟수(Epoch) 50번 학습을 실행했다. 이미지 크기는 416x416으로 조정하였고, 모델 파일은 yolov5s.yaml를 활용했다[8].

III. 결과 및 고찰

3.1 시스템 구현

3.1.1 위험 요소 인식

잠재적 위험 요소를 인식하기 위해 가벼운 라즈베리파이4 하드웨어를 사용하였고, Rasbian bullseye OS상에서 YOLOv5를 구동했다. 그리고 실시간으로 빠른 인식을 할 수 있도록 가장 경량화된 학습 데이터, yolov5s.pt를 사용하여 즉각적인 응답을 보장했다. 그림 4는 실시간으로 객체 검출을 수행 중인 모습이다. 이렇게 라즈베리파이와 연결된 카메라에서 읽는 도보 중 상황은 보행기 위 LCD에서 Tkinter 환경으로 송출한다. 동시에 자전거, 자동차, 오토바이 등 총 7가지 위험 요소에 대해 인식 결과 정확도(Confidence)가 50% 이상일 경우 사용자에게 커맨드창에서 문자 형식으로 경고 메시지를 보낸다. 그림 4처럼 주변 환경을 인식했을 때, 자동차의 경우 0.5 이하의 정확도에서 큰 오차를 보였다. 따라서 기준치는 그 값을 반영하여 50%로 설정하였다.



그림 4. YOLOv5를 이용한 객체 검출
Fig. 4. Object detection with YOLOv5

그림 5에서 사용자에게 LCD로 주변 상황을 송출하는 모습과 경고 메시지를 보내는 것을 확인할 수 있다.

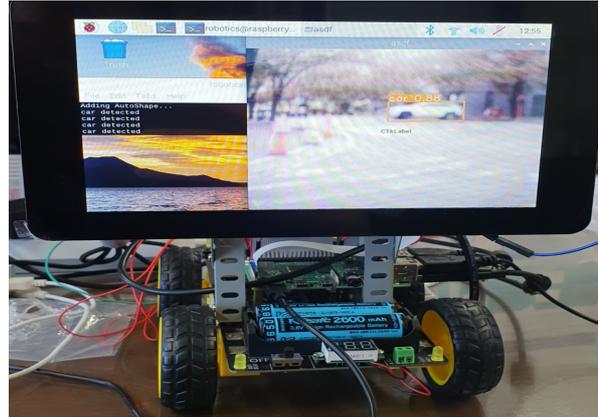


그림 5. 객체 검출 후 LCD창으로 사용자에게 위험을 경고하는 화면

Fig. 5. Object detection alert display to users

3.1.2 포트홀 인식

기본적인 7가지 위험 요소들은 COCO dataset을 이용했지만, 포트홀의 경우 Roboflow에서 가져온 데이터들을 Google Colaboratory에서 학습했고, 생성된 pt파일을 Rasbian OS로 옮긴 후, YOLOv5로 똑같이 검출을 진행했다. 그림 6은 포트홀 검출을 진행한 결과이다. 포트홀을 인식했을 때 confidence가 50% 이상이면 경고 알람을 LCD 창으로 보내도록 했다. 포트홀은 이미지 데이터들을 직접 학습시켜 모델 파일들을 만들기 때문에 부여한 가중치에 따라 인식률에 차이가 발생한다.

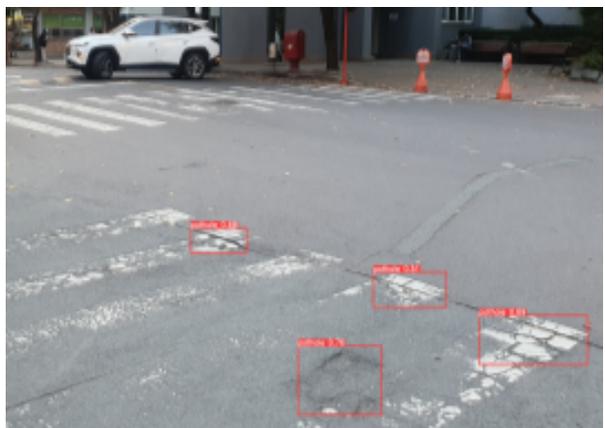
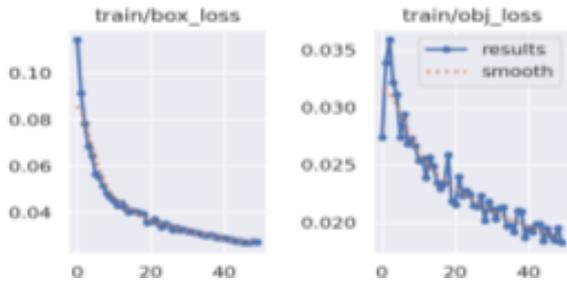
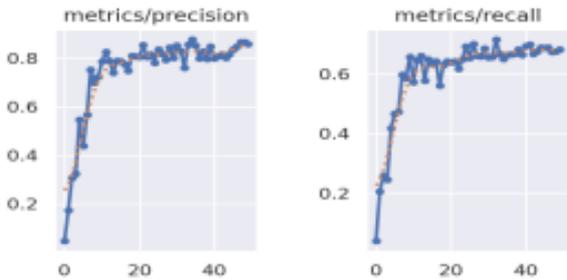


그림 6. YOLOv5를 이용한 포트홀 검출
Fig. 6. Pothole detection with YOLOv5

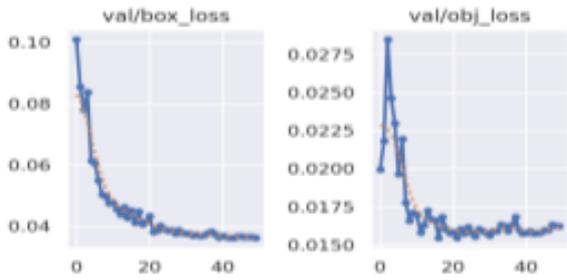
본 논문에서는 데이터 크기 16으로 총 50번 학습을 진행했다. 그에 따른 인식률은 그림 7에서 (a)와 (c)의 loss function과 (b)와 (d)에서 정확성(Precision) 성능으로 나타내었다.



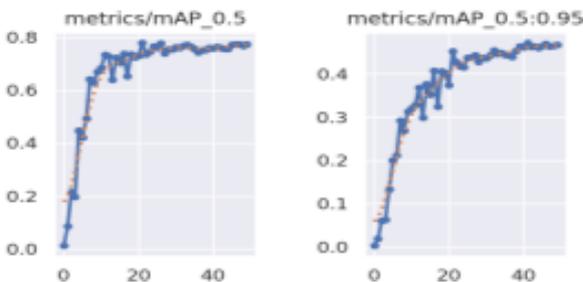
(a) 데이터에서 학습 횟수에 따른 인식 손실 그래프
 (a) Detection loss graph by number of training epochs



(b) 데이터에서 학습 횟수에 따른 평균, 회귀 그래프
 (b) Precision, recall graph by number of training epochs



(c) 검증 중 학습 횟수에 따른 인식 손실 그래프
 (c) Detection loss graph by number of validation epochs



(d) 데이터에서 학습 횟수에 따른 평균 정확도 그래프
 (d) Mean average precision graph by number of training epochs

그림 7. 포트홀 이미지 학습 후 데이터 손실과 정확도 그래프

Fig. 7. Loss and Precision curve after training pothole

3.2 성능 시험

보행기의 시험을 위해 그림 8처럼 시험 모델을 제작하였다. 본 시험 모델은 소규모 크기로 제작하여 다기능을 집적할 수 있도록 하였다. 기본적인 구동 하드웨어는 라즈베리파이 자율주행 키트를 사용했다. 그리고 위에 보행기의 손잡이 역할을 담당할 구조체를 접합하였고, 라즈베리파이 두 개와 LCD를 거치했다. 리튬 건전지로 원격 구동을 보장하였다.

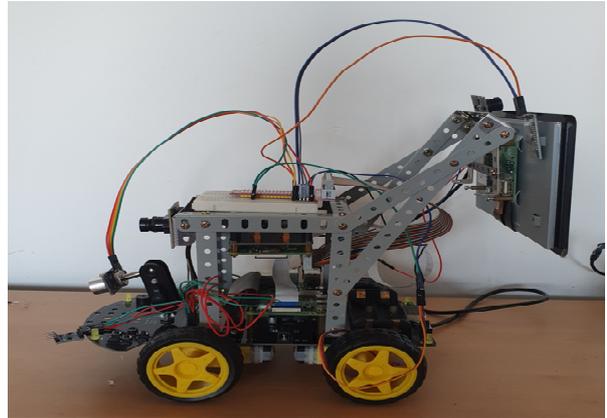
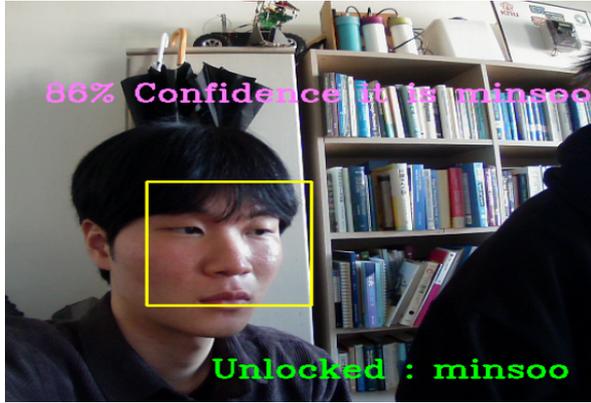


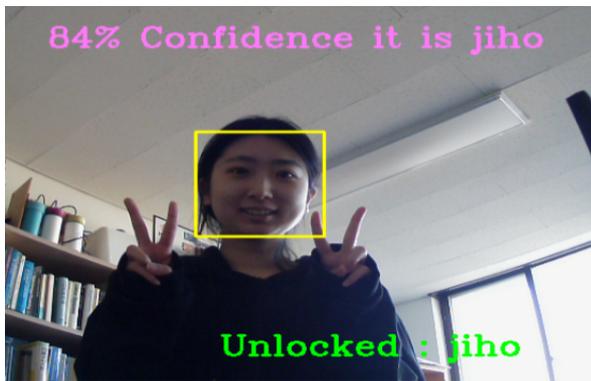
그림 8. 스마트 보행기 시험 모델
 Fig. 8. Smart walker test model

구조체 하단의 라즈베리파이는 자율주행 키트 보드와 연결되어 자이로스코프에 의한 기울임 측정값에 따라 바퀴의 모터를 제어한다. 자이로스코프(MPU6050)에서 인식하는 값이 5를 초과할 때 전방 추진하고 -5 미만을 경우 후방 추진하여 사용자의 보행을 돕는다. 또한 전방에 부착된 카메라는 위험 인식을 실시간으로 진행하고 LCD로 알람을 전송한다.

구조체 상단의 라즈베리파이에서는 사용자 얼굴 인식, 차량 진출입로 여부에 따른 제동, 길찾기 및 버스 정보 안내와 횡단보도 보조 기능을 수행한다. 먼저 카메라로 특정 사용자의 얼굴을 인식한다. 특정 사용자 인식을 위해 OpenCV에서 haar cascade 알고리즘을 이용하여 얼굴을 인식하는 코드를 사용했다[9]. 인식 모습은 그림 9와 같다. 이렇게 검출한 사용자는 상응하는 속도를 알고리즘에 대입하고 실시간 횡단보도 잔여 시간 api와 비교하여 가까운 횡단보도를 시간 내 보행할 수 있는지 문자 형식으로 출력한다.



(a) 특정 사용자 구분 및 인식 예시
(a) Example of specified user discretion and recognition



(b) 다른 사용자 구분 및 인식 예시
(b) Example of another specified user discretion and recognition

그림 9. 사용자의 인식과 분류 결과 화면

Fig. 9. Result screen of user detection and classification

본 논문에서는 근처 횡단보도를 가져오기 위해 보행기 위치에 대한 난수(Random)를 생성하여 보행 여부를 출력했다. 그리고 대중교통정보 플랫폼 서비스, ODSay의 API를 가져와 경북대학교에서 동대구역까지 대중교통 노선을 사용자에게 알리도록 했다. 향후 GPS 모듈을 활용하여 실시간으로 보행자의 보행 여부 판단과 길찾기 서비스를 제공할 수 있다. 추가로 이 라즈베리파이는 초음파 센서와 연결되어 알고리즘에 따라 서보모터를 제어, 바퀴에 브레이크를 작동하는 임무를 수행한다.

IV. 결 론

본 논문에서는 이동 보조의 핵심 기능뿐만 아니라 보행 상황에서 발생하는 어려움을 해결하는 기

능을 추가한 스마트 보행기를 설계하였다. 이 기기는 교통약자들이 타인의 도움 없이 보행을 할 수 있도록 보조함으로써 궁극적 자립을 돕는다. 또한 평소 개인의 보행 습관과 특성을 기억하여 개인 맞춤형 서비스를 제공할 수 있다. 이로써 사용자의 안전성을 높이고 사고 후가 아닌 사전에 사용자의 인지적 기능을 보완해주고 위험에 노출되었을 때 능동적인 대응을 도와 사고를 예방할 수 있다. 이러한 노력은 교통약자들의 안전한 보행을 촉진하며 결과적으로 교통약자들의 삶의 질 향상에 기여할 것으로 기대된다. 그리고 이러한 사용자 맞춤 서비스는 보행기 이용자들에게 높은 편의성을 제공하며, 사용자의 보행 수준을 향상한다. 이 시스템은 대역사업으로도 확장할 수 있으며, 다수의 사용자에게 서비스를 제공하는 동시에 사용자 간에 개별적으로 맞춤형 인터페이스를 제공할 수 있어 사업화 가능성이 유망하다.

제안한 스마트 보행기는 상용화를 목표로 하고 있으며 이러한 목표를 달성하기 위해 다양한 기술과 혁신적인 접근을 적용하고 있다. 상용화를 통하여 기술을 국내외 시장에 성공적으로 도입함으로써 교통약자뿐만 아니라 사회 전반에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 기대된다. 이를 통해 우리나라의 고령화 사회에 대한 도전에 적극적으로 대처하고 새로운 비즈니스 기회를 창출하는 데 이바지할 것이다.

Acknowledgment

2023년도 한국정보기술학회 추계종합학술대회에서 금상을 수상한 논문(교통약자를 위한 스마트 보행기)을 확장한 것임.

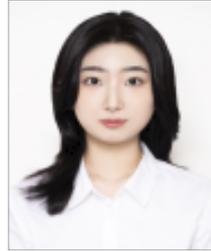
References

[1] S.-Y. Kim and D.-U. Yoo, "A Study on Factors Affecting the Convenience of Walking Environment According to the Types of Walking Aids for the Mobility Handicapped", Journal of the Architectural Institute of Korea, pp. 244-247, Oct. 2021.

- [2] J.-Y. Park and A. Jo, "A Safety evaluation of Walking Aids for the aged", Journal of the ergonomics society of Korea, pp. 151-154, May 2008.
- [3] S. Park, N. Yang, J. Hwang, D. Shin, and S. Han, "Electric walker for the elderly", Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers, pp. 899-901, Nov. 2016.
- [4] H.-U. Lee and S.-H. Yang, "A Study on the Design Guidelines of the Elderly Walker for safety walking", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 11. No. 1, pp. 161-168, Jan. 2020. <https://doi.org/10.15207/JKCS.2020.11.1.161>.
- [5] C. He and P. Saha, "Investigating YOLO Models Towards Outdoor Obstacle Detection For Visually Impaired People", arXiv preprint arXiv:2312.07571, Dec. 2023. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.07571>.
- [6] L. Zhou, T. Lin, and A. Knoll, "Fast and Accurate Object Detection on Asymmetrical Receptive Field", arXiv preprint arXiv:2303.08995, Mar. 2023. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.08995>.
- [7] C.-Y. Wang, et al., "CSPNet: A new backbone that can enhance learning capability of CNN", IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition workshops, Seattle, WA, USA, pp. 390-391, 2020.
- [8] M. E. Yücel, S. Topaloğlu, and C. Ünsalan, "Embedded Planogram Compliance Control System", arXiv preprint arXiv:2401.06690, Jan. 2024. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.06690>.
- [9] <https://github.com/codeingschool/Facial-Recognition.git> [accessed: Dec. 28, 2023]

저자소개

이 지 호 (Ji-Ho Lee)



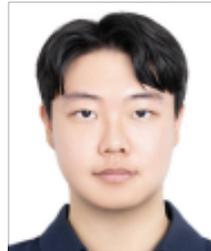
2022년 3월 ~ 현재 : 경북대학교
전자공학부 학사과정
관심분야 : 딥러닝, 빅데이터, IoT

김 민 수 (Min-Soo Kim)



2020년 3월 ~ 현재 : 경북대학교
전자공학부 학사과정
관심분야 : 컴퓨터비전, 딥러닝

김 기 범 (Ki-Beom Kim)



2021년 3월 ~ 현재 : 경북대학교
전자공학부 학사과정
관심분야 : 딥러닝, 빅데이터, IoT

최 준 혁 (Jun-Hyeok Choi)



2019년 3월 ~ 현재 : 경북대학교
전자공학부 학사과정
관심분야 : 딥러닝, 임베디드 설계,
컴퓨터비전

이 인 수 (In-Soo Lee)



1986년 : 경북대학교

전자공학부(공학사)

1989년 : 경북대학교

전자공학부(공학석사)

1997년 : 경북대학교

전자공학부(공학박사)

1997년 3월 ~ 2008년 2월 :

상주대학교 전자 및 전기 공학 교수

2005년 8월 ~ 2007년 1월 : 미국 샌디에고 주립대학교
방문학자

2008년 3월 ~ 2014년 10월 : 경북대학교 전자전기공학부
교수

2014년 11월 ~ 현재 : 경북대학교 전자공학부 교수

관심분야 : 배터리 SOC 및 SOH 추정, 시스템 고장진단
및 고장허용제어, 신경회로망 기반 지능제어, 지능형
센서 시스템