

# Development of an AI-Based Assistive System for Safe Walking of the Visually Impaired

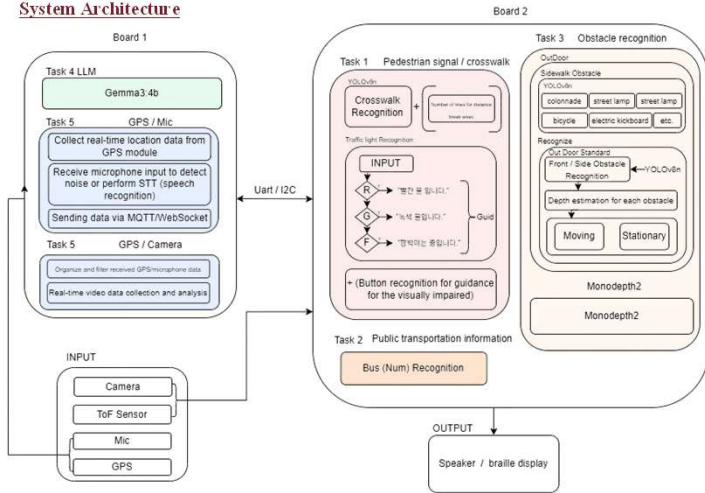
NEXT SIGHT 이희원, 권민주, 신예호, 이예습 교수

## Introduction

시각장애인은 소음, 방향 상실 등으로 보행에 어려움을 겪으며, 특히 기존 음성 안내 시스템은 소음 상황에서의 사용이 제한적이다.

본 연구에서는 YOLOv8, OCR, LLM을 활용한 실시간 영상 기반 스마트 보조 시스템을 제안하며, 스마트 안경, LiDAR 센서 부착 지팡이, 제스처 장갑으로 구성되어 다양한 상황에서의 안전한 이동과 자율성 향상을 지원한다.

## System Architecture



## System Scenario

### Task 1 (Pedestrian signal/crosswalk recognition)

사용자가 횡단보도 앞에 서면, 카메라가 신호등과 횡단보도를 인식해 "빨간불입니다" 등으로 안내

### Task 2 (Public transportation information)

버스 정류장에서 카메라가 버스 번호를 OCR로 인식해 "253번 버스가 도착했습니다"라고 음성 안내

### Task 3 (Obstacle recognition)

이동 중 카메라와 센서가 장애물과의 거리를 인식해 "2미터 앞 장애물" 등으로 안내

### Task 4 (LLM)

사용자가 음성으로 목적지를 말하면, LLM이 도로/대중교통 옵션을 안내하고, 대화형으로 경로를 추천

### Task 5 (GPS/Mic & GPS/Camera)

GPS로 실시간 위치를 파악하고, 마이크 받은 음성 입력을 통해 통합 안내를 제공

## Smart Glove

MCU	Raspberry Pi Zero 2W
Sensors	5× Flex sensors (1 per finger)
ADC	MCP3008 (10-bit)
Sampling	Real-time analog signal acquisition and classification
Gesture Recognition	Index finger : Start navigation Index + Middle fingers : Cancel navigation or change destination



Smart Glove 실제 모습

```
[INFO] [1749427936.993835596] [flex_sensor_service]: Service ready
Thumb: 0.91V (레드) | Index: 1.13V (레드) | Middle: 1.31V (레드) | Ring: 1.02V (레드) | Pinky: 0.95V (레드)
Thumb: 0.87V (레드) | Index: 1.09V (레드) | Middle: 1.45V (레드) | Ring: 0.93V (레드) | Pinky: 0.86V (레드)
Thumb: 0.88V (레드) | Index: 0.98V (레드) | Middle: 1.39V (레드) | Ring: 0.95V (레드) | Pinky: 0.90V (레드)
Thumb: 0.76V (레드) | Index: 0.98V (레드) | Middle: 1.43V (레드) | Ring: 0.94V (레드) | Pinky: 0.90V (레드)
Thumb: 0.81V (레드) | Index: 1.20V (레드) | Middle: 0.94V (레드) | Ring: 0.86V (레드) | Pinky: 0.91V (레드)
Thumb: 0.80V (레드) | Index: 1.25V (레드) | Middle: 0.88V (레드) | Ring: 0.85V (레드) | Pinky: 1.36V (레드)
Thumb: 0.96V (레드) | Index: 1.39V (레드) | Middle: 1.54V (레드) | Ring: 0.46V (레드) | Pinky: 1.12V (레드)
Thumb: 0.96V (레드) | Index: 1.28V (레드) | Middle: 1.50V (레드) | Ring: 0.47V (레드) | Pinky: 0.35V (레드)
```

Flex sensor 인식 화면

## Wearable Smart Glasses

MCU	Radxa Zero 3W (8GB RAM, Low-power embedded board)
Object Detection	Pre-trained with: COCO dataset + Roboflow open datasets + Custom-collected data Target Classes: Obstacles: Streetlight, Tree, Kickboard, Bollard → Distance estimate with LiDAR Traffic Objects: Traffic Light, Crosswalk
LLM	Large Language Model: Gemma 3 4B (LoRA-optimized) Functionality: Natural language generation for alert, instruction Performance: Response time: ~1.5-2 seconds
Navigation	Configuration: TMAP API + GPS module for real-time location and route planning

## Smart Cane

MCU	Arduino Uno
Sensors	LiDAR sensor (distance measurement)
Actuators	Miniature solenoids (individually control each Braille pin)
Functionality	- Detects obstacles with high precision using LiDAR sensors - Recognizes approaching objects for enhanced safety



Smart Cane 실제 모습

## Conclusion

본 연구에서는 시각장애인의 자율 보행을 지원하기 위해 스마트 안경, 제스처 장갑, 점자 지팡이로 구성된 통합 보조 시스템을 구현하였다. 각 장치는 다음과 같은 기능을 수행한다:

- 스마트 안경: 객체 인식 및 설명 (YOLO + LLM)
- 제스처 장갑: 손가락 제스처 명령 입력 (Flex 센서)
- 지팡이: 거리 감지 (LiDAR)

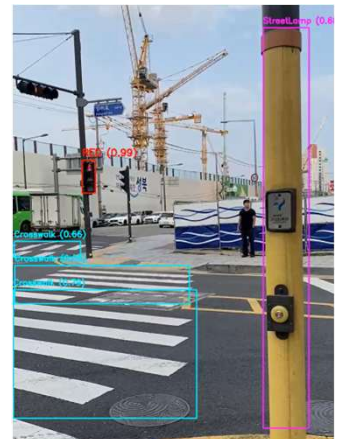
세 장치는 ROS 2 기반으로 통합되어 실시간으로 정보를 공유하며, 저전력 환경에서도 안정적으로 작동한다. 실험을 통해 시각장애인의 보행 시 객체 인식, 제스처 명령 전달, 거리 피드백 제공 task를 안정적으로 수행함을 확인하였다.

## After Work

- 웨어러블 소형화 및 에너지 효율 최적화
- 멀티모달 상호작용 고도화



Smart Glass 실제 모습



Object Detection 예시