

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

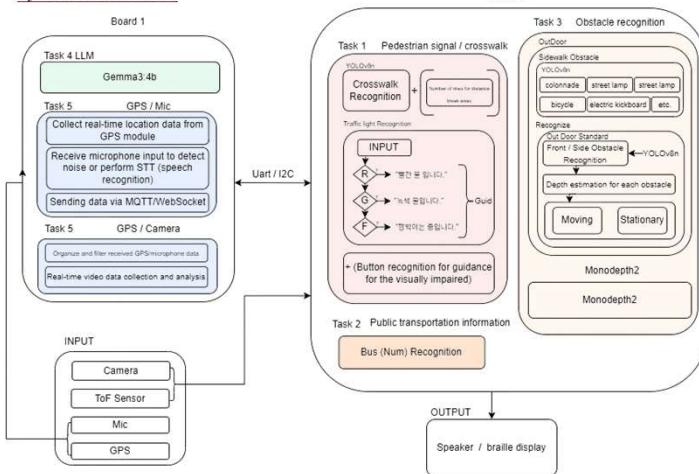
NEXT SIGHT 이희원, 권민주, 신예호, 이예솔 교수

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 도보/대중교통 옵션을 안내하고, 대화형으로 경로를 추천

Task 5 (GPS/Mic & GPS/Camera)

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

Smart Glove

MCU

Raspberry Pi Zero 2W

Sensors

5x 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] [1749427939.99303556] [flex_sensor_service]: Service ready
Thumb: 0.91V (회색) | Index: 1.13V (회색) | Middle: 1.51V (회색) | Ring: 1.02V (회색) | Pinky: 0.95V (회색)
Thumb: 0.57V (회색) | Index: 1.09V (회색) | Middle: 1.45V (회색) | Ring: 0.93V (회색) | Pinky: 0.86V (회색)
Thumb: 0.88V (회색) | Index: 0.58V (회색) | Middle: 1.39V (회색) | Ring: 0.95V (회색) | Pinky: 0.90V (회색)
Thumb: 0.76V (회색) | Index: 0.58V (회색) | Middle: 1.43V (회색) | Ring: 0.94V (회색) | Pinky: 0.90V (회색)
Thumb: 0.81V (회색) | Index: 1.20V (회색) | Middle: 0.84V (회색) | Ring: 0.86V (회색) | Pinky: 0.91V (회색)
Thumb: 0.80V (회색) | Index: 1.20V (회색) | Middle: 0.88V (회색) | Ring: 0.95V (회색) | Pinky: 1.02V (회색)
Thumb: 0.95V (회색) | Index: 1.33V (회색) | Middle: 1.55V (회색) | Ring: 0.46V (회색) | Pinky: 1.12V (회색)
Thumb: 0.96V (회색) | Index: 1.28V (회색) | Middle: 1.60V (회색) | Ring: 0.47V (회색) | Pinky: 0.35V (회색)
```

Flex sensor 인식 화면

광운대학교 로봇학부

E-mail: tlstdPgh0914@gmail.com / Kweonmj9297@gmail.com / 7dlgmlndnjs7@gmail.com

Wearable Smart Glasses

MCU

Radxa Zero 3W (8GB RAM, Low-power embedded board)

Object Detection

Pre-trained with:
(YOLOv8n-based)
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

1. 웨어러블 소형화 및 에너지 효율 최적화
2. 멀티모달 상호작용 고도화



Smart Glass 실제 모습



Object Detection 예시

