

AIoT 기반 스마트 점자블록 장애물 경고 시스템

임영훈, 오성현, 김정곤*

한국공학대학교 전자공학부

dladjwlsrh@tukorea.ac.kr, osh119@tukorea.ac.kr, jgkim@tukorea.ac.kr*

AIoT-Based Smart Obstacle Warning System for Braille Blocks

Young Hoon Lim, Sung Hyun Oh, Jeong Gon Kim*

Dept. of Electronic Engineering, Tech University of Korea

요약

최근 점자블록 등 장애인 편의시설의 관리 부실로 인해 시각장애인의 보행 안전 문제가 사회적으로 대두되고 있다. 특히 공유 킥보드나 자전거 등의 무단 방치로 점자블록 위에 장애물이 존재하는 사례가 증가하고 있으며, 이에 대한 실시간 대응이 어려운 것이 문제로 지적된다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해, 점자블록 위의 장애물을 자동으로 검출하고 사용자에게 실시간 알림을 제공하는 AIoT(Artificial Intelligence of Things) 기반 시스템을 제안한다. YOLOv8(You Only Look Once version 8)의 Polygon Segmentation 기법을 적용하여 점자블록과 장애물의 실제 형상을 정밀하게 인식하고, 겹침 여부를 분석함으로써 장애물 존재 여부를 판단한다. 검출 결과는 Firebase와 연동된 애플리케이션을 통해 사용자 및 관리자에게 제공되며, 시각장애인의 안전한 보행을 지원할 수 있다.

I. 서론

최근 시각장애인을 위한 보행 환경의 개선 필요성이 사회적으로 크게 부각되고 있다. 특히, 점자블록과 같은 장애인 편의시설에 대한 민원이 지속적으로 증가하고 있으며, 그에 따라 실질적인 관리 방안의 마련이 시급한 상황이다. 국민권익위원회에 따르면, 최근 3년간 권익위 민원 분석시스템에 수집된 장애인 편의시설 관련 민원은 총 1만 8천여 건에 달하며, 2023년 한 해 평균 월 656건으로 전년도 대비 약 1.5배 증가한 것으로 나타났다[1]. 특히, 최근에는 공유 킥보드나 자전거 등 개인형 이동장치의 보급이 확대되면서, 점자블록 위에 무단 방치된 장애물로 인해 시각장애인의 보행 안전이 더욱 위협받고 있는 실정이다. 그러나 현재 대부분의 관리 방식은 현장 순찰에 의존한 수동적인 감시 체계에 머물러 있어 인력 및 시간 자원의 한계로 인해 즉각적인 조치가 어렵다.

이러한 문제를 해결하기 위해, CCTV(Closed Circuit TeleVision) 영상과 AI(Artificial Intelligence) 기반 객체 인식 기술을 결합하여, 점자블록 위의 장애물을 자동으로 검출하고 지자체나 사용자에게 실시간으로 알림을 제공하는 연구가 진행되고 있다[2]. 그러나, 기존 객체 검출 방식은 Bounding Box 기반으로 객체를 단순한 사각형 형태로 인식하는 데 그쳐, 점자블록 및 장애물의 다양한 형상을 정확히 반영하는 데 한계가 있었다.

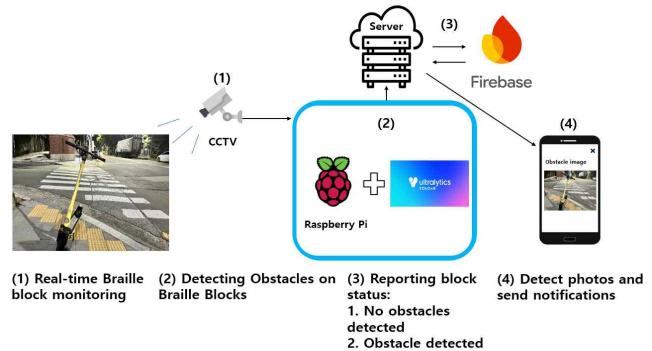
따라서, 본 시스템은 YOLOv8(You Only Look Once version 8) 기반 Polygon Segmentation 기법을 적용하여 점자블록의 실제 형태에 맞게 경계를 인식하고, 장애물과의 겹침 여부를 정확히 판단하는 핵심 기술을 구현하였다[3].

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 제안하는 시스템의 전체 구성도와 YOLOv8 기반의 Polygon Segmentation 및 장애물 판별 알고리즘 등 핵심 기술과 성능에 대해 설명한다. 끝으로 3절에서는 본 연구의 결론과 함께 제안 시스템의 의의 및 향후 연구 방향에 대해 논의한다.

* : 교신저자

II. 본론

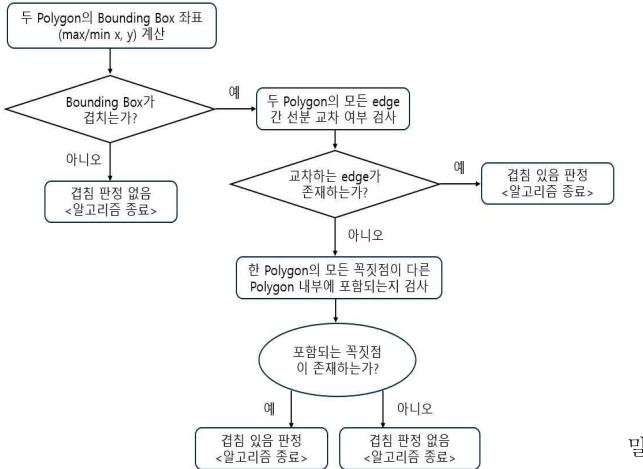
본 논문에서 제안하는 장애물 검출 및 알림 시스템의 전체 구성은 [그림 1]과 같다. 전체 시스템은 영상 수집, 객체 검출, 데이터 전송 및 저장, 사용자 알림의 단계로 이루어지며, 점자블록 위의 장애물 유무를 실시간으로 분석하고 사용자에게 알림을 제공하는 기능을 수행한다.



[그림 1] 전체 시스템 구성도

시스템은 거리 보행 환경의 특정 구간에 설치된 CCTV를 통해 점자블록 영역의 영상을 수집하는 것으로 시작된다. 수집된 영상은 Raspberry Pi 장치로 전송되며, 해당 장치 내에서 학습된 YOLOv8 모델을 통해 점자블록과 장애물 객체를 분리하고 인식한다. 검출된 결과는 서버를 통해 Firebase 데이터베이스에 저장되며, 사용자 애플리케이션은 이를 실시간으로 연동하여 경고 알림을 발생시키며, 문제가 감지된 위치에 대해 진동 또는 푸업 형태의 알림을 제공하여 시각장애인이 장애물 위치를 사전에 인지하고 안전하게 회피할 수 있도록 지원한다.

본 연구에서는 점자블록 위 장애물을 정확하게 판단하기 위해 YOLOv8 모델의 Polygon Segmentation 기법을 적용하였다. 이 방식은 각 객체의 외곽을 다각형 형태의 꼭짓점 좌표로 표현함으로써 실제 형상을 더욱 정



[그림 2] 동작 순서

하게 반영할 수 있다. 점자블록과 장애물은 각각 다음과 같은 형태로 표현된다.

$$[x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3, \dots, x_n, y_n] \quad [1]$$

여기서 (x_n, y_n) 는 객체의 꼭짓점 좌표를 나타낸다. 객체 간 겹침 여부는 세 단계로 구성된 알고리즘에 의해 판단된다. 알고리즘의 동작 순서는 [그림 2]와 같다.

[그림 2]에서 볼 수 있듯이, 먼저 두 다각형의 최소 및 최대 x, y 좌표를 이용하여 Bounding Box의 위치를 계산하고, 이들이 물리적으로 겹치지 않는 경우에는 겹침이 없는 것으로 간주한다. 다음으로, 두 다각형의 변(edge)을 순차적으로 비교하여 선분 간 교차 여부를 검사한다. 만약 어느 한 쌍의 변이라도 교차할 경우, 두 객체는 공간적으로 겹친 것으로 판단한다. 마지막으로, 한 다각형의 모든 꼭짓점이 다른 다각형 내부에 포함되는지를 확인하여 포함 여부를 판단한다. 이 세 가지 절차를 통해 점자블록 위에 장애물이 존재하는지 정밀하게 분석할 수 있다.



[그림 3] (좌) 장애물이 있는 경우 (우) 인식 결과

```

0: 640x640 1 kickboard, 5.8ms
Speed: 2.6ms preprocess, 5.8ms inference,
Obstacle is present on the braille block.

0: 640x640 1 kickboard, 25.9ms
Speed: 7.0ms preprocess, 25.9ms inference,
Obstacle is present on the braille block.

0: 640x640 1 kickboard, 17.6ms
Speed: 3.8ms preprocess, 17.6ms inference,
Obstacle is present on the braille block.

0: 640x640 1 kickboard, 20.7ms
Speed: 3.0ms preprocess, 20.7ms inference,
Obstacle is present on the braille block.

0: 640x640 1 kickboard, 20.6ms
Speed: 2.4ms preprocess, 20.6ms inference,
Obstacle is present on the braille block.

```



[그림 4] (좌) 장애물이 없는 경우 (우) 인식 결과

```

0: 640x640 1 kickboard, 5.8ms
Speed: 2.6ms preprocess, 5.8ms inference,
Obstacle is present on the braille block.

0: 640x640 1 kickboard, 25.9ms
Speed: 7.0ms preprocess, 25.9ms inference,
Obstacle is present on the braille block.

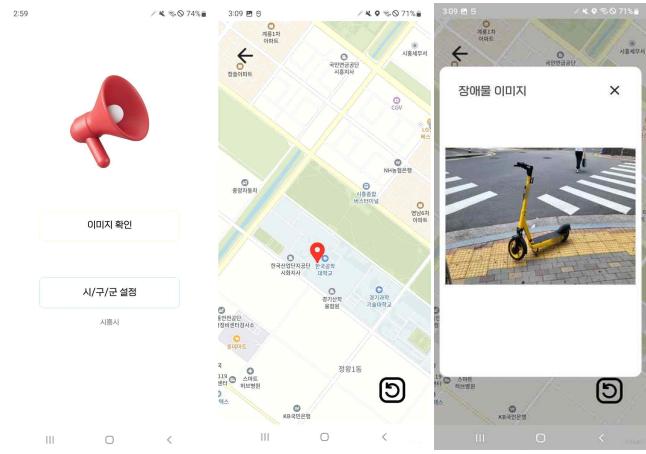
0: 640x640 1 kickboard, 17.6ms
Speed: 3.8ms preprocess, 17.6ms inference,
Obstacle is present on the braille block.

0: 640x640 1 kickboard, 20.7ms
Speed: 3.0ms preprocess, 20.7ms inference,
Obstacle is present on the braille block.

0: 640x640 1 kickboard, 20.6ms
Speed: 2.4ms preprocess, 20.6ms inference,
Obstacle is present on the braille block.

0: 640x640 (no detections), 57.9ms
Speed: 4.7ms preprocess, 57.9ms inference
No obstacle on the braille block.

```



[그림 5] 사용자 및 관리자 App

실제 검출 결과는 [그림 3]과 [그림 4]에 제시되어 있다. 장애물 유무에 따라 시스템이 “Obstacle is present” 또는 “No obstacle on the braille block” 메시지를 정확히 출력함을 확인할 수 있다.

사용자용 애플리케이션 구현 결과는 [그림 5]에 나타나 있으며, 초기 화면[그림5-(a)]과 장애물 위치를 지도에 표시하는 기능[그림5-(b)], 해당 지점의 실제 이미지 제공 화면[그림5-(c)]으로 구성된다. 이를 통해 시각 장애인 및 관리자가 현장 상황을 직관적으로 인지하고 대응할 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 점자블록 위 장애물을 자동 검출하고 실시간 알림을 제공하는 시스템을 제안하였다. YOLOv8 기반 Polygon Segmentation을 통해 객체 형상을 정밀하게 인식하고, 겹침 판단 알고리즘으로 장애물 여부를 정확히 판별하였다. 검출 결과는 Firebase를 통해 애플리케이션에 실시간 전송되며, 시각장애인은 보행 중 장애물을 사전에 인지할 수 있다. 이를 통해, 보행 안전성 향상과 스마트 보행 환경 구현에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

향후 연구에서는 킥보드, 자전거 외에도 다양한 장애물 유형을 인식할 수 있도록 모델을 확장할 계획이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2025년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2024-00415938, 2024년 산업혁신인재성장지원사업)

참 고 문 헌

- [1] 국민권익위원회, “화장실 불편하고 점자블록 부실해” 장애인 편의시설 민원 빈발,” 국민권익위원회 보도자료, Apr. 25, 2024. [Online]. Available: https://www.acrc.go.kr/board.es?mid=a10402010000&bid=4A&act=view&list_no=69570&tag=&nPage=1
- [2] D.-s. Lee, S.-h. Kim, and S.-k. Kwon, “Guidance for visually impaired person through Braille block detection by deep learning,” Journal of Multimedia Information System, vol. 9, no. 4, pp. 253 - 260, Dec. 2022.
- [3] Ruixue Zhu, Fengqi Hao, and Dexin Ma, “Research on Polygon Pest-Infected Leaf Region Detection Based on YOLOv8,” Agriculture, vol. 13, no. 12, article 2253, Dec. 2023.