

Kalman Filter를 적용한 YOLOv8 기반 고령 보행자 사고 예방 시스템 구현에 관한 연구

계영욱, 신준오, 우종건, 조정현
수원대학교 정보통신학과 학부생

wlgudwns48@naver.com, sinjunoh@naver.com, wjk711@naver.com, tiger6328083@naver.com

Developing an Elderly Pedestrian Accident Prevention System using YOLOv8 and Kalman Filter

Young-Wook Kye, Jun-oh Shin, Jong-Geon Woo, Kyung-Hyun Jo
Dept. of Information and Communication Engineering, University of Suwon

요약

본 연구에서는 LED를 활용한 비전 인식 인공지능 기반 고령 보행자 사고 예방 시스템을 설계하고 구현한다. 이 시스템은 보행자의 속도와 잔여 거리를 분석하여 횡단보도 내 보행 신호를 동적으로 제어하고, LED를 통해 이를 시각화함으로써 보행자와 운전자 모두의 안전을 강화할 수 있다. 또한, 객체 추적의 정확도를 높이기 위해 칼만 필터를 활용하여 보행자의 움직임을 더욱 정밀하게 추적함으로써 시스템의 효율성을 극대화한다.

1. 서론

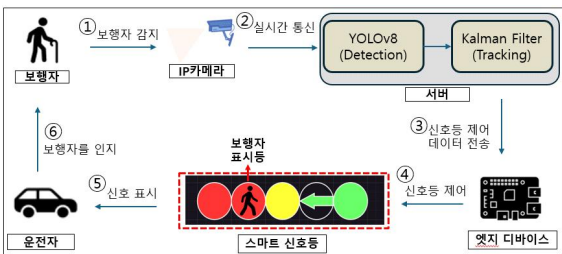
현대 사회는 급속한 고령화로 인해 고령 보행자의 안전이 중요한 사회적 문제로 대두되고 있다. 도로 교통공단의 통계에 따르면, 교통 사망자 중 보행자가 39.3%를 차지하고, 그중 65세 이상 고령 보행자가 56.6%를 차지한다 [1]. 이러한 교통사고는 고령 보행자의 인지 능력 저하, 보행 속도 감소와 같은 다양한 요인에 기인한다 [2].

기존의 교통 신호 체계는 고령 보행자와 같은 교통약자를 충분히 고려하지 못하는 한계가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 본 연구에서는 AI 기술을 활용하여 보행자의 속도와 남은 거리를 실시간으로 분석하고, 이를 바탕으로 횡단보도 신호를 유동적으로 조절하는 시스템을 제안한다.

(그림 1)은 AI 기반 고령 보행자 사고 예방 LED 시스템의 흐름도를 나타낸다. 단계는 다음과 같다: 1) 보행자가 통행하는 횡단보도를 IP 카메라가 촬영한다. 2) 카메라는 영상을 서버에 실시간 전송한다. 3) 서버에서 YOLOv8과 Kalman Filter를 사용해 횡단보도에 구역을 나누어 보행자가 각 구역을 통과할 때마다 카운터 값이 증가하여 남은 카운터 수에 따라 남은 거리를 예상하고 YOLOv8 내장 라이브러리로 측정된 속도와 함께 추가 시간을 계산하여 옛지 디바이스에 신호 제어 데이터를 전송한다. 4) 옛지 디바이스는 신호등을 제어한다. 5) 신호등은 속도에 맞춰 LED를 통해 보행자 유무를 표시하여 운전자에게 경고를 제공한다. 6) 보행자는 신호에 따라 안전하게 횡단할 수 있다.

2. 본론

2.1 시스템 개요



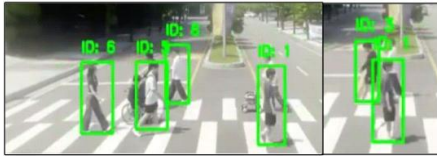
(그림 1) 시스템 흐름도

2.2 객체 인식 및 추적

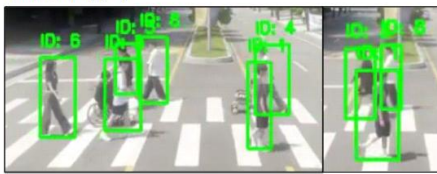
본 연구에서는 보행자 인식 및 추적의 정확도를 높이기 위해 Kalman Filter를 사용하여 객체 추적 중 노이즈를 보정하고 위치를 예측하였다. Kalman Filter는 보행자의 위치와 속도를 포함한 4차원 상태 벡터로 초기화되며, cv2.KalmanFilter(4, 2)로 상태 벡터와 측정 벡터들을 정의한다. transitionMatrix와 measurementMatrix 등의 매개변수를 설정하여 성

능을 최적화하였다. 객체가 감지될 때마다 필터가 초기화되어 보행자의 위치와 속도를 지속적으로 추적하고, 각 프레임마다 측정된 위치 데이터를 바탕으로 보정된 위치를 산출한 후 다음 위치를 예측하여 안정적인 추적을 가능하게 한다. 이로써 Kalman Filter는 신호 제어에 필요한 보행자 위치 데이터를 신뢰성 있게 제공하여 시스템 효율성을 강화한다.

칼만 필터 적용 전



칼만 필터 적용 후

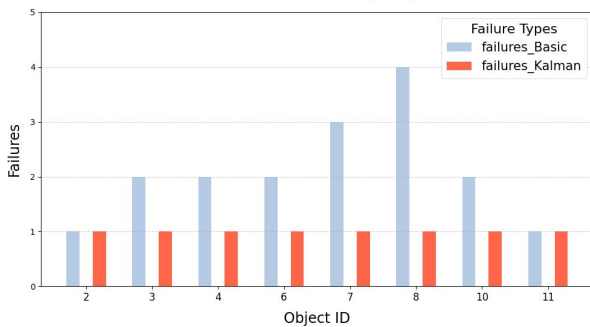


(그림 2) 칼만 필터 적용 전, 후 비교 결과

3. 구현 결과

그 결과 보행자의 위치를 더욱 정확하게 추적할 수 있었으며, 횡단보도 신호 제어에 효과적으로 반영할 수 있었다. 칼만 필터 기반의 객체 매칭 알고리즘은 이전 프레임에서 추적한 객체와 현재 프레임의 객체 간의 연속성을 보장함으로써, 보행자 인식 및 추적의 신뢰성이 향상되었다.

Number of Failures by Object ID



(그림 3) 조건별 객체 추적 실패 횟수 비교

(그림 3)은 YOLOv8 기본 모델과 칼만 필터 알고리즘을 적용한 객체 추적 실패 횟수를 비교한 결과이다. 기본 모델에서의 객체 추적 실패 최대 횟수는 4회였으며, 칼만 필터 적용 후에는 최대 1회로 감소하여 약 75% 개선되었다. 적용 전 총 실패 횟수는 17회였으나, 적용 후 8회로 감소하여 객체 추적 실패 횟수가 약 52.94%로 개선된 성능을 보여준다.



(그림 4) 시스템 구현 (그림 5) 실험 환경

(그림 4)는 횡단보도에 보행자가 인식되면 보행자 표시등을 점등하여 운전자에게 보행자가 있음을 알리는 기능을 구현한 결과이다. 보행자가 감지되면 보행자 표시등과 바닥 LED를 점등한다. (그림 5)는 기본 제한 시간 내에 보행자가 횡단보도를 건너지 못했을 경우, 가장 느린 객체의 남은 거리와 속도를 분석하여 추가시간을 부여하여 보행자가 보다 안전하게 횡단할 수 있음을 보여준다.

4. 결론

본 논문에서는 YOLOv8과 Kalman Filter를 활용하여 보행자의 위치와 속도를 실시간으로 추적하고, 횡단보도 신호를 동적으로 제어하는 시스템을 구현하였다. 이 시스템은 보행자의 안전을 향상하고 사고 예방 효과를 극대화하기 위해 설계되었다. 실제 교통 환경에 적용하기 위해, 고성능 엣지 디바이스를 도입해 하드웨어 성능 저하를 보완하고, CPU와 GPU 병렬 구조 최적화로 데이터 처리 지연 문제를 줄이면, 다양한 교통 상황에서도 신속하게 반응할 수 있을 것으로 기대된다. 본 시스템은 보행자의 안전성을 높이고, 교통사고로 인한 사회적 비용 절감과 고령화 사회의 교통 문제 해결에 기여할 것으로 예상된다.

※ 본 논문은 과학기술정보통신부 대학디지털교육역량강화 사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.

참고문헌

- [1] 장정아, 김정화, 최기주, 무신호 단일로 횡단보도에서 고령 보행자의 횡단행태조사 및 분석, 대한교통학회지, 제 34권, 제 3호, 209-211, 2016년 6월.
- [2] 고병근, 조준한, 전제호, 김인석, 운전자 시야가림 유형별 보행자 교통사고 특성 및 감소방안, 교통기술과 정책, 제13권, 제2호, 75-78, 2016년 4월.