

보행자의 무단횡단 사고 방지를 위한 차량 경보 시스템

장승현*, 이호영*, 오준성*, 김동욱, 이종서*, 최승규*

*건양대학교 재난안전소방학과

e-mail : skchoi@konyang.ac.kr

Vehicle Warning System to Prevention Jaywalking Accidents by Pedestrians

Seung-Hyeon Jang*, Ho-Yeong Lee*, Jun-Seong Oh*, Dong-Wook Kim*,
Jong-Seo Lee*, Seung-Kyou Choi*

*Department of Disaster Safety & Fire fighting, Konyang University

요약

스마트 횡단보도는 보행자와 운전자의 안전을 위해 첨단 기술을 활용한 센서와 음성 안내 기기, CCTV 등을 활용하여 교통사고 감소를 유도하는 교통안전 시스템이며 교통사고 예방을 위하여 스마트 횡단보도가 크게 증가하고 있다. 이러한 교통안전 시스템은 교통사고 예방에 효과적인 것으로 평가받고 있으나, 보행자 무단횡단 교통사고는 감소되지 않고 있다. 최근 교통사고 통계에 따르면 2023년에만 37,324건 중 사망 886명, 부상 37,899명이 발생하였고, 사고 중 16.1%가 무단횡단 사고로 높은 비율을 차지하고 있다. 이에 본 논문에서는 인명 교통사고의 주요 원인인 보행자 무단횡단 사고 방지하기 위하여 CCTV, LIDAR를 이용해 보행자의 움직임을 감지하고, 신호 정보와 연계하여 무단횡단 여부를 확인할 수 있는 방안과 알고리즘을 제시하고 시뮬레이터를 구현하였다. 제시하는 방안은 무단횡단이 감지될 경우, 운전자에게는 도로 위 LED 전광판에서 경고 메시지 출력, CCTV 영상과 함께 붉은 상자로 보행자를 표시해 주는 방식으로 운전자에게 즉각적인 경고를 제공한다. 제시된 방안과 알고리즘을 횡단보도에 적용한다면 무단횡단 교통사고를 방지할 수 있을 것으로 기대한다.

1. 서 론

스마트 횡단보도는 보행자와 운전자의 안전을 위해 센서와 음성 안내 기기, CCTV 등 첨단 기술을 활용하여 교통사고 감소를 목표로 하는 교통안전 시스템이다[1]. 스마트 횡단보도의 주요 목적은 무단횡단 보행자와 차량 운전자의 교통사고를 효과적으로 예방하는 것이다. 이를 위해 운전자에게는 LED 전광판을 통해 시각적 경고 메시지를 제공하고, 보행자에게는 음성안내를 통해 경고를 전달한다. 이와 같은 스마트 횡단보도는 교통사고 예방에 효과적인 것으로 평가받고 있다[2].

최근 교통사고 통계를 보면, 2023년 기준 보행자 교통사고는 총 37,324건으로 집계되었으며, 이 중 사망자는 886명, 부상자는 37,899명에 달했다. 특히 전체 사고 중 16.1%가 무단횡단에 의한 사고로 분석되어 무단횡단 사고 예방의 필요성이 강조되고 있다.[3] 특히, 보행자의 무단횡단 사고는 야간이나 악천후 환경에서 보행자를 인식하는 것이 어려워 무단횡단 사고의 위험성이 더욱 증가한다.[4]

이에 본 논문에서는 무단횡단 보행자를 감지하여 운전자에게 경고하는 방안을 제안하고, 무단횡단 사고 방지를 위한 차량 경보 알고리즘을 제시하고 시뮬레이터를 구현한다.

2. 보행자 교통사고 현황 및 통계자료 분석

한국도로교통공단의 교통사고분석시스템(TAAS)에 집계된 교통사고 분석자료를 살펴보면, 표 1과 같이 2019년부터 2023년까지 보행자 교통사고가 발생하였다. 2019년부터 2023년까지의 데이터를 분석한 결과, 2019년 기준 사고 건수는 46,632건, 사망자 수는 1,302명, 부상자 수는 47,200명이었으나 2023년에는 사고 건수는 37,324건, 사망자 수는 886명, 부상자 수는 37,899명으로 점차 감소하는 추세를 보였다. 또한, 2019년 대비 각각 약 20% 이상 감소하였지만 2020년부터 2023년까지 보행자 교통사고 건수는 일정한 수치를 유지하고 있다.[3]

[표 1] 보행자의 교통사고, 사망, 부상자 수 현황

연도	사고건수	사망자 수	부상자 수
2019	46,632	1,302	47,200
2020	36,601	1,093	36,939
2021	35,665	1,018	36,001
2022	37,611	933	38,088
2023	37,324	886	37,899

주요 사고 원인으로는 2019년부터 2023년까지의 통계를 살펴보았을 때, 횡단 중에 발생한 사고가 전체 보행자 교통사고 중 약 35%를 차지하였다. 또한 횡단 중에 발생한 사고 중 무단횡단 사고 비율은 약 47%로 높은 비중을 차지하고 있다[5].

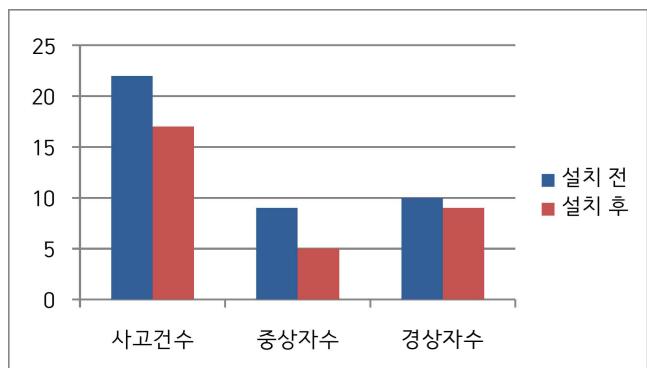
무단횡단자의 교통사고 현황은 표 2와 같다. 무단횡단 중에 발생한 사고 역시 전년도 대비 감소 추세를 보였으나, 여전히 전체 보행자 교통사고의 16.1%를 차지하고 있으며, 특히 사망자 비율은 높은 수준을 유지하고 있다. 보행자 교통사고 사망자 중 무단횡단 사망자 비율은 2019년 기준 35.02%였고, 2023년에도 28.67%를 기록하고 있어 심각하다고 할 수 있다[6].

[표 2] 무단횡단자의 교통사고, 사망, 부상자 수 현황

연도	사고건수	사망자수	부상자수
2019	9,041	456	8,772
2020	6,224	337	6,038
2021	5,896	271	5,730
2022	6,044	265	5,898
2023	6,022	254	5,892

상기의 보행자 교통사고 중 무단횡단 교통사고의 비율과 사망자 수는 스마트 횡단보도 시스템 상용화의 필요성을 시사하는 통계이다. 스마트 횡단보도 시스템이란 횡단보도 내 보행자 교통사고를 예방하기 위하여 집중조명·차량번호 자동인식·보행신호 음성안내·바닥신호 등 8가지 스마트 기술을 집약시킨 혁신적 횡단보도를 의미한다.

서울시 성동구의 스마트 횡단보도 설치 이전 3년 평균 대비 2020년 사고 통계를 분석한 자료는 그림 1과 같다. 보행자 교통사고 발생 건수는 스마트 횡단보도 설치 이전 대비 21.5% 이상 감소하였고 사망자 100%, 중상자 46.4%, 경상자 12.9%가 각각 감소하였다[7].



[그림 1] 서울시 성동구 스마트 횡단보도 설치 전후 사고 통계

상기와 같이 스마트 횡단보도는 보행자 교통사고 예방에 효과적이나 경제적으로 고가이고 미비한 부분이 있어 이에 대한 추가 개선과 상용화 방안이 요구된다.

이에 본 논문에서는 무단횡단 보행자를 감지하여 운전자에게 경고하는 방안을 제안하고, 무단횡단 사고 방지를 위한 차량 경보 알고리즘을 제시하고 시뮬레이터를 구현한다..

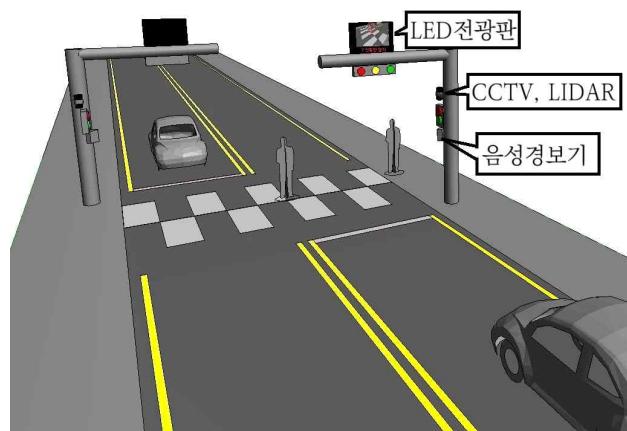
3. 보행자의 무단횡단 사고 방지를 위한 차량 경보 시스템

3.1 무단횡단 교통사고 방지 방안 및 알고리즘

횡단보도에서 발생하는 무단횡단은 운전자의 돌발적인 대응을 유발하며, 교통사고의 주요 원인 중 하나로 지목되고 있다. 특히, 야간이나 악천후 환경에서는 보행자를 인지하는 것이 더욱 어려워 사고 위험성이 높아진다.

이에 본 논문에서는 스마트 횡단보도 시스템을 활용하여 보행자의 무단횡단을 감지하고, 운전자에게 실시간으로 경고를 제공하는 방안을 제안한다.

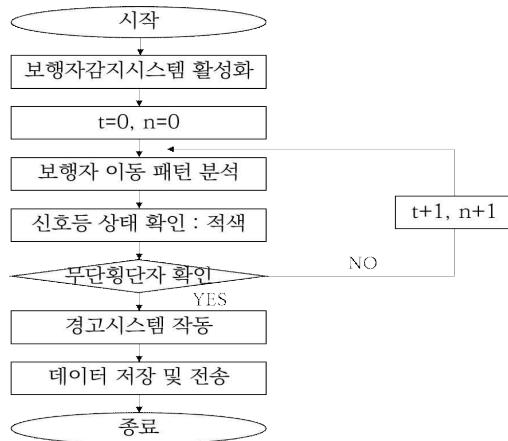
제안하는 방안은 그림2와 같이 CCTV, LIDAR(Laser Imaging, Detection And Ranging, 레이저 시각화 탐지 및 거리 측정 장치)를 이용하여 보행자의 움직임을 감지하고, 신호 정보와 연계하여 무단횡단 여부를 판단한다. 무단횡단이 감지될 경우, 운전자에게는 도로 위 LED 전광판에서 경고 메시지 출력, CCTV 영상과 함께 붉은 상자로 보행자를 표시해 주는 방식으로 운전자에게 즉각적인 경고를 제공하여 사고를 예방할 수 있도록 한다. 추가로 보행자에게는 경고음을 송출한다. 사고 발생 시에는 자동으로 신고하여 빠른 대처를 할 수 있도록 한다.



[그림 2] 보행자 무단횡단 시 차량 경고 방안

상기에서 제안한 무단횡단 보행자를 감지하여 운전자에게 경고하여 무단횡단 보행자 교통사고를 방지하기 위한 차량

경보 알고리즘은 그림 3과 같다.



[그림 3] 보행자 무단횡단 시 차량경고 알고리즘

제안한 보행자 무단횡단 시 차량 경고 방안의 알고리즘을 구체적으로 설명하면,

[Step 1] CCTV, LIDAR 센서에 전원을 공급하고 시스템을 활성화하여 보행자의 이동을 탐지할 준비를 한다.

[Step 2] 감지 시스템이 횡단보도 내 보행자가 있는지 감지한다. 보행자의 위치, 이동 방향, 속도를 추적하여 횡단보도 진입 여부를 분석한다.

[Step 3] 시간(초) $t=0$, 감지 횟수 $n=0$ 으로 초기화한 후 매 1초 간격으로 감지 횟수 1회를 더해가며 보행자 패턴 감지를 계속한다.

[Step 4] 현재 보행자 횡단보도의 신호등이 적색인지 확인한다. 신호등이 적색인 경우, 보행자가 횡단보도 진입 시도를 감지하면 이를 무단횡단으로 판단한다.

[Step 5] 무단횡단 판단 시 운전자 경고 시스템 작동한다. 전광판에는 “무단횡단 감지”메시지를 출력하고 해당 보행자의 영상이 붉은색 상자로 강조되어 송출된다. 동시에 보행자에게는 경고음을 출력한다.

[Step 6] 무단횡단 발생 시간, 보행자의 움직임, 감지된 위험 데이터 저장하고 종료한다.

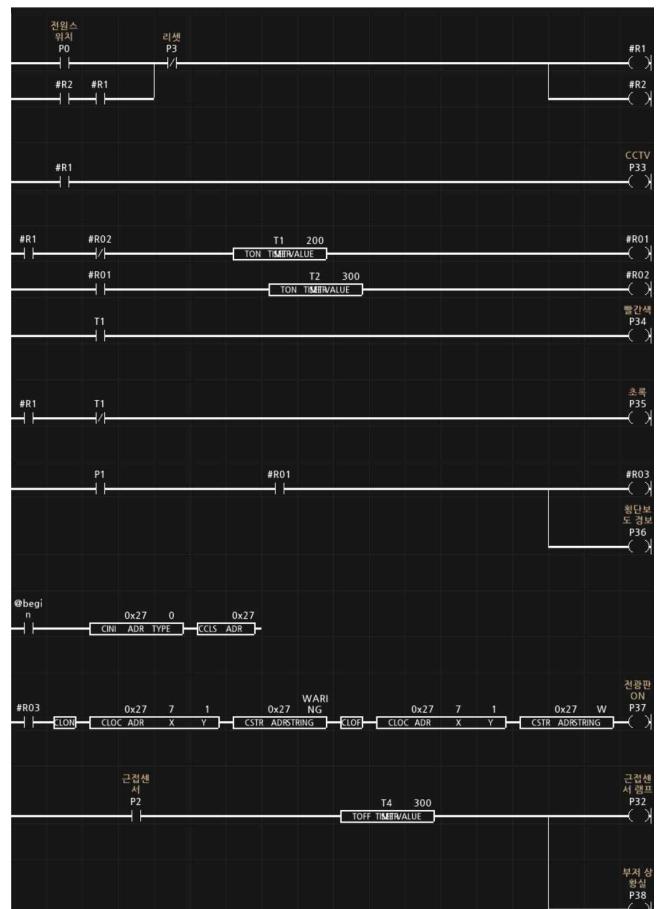
본 장에서 제시한 방안과 알고리즘을 횡단보도에 적용한다면 무단횡단을 방지하여 사망 및 부상자 등 인명 교통사고 예방에 이바지할 것으로 기대한다.

3.2 무단횡단 교통사고 방지 시스템 시뮬레이터 구현

본 연구에서 제안한 무단횡단 방지 시스템의 유용성을 증명하기 위해 PLC(Programmable Logic Controller)를 활용

한 시뮬레이터를 구현하였다. 시뮬레이터는 실제 횡단보도 환경을 모사하여 보행자 및 차량의 움직임과 연동되어 시스템 작동을 제어하며, 제안한 알고리즘이 정상적으로 작동하는지 확인한다.

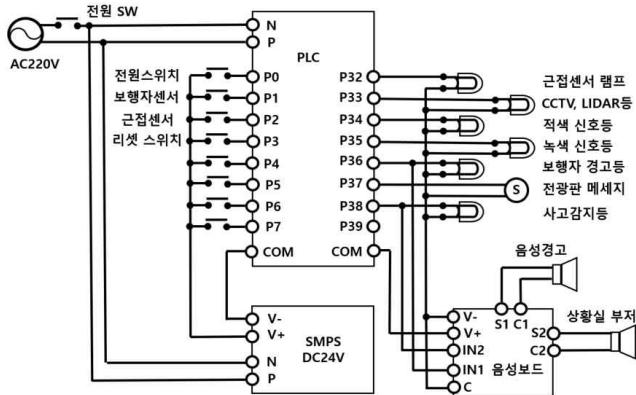
제안한 알고리즘의 작동을 위하여 그림 4와 PLC 래더도를 설계하였다. 입력 장치는 전원 스위치(P0)와 무단횡단 상황을 감지하는 보행자 센서(P1), 보행자와 차량 사고상황을 감지하는 근접센서(P2) 그리고 리셋을 위한 리셋스위치(P3)이다. 출력 장치는 보행자를 감지하는 CCTV, LIDAR(P33), 신호등에 필요한 적색 신호등(P34), 초록 신호등(P35), 보행자 경고등과 경고음(P36) 그리고 전광판(P37,P38) 마지막으로 근접센서 램프(P32)와 상황실 부저(P39)이다.



[그림 4] 보행자 무단횡단 차량 경보 PLC 래더도

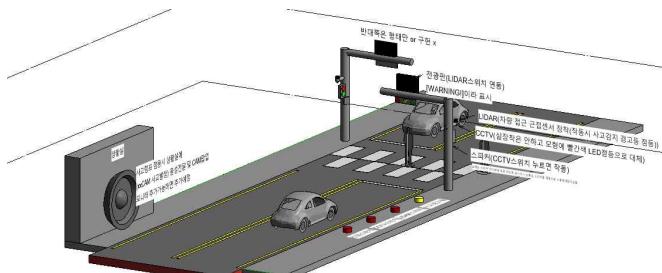
또한, 상기 보행자 무단횡단 차량 경보 PLC 래더도에 따른 회로도를 그림 5와 같이 제시한다. 제시한 회로도의 작동은 다음과 같다. 전원 스위치(P0)를 켜면 PLC가 작동을 시작하고, CCTV,LIDAR(P33)가 활성화되어 횡단보도를 감시한다. PLC 내부의 타이머(TON)를 이용하여 보행자 신호등이 초록(P33) 2초, 적색(P34) 3초로 반복한다. 이때 보행자 신호등이 적색 상태에서만 무단횡단 감지 시스템이 작동한다. 한편, 보행자 센서(P1)가 횡단보도에 진입한 보행자를 감지

하면, PLC는 신호등이 적색인 상태(#R01)와 보행자 감지(P1) 신호를 모두 확인하여 무단횡단으로 판단한다. 이 경우 경고등과 경고음(P36)이 동시에 작동하며, 전광판(P37)에는 '무단횡단 감지'라는 메시지가 출력된다.



[그림 5] 보행자 무단횡단 차량경보 PLC결선도

상기에서 제시한 알고리즘을 적용하여 그림 6과 같이 시뮬레이터를 구현하였다.



[그림 6] 보랑자 무단횡단 차량 경보 시뮬레이터

구현한 시뮬레이터의 제어 장치로는 PLC 제어 보드를 사용했으며, 경보음 출력은 음성보드를 사용하고 전원은 SMPS(Switching Mode Power Supply) 전원공급장치를 사용하였다. 그리고, 전원 스위치, CCTV, LiDAR스위치, 리셋 스위치, 동작감지센서, 보행자 신호등용 초록불LED, 보행자 신호등용 적색LED, 자동차 신호등 초록불LED, 차량 신호등 적색LED, CCTV, LIDAR 작동확인LED, 전광판, 신호등 음성경보기, 사고경고등, 상황실 음성경보기가 시스템에 연결되어 있다. 구현한 시뮬레이터를 시험한 결과 제시한 알고리즘에 따라 원활하게 작동되어 보행자 횡단보도에 적용이 가능함을 확인하였다.

4. 결 론

최근 교통사고 통계에 따르면 무단횡단에 따른 보행자 교통사고에 따른 사망, 부상자가 감소하고 있지 않고 증가하고

있다.

이에 본 논문에서는 사망 및 부상 인명 교통사고의 주요 원인인 보행자의 무단횡단 사고를 방지하기 위해 CCTV와 LiDAR를 이용하여 보행자의 움직임을 감지하고, 감지된 움직임은 신호등 정보와 연계되어 무단횡단 여부를 판단하여 무단횡단이 확인될 경우 운전자에게 즉시 경고하는 방안과 알고리즘을 제안하였다. 제시한 방안과 알고리즘은 도로 위 LED 전광판에 경고 메시지를 출력하고, CCTV 영상에서는 붉은 상자로 보행자에게 시각적으로 경고한다.

또한, 제시한 방안과 알고리즘을 바탕으로 시뮬레이터를 구현하여 무단횡단 사고 예방에 유용함을 확인하였다. 본 논문에서 제시한 방안과 알고리즘을 횡단보도에 적용한다면 무단횡단을 방지하여 사망 및 부상자 등 인명 교통사고 예방에 기여할 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구는 대학간 경계를 허무는 충청남도 지역혁신중심 대학지원체계(RISE) 단위과제 3-2(모빌리티 분야) 사업비의 지원을 통해 나온 연구 결과입니다.

참고문헌

- [1] 한지민, 「스마트 횡단보도와 함께 교통안전 지켜요!」 대한민국 정책브리핑, 2024년 02월 16일
- [2] 이태현, 「스마트 횡단보도 바닥형 보행신호등설치 효과 및 개선 방안」 교통물류연구부, 2024년 12월 27일
- [3] 한국도로교통공단, “교통사고분석시스템(Traffic Accident Analysis System) 보행자 교통사고 분석자료”
- [4] 이승신, 김태현, 손봉수 「야간의 시인성 저하가 교통사고에 미치는 영향 진단」 대한지능형교통체계학회 논문지, 제13권 제2호, 103-112, 2014년 4월 30일
- [5] 경찰청, (2019~2023), 「경찰접수 교통사고 현황」
- [6] 한국도로교통공단, “교통사고분석시스템(Traffic Accident Analysis System) 횡단보도 외 횡단중 교통사고 분석자료”
- [7] 윤종철, 「성동구 보행자 교통사고 21.5 감소... '스마트 기술' 신의한수」, 『성동저널』, 2022년 05월 13일,