

# 향상된 관리 기능을 갖춘 바닥형 보행신호등 보조장치 개발

고정호\*, 이보은\*\*

## Development of a Floor-Type Pedestrian Signal Assist Device with Enhanced Management Functions

JeongHo Kho\*, BoEun Lee\*\*

---

이 논문은 2025년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임  
(RS-2021-PT000173, Lv.4 대응 교통안전 인프라 표준 및 평가기술 개발)

---

### 요약

바닥형 보행신호등 보조장치는 구성요소 간의 호환성 부족, 잦은 고장과 미흡한 관리 기능, 빛 공해로 인한 민원 등으로 인해 이를 설치·운영하는 지자체에서는 많은 어려움을 겪고 있다. 본 연구에서는 이를 개선하기 위해 RS-485를 통해 100ms 주기로 개별 표출부의 상태를 응답받는 제어절차를 적용하고, 전기적 보호회로와 세밀한 조광 제어 기능 등을 추가한 시제품을 개발하였다. 해당 시제품은 관련 규격과 지침에 따라 교통안전 시설에 요구하는 검사와 시험을 거쳤다. 향후 표준규격으로 채택 시 교통안전시설 분야가 직면한 기술적 한계를 극복하고, 급변하는 미래 교통 환경에 대응하는 기반 기술로 자리매김할 것으로 기대된다.

### Abstract

The floor-type pedestrian signal assist device (in-ground traffic light) poses significant operational challenges for local governments, including component incompatibility, frequent system malfunctions, limited management capabilities, and increasing public complaints regarding light pollution. To address these challenges, this study proposes a prototype system incorporating a control procedure that polls the status of each individual LED Bar via RS-485 at 100 ms intervals, integrated electrical protection circuitry, and fine-grained brightness control. The prototype was evaluated against relevant traffic safety standards and guidelines to verify its operational stability and regulatory compliance. Once standardized, the proposed system is expected to resolve existing technical issues and serve as a scalable foundation for future-oriented traffic safety infrastructure.

### Keywords

floor-type pedestrian signal assist device, in-ground traffic light, traffic safety facility, distracted walking, RS-485

---

\* 한국도로교통공단 교통운영연구처 책임연구원(교신저자)  
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2739-5765>  
\*\* 한국도로교통공단 교통운영연구처 책임연구원  
- ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1195-761X>

• Received: Apr. 08, 2025, Revised: Jun. 30, 2025, Accepted: Jul. 03, 2025  
• Corresponding Author: JeongHo Kho  
Dept. of Transportation Operation, Korea Road Traffic Authority  
Tel.: +82-33-749-5472, Email: kotda.cowork@gmail.com

## I. 서 론

주의 산만은 전 세계적으로 모든 도로 이용자에게 점점 더 심각한 도로 안전 문제로 대두되고 있다. 스마트폰 사용이 일상생활에서 더욱 보편화됨에 따라 주의 산만 보행은 더욱 흔해졌고, 횡단보도에서의 보행자 주의 산만은 치명적인 결과를 초래할 수 있다[1]. 횡단보도는 차량과 보행자가 만나는 매우 중요한 구역으로 이 지점에 접근할 때는 운전자와 보행자 모두의 높은 주의가 요구된다[2]. 이에 따라 보행자 교통사고를 예방하기 위한 다양한 연구가 진행되었고, 대표적인 사례로 LED 바닥형 신호등(In-ground traffic light)이 있다[3]. 한 연구에서 서울시는 바닥형 보행신호등 설치로 사고가 24.16% 감소한 것으로 분석되었다[4].

한국에서는 바닥형 보행신호등 보조장치(Floor-type pedestrian signal assist device)라는 명칭으로 '19년 규격으로 제정되었다. 관련 규격을 담당하는 경찰청에서는 '24년 12월 기준 전국 52,701개의 신호 교차로에 12,777개의 바닥형 보행신호등 보조장치(이하 바닥신호등)가 설치된 것으로 파악하고 있다. 해외에서는 싱가포르, 카자흐스탄, 네덜란드, 호주, 독일 등 여러 나라에서 여러 가지 형태로 시범 설치 운영[5]하였으나 한국과 같이 전국적인 설치 사례는 보고된 바 없다.

바닥신호등은 교통사고 예방과 공공안전 향상이라는 사회적 가치를 지니고 있음에도 불구하고, 다른 교통안전시설 대비 높은 고장 발생빈도, 보행신호등과의 신호 불일치 현상 발생, 구성요소 간 호환성 부족으로 인한 업체 종속적이고 시민의 민원에 의존적인 유지보수 체계, 빛 공해로 인한 민원 등 이를 설치·운영하는 지자체에서는 여러 어려움을 겪고 있다.

이에 본 연구에서는 2장에서 바닥신호등의 구성 및 제어방식, 설치 현황을 분석하고 3장에서 앞선 문제점들을 개선할 수 있는 시제품을 개발하여 교통안전시설에 요구하는 시험과 검사를 진행하였다. 4장에서는 교통안전시설의 기술적 한계점 극복을 위해 본 연구의 구조와 기술의 표준화를 제안한다.

## II. 바닥형 보행신호등 보조장치 현황

### 2.1 구성 및 제어방식 분석

바닥신호등은 보행신호의 상태를 표출하는 표출부(LED bar)와 이를 제어하는 표출부 제어기(LED bar controller), 보행신호등의 신호 상태를 취득하는 신호상태정보 취득부로 구성된다[6]. 40개 제조사를 대상으로 조사하였을 때 동작 전원은 직류(DC) 24V를 공통으로 사용하고 있고, 제어방식은 PLC(Power Line Communication)와 RS-485 방식 각 2개 사, CAN(Controller Area Network) 방식 1개 사, 나머지는 PWM(Pulse Width Modulation) 방식을 사용하는 것으로 파악되었다.

고장 내역 분석과 기술 검토 결과 PWM과 PLC는 상대적으로 단순한 구조로 개발 비용이 저렴하지만, 표출부의 상태 파악이 어렵다. 또한 PWM은 전원과 신호선이 단락(Short)되면 적/녹을 동시 출력하는 현상이 높은 비율로 파악되었다. RS-485는 개별 표출부 상태 파악이 가능하지만 표출부에서 표출부 제어기로 제어 정보를 요청하는 구조[7]이거나 제어 명령의 일방향 전송(Broadcasting)만 하는 구조로 분석되었다. '21년 CAN 통신을 도입한 디지털 교통신호제어기가 규격으로 제정되었음에도 현재까지 디지털 교통신호제어기용 보조장치가 출시되지 않고 있는 상황에서 CAN은 표준화에 적합하지 않다는 의견이 대다수였다.

### 2.2 설치 현황 분석

서울시로부터 제공받은 바닥신호등 설치 및 고장 현황을 분석한 결과 '24년 11월 기준 서울시의 신호 교차로는 총 7,037개소로 1,623개 교차로에 6,177개의 표출부 제어기를 설치하였고, 이는 최소 8만 개 이상의 표출부를 설치한 것으로 추정된다. 이 기간에 발생한 바닥신호등의 고장 건수는 1,858건으로 동일 기간에 2,340개를 설치한 보행신호 음성안내 보조장치의 고장 건수가 59건인 것에 비해 높은 고장 빈도를 보인다. 또한 이 기간에 70개 업체에서 바닥신호등을 설치하였으나 '25년 2월을 기준으로

38개 업체는 조달청에서 조회되지 않아 53.62%의 폐업률을 보이는 것으로 확인하였다.

현 규격에서는 구성요소 간 제어 및 설정에 대한 방식을 정의하고 있지 않다. 이는 동일한 제어방식을 사용하더라도 업체 간에는 상호 호환되지 않아, 타사 제품은 유지 보수하지 못하고 있음을 의미한다. 이에 지자체에서는 제어방식의 표준화를 통한 호환성 확보, 빛 공해 민원에 대응할 수 있는 세밀한 조광 제어(Brightness control) 기능, 운영 상태의 원격 관제 기능 등 종합적인 관리 기능에 대한 개선 요구가 지속되고 있다.

### III. 시제품 개발

#### 3.1 시제품 개발

본 연구에서는 기존의 문제를 해결하고 종합적인 관리 기능 향상을 위해 표출부 제어는 RS-485, 원격 관제는 MQTT를 도입하였다. 표출부 제어는 RS-485를 사용하기에 Multi-drop 방식으로 표출부 제어기는 Master, 표출부는 Slave로 하며, 각각의 표출부에는 개별 ID를 할당하는 구조를 가진다. 교통안전시설을 통합 관리하기 위한 MQTT 기반의 교통안전시설 통합관리시스템을 통해 신호상태정보를 수신한 표출부 제어기는 100ms 주기로 표출부 제어 명령(CTRL\_MSG)을 전송(Broadcasting) 한다. 이때 제어 명령에는 표출부의 상태를 응답하도록 순차적으로 증가하고 반복하는 ID를 담고, 자신의 ID에 해당하는 제어 명령을 받은 표출부는 자신의 점·소등 상태, 조광 제어 수준, 고장 상태 등을 ACK\_MSG로 응답한다. 이를 도식화하면 그림 1과 같다. 이러한 제어방식을 가짐으로써 개별 표출부의 등화 상태와 고장 유무를 확인할 수 있다.

표출부 제어용 RS-485 포트를 2개 구성함으로써, 기존에 4지 교차로당 8개가 필요했던 제어 함체를 4개로 줄일 수 있어 도시미관과 보행환경 개선이 기대된다. 또한, 케이블 단락에 의한 고장과 오동작을 줄이기 위해 IEEE 802.3bt Type 4 요구성능[8]을 준용한 전력 제어 및 보호 회로를 적용하였으며, 보행신호등과의 신호 불일치 문제를 해결하기 위해

CT(Current Transformer) 센서를 추가하여 안전성과 운영 안정성을 높였다. 시각적 피로 저감을 위해 소등을 포함한 6단계 광량 조절 기능을 탑재하고, 천문시계 제어, 시간표 제어, 조도 기반 적응형 제어를 통해 다양한 조광 제어가 가능하도록 하였다.

이러한 조광 기능을 포함한 환경제어(Ambient Control)는 RS-232C 기반 HMI를 통해 설정 변경이 가능하도록 프로토콜을 정의하였고, MQTT 기반의 교통안전시설 통합관리시스템과 연계하여 실시간 제어 및 원격 관제 기능을 구현하였다.

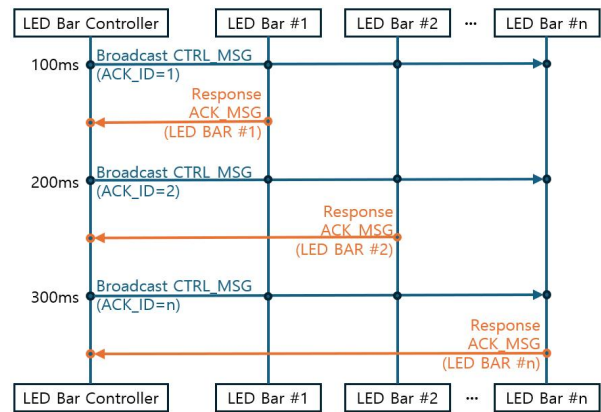


그림 1. 제어 절차  
Fig. 1. Control flow

#### 3.2 시험 및 결과

본 연구를 통해 개발한 바닥신호등은 그림 2와 같이 485 포트당 64개, 총 128개의 표출부를 연결하여 실내에서 2주 이상 운영 안정성, 등화 표출 등 기능검사를 진행했다.



그림 2. 바닥형 보행신호등 보조장치 시제품  
Fig. 2. Prototype of floor-type pedestrian signal assist device

또한 표 1과 같이 40여 시간 동안 진행되는 온도 시험(-34℃~74℃) 및 고·저전압(AC 190~250V) 시험 등 노변에서 운영하는 교통안전시설에 요구되는 성능 시험[9]을 통해 운영 안정성을 확인하였다.

표 1. 시험 절차 및 결과

Table 1. Test procedure and results

Hours	Temperature	AC voltage	Result
3H	25℃ → -34℃	220V	Pass
20H	-34℃	→ 190V → 250V	Pass
6H	-34℃ → 74℃	→ 220V	Pass
20H	74℃	→ 190V → 250V	Pass
3H	74℃ → 25℃	→ 220V	Pass

#### IV. 결 론

바닥신호등은 교통사고 예방과 공공안전 향상이라는 사회적 가치를 지니고 있음에도 불구하고, 다른 교통안전시설 대비 높은 고장 발생빈도 등으로 인해 개선에 대한 요구가 지속되어 왔다. 이를 해결하고자 본 연구에서는 RS-485 기반의 제어방식과 MQTT 기반의 원격 관제 기능 등 ICT 기술을 기반으로 다양한 기술적·기능적 개선점을 적용한 시제품을 개발하였고, 관련 규격 및 시험 기준에 따라 기능 및 성능을 검증하였다.

본 연구에서 제안한 구조와 기술이 경찰청 표준 규격으로 채택되면, 지자체의 설치·운영 비용을 절감하고 교통안전시설 분야가 직면한 기술적 한계를 해소할 것으로 기대된다. 또한 디지털 트윈(Digital Twin), 자율협력주행(Cooperative Autonomous Driving) 등 급변하는 미래 교통환경에 대응하기 위한 기반 기술로 적용할 수 있을 것이다.

#### References

[1] G. S. Larue, C. N. Watling, A. Black, and J. M. Wood, "Improving the safety of distracted pedestrians with in-ground flashing lights. A railway crossing field study", *Journal of Safety Research*, Vol. 77, pp. 170-181, Jun. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2021.02.014>.

[2] E. Mátyás and L. Szabó, "Intelligent Illumination of Crosswalks for Increasing Pedestrian Safety", 2024 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics (AQTR), Cluj-Napoca, Romania May 2024. <https://doi.org/10.1109/AQTR61889.2024.10554244>.

[3] B. G. Kang and B. S. Kim, "A Study on Cognitive Error Validation for LED In-Ground Traffic Lights Using a Digital Twin and Virtual Environment", *Mathematics* 2023, Vol. 11, No. 17, pp. 3780, Sep. 2023. <https://doi.org/10.3390/math11173780>.

[4] T. H. Kim, M. J. Kim, E. E. Lee, and G. Y. Maeng, "Analysis of the Effectiveness of Floor type Pedestrian Traffic Using Comparison Group Method in Seoul Metropolitan City", *Proc. 90th Conf. of Korean Society of Transportation*, Seoul, Korea, pp. 329, Mar. 2024.

[5] J. S. Kim, J. H. Kim, J. B. Park, J. M. Kim, and W. J. Jang, "Standardization trend of floor traffic lights", *Proc. 2020 Conf. of Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, Sokcho, Korea, Vol. 34, No. 3, pp. 60, Jul. 2020.

[6] Korean National Police Agency, "Floor-type Pedestrian Signal Assist Device Standard(Revision 01)", pp. 12, Feb. 2024.

[7] Y. H. Kim, D. H. Park, and Y. H. Oh, "Floor traffic light device and control method thereof", *Korean Patent*, 1026021060000, Nov. 2023. <https://doi.org/10.8080/1020210117275>.

[8] L. Yseboodt and D. Abramson, "Overview of 802.3bt - Power over Ethernet standard", *ethernet alliance*, pp. 34-39, Apr. 2018.

[9] Korean National Police Agency, "Road Traffic Safety Facilities Test and Inspection Integrated Guideline(Revision 1)", pp. 18-20, Feb. 2024.