

# 적외선 센서와 무선통신을 이용한 열차접근경보시스템 개발

## Railway Access Alarm System Using Infrared Distance Sensor and Wireless Communication

황윤태\*, 황성태\*, 이윤성\*\*, 김도근\*\*, 이태규\*\*\*

우송대학교 철도시스템학과\*, 한양대학교 건설환경공학과\*\*, 우송대학교 철도건설시스템학과\*\*\*

Yun-Tae Hwang(leo1112@naver.com)\*, Sung-Tae Hwang(floweron@naver.com)\*,  
Yun-Sung Lee(nikeshoo@nate.com)\*\*, Do-Keun Kim(dk76kim@nate.com)\*\*,  
Tae-Gyu Lee(tglee@wsu.ac.kr)\*\*\*

### 요약

국내의 철도작업자의 안전사고는 열차 운행 기관사의 부주의, 선로변 작업자의 감각차단 현상 및 신호수의 실수 등으로 인해 추돌사고가 주요 원인으로 매년 꾸준히 발생하고 있으며 이러한 안전사고를 예방할 수 있는 대책 마련이 시급하다. 따라서 철도 작업 시, 선로변 작업자가 청각과 시각적으로 열차접근을 감지하여 열차 접근으로부터 대피 할 수 있는 열차접근경보시스템을 개발하였다. 이 시스템은 철도 작업장에서 1.5km 이상 전후방 선로에 열차자동감지장치를 설치하여 자동으로 열차 진입을 감지하도록 하고 작업장에 설치된 실시간 경보장치에 유무선으로 감지 신호를 전달하도록 하며, 감지신호를 수신한 실시간 경보장치는 LED 경보등 및 사이렌 등으로 작업자에게 경보신호를 주는 방식으로 작동된다. 이전의 시스템에 비해 원거리에 있는 열차접근의 감지가 가능하고 주로 무선통신방식을 채택하여 통신배선작업이 불필요하며 충전식 배터리와 태양광 충전장치를 통해 외부 전원 공급이 어려운 현장의 상황에 적합한 이점이 있다. 시스템의 현장검증을 통하여 열차자동감지장치와 실시간 경보장치의 성능평가를 실시하였고 100%구동을 확인하여 신뢰성을 검증하였다.

■ 중심어 : | 철도경보장치 | 작업자 안전 | 철도 안전사고 | 열차접근경보시스템 |

### Abstract

Safety accidents in railway work continue to increase every year; Engineer's negligence, trackside worker's sensory deprivation and signalman's mistake are the main reasons of such incidents. We consider this problem by far the most urgent matter in railway work because of its steady increase and risk of taking a person's life.

Based on that account, a new alarm system has developed, that is called Railway Access Alarm System, to allow railway workers to sense the access of trains with not only vision, but also hearing. The detector device of this system is installed on both sides of the track locating 1.5km from the workplace. When the train enters the place, the detector device can sense the entering, sending the detect sign of train to the alarm unit, then the alarm unit warns the workers by the LED lighting and sirens.

This system has several advantages compared to previous systems. First, it recognizes the train at a long distance. Secondly, there is no need for wiring work since it is a wireless system. At last, the system works by rechargeable batteries and solar charger so that it is installed in the work places where there is no external power supply. Moreover, it is proven that the system is 100% reliable by the successful on-the spot inspection evaluating the capability.

■ keyword : | Warning Device | Worker Safety | Work Accidents at Railway | Railway Access Alarm System |

## I. 서론

최근 간선철도의 개량 및 시설확충 등으로 운행선로상의 작업이 증가하고 있으며, 선로변에서 작업자가 유지보수 작업을 수행할 경우 접근하는 열차와 충돌하는 철도교통 사상자가 자주 발생하고 있다[1]. 국내의 경우 선진국에 비하여 열차운행밀도가 높아 운행 중인 열차를 차단할 수 있는 시간이 부족하다. 이에 따라 운행선로에서의 작업 비율이 높아져 선로변 작업자의 사고위험성이 증가된다[2]. 이러한 선로변 작업자의 열차 충돌사고를 예방하기 위하여 현재 철도 선로보수 작업 시에 작업공간의 전후방 일정거리에 열차 감시원을 별도로 배치하고 있다[3]. 열차 감시원은 열차의 접근을 인지할 경우 깃발이나 무전기를 통해 경보신호를 전달한다. 그러나 이러한 인력중심의 안전관리는 열차 감시원의 장시간 감시로 인한 집중력저하를 일으키고 야간작업 시 운행선상의 작업자들이 접근경보 신호를 정확히 인지하지 못하는 경우를 발생시켜 안전관리에 취약하다. 또한, 열차가 고속화되고 운행간격이 짧아짐에 따라 열차의 접근을 뒤늦게 인지하여 대피시간을 충분히 확보하지 못하는 경우가 발생하기도 한다.

황종규 등[4]은 이러한 인력중심의 안전관리를 개선하고, 철도 선로변 작업자의 안전사고를 예방하기 위해 무선통신기반의 안전장치를 개발하였다. 황종규 등[4]이 개발한 안전장치는 열차의 운전석에 탑재되는 차량용 단말기와 선로변의 작업자에게 제공되는 단말기로 이루어지며, 이들 간의 주기적인 양방향 무선통신을 통해 열차의 접근을 자동으로 인지하여 작업자 및 열차 운전자에게 경보신호를 전송하게 된다. 그러나 기 개발된 안전장치는 작업공간에 운행하는 열차와 작업자에게 단말기를 모두 제공해야하기 때문에 실제 현장에 적용하기에 많은 비용이 소요된다. 또한, 열차의 운전실에 탑재되는 단말기와 작업자용 단말기와의 통신거리는 최대 330m수준으로 사용거리가 너무 짧아 경보를 전달 받은 작업자가 충분한 대피시간을 확보하기 어렵다.

심재복 등[5]이 개발한 열차접근경보장치는 GPS와 RF 신호를 이용하여 열차에 송신기와 송신안테나를 장착하고 수신기는 선로에서 작업하는 작업원들이 휴대

하여 송신기와 수신기의 거리가 2km이내의 거리가 되면 경보음과 진동을 발생할 수 있도록 개발하였다.

그러나 현장 적용시 모든 열차에 송신기를 설치하여야 하며 터널 및 산간지역에서 GPS 및 RF통신이 불안정하므로 시스템 적용에 한계가 있다.

해외연구의 경우 rader, RF, GPS등을 적용하여 차량의 접근으로 인한 경보 시스템에 대한 다수의 연구가 이루어져 있는데 이는 작업환경, 신뢰도, 전력공급, 경제성 등으로 인하여 적용성에 많은 장애를 가진다[6-9].

레이더 센서의 경우 장애물이 많은 환경(철도현장)에서 사용하기에 오류로 인한 알람이 발생할 수 있으며, RF 기술은 시스템은 현장적용시 지형적인 여건과 환경적인 여건에 의하여 오류가 발생할 가능성이 있어 신뢰성이 부족하다. 또한 GPS를 이용한 sensing 기술은 많은 장점이 있지만 현장 적용시 정확도, 경제성, 적용성이 다소 부족하다.

따라서 본 논문에서는 기존의 열차접근경보장치에 비해 대피시간을 충분히 확보하기 위하여 작업공간의 1.5km이상의 원거리에서 적외선 센서를 통해 열차의 접근을 감지하고, 터널 및 산간지역에서도 적용이 가능하며 실시간으로 작업자에게 경보신호를 전달할 수 있는 적외선 센서기반의 열차접근경보시스템을 개발하였다. 본 논문에서 개발한 시스템은 작업공간에 설치되는 실시간 경보장치와 작업공간의 전후방에 각 설치되는 열차 자동검지 장치로 구성되며, 설치와 휴대가 간편함과 동시에 모든 작업영역을 커버할 수 있어 비용적인 측면에서 매우 효과적이다.

## II. 시스템 설계

본 장에서는 제안하는 열차접근경보시스템의 전체적인 구조 및 열차자동검지장치, 실시간 경보장치 및 통신 방식에 대해 기술한다.

### 1. 시스템 구성

철도의 선로에서 작업 시 열차의 접근을 인지하지 못하여 발생하는 안전사고를 방지하기 위해서는 선로 작

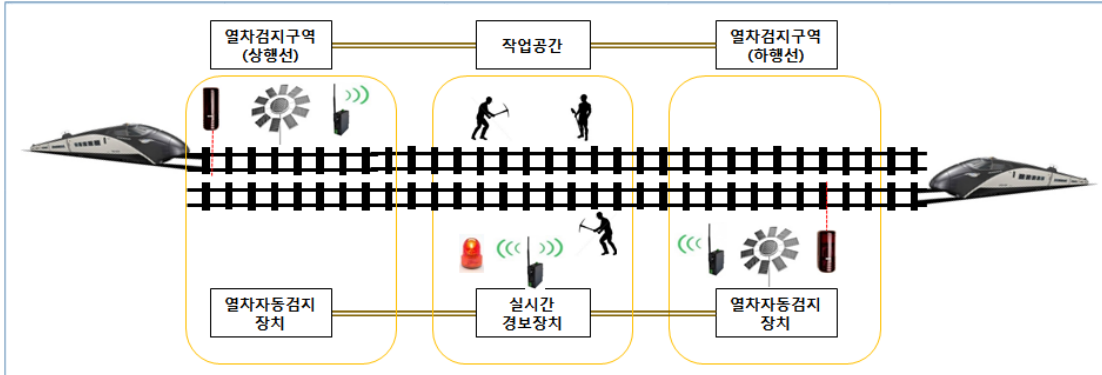


그림 1. 시스템 개념

업자들이 철도차량의 운행상황을 정확하게 파악하고 작업하는 것이 매우 중요하다. 따라서 열차 충돌 사고를 효과적으로 예방하기 위해서는 작업공간에 접근하는 열차를 조기에 인지하고, 실시간으로 선로유지보수 작업자에게 열차접근정보 전달 및 대피경보를 전파할 수 있는 열차접근경보시스템이 필요하며 이러한 열차 접근경보시스템은 다음과 같은 몇 가지 기본 요건을 충족하여야 한다[10].

첫째, 열차 충돌사고는 심각한 인명피해로 이어질 수 있기 때문에 시스템의 운용 및 관리 측면에서 신뢰성이 있어야 한다.

둘째, 추가적인 인력투입에 의한 비용을 최소화하기 위하여 자동으로 열차의 검지 및 경보 전파가 가능해야 한다.

셋째, 열차 검지 신호의 송수신 과정이 실시간으로 이루어져야 하며, 작업 시 경보 신호의 획득이 편리하여야 한다.

넷째, 열차 감시자의 대피시간을 감안하여 작업공간에서 최대한 원거리에서 열차접근검지가 가능해야 하며, 설치 및 운용에 있어 경제적이어야 한다.

본 논문에서는 앞서 열거한 기본 요건에 입각하여 [그림 1]과 같은 열차접근경보시스템을 개발하였다. 본 시스템은 작업공간 전후방에 설치되는 열차자동검지장치 2기와 작업공간에 설치되는 실시간 경보장치 1기로 구성된다. 열차자동검지장치는 비교적 가격이 저렴하며, 경보장치에서 원하는 대상체를 감지하기 위해 폭넓

게 사용되는 비접촉식 적외선 센서를 사용하였다. 실시간 경보장치는 작업공간에 위치한 모든 작업자에게 경보신호를 손쉽게 전파하기 위해 스피커를 통한 전파방식을 적용하였으며, 야간에도 작업자가 시각적으로 경보신호를 인지할 수 있도록 LED 경보등을 추가하였다. 신호전달체계는 통신을 위한 유선케이블 설치작업을 배제하고, 열차자동검지장치와 경보장치의 설치가 용이하도록 무선통신방식을 채택하였다. 무선 통신의 경우 열차자동검지장치와 경보장치간의 원거리 통신을 위해 CDMA방식을 이용하였다. 또한 자체 개발한 GUI 프로그램을 통해 열차자동검지장치 및 실시간 경보장치의 작동상태, 배터리 상황, 장치 간 통신 상태 등을 확인할 수 있으며, 사용자가 직접 경보음 크기, LED 경보등 밝기와 지속시간 등을 설정할 수 있도록 하였다.

## 2. 열차자동검지장치 설계

열차자동검지장치는 제어장치, 작업공간에 접근하는 열차를 검지하기 위한 적외선 센서, 검지신호를 경보장치에 전송하는 무선 통신 모듈, 전원공급이 어려운 지역의 경우 자가발전을 통한 운용을 위해 전원부의 태양광 발전 장치로 구성하였다.

제어장치는 전체 동작을 제어하는 처리장치와 주변 장치들의 동작을 제어하는 장치로 나뉜다. 우선 열차자동검지장치의 전체 동작을 제어하는 처리장치로는 40MHz의 동작주파수로 구동되는 8bit MCU가 사용되었다. 무선 송·수신부, 동작 상태 표시, 적외선 센서 등

과 같은 주변장치들의 동작 제어를 위한 장치가 있는데 여기에는 digital I/O port를 사용하였고, 무선 송·수신부를 통해 수신된 신호를 처리하기 위해 UART 포트를 이용하였다. 또한 외부의 불안정한 전압이나 노이즈 등에 의해 MCU가 latch-up 됐을 때 watch-dog timer를 이용하여 자가 복구를 할 수 있도록 하였고, 소프트웨어적인 복구도 가능하도록 설계하였다.

적외선 센서는 송신부/수신부 일체형으로 메인시스템에 장착된다. 송신부에서 열차를 향하여 적외선을 쏘아서 물체에 반사되어 돌아오는 적외선을 수신부에서 적외선의 양 및 시간을 검지하여, 열차접근정보값을 MCU에서 받아 처리된다. MCU는 16채널을 합성하는 다중화기의 A/D Converter(Analog to Digital Converter)가 내장되어 있으며, 이 신호를 A/D Converter를 이용하여 수신 받아 처리함과 동시에 무선 통신을 통해 신호를 경보장치의 MCU에 전송하게 된다. 적외선 센서가 외부 환경 변화에 반응 하지 않도록 센서 필터링을 통해 연산 처리하여 최종 열차 검지의 정확도를 향상시켰다. 또한 적외선 센서 감도 조절은 GUI 프로그램으로 설정이 가능하도록 하였다.

무선 통신의 경우 MCU와의 원거리 통신을 위해 CDMA Module을 이용하였고, 경보장치와의 통신은 사용자 정의 프로토콜(user define protocol)을 사용하였다. 무선통신의 사용이 불가능한 지역의 경우를 대비하여 유선통신도 가능하도록 설계하였다. 유선 통신의 경우 장거리 케이블 설치에 의한 문제점(단선, 노이즈, 선로가설 불편 등)을 최소화하기 위해 하드웨어적으로는 2-wire 통신에 최적화된 RS-485 통신방식을 적용하였다. 또한 보다 직관적인 데이터 처리를 위해 2-wire를 이용한 1bit 데이터 처리 방식도 가능하며 line-1은 Ground, line-2는 data라인으로 설정하고 data line은 High 또는 Low 신호로만 사용가능하다. RS-485 통신 방식을 사용할 경우 무선통신에 사용되는 프로토콜과 동일하게 사용자 정의 프로토콜을 사용한다. 통신 방식의 설정은 사용자가 직접 GUI를 통해 설정 가능하며, 통신상태 및 현재 통신 정보의 모니터링이 가능하다.

전원부의 경우 철도작업현장의 특성상 외부에서 전원을 공급받는 것이 원활하지 않으므로 충전 배터리를

내장하고 solar panel을 이용한 태양광 충전으로 배터리를 충전할 수 있도록 설계하였다. 충전배터리는 산업 용에 적합한 lead acid chemistries battery를 사용하였고, 용량은 5A 이상 10A 이내로 하여 완충된 배터리만으로도 연속구동 70HR 이상 구동될 수 있도록 하였다. lead acid chemistries battery의 충전방식은 CCCV(Constant Current Constant Voltage) 방식으로 하며, 안전사양으로 PCM(Protection Circuit Module)을 자체 메인보드에 내장하고, 실용성 측면에서 태양광 발전을 할 수 없는 상황을 대비해 AC Adaptor를 이용하여 충전이 가능하도록 설계하였다. [그림 2]는 무선통신 기반의 열차자동검지장치의 구조를 나타낸다.

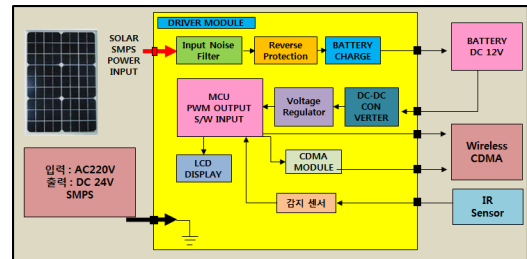


그림 2. 열차자동검지장치 블록도

### 3. 실시간 경보장치 설계

실시간 경보장치는 제어장치, 열차검지신호를 전달하기 위한 통신 모듈, 경고음 전파를 위한 사이렌과 LED 경보등, 터치형 LCD, 전원부로 구성된다.

실시간 경보장치의 전체 동작을 제어하는 처리장치는 열차자동검지장치와 마찬가지로 40MHz의 동작주파수로 구동되는 8bit MCU가 사용되며, 경고음 전파를 위한 스피커, LED 경보등과 같은 주변장치들의 동작 제어를 위해 digital I/O port를 사용하며, 무선 송·수신부를 통해 수신된 신호를 처리하기 위해 UART 포트를 이용하였다. 통신 방식 역시 열차자동검지장치와 동일하도록 설계하였다. 전체적인 동작 상태와 설정 상태를 사용자에게 표시해 주기 위해 back light 기능을 포함하는 터치형 LCD display를 사용하고, display에는 경보장치의 상태, 열차검지장치와의 통신 상태 및 시스템 설정 상태를 확인할 수 있으며, 사용자가 직접 알람 음

량제어, 무선/유선통신 설정 등을 할 수 있다.

전원부의 경우 열차자동검지장치와 동일하게 태양광 발전장치를 통한 충전이 가능하도록 구성하였고, LED 경보등이나 사이렌 등과 같은 고출력 장치들의 구동이 원활하게 될 수 있도록 20Ah 용량의 전원 공급장치를 사용하였다. 전원 공급장치는 입력 전압 AC 100~220V 50/60Hz, 출력 100W 이상의 고출력 SMPS를 사용하며 over voltage protection, over current protection, short circuit protection 등의 안전 보호 기능을 내장하였다. [그림 3]은 무선통신 기반의 실시간 경보장치의 구조를 나타낸다.

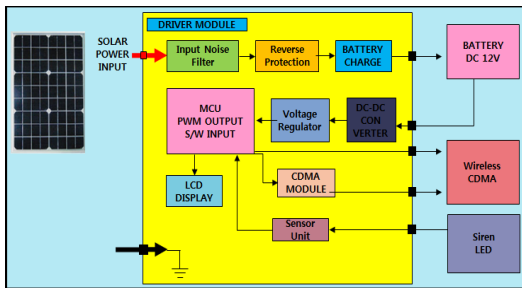


그림 3. 실시간 경보장치 블록도

### III. 시스템 구현

#### 1. 열차자동검지장치 구현

열차자동검지장치의 메인 컨트롤 케이스는 [그림 5]와 같이 메인회로, 전원장치 등을 안전하게 수납하고 우천 시와 같은 기후 조건에서도 내부로 빗물이나 먼지 등이 스며들지 않고 시스템을 안정적으로 구동시킬 수 있도록 하는 견고한 형태의 밀폐형 구조로 설계하고, 메인 회로부와 주변 장치 등이 넉넉하게 수납될 수 있도록 높이 40cm, 너비 30cm, 깊이 20cm 이상의 크기로 제작하였고, 열차자동검지장치 기구부의 전체 높이는 150cm이다. [그림 4]와 같이 열차자동검지장치의 메인 보드에는 전체적인 동작 상태와 설정 상태를 사용자에게 표시해 주기 위해 back light 기능을 포함하는 터치형 LCD 디스플레이를 탑재하였다. 이 터치형 LCD 디

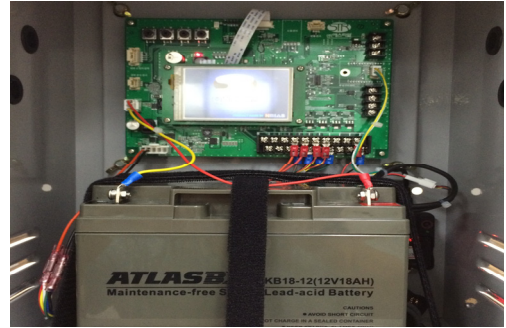


그림 4. 메인보드 및 배터리

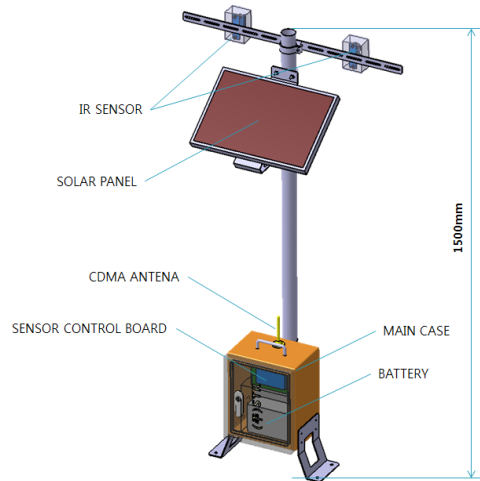


그림 5. 열차자동검지장치 기구부

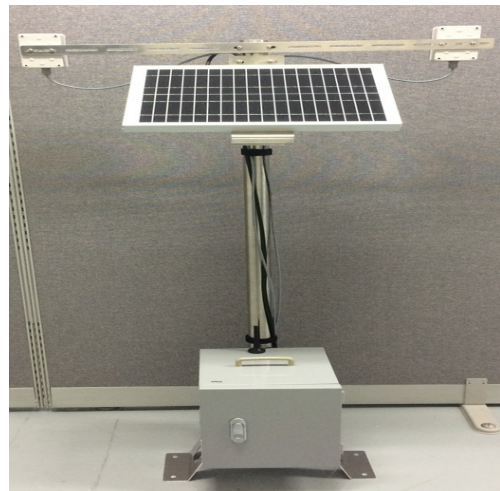


그림 6. 열차자동검지장치

스플래이는 경보장치에도 동일하게 적용하였다. 배터리는 손쉽게 교체가 가능하도록 외장형으로 제작하였으며, 적외선 센서는 손상가능성을 고려하여 2기를 적용하였다. 구현된 열차자동검지장치는 [그림 6]과 같다.

## 2. 실시간 경보장치 구현

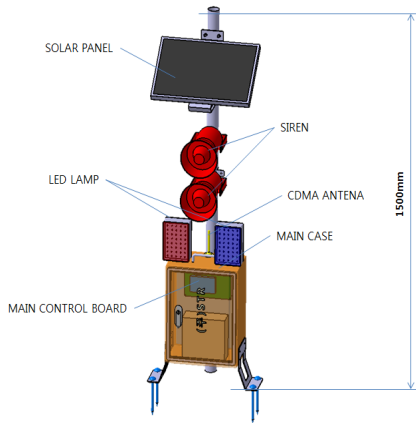


그림 7. 실시간 경보장치 기구부

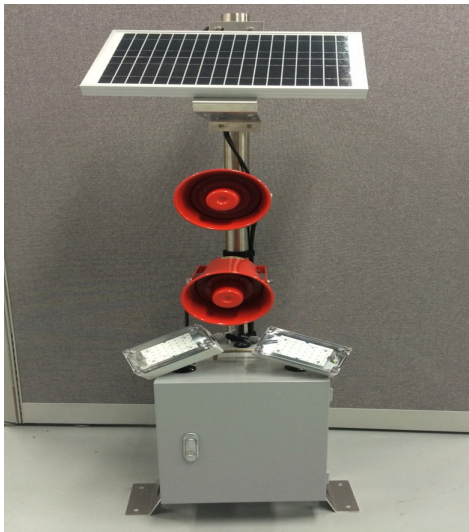


그림 8. 실시간 경보장치

실시간 경보장치의 기구부는 전체적인 구조는 [그림 7]과 같이 열차자동검지장치 기구부와 유사한 형태이

다. 시각적 경고를 위한 출력 장치는 시인성과 내구성을, 전력소모성을 고려하여 LED 경보등을 사용하였다. 청각적 경고를 위한 출력 장치는 방수가 가능한 장치를 사용하여 최대 90dB이상의 출력으로 음량 조절과 2가지 종류 이상의 사이렌을 출력 가능하도록 하였다. 구현된 실시간 경보장치는 [그림 8]과 같다.

## IV. 현장 시험

본 논문에서 개발한 시스템은 실제 철도현장(경북 철곡군 △△작업장)에서 성능평가를 수행하였다. 현장 테스트용 장비는 실시간 경보장치 1기와 열차자동검지장치 2기(상·하행선)로 구성하였다. 먼저 열차자동검지장치는 상행선 및 하행선에 설치하고, 열차자동검지장치의 MCU는 CDMA를 통하여 실시간 경보장치와 통신이 가능하도록 연결하였다. 실시간 경보장치는 1.5km 떨어진 위치에 설치하고, 열차자동검지장치와 함께 구동된다. 열차접근 시 정상적으로 열차자동검지장치와 경보장치가 작동하는 지 파악하기 위하여, 열차자동검지장치에서 1.5km 떨어진 경보장치의 경보출력(LED 경보등, 사이렌)의 동작 여부를 확인하였다.

적외선 센서 응답률과 알람경보음 및 알람경보등 동작률시험을 위하여 상행선 10회, 하행선 10회, 각 20회씩 총 60회 반복하여 수행하였으며, 그 결과 모든 조건에 대해 100%의 안정적인 구동을 확인 하였다. [표 1]과 [표 2]에 시험에 사용된 장치의 사양을 나타낸다.

표 1. 열차자동검지장치 사양

구분	규격
보드	Processor: PIC 8 bit micro Firmware: 20160704_SUB_CONTROL_Main (2,68 MB) Memory: 64 KB Version: 3.0
전원	제조사: Solar Center Model: SCM 15W 최대출력: 15W 최대전압/전류: 19.3V/0.81A
	제조사: ATLASBX Model: KB18-12 최대전압/전류: 12V/5.4A
통신	제조사: Mobiletek Model: M2M Modem Control (TS400G)
센서	제조사: SHARP Model: GP2Y0A710K0F

표 2. 열차자동검지장치 사양

구분	규격
보드	Processor: PIC 8 bit micro Firmware: 20160704_MAIN_CONTROL_Main (4,65 MB) Memory: 64 KB Version: 3,0
전원	제조사: Solar Center Model: SCM 15W 최대출력: 15W 최대전압/전류: 19.3V/0.81A
	제조사: ATLASBX Model: KB18-12 최대전압/전류: 12V/5.4A
통신	제조사: Mobicetek Model: M2M Modem Control (TS400G)

[그림 9]는 전체 시험환경을 나타내며, [그림 10]은 열차자동검지장치와 실시간 경보장치의 설치 모습을 나타낸다.



그림 9. 시험환경



(a) 열차자동검지장치 (b) 실시간 경보장치

그림 10. 현장설치전경

또한 센서 응답속도를 측정하기 위하여 오실로스코프를 적외선 센서부와 CDMA 모듈부에 연결하고 열차

를 감지하는 적외선 센서 감지시점으로 부터 CDMA의 출력 시간을 측정하여 [그림 11]과 같이 신호간의 시간차이( $\Delta T$ )를 확인하였다. 적외선 센서 응답속도 실험은 총 20회 실시하였고 그 결과는 [그림 12]과 같이 최소 216ms에서 최대 304ms의 대역폭을 가지며 평균 247.98ms 속도차이가 발생하였다. 이는 0.4초 미만으로 작업자의 대피시간에 특별한 영향을 주지 않으며 일정한 범위의 신호출력으로 인하여 열차접근경보시스템의 안정적인 구동을 확인하였다.

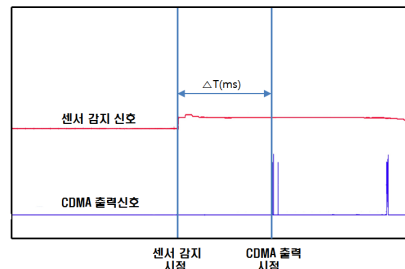


그림 11. 센서 신호측정 및 시간차이 확인

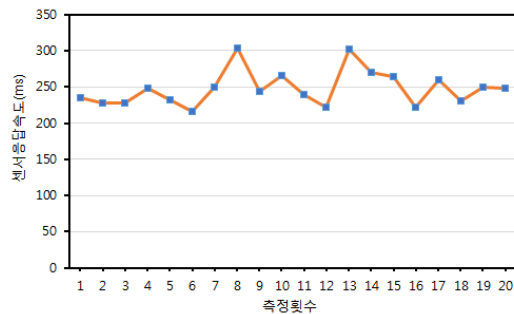


그림 12. 센서 응답 속도

현장 성능평가 결과 열차자동검지장치와 실시간 경보장치 모두 100% 구동하여 신뢰성을 검증하였으며, 최종 테스트 결과는 [표 3]과 같다.

표 3. 성능평가 결과 요약

구분	시험 횟수	시험결과
적외선 센서 응답률	20회	100% 구동
경보등 동작률	20회	100% 구동
경보음 동작률	20회	100% 구동
센서 응답속도	20회	평균 247.98 ms

## V. 결론

본 논문에서는 선로변 철도 작업자의 열차 충돌사고를 예방하기 위한 열차접근경보시스템을 개발하였다. 이에 따라 열차자동검지장치 및 실시간 경보장치를 설계하였고, 현장실험을 통하여 적외선 센서 응답률, 경보 등 및 경보음 동작률을 확인하였다. 우선 적외선 센서의 응답률 100%, 응답속도는 평균 247.98ms로 열차접근경보시스템의 사용성과 신뢰도에 안정적인 결과가 나타났다. 성능평가결과, 경보등 및 경보음 동작률 100%인 것으로 나타나 열차접근경보시스템의 신뢰성을 확보하였고 실제 철도 작업 현장에 적용하여 안정적인 시스템 구동을 확인하였다. 이 시스템을 통하여 열차 충돌로 인한 사상사고를 예방함으로써 운행 장애에 따른 비용과 인명손실에 따른 막대한 비용 등을 절감할 수 있을 것으로 보인다. 현재 철도 현장을 대상으로 개발되었으나, 기술 업그레이드를 통하여 안전 경보 시스템이 요구되는 다양한 산업체 현장에 활용할 수 있는 추후 연구가 필요하다.

## 참고 문헌

- [1] 교통안전공단, 철도사고 분석보고서, 연구보고서, 2014
- [2] 광상록, 박찬우, 왕종배, “중사자의 직무사고 현황 분석에 관한 연구,” 한국철도학회 논문집, 제16권, 제2호, pp.122-128, 20013.
- [3] 황종규, 조현정, “철도 선로변 유지보수 작업자 및 모터카 안전을 위한 양방향 안전설비 동작 메커니즘 연구,” 대한전기학회 논문지, 제59권, 제4호, pp.384-389, 2010.
- [4] 황종규, 조현정, 윤용기, 김용규, 장영준, 고영환, “선로변 작업자 철도교통 사상사고 예방을 위한 안전설비 개발,” 한국철도학회 논문집, 제12권, 제5호, pp.738-743, 2009.
- [5] 심재복, 온정근, 권기진, 이강원, “GPS와 RF 방식의 열차접근경보장치에 의한 철도 안전 시스템 구축에 대한 연구,” 한국철도학회 학술발표대회

논문집, pp.245-250, 2004.

- [6] A. Nieto, S. Miller, and R. Miller, “GPS proximity warning system for at-rest large mobile equipment,” Int. J. Surf. Min. Reclam. Environ., Vol.19, pp.75-84, 2005.
- [7] T. Ruff, *Recommendations for Evaluating and Implementing Proximity Warning Systems on Surface Mining Equipment*, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, Spokane Research Laboratory:Spokane, WA, USA, 2007.
- [8] T. Ruff, “Evaluation of a radar-based proximity warning system for off-highway dump trucks,” *Accid. Anal.Prev.*, Vol.38, pp.92-98, 2006.
- [9] J. Teizer, B. S. Allread, C. E. Fullerton, and J. Hinze, “Autonomous pro-active real-time construction worker and equipment operator proximity safety alert system,” *Autom. Constr.*, Vol.19, pp.630-640, 2010.
- [10] 한국산업안전공단, 철도작업 요소별 안전관리모델 개발, 연구보고서, 2004.

## 저자 소개

황 윤 태(Yun-Tae Hwang)

정회원



- 2011년 2월 : 한밭대학교 건설환경공학과(공학사)
- 2011년 2월 : 한양대학교 건설환경공학과(공학석사)
- 2014년 8월 ~ 현재 : 우송대학교 철도시스템학과 박사과정

<관심분야> : 철도안전, IoT, 철도교량



황 성 태(Sung-Tae Hwang)

정회원



- 2011년 2월 : 한남대학교 멀티미디어학부(공학사)
- 2017년 8월 : 우송대학교 철도시스템학과(석사수료)

<관심분야> : 철도 및 건설분야 안전

이 윤 성(Yun-Sung Lee)

정회원



- 2009년 : 한양대학교 토목공학과(공학사)
- 2011년 : 한양대학교 건설환경공학과(공학석사)
- 2014년 : 한양대학교 건설환경공학과(박사수료)

<관심분야> : ICT기반컨텐츠, 구조건전성모니터링, ICT기반재난관리컨텐츠

김 도 근(Do-Keun Kim)

정회원



- 2003년 : 조선대학교 토목공학과(공학사)
- 2005년 : 한양대학교 토목공학과(공학석사)
- 2007년 : 한양대학교 토목공학과(박사수료)

<관심분야> : 교량 유지관리, 시설물 자산관리, 센서 네트워크, 안전관리

이 태 규(Tae-Gyu Lee)

종신회원



- 1989년 2월 : 한국과학기술원 토목공학과(공학석사)
- 1993년 2월 : 한국과학기술원 토목공학과(공학박사)
- 1996년 3월 ~ 현재 : 우송대학교 철도건설시스템학부 교수

<관심분야> : 건설시스템, 알고리즘, OOP, 멀티미디어