

# 철도 선로변 유지보수 작업자 및 모터카 안전을 위한 양방향 안전설비 동작 메커니즘 연구

논문  
59P-4-7

## A Study on Bidirectional Detection Safety Equipment Mechanism for Casualty Accidents Protection of Railroad Workers and Motorcars

황 중 규<sup>†</sup> · 조 현 정\*  
(Jong-Gyu Hwang · Hyun-Jeong Jo)

**Abstract** – Workers maintaining at the railroad trackside may collide with the train since they cannot recognize the train approaching because of the sensory block phenomenon occurred due to their long hours of continued monotonous maintenance work. To reduce these casualty accidents of maintenance workers working at the trackside of railroad, we developed the wireless communication-based safety equipment for preventing accidents. The motor-cars for maintaining trackside facility have unique operational patterns suitable for urban environment. The several mechanism for developed safety equipment are represented in this paper.

**Key Words** : Bidirectional Detetction, Casualty Accidents, Railroad Worker

### 1. 서 론

철도의 선로변에서 선로나 신호설비의 유지보수 작업을 할 경우에는 작업 전후방 일정거리에 유지보수작업자 이외에 안전 경보자를 위치시켜 이들이 열차의 접근을 인식하면 깃발이나 경광등 같은 경보장치를 통해 유지보수 작업자에게 열차의 접근정보를 전달하는 방식을 사용하고 있다. 이처럼 작업자 전후방 일정거리에 있는 안전 경보자를 통한 열차접근의 경보를 하더라도 단조로운 유지보수 작업을 장시간 지속하면 유지보수자는 감각차단 현상이 발생하여 안전 경보자에 의한 경보신호를 인지 못하여 열차가 유지보수 작업장 인근까지 접근하여도 열차의 접근을 인식하지 못하여 열차와 충돌사고가 발생하는 사상사고가 발생하고 있다. 또한 도시철도 구간의 경우 야간의 선로시설물들의 유지보수 작업 시에는 케도회로 등 열차의 안전운행을 위한 신호시스템이 차단되어 있거나 정상적으로 동작되지 않는 경우가 있어 모터카를 비롯한 많은 유지보수 차량들 간의 충돌 사고가 발생할 수 있다[1-4]. 이러한 철도 선로변 작업자의 사상사고와 모터카들 간의 충돌 사고 저감을 위해서 야간의 선로변 유지보수를 위해 운행하는 모터카에서 특정 무선신호를 수신하여 작업자에서 진동, 소리, LED 등 다양한 경보신호를 제공하여 사고를 예방하는 안전설비를 제안하였다[5-6]. 즉, 전방의 일정거리 이내에 열차가 접근하면 작업자의 안전설비가 접근열차를 인지하여 작업자에게 다양한 형태의 경보신호를 제공하여 열차와의 충돌 사고를 저감하고자 하는 설비이다. 또한 모터카가 두 대 이상이 운행

될 경우, 모터카의 차상장치들 사이에서도 양방향 통신을 통해 다른 모터카의 접근정보를 경보할 수 있는 구조로 하였다[7-10].

그림 1은 본 논문에서 제안하는 철도 선로변 작업자 및 모터카 사이의 양방향 무선통신을 통한 사상사고 예방을 위한 안전설비의 기본 개념을 나타낸 그림이다. 그림에서와 같이 모터카에 탑재된 차량용 단말기와 선로변의 작업자용 단말기간의 주기적인 양방향 무선통신을 통해 서로 전방에 작업자 및 모터카 운전자에게 경보신호를 전송하는 것을 목적으로 하는 안전설비이다. 즉, 제안한 안전설비는 기본적으로는 접근하는 모터카와 작업자간의 양방향 무선통신을 통해 서로에게 경보신호를 전송하여 주는 설비이지만, 야간작업 중에는 모터카들 간에도 충돌 사고가 자주 발생하고 있어 이를 위해 접근하고 있는 모터카들 간에도 서로 경보신호를 줄 수 있는 메커니즘을 안전설비에 구현하였다.

이러한 안전설비는 선로변 작업자와 모터카의 다양한 운행 시나리오에 따라 각각 적절한 안전정보를 할 수 있는 동작 메커니즘이 구현되어 있어야 한다. 본 논문에서는 이러한 모터카의 운행시나리오 및 작업자의 반응에 따라 차상 안전설비와 작업자용 안전설비가 동작되어야 할 메커니즘에 대해 각 시나리오별로 분석하였다.

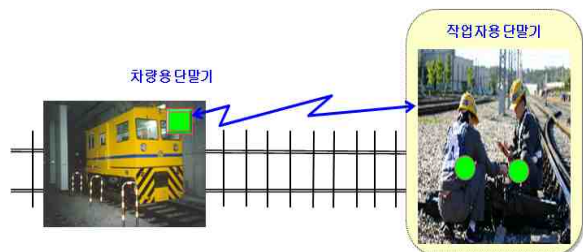


그림 1 양방향 안전설비의 개요  
Fig. 1 Concept of proposed bidirectional safety equipment

<sup>†</sup> 교신저자, 정회원 : 한국철도기술연구원 책임연구원 · 공박  
E-mail : jghwang@krii.re.kr

\* 정 회원 : 한국철도기술연구원 선임연구원  
접수일자 : 2010년 8월 16일  
최종완료 : 2010년 11월 3일

## 2. 안전설비의 구성 및 기능

철도 선로변에서 선로나 신호설비의 유지보수 작업자와 접근열차의 충돌에 의한 사상사고 저감을 위해 열차에서 접근신호를 무선으로 주기적으로 전송하고, 선로변의 작업자가 가지고 있는 단말장치에서 차상으로 부터의 무선신호를 수신하여 작업자 단말기에서 다양한 경보신호를 제공하여 사고를 예방하는 안전설비를 제안하고 시제품을 제작하였다. 선로변 작업자의 사상사고 저감과 모터카들 간의 안전사고 예방을 위한 양방향 무선통신을 이용한 안전설비는 모터카에 설치되는 차상단말기와 작업자용 단말기로 구성되며, 두 단말기의 기본 구성은 동일하지만 차상과 작업자용의 단말기 경보의 표출 방식에 차이점을 가지고 있다. 개발한 안전설비의 기본 메커니즘은 모터카의 차상 단말기에서 특정 주파수대의 신호를 주기적으로 전송하고, 전방 일정거리 이내의 선로변 작업자가 가지고 있는 단말기에서 차상단말기로부터 오는 주기적인 신호를 수신하여 부저, LED, 진동 등으로 경보신호를 전달하도록 하는 구조로 되어있다. 작업자가 가지고 있는 단말기로부터 열차접근에 대한 경보신호 작업자가 인지하게 되면, 작업자는 안전구역으로 대피하게 되고 또한 경보음은 차단할 수 있도록 하였다. 반대로 차상에서도 전방의 작업자가 있는지 유무를 확인할 수 있도록 양방향 통신이 가능하도록 개발하였다.

그림 2는 안전 경보설비의 차상 단말기의 구성을 나타낸 것으로, RF 신호를 주기적으로 송신하고 또한 수신하기 위한 RF 모듈, 주기적인 RF 신호의 발생 및 경보신호의 동작 메커니즘을 처리하는 MCU모듈, 빛에 의한 경보신호 출력을 위한 LED 모듈, 정보 표시를 위한 LCD 모듈, 소리에 의한 경보신호 출력을 위한 AMP와 스피커 부분, 그리고 모터카로부터 전원을 입력받기 위한 전원 모듈로 구성되어진다. 전원 모듈은 다양한 모터카의 전원을 입력받을 수 있도록 5V에서 40V 까지 입력받을 수 있도록 하였다. 본 시제품에서 사용한 무선신호 주파수 대역은 ISM 대역 중 철도의 다른 설비에 의해 사용하지 않는 424 MHz 대역을 사용하였다. LED에 의한 경보신호는 전방에 작업자가 있는지 또는 전방에 또 다른 모터카가 있는지에 따라 각각 다른 컬러로 표시되도록 하였다. 경보음은 모터카의 운전자에 의해 조절이 가능하도록 하였고, LCD 패널에는 접근한 작업자 단말기나

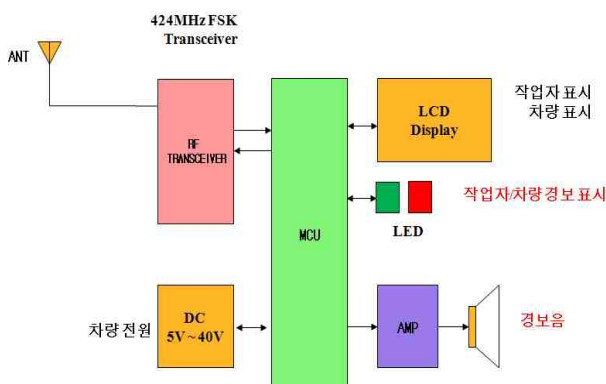


그림 2 차상단말기 구성  
Fig. 2 Configuration of the on-board terminal

다른 모터카 단말기의 고유 번호가 표시되도록 하였다. 만약 접근구간 이내에 여러 대의 단말기로부터 무선신호를 피드백 받을 경우, 무선신호가 피드백 된 순서로 순차적으로 각각 단말기의 ID 번호가 표출되도록 하였다. 모터카의 차량 단말기와 작업자용 단말기의 무선신호 출력은 전파 도달거리가 도시철도에 적합하도록 250~300m 정도가 되도록 10 mW 이내로 조정하였다. 모터카와 작업자의 전파 도달거리가 도시철도 구간의 유지보수 차량인 모터카의 운행속도에 따라 경보신호에 따라 작업자가 대피할 수 있는 충분한 거리여야 한다. 하지만 전파 도달거리가 지나치게 길게 되면 바로 인접한 차량과 먼 거리에 있는 차량들로부터의 경보신호가 다수 발생하고, 이로 인해 작업자에게 경보음이 아닌 소음으로 들릴 수 있고 이에 따라 작업자용 단말기의 전원을 꺼서 본 안전설비의 효과가 없을 수 있다. 따라서 본 연구에서는 도시철도의 유지보수 작업자 및 모터카 운전자들로부터의 의견수렴을 통해 도시철도 플랫폼의 길이(약 200m)보다 조금 더 긴 거리를 최적의 거리로 결정하고 이에 따라 각 단말기의 출력을 조정하였다.

그림 3은 작업자용 단말기의 구성을 나타낸 것으로 기본적인 구성은 그림 2의 차상 단말기와 동일하지만 경보신호의 출력부분과 전원부분에서 차이점이 있다. 작업자용 단말기의 경보신호는 차상 단말기와는 달리 LED와 소리에 의한 경보신호 이외에 진동에 의한 경보신호를 추가하여 작업자에게 경보신호전달기능을 향상시켰다. 따라서 작업자용 단말에는 진동 모터 부분이 추가되었으며, 또한 LED 경보는 모터카의 접근방향을 표시하는 LED와 일반 고휘도 LED 두 가지로 구성하였다. 전원 부분은 차상 단말기는 모터카 차내의 전원을 직접 사용하지만 작업자용의 경우 휴대용이므로 배터리를 사용하여 외부에서 충전하여 사용할 수 있도록 하였고, 배터리의 충전이 3시간 이하일 경우 'LOBATT' LED의 경보등이 동작되도록 하였다. 또한 작업자가 휴대하기 편리하도록 작업자 허리에 부착하거나 목에 걸 수 있는 구조로 하였다.

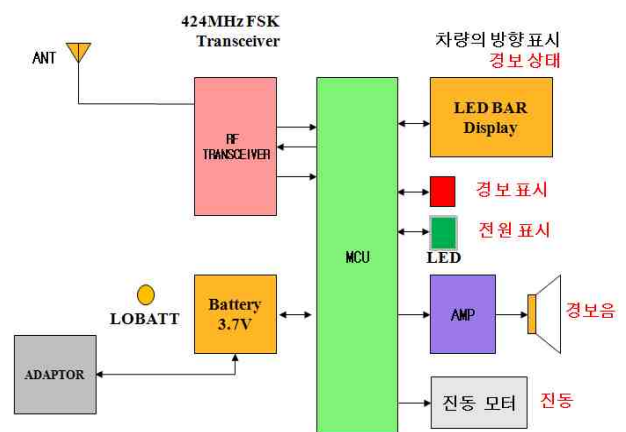


그림 3 작업자 단말기 구성  
Fig. 3 Configuration of the worker's terminal

이러한 무선통신 기반의 제안한 안전설비는 철도현장에서의 현장 적용시험 과정에서 철도 선로변 유지보수 현장에서의 다양한 요구사항들이 도출되었다. 즉, 철도 선로변 유지

보수 고유의 특성이 반영된 선로변 작업자와 모터카의 다양한 운행 시나리오에 따라 적절한 안전경보신호 동작 메커니즘이 필요하였으며, 본 논문에서는 이러한 실제 현장에서 필요한 다양한 동작 메커니즘들이 분석 및 구현되었다.

### 3. 안전설비 동작 메커니즘

차량용 단말이나 작업자용 단말기는 각각 동일한 전파 전달거리를 가지고 있어, 운행하는 모터카가 작업자 단말기의 전파 전달거리 이내에 접근하게 되면 차량용 단말기로부터의 RF 신호를 작업자 단말기가 수신하여 두 단말기 모두에서 상대방이 근접하여 있음을 다양한 형태의 경보신호로 표출하게 된다. 이러한 차량용 단말기와 작업자용 단말기 사이의 기본적인 경보동작 메커니즘을 기반으로 하여, 실제 철도현장에서의 모터카 운행패턴 분석 결과를 반영한 안전설비의 경보 동작 메커니즘을 설계하였다.

그림 4는 모터카와 작업자 사이의 기본적인 경보동작 메커니즘을 순차적으로 표현한 도식도이다. 즉, 그림의 세로축은 시간의 흐름을 나타내었고, 각각 전송되는 정보 및 해당 데이터를 수신 받았을 경우 행위(Activity)를 함께 나타내었다. 이러한 도식도는 설비간 인터페이스를 위한 통신 프로토콜을 표현하는 일반적인 방법으로 본 논문에서는 모터카의 운행패턴에 따른 작업자 및 차량용 단말기간 경보동작 메커니즘과 데이터의 Flow chart를 하나의 도식도로 표현하고 설명한다. 모터카 #1이 작업자 단말기의 전파전달 영역 이내로 접근하게 되면 모터카 #1의 단말기로부터의 주기적으로 송신되는 RF 신호가 작업자용 단말기에 의해 수신되고, 이 신호를 수신함과 동시에 작업자 단말은 경보신호를 출력한다. 그리고 바로 모터카 #1 단말기로 피드백 하여 모터카 #1의 차량 단말기에도 전방에 작업자가 있다는 경보를 발생시켜 주의운전 하도록 한다. 선로변 작업자가 작업자 단말기의 경보신호를 확인하면 모터카가 접근하고 있음을 인식하고 안전지역으로 대피하게 된다. 만약 작업자가 접근하는 모터카를 인지하고 안전지역으로 대피한 이후에는 계속 경보신호가 발생될 필요가 없으므로 작업자용 단말기에 경보중지 버튼을 취급하여 작업자용과 차량용 단말기에 경보신호를

중지시키는 메커니즘으로 설계하였다.

이때에도 모터카 #1의 단말기는 주기적으로 RF 신호를 전송하고 작업자용 단말기도 주기적으로 모터카 #1의 신호를 수신하지만 경보중지 버튼이 눌러지면 경보신호를 출력하지 않도록 하였다. 이후 그림과 같이 모터카 #2가 전파전달 영역 이내로 접근할 경우 작업자 단말은 그림 4와 같이 다시 경보신호를 발생시키고 동시에 차상 단말기로 피드백시켜 모터카 #2에 경보신호를 발생시키도록 하는 메커니즘으로 구현되어 있다.

앞에서 설명한 기본적인 동작 메커니즘은 모터카와 작업자 단말기 간의 기본적인 데이터 전송을 나타낸 것이고, 실제 철도 선로변에서는 모터카는 전진 및 후진을 반복하는 등 일반적인 영업운행 전동차와는 다른 운행패턴을 가지고 있다. 그림 5는 이러한 운행패턴의 한 예를 나타낸 것으로 하나의 모터카가 작업자 구간으로 들어왔다가 벗어난 후 다시 재진입하는 상황에 대한 경보동작 메커니즘을 나타낸 것이다. 이때는 작업자용 단말기에서 RF 신호가 수신되지 않으면 작업자용 단말기는 중지되고, 차상용 단말기도 작업자용으로부터 피드백 신호를 받지 않을 경우 차상용 단말기의 경보신호도 중지된다. 이후 새롭게 모터카 #1이 전파전달 영역 내로 진입할 경우 처음 진입했을 때와 동일한 메커니즘으로 경보신호가 표출되도록 하였다. 이는 그림 6과 같은 기본 경보 동작 메커니즘과는 달리 동일한 ID의 차상용 단말기의 신호가 수신되더라도 RF 신호가 끊긴 후 다시 수신되면 새롭게 처음부터 경보신호가 동작되도록 하는 메커니즘이다.

그림 5는 모터카가 전파전달 영역을 벗어난 후 재진입하는 경우이지만, 모터카는 특성 상 좁은 영역 내에서 자주 운행을 하므로 작업자에 의한 경보중지 버튼 취급 후 전파전달 영역 내에서 후진하여 작업자에게로 다시 접근하는 운행패턴도 자주 발생한다. 이러한 경우 작업자 단말은 경보중지 버튼으로 인해 모터카의 진입을 경보하지 않음으로 사상사고가 발생할 가능성이 있다. 따라서 이에 대한 해결책으로

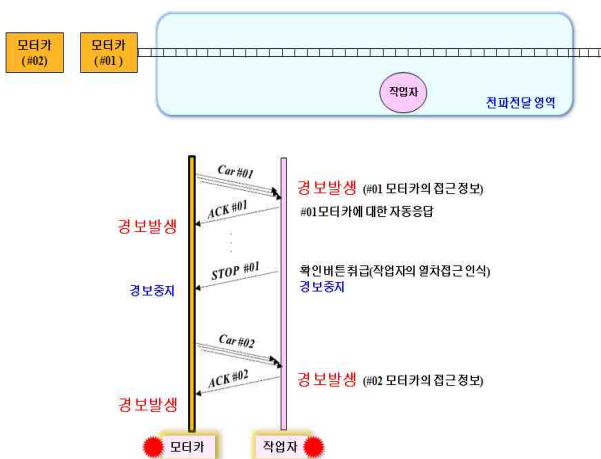


그림 4 기본 경보동작 메커니즘  
Fig. 4 Basic alarm operation mechanism

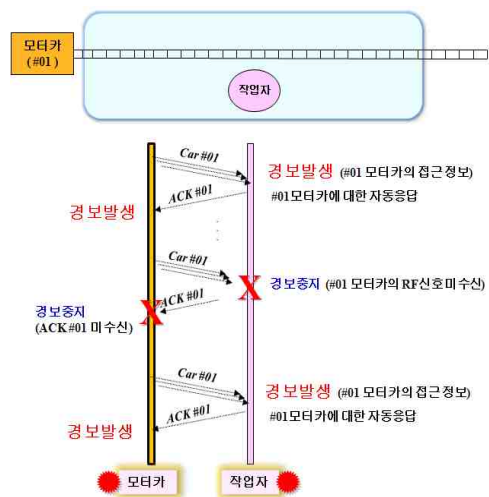


그림 5 모터카가 전파전달 영역을 벗어난 후 재진입하는 경우 경보동작 메커니즘  
Fig. 5 Alarm mechanism when the motorcar moves backward after leaving its propagation area

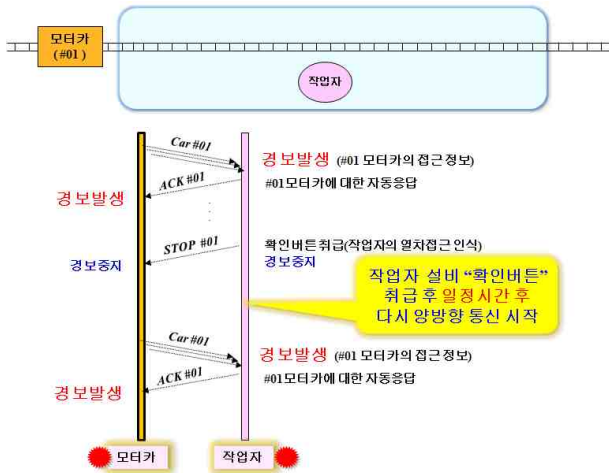


그림 6 모터카가 전파전달 영역 내에서 전진 및 후진하는 경우 경보동작 메커니즘

Fig. 6 Alarm mechanism when the motorcar moves within the its propagation area

그림 6과 같이 일정시간 후 동일한 차상용 단말기로부터 RF신호를 수신하면 다시 경보가 발생하도록 하는 메커니즘을 설계하였다. 설정시간은 운영기관의 모터카 운행 특성에 따라 가변되어질 수 있으며, 본 논문에서는 도시철도 모터카의 운행패턴에서 전진 후 후행하는 경우는 모터카의 구조상 전진방향의 운전장치 전원을 OFF하고 반대 측 운전석으로 이동하여 운전장치의 전원을 ON하여 후진하도록 되어 있으며, 이 시간이 도시철도 유지보수 담당자의 의견수렴 과정에서 120초 정도로 분석되어 이 시간을 기준시간으로 결정하였다.

그림 7에서는 모터카 #1과 작업자와의 경보동작 메커니즘은 앞에서 설명한 몇 가지 케이스와 동일하게 동작하지만, 추가적으로 둘 이상의 모터카 단말기 사이의 경보동작 메커니즘을 설명한 그림이다. 그림에서와 같이 모터카 #1이 접근할 경우 경보가 앞에서 설명한 기본 경보동작 메커니즘에 따라 동작하며, 만약 모터카 #2가 연속해서 작업자의 전파전달

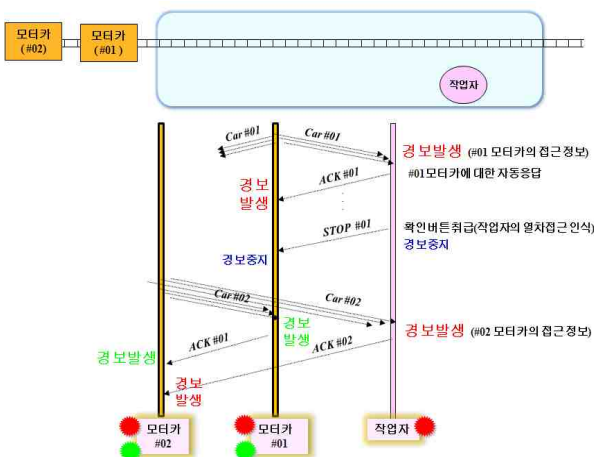


그림 7 두 대의 모터카와 작업자 사이의 경보 동작 메커니즘  
Fig. 7 Alarm mechanism between two motorcars and worker

영역 내로 접근할 경우에도 그림과 같이 작업자 단말기는 경보신호를 발생시키며, 또한 모터카 #1은 모터카 #2로부터 RF신호를 수신하면 경보신호를 그림과 같이 경보신호를 발생시키고 모터카 #2의 단말기로 피드백 시켜 모터카 #2의 차상단말기에 경보를 발생시키게 된다. 이때 차상 단말기는 작업자에 의한 경보인지 다른 모터카에 의한 단말기인지에 따라 경보신호를 달리 표출하도록 하여 운전자로 하여금 이에 따라 안전운전을 유도할 수 있도록 하였다.

#### 4. 시제품의 제작 및 시험

앞에서 설명한 경보 동작 메커니즘을 반영하여 시제품을 제작하고 철도운영 현장에서 제작한 시제품에 대한 시험을 수행하였다. 그림 8과 9는 각각 제작한 작업자 및 차량용 단말기 시제품을 나타낸 것이다.

그림 8의 작업자용 단말기로서 오른쪽은 경보신호가 표출된 경우로 작업자 단말의 경우 붉은 색 LED와 파란색의 고휘도 LED가 동작되어 작업자 본인뿐 아니라 인접하고 있는 작업자가 경보신호를 확인할 수 있도록 제작하였다. 작업자용 단말기의 경우 작업자가 휴대하기 편한 구조로 설계되었으며, 작업자의 허리에 부착할 수 있는 구조로 되어 있다. 또한 단말기의 전원은 8시간 정도의 사용시간을 가지는 고용량 충전 배터리를 사용하여 작업자가 편리하게 사용할 수 있도록 하였다.



그림 8 작업자 단말기 시제품

Fig. 8 Prototype of worker's terminal

그림 9의 차량용 단말기의 경우 경보음의 소리를 조절할 수 있는 구조로 되어 있으며, LCD 표시 Panel을 통해 접근하는 작업자 단말기의 고유번호가 표시되도록 하였다. 또한 모터카의 차량전원을 사용하며, 별도의 전원 스위치를 설계하지 않음으로 인해 차량운행 중에는 반드시 본 안전설비의 전원이 인가되도록 하였다. 즉, 운전자에 의해 임의로 본 설비의 전원을 차단하지 못하는 구조로 설계하였다. LED 경보의 경우 접근하는 단말장치가 다른 모터카의 것인지와 작업자의 것인지를 수신한 무선 데이터의 헤더부분에 포함된 ID 분석을 통해 구분한 후 다른 컬러 LED(붉은색, 초록색)를 경보신호로 표출하여 모터카 운전자가 모터카와 작업자의 접근을 구분할 수 있도록 하였다.





그림 9 모터카용 차상 단말기 시제품  
Fig. 9 Prototype of on-board terminal

개발 시제품의 성능시험을 위해 서울메트로의 선로에서 수차레의 현장시험을 수행하였다. 현장시험에서는 차량용 단말기에서의 주기적인 RF 신호를 전파전달 영역 이내의 작업자용 단말기가 정상적으로 수신하여 진동, 부저 및 LED 형태의 경보음을 정상적으로 표출하는지와 모드전환 스위치나 열차의 진행 방향이 정상적으로 표출되는지에 대한 확인을 통한 제안한 경보동작 메커니즘의 적절성에 대한 검증시험을 수행하였다. 즉, 분석된 몇 가지의 모터카 운행 패턴에 따른 경보동작 메커니즘에 대한 검증은 모터카 운행 패턴별 적정 거리 이내에 접근하였을 경우의 각 단말기의 경보신호가 정상적으로 동작되는지를 육안검사를 통해 수행되었다. 시험현장은 지하구간, 지상구간, 플랫폼 구간 등 다양한 현장조건에 따라 수행되었으며, 특히 전파전달거리 및 성능시험을 위해 서울메트로 선로 중 가장 곡선반경이 큰 150R인 구간에서 시험을 수행하여 설정거리에 따라 적절하게 경보신호가 표출되는지 확인하였다.

그림 10은 개발한 시제품의 현장시험 사진을 나타낸 것으로, 현장시험 결과 모터카의 다양한 운행 패턴에 따른 설계한 경보동작 메커니즘에 따라 정상적으로 동작됨을 확인하였으며, 최소 전파전달 거리는 환경에 따라 다르지만 최대 270m로 측정되었다. 이 정도의 전파전달 거리는 도시철도 운영기관에서 요구하는 가장 이상적인 거리로서, 시제품의 전파전달 거리가 요구되는 성능을 만족함을 현장시험을 통해 확인하였다.



그림 10 철도현장 시험사진 현황  
Fig. 10 Configuration of performance testing on real site

## 5. 결 론

본 논문에서는 이와 같이 철도 선로변 작업자의 사상사고 저감 및 선로변 유지보수를 위한 모터카 상호간의 충돌돌사 사고 저감을 위한 양방향 무선통신을 이용한 안전설비를 제안하였으며, 실제 철도현장의 모터카 운행패턴 분석을 통한 모터카 및 작업자 단말기간 경보동작 메커니즘을 설계 및 구현하였다. 본 논문을 통해 설계된 경보동작 메커니즘을 바탕으로 시제품을 개발하여 철도현장에서 설계한 메커니즘의 적절성을 확인하였다. 그리고 현재는 본 논문을 통해 개발한 시제품이 서울메트로의 창동, 수서, 군자 차량기지의 모터카 9대에 설치하여 수개월간의 시범운용 중에 있으며, 시범운용이 완료되면 본 시제품의 실제 사용자인 모터카 운전자 및 선로변 유지보수자를 대상으로 한 설문조사를 통해 시제품의 효용성을 분석할 예정이다. 본 논문에서와 같은 안전설비의 다양한 케이스별 경보동작 메커니즘의 구현으로, 철도 선로변 작업자의 철도교통 사상사고를 예방 및 저감하는데 많은 기여가 예상된다.

### 감사의 글

본 논문은 국토해양부가 출연하고 한국건설교통평가원에서 위탁 시행한 철도중합안전기술개발사업(열차안전 C03)의 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

- [1] "지하철 사상사고 처리실무", 서울특별시지하철공사, 2004.
- [2] Rail Safety and Standard Board, "Profile of Safety Risk on the UK Mainline Railway", Issue 5, 2006.
- [3] C.W. Park, J.B. Wang, and et al., "Development of Accident Scenario Models for the Risk Assessment of Railway Casualty Accidents", Journal of the Korean Society of Safety, vol.24, no.3, pp.79-87, 2009.
- [4] "FRA Guide for Preparing Accident/Incident Report", 12 U.S. Department of Transportation Federal Railroad Administration, 2003.
- [5] 황종규, 외, "선로변 유지보수 작업자 사상사고 예방을 위한 무선 통신을 이용한 안전설비의 개발", 대한전기학회 EMECS학회 춘계학술대회, 2009.4.
- [6] J.G.Hwang, H.J.Jo and Y.K.Kim, "Alarm Equipment for Protection of Trackside maintenance Workers Using Bone Conduction Speaker", ITC-CSCC 2009, July 2009.
- [7] Bernard Skar, "Digital Communications - Fundamentals and Applications", Prentice Hall, 1998.
- [8] Yi-Bing and Imrich Chlamtac, "Wireless and Mobile Network Architecture", Wiley Computer Publishing, 2001.
- [9] Nejikovsky, B. Keller, E, "Wireless communications based system to monitor performance of rail vehicles", Proceedings of the 2000 ASME/IEEE Joint in Newark, pp.111-124, NJ, USA, June 2000.
- [10] G.M. Shafiullah, A. Gyasi-Agyei, P. Wolfs, "Survey

of Wireless Communications Applications in the Railway Industry”, Proceedings of the 2nd International Conference on Wireless Broadband and Ultra Wideband Communications(AusWireless 2007), Sydney, Australia, August 2007.



**조현정 (趙賢庭)**

2003년 한국항공대학교 항공전자공학과 졸업. 2005년 광주과학기술원(GIST) 정보통신공학과 졸업. 2005년~현재 한국철도기술연구원 열차제어통신연구실 선임연구원.

Tel : 031-460-5458

Fax : 031-460-5449

E-mail : hjjo@krri.re.kr

**저 자 소 개**



**황종규 (黃宗奎)**

1994년 건국대학교 전기공학과 졸업. 1996년 동 대학원 석사졸업. 2005년 한양대학교 전자통신전파공학과 박사졸업. 1995년~현재 한국철도기술연구원 열차제어통신연구실 책임연구원.

Tel : 031-460-5438

Fax : 031-460-5449

E-mail : jghwang@krri.re.kr