

지향성 안테나 및 무선방식을 이용한 철도차량 기관사 신호어김 경보장치 연구개발

Research and Development of the Railway Vehicle False Start Alarm System based on Wireless Detection system with Directional Antenna

노갑진*, 이용우*†, 이영재**, 박병철**

Kab Jin Roh*, Yong Woo Lee**†, Young Jae Lee* **, Byung Chul Park* **

초 록 철도차량은 운행 시 항상 선로의 신호 상태를 확인하고 계획된 경로로 설정된 선로를 따라 운행하여야 하나 신호를 잘못 인식하여 오인 출발하는 경우가 있으며 특히 선로 간 간격이 좁고 다수의 신호기가 밀집하여 설치된 경우 이러한 가능성이 높아 추돌, 탈선 또는 차량 분리 등의 사고가 발생할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 서울교통공사의 안전방체체계인 안전5중방호벽 제5단계(실수방지시스템)를 활용하여 정지신호를 무시하고 진입하는 철도차량에 대하여 신호기와 연동된 무선 경보장치를 통해 운전실에 비상경보를 울려 더 이상의 운행을 중지시키는 신호어김 경보장치의 개발을 진행하였고 서울교통공사 전동차와 신호기에 연동하여 유효성을 확인하였으며 추가적인 연구 개발을 통해 신호어김 상황 발생 시 기관사의 후속 조치가 없을 경우 자동비상제동 체결하여 사고를 방지할 수 있는 조치를 취할 수 있는 방안을 마련하고자 한다.

주요어 : 철도차량, 지향성안테나, 무선, 신호어김 정보, 안전5중방호벽

1. 서 론

철도차량은 입환 대기 시 항상 운행 전 사전에 선로의 설정에 따른 신호를 확인하고 정상적인 진행신호에서 운행을 하여야 하나 근접한 다른 신호에 대한 기관사의 오인 또는 정지신호를 확인하지 못하고 모진하는 경우가 발생한다. 이 경우 신호기와 연동된 경보장치를 통하여 정지신호 상태에서 운행 시 운전실 내에 경보를 발하여 더 이상의 진행을 막고 2차 사고를 예방할 수 있는 장치를 개발 하였으며 서울교통공사 차량 및 차량기지 신호기와 연동하여 성능을 검증하였다.

2. 본 론

2.1 추진배경

본 개발의 추진배경으로는 2017년 6월 11일 고덕차량기지 입환 대기 중 인접선로 진행신호

오인출발로 인한 선로전환기 훼손, 6월 19일 신호 미확인 임의운전으로 인한 선로전환기 훼손 사례 등 기관사의 오인 또는 확인소홀에 의한 사고 사례가 지속적으로 발생하고 있으며 추돌, 탈선 등 중대사고로 확대될 여지가 충분하여 이에 대한 대응 방안 수립이 절실한 상황이다. 따라서 서울교통공사는 사전예방 체계인 안전5중방호벽을 활용하여 문제해결을 하였다. 안전5중방호벽은 제1방호벽(안전한 환경), 제2방호벽(안전한 작업), 제3방호벽(위험요소의 제거), 제4방호벽(안전체계의 유지), 제5방호벽(실수방지시스템)으로써 기관사의 오인, 착각에 의한 신호어김을 방지하기 위해 실수방지시스템으로써 본 연구개발을 진행하게 되었다.

2.2 연구개발 적용 기술

본 연구개발을 통하여 다양한 주파수 대역 및 통신방식에 대하여 검토 및 시험을 수행하여 최종 2.4GHz(ISM밴드) 특정 소출력 비면허 주파수를 채택하였으며 데이터 송수신을 위해 디지털 FSK 변조방식을 사용하였다.

† 교신저자: 서울교통공사 안전지도처
(smc8911@seoulmetro.co.kr)

* 서울교통공사
** (주) 바이컴 기술연구소

또한 무선 송수신부는 지향성 안테나를 통해 물리적으로 방사빔 폭이 좁게 형성되도록 하여 기기의 무선신호가 인접선로에 영향을 주지 않도록 하였으며 추가적으로 송수신 간 혼선, 보안 및 간섭을 피하기 위하여 암호화 알고리즘(AES128비트 암호화) 및 다중주파수 선택 알고리즘을 적용하여 혼선, 간섭을 회피하고 외부 접근에 대한 보안성을 확보하였다.

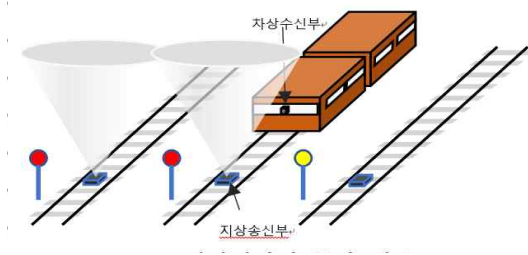


Fig.1 신호어김 경보장치 동작 개요

2.3 지향성 안테나

다이폴과 같은 일반적인 안테나의 경우 방사 패턴이 전 방향으로 방사가 되므로 송신기의 무선신호가 인접 선로 차량의 수신기에 영향을 주어 해당 선로의 정상진행 신호에서 정지신호로 오인되어 오경보를 발생시키게 된다. 선로 간 이격거리 4.3m를 감안하면 선로 대 선로는 최대 90°, 차량 진행방향으로 최대 120° 이 이상적(Fig.2)이며 상부 이외의 부엽방사를 최소화할 필요가 있으나 운행시 인식거리 확보 측면에서는 전후방향 방사 폭은 최소 120° 이상이 유리하므로 선로 좌우 및 전후방향의 무선 방사 빔의 방향 및 형상이 서로 다르도록 설계(Fig.3)하였고 이를 만족하는 지향성 패치 안테나를 신규로 자체 개발, 제작하여 송신신호가 수신기의 인식 범위 내에서는 해당선로의 범위를 벗어나지 않도록 최적화 하였다.

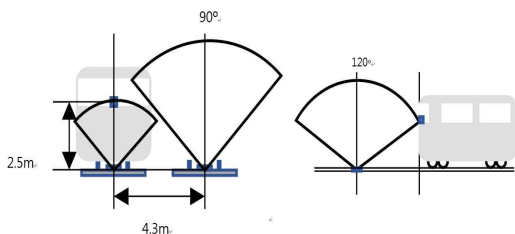


Fig.2 지상송신기 방사빔 폭 구성도(좌우/전후)

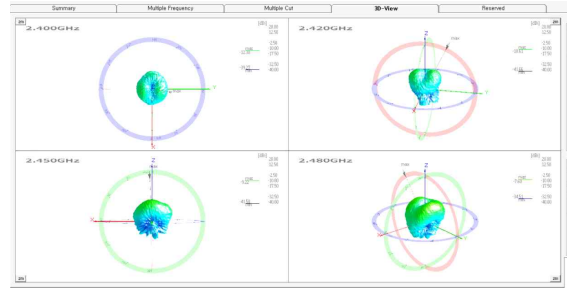


Fig. 3 지상송신기 지향성 안테나 방사 형상

2.4 암호화 알고리즘

송수신 시 디지털 변환 된 인식신호에 대해 암호화(AES128)를 통해 외부에서 간섭이 불가능하도록 개발하였다.

2.5 다중주파수(FDMA) 선택 알고리즘

2.4GHz 대역에 있어서 외부의 인접 주파수에 의한 혼선, 간섭이 있을 경우 잘못된 신호에 의한 신호어김 상황임에도 경보를 발생하지 못하는 상태가 될 수 있어 이러한 오류를 방지하기 위해 송신신호의 사용 주파수를 여러 개의 주파수 그룹으로 구성해 운용하고 수신부는 이중 사전 선택적으로 결정된 다수의 주파수들을 순차적으로 모니터링하여 경보 상황을 결정하게 하여 외부 노이즈에 의한 영향을 받지 않도록 개발하였다.

2.6 연구개발 결과물

본 연구개발 과정은 크게 지상송신기 및 차상수신기로 나누어 개발되었으며 송신기 및 수신기는 장치의 크기와 향후 설치 편의성 및 기지별 운영 입력전원의 다양성을 고려하여 각각의 전원부를 별도로 구성하였다. 이중 특히 차상수신기는 운전실 내부 전방에 설치되어 음향 및 적색 경광등으로 경보를 하게 되며 부족한 공간에 대한 고려와 기관사의 시야에 간섭을 주지 않도록 설치가 용이한 초소형 크기로 제작되었다.

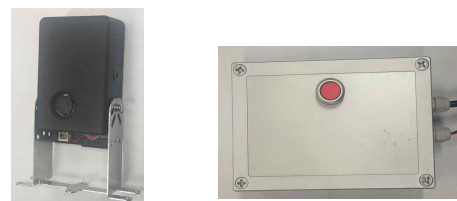


Fig.3 차상수신기 및 차상전원부



Fig.4 지상송신기 및 지상전원부

2.7 본선 성능시험 및 기타 시험

2018년 8월 본선 성능시험을 통하여 본 연구개발 결과물의 성능시험을 수행하였다. 본선 성능시험은 서울교통공사 군자차량기지 신호기에 연동하여 3개의 인접 선로신호를 제어하여 진행하였으며 지상송신기는 신호기 전방 1m 위치의 중앙에 설치하고 차상수신기는 운전실 전방 방풍유리의 중앙 하단에 설치하여 신호어김 상황에서 정상작동 여부, 정상진행 신호에서 미경보 및 인접선로에 의한 오경보 여부를 각각 시험하였다.



Fig.5 차상수신기 설치상태



Fig. 6 지상송신기 및 차상수신기 설치위치

차량운행 신호기는 C134L로 적색(정지) 신호에서 진입 시 정상적인 경보 즉, 경보장치가

동작 하였으며 황색(진행) 신호에서는 경보 없이 정상적인 운행이 가능하였다. 또한 양측 인접 선로(C133L, C135L)에 설치된 송신기의 송신신호에 의한 영향은 없었다.

신호기	C133L	C134L	C135L	수신부상태	상태
신호상태	적색	적색	적색	경보발생	적합
	적색	황색	적색	경보안함	적합

Table.1 성능시험결과

차량 운행 속도는 5Km로 차량수신기는 지상송신기 전방 3m 도달 시 음향 및 조명으로 경보를 발생하였으며 수십 차례 반복 된 시험에서도 일관적으로 동일한 결과를 보여주었다.

3. 결론

본 연구 개발을 통해 장치는 2018년 8월 지향성 안테나를 이용한 무선 신호어김 경보장치 성능 평가를 완료 하였으며 향후 시범사업을 통해 적용 범위를 확대하여 기관사의 오인 및 확인소홀에 의한 신호어김 사례가 더 이상 발생하지 않도록 시스템을 구축할 예정이며 향후 자동비상제동 체결하여 사고를 방지할 수 있는 조치를 취할 수 있도록 후속 개발을 진행해 나갈 계획이다.

참고문헌

- [1] RF signal processing (2000) DSSS vs. FHSS narrowband interference performance issues.
- [2] Marco Zimmerling, Walteneagus Dargie, Johnathan M. Reason (2009) Energy-Efficient Routing in Linear Wireless Sensor Networks