

도시철도 선로작업자 안전경보시스템 개발

Research of Alarm system for Urban subway track workers

정우석*, 정이택**, 방명석***

Woosawk Choung*, Ritaek Jeong**, MyongSeok Bang***

초 록 도시철도 유지관리작업은 심야시간대 지하선로내에서 작업이 수행됨에 따라, 작업중 특수차 운행, 작업종료 후 선로내 작업도구 방치사고등 유지관리 작업과 관련된 사고발생 위험이 있다. 이러한 사고를 예방하기 위하여, 특수차의 접근경보와 작업도구의 선로방치를 예방하기 위한 시스템 개발을 검토하였다. 급곡선 선형, Tunnel, BOX 구조물 등 다양한 선로 구조물 형식, 선로내 Wifi, 이동통신 중계기등 주파수 간섭환경 등을 고려하였고, 노후화된 도시철도 운영기관의 특수차 여건등을 반영하여, 선로작업자들의 휴대성과, 설치비용의 경제성을 우선 고려하여 시스템 개발을 추진하였다.

주요어 : 열차접근경보, 선로작업자 안전경보, 지장물 방치, 저주파

1. 서 론

도시철도는 일반철도와 달리, 지하구간의 비중이 높으며, 영업운영이 종료된 심야 시간에 다양한 유지관리 작업이 발생되고 있다. 또한, 새벽 첫 열차 운행 전, 유지관리 작업을 종료하여야 하는 등 제한된 시간내 다양한 분야의 유지관리 작업이 이루어지는 특성을 가지고 있다. 이러한 복잡한 유지관리 작업환경은 작업자 뿐 아니라, 심야시간에 운행되는 특수차 운전원에 큰 위험요소로 작용되고 있으며, 공통적인 위험요소로 제한된 작업시간과 특수차 운행에 따른 작업제한, 작업으로 인한 새벽 첫 열차 운행지장등이 유지관리 작업시의 큰 부담으로 작용하고 있다.

2. 본 론

2.1 운영현황 및 연구사례

일반철도와 고속철도를 운영하는 코레일의 경우, 선로작업자의 작업중 사고를 예방하기 위하여, 2016년부터 “선로작업 근로자 시인성 강화”, “열차접근경보시스템 개발”, “트롤리 관제감시 강화”, 관리감독체계 강화등 “4개 과제를 선정하여 추진하고 있다.

코레일에서 검토하였던 열차접근경보기는 열차접근 감지기를 레일에 취부하고, 작업자 근방에 경보기를 설치하는 방식으로 열차통과시의 펄스전압 단락을 이용하는 원리이나, 무절연 궤도회로 방식의 선로에는 검지거리가 불확실한 단점이 있어, 적용상에 제한이 있다.

현재, 코레일에 적용한 휴대용 열차접근경보장치는 차상에 GPS를 설치하여 작업자에 경보를 전송하는 방식으로 차상용 태블릿PC와 작업자용 스마트폰을 지급하고 어플리케이션을 통해 상호 정보를 전송하는 원리이다.

공항철도에 적용한 양방향 차량용 경보기는 2.45Ghz의 고주파를 통해 차량용 송수신장치와 작업자용 단말기가 상호 정보를 전달하여 접근거리를 전송하고 경보를 전송하는 방식이다.

교신저자:* 서울교통공사, 한국교통대

교통대학원(woosawk@seoulmetro.co.kr)

** 서울교통공사(rail69k@seoulmetro.co.kr)

*** 한국교통대 교통대학원(msbang@ut.ac.kr)

Table 1 열차접근경보장치 비교

구 분	GPS 방식(코레일)	고주파 방식(2.45GHz)	저주파 방식(447.975Mhz)
설치장치	태블릿 PC / 스마트폰	Pad 형 안테나, 차량용 단말기, 수신장치	차량용 송신장치 작업자용 수신장치
특 징	GPS 활용 (통신료/보안라인센스)	양방향 송수신, 거리정보 제공	저비용, 저전력, 휴대성
제한성	지하/터널 수신제한	설치비용, 설치규모, 작업자 휴대성 부족	거리정보 미제공

해외의 경우, 미국, 프랑스에 근거리 무선 통신방식을 이용한 열차접근 확인장치를 운영하고 있으며, 검지장치와 작업자간 근거리 무선통신을 통한 접근경보를 제공하는 특징이 있다.

2.2 도시철도용 작업자 경보장치 개발배경

심야에 선로에서 시행되는 도시철도 유지관리 작업은 특수차 운행을 위한 일시적인 작업철수 및 대피가 요구되며, 작업직후, 첫 영업열차가 운행됨에 따라 선로내 방치장비, 자재에 대한 확인 또한 중요한 요소로 작용되고 있다.

도시철도 선로에는 다양한 고주파(2.45Ghz) 무선통신장비(LTE이동통신, Wifi, Wibro등)가 설치되어 있으며, 급곡선 선형, 단선병렬 터널등 주파수의 간섭, 감쇄등이 발생하는 불리한 통신환경을 갖추고 있다.

도시철도 특수차에 추가장치 설치시 전력공급 문제 및 특수차 사용수명과, 특수차 신규 도입시의 재설치 또한, 반영하여야 한다.

2.3 도시철도용 작업자 경보장치 개발

도시철도 유지관리작업 환경을 고려, 선로 작업자를 위한 특수차 접근경보와, 작업용 대차등의 선로방치를 방지하기 위한 경보장치에 대한 개발을 추진하였다.

2.3.1 주파수 대역의 선정

저주파는 고주파에 비해 많은 정보를 전달할 수는 없으나, 주파수의 감쇠가 파장의 길이에 비례함에 따라 먼거리까지 도달이 가능하며, 벽체의 통과나 우회도달등 건물내부에서의 주파수 도달기능 또한, 저주파가 우수

하다. 저주파는 협대역 모드가 가능함에 따라, 간섭의 가능성이 줄고 도달거리를 증가시킬 수 있는 장점이 있다. 고주파인 2.4Ghz와 비교, 저전력으로 동일한 거리까지 도달할 수 있으며, Bluetooth, Zigbee, Wifi 통신망의 간섭, 혼선으로 인한 수신 재시도가 없어 수신기의 전력 소모 또한, 적은 장점이 있다.

수신거리 현장측정시험은 지하구조물 형식별, 선형별로 시행하였다. 측정은 송신장치를 특수차(모터카)에 설치하고, 3대의 수신장치에서 이격하면서 미수신 지점을 측정하고, 다시 수신장치 방향으로 접근하면서 수신지점을 측정하는 방식으로 수신 유효성을 판단하였다.

Table 2 주파수 수신거리

시험구간 (8 호선)	구조물	선형	수신거리
삼성~남한삼성	단선병렬 터널	직선	490~665m
		R248	290~430m
북정~산성역	지상구간	직선	420~435m
단대오거리~신흥	복선 BOX	직선 R600	325~560m
수진~모란	복선 Tunnel	R1000	410~570m
북정~산성	승강장 ~복선 BOX	R299	400~480m
		지상구간 ~복선 BOX	30% 직선

수신거리는 경사구간에서 가장 짧은 수신을 보였으며, R248 급곡선에서는 290m 이상의 수신거리가 측정되었다. 단선병렬, 복선터널, Box구조물에서는 평균 400m 수준의 수신거리 확보가 가능하였으며 통신간섭, 시설물 영향으로 인한 수신불감 현상은 발생하지 않았다.

2.3.2 시스템 사양

도시철도 작업자용 안전경보장치는 작업자용 수신장치, 특수차용 송신장치, 지장물용 송신장치로 구분하여 개발하였다.

Table3 Hardware 사양

항목	차량용	지장물용	작업자용
정격전압	DC 12V /1A Adapter	DC 12V (battery)	DC 3.7V (Recharge 600mA)
동작전압	DC 9V ~ 12V	DC9V~12V	DC3.5V~ 4.2V
공중선전력	10mW	10mW	-
전파형식	F2D	F2D	F2D
주파수편차	±1KHz	±1KHz	±1KHz
S/N Ratio	-	-	-118dbm
주파수대폭	12.5 KHz	12.5 KHz	12.5 KHz
Tx Deviation	3KHz	3KHz	-

수신장치는 손목시계형과 LED안전조끼의 2가지 방식으로 제작하였으며 특수차가 접근하거나, 혹은 사다리등 작업도구와 멀어질 경우 소리, 진동, 발광을 통해 작업자에 경보를 제공한다.

Fig. 1 수신장치 System Flowchart

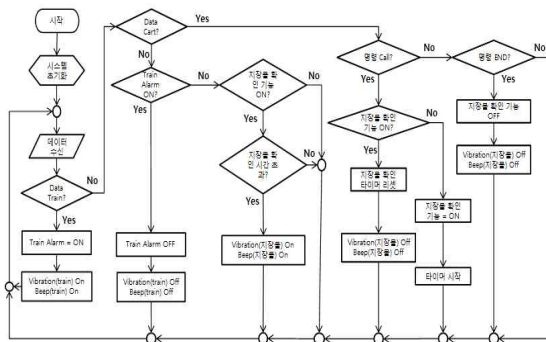


Fig. 2 수신장치(손목시계/조끼형)



송신장치(특수차 송신장치 및 지장물 검지장치)는 수신장치에 일정간격으로 전파를 송신하며, 특수차 송신장치의 경우, 수신시 경보음이, 지장물 검지장치의 경우, 미수신시 경보음이 발생되도록 개발하였다.

Fig. 3 송신장치 System Flowchart

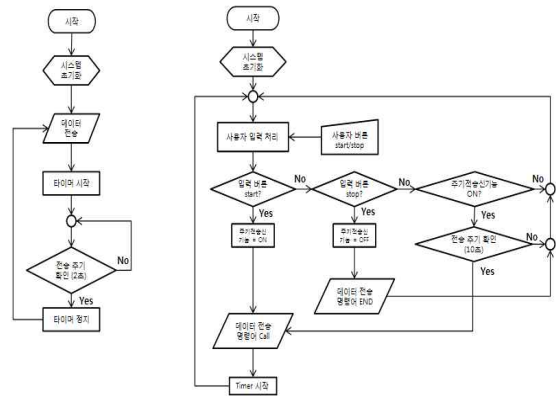


Fig. 4 송신장치(특수차용, 지장물용)



3. 결론

본 논문에서는 도시철도 유지관리 작업 환경을 고려하여 모든 분야의 선로 작업자에 공통적인 위험요소인, 특수차 접근과, 작업도구 선로방치를 방지하기 위한 시스템 개발을 검토하였다. 저주파 대역인 447.975Mhz를 적용하여 저전력, 소형크기의 송수신 장치를 개발하였으며, 현장 적용에 유리하도록 기존 개발품과 비교하여 제작비용을 낮추었다.

이 시스템을 통한 도시철도 선로내 유지관리 작업의 효율화 및 선로 작업자의 안전사고 예방에 기여할 수 있기를 기대한다. 향후, 차량기지내 입출고 열차의 접근경보 및 특수차간 추돌방지 기능등 선로출입 작업자의 안전사고 예방을 위한 지속적인 연구개발을 시행할 예정이다.

참고문헌

- [1] 김예지와 4인(2016), “열차접근확인장치의 성능개선 및 고도화를 위한 연구”
- [2] 황운태외 4인(2017), “적외선 센서와 무선통신을 이용한 열차접근경보시스템 개발”