

경량전철 시험선 지역에 대한 전파환경측정 및 전파예측

윤용기, 최규형, 정락고, 황종규, 이재호  
한국철도기술연구원

RF environment measurement and RF radiation calculation on the AGT test track

Yong-Ki Yoon, Kyu-Hyoung Choi, Rag-Gyo Jeong, Jong-Kyu Hwang, Jae-Ho Lee  
Korea Railroad Research Institute

**Abstract** - 궤도회로방식을 대체할 무선통신을 이용한 열차제어방식의 경량전철시스템을 시험하기 위한 시험선로를 현재 건설하고 있다. 열차제어시스템에서 사용하는 무선통신방식은 2.4[GHz]대역으로 국내 전파법에서 정의하고 있는 무선데이터통신시스템 및 아마추어 무선국의 주파수대역과 중복되고 있다. 따라서 열차제어시스템용 무선통신장치에 의해서 시험선로 부근에서 사용가능성이 있는 무선데이터통신시스템 및 아마추어 무선국이 전파간섭을 받고 있는지 확인하는 것이 필요하다.

본 논문에서는 경량전철시험선에 설치되는 무선통신장치의 배치위치 결정, 시험선지역의 전파환경측정결과 및 무선통신장치의 전파예측 등을 통하여 열차제어시스템용 무선통신장치의 사용가능성을 논하였다.

1. 서 론

현재 사용중인 궤도회로가 갖는 여러 가지 문제점을 해결하기 위해서 무선통신을 이용하여 열차를 제어하는 신호시스템을 개발 또는 운영중에 있다. 무선통신을 이용한 열차제어시스템을 일반적으로 CBTC (Communications Based Train Control)로 부르고 있으며, 유럽·미국·일본을 중심으로 이루어지고 있다. CBTC시스템의 특징은 열차의 간격제어, 속도제어, 진로제어를 하는 신호시스템분야와 이러한 제어기능수행에 필요한 데이터를 송수신하는 무선통신분야로 구분되며, 상호 독립성이 강하다. 이미 구축되어 시험·운영중인 CBTC시스템의 경우를 보면, 종래의 신호시스템업체에서 주문방식 또는 상용화된 무선통신장치를 선정하여 시스템을 구축하고 있다. CBTC시스템에 사용중인 통신장치는 대부분 2.4[GHz]대역의 ISM(Indus trial, Scientific and Medical) 밴드를 사용하고 있으며, 통신방식의 신뢰성을 확보하기 위해서 SS(Spread Spectrum)방식을 채택하고 있다.

경량전철신호제어시스템개발과 같이 국내에서 CBTC 신호시스템을 구축하는 경우 외국의 경우와 같이 개발보다는 필요한 사양을 정확히 정의한 후 통신장치를 선정하는 것이 적절한 것으로 판단된다. 그렇지만 무선통신장치의 특성과 국내 전파법간에 상충요인이 있는 경우 많은 문제점이 발생하게 된다.

경량전철신호제어시스템의 무선통신장치의 경우 주파수대역은 국내 전파법을 만족하고 있지만, 출력의 경우 전파법의 요구조건을 만족하지 못한다. CBTC시스템처럼 다양한 산업분야에서 이미 상용화된 무선통신장치를 도입하는 상황에서 국내 전파법과 상충하는 경우가 많을 것이다. 현재 개발중인 경량전철신호제어시스템의 경우 상용화된 무선통신장치를 사용하여 CBTC시스템기술개발 및 본 시스템도입의 타당성을 검증하는 것이 목적이므로 국내 전파법을 만족하는 무선통신장치 개발대신에 폐쇄된 지역의 선정, 시험선 부근의 전파사용환경 측정 및 무선통신장치의 전파영향 예측을 통하여 제한된 공간에서 제한된 기간동안 CBTC시스템을 구축하고 검증할 수 있는 가능성을 확인한다.

2. 본 론

2.1 CBTC시스템

2.1.1 무선통신장치

무선통신장치는 사용하는 방법에 따라 3가지(WRS, SRS, VRS)로 구분하고 있으나 동일한 장치이다.

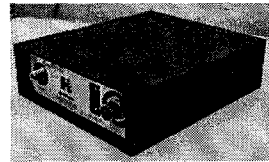


그림 1. Radio set

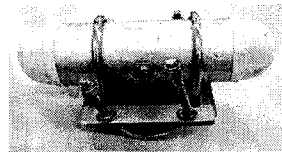


그림 2 안테나

- 사용주파수: 2424.75MHz ~ 2455.75MHz)
- 대역폭 : 34MHz, ±1.5MHz/ch
- 주파수채널 : 32ch
- 변조방식 : 스펙트럼확산
- 시분할다중방식 : 256 time slots/0.5sec
- 안테나 : 양방향지향성 혼안테나(이득 :6dBi)

2.1.2 시험선 구성

한국철도기술연구원에서는 경량전철시스템의 무인자동운전을 검증하기 위하여 경상북도 경산시 흥산리-지압리-삼성1리(경부선 폐선)에 시험선로(약 1.87km)를 건설하고 있다. 역과 선로변에 설치되는 무선통신장치의 배치는 그림 1과 같다. 시점기준 900m 및 1,293m에 배치되어 있는 SRS과 간지역B에 설치되어 있는 CBTC장치를 케이블로 연결한 후 무선네트워크 확인 및 거리측정데이터 수집 등의 시험을 실시한다.

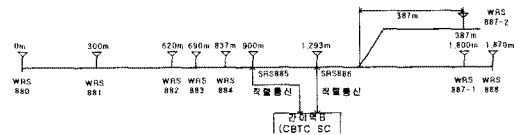


그림 3 시험선의 통신망 구성

## 2.2 시험선 환경

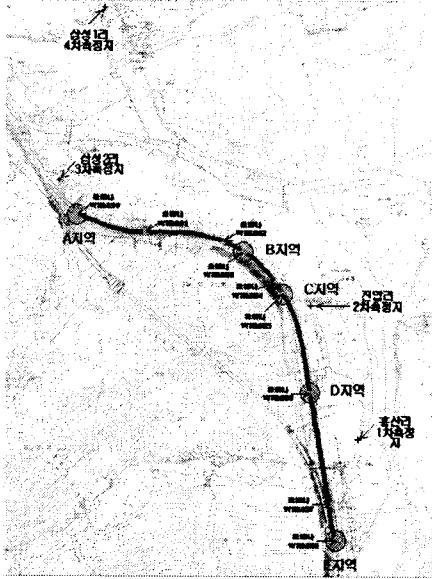


그림 4. 시험선 환경

그림 4.에서 알 수 있듯이 시험선은 사면이 모두 산으로 둘러 쌓인 폐쇄된 공간이다. 시험선에 설치되는 통신장치의 영향권에 있는 홍산리, 진압리 및 삼성2리는 일반적으로 농업을 하는 취락구조로 도심지 건물에서 사용하는 무선LAN의 사용은 거의 없는 것으로 예상된다.

### 2.2 시험선 지역의 전파환경 측정

그림 4.에 표시하였듯이 홍산리, 진압리, 삼성1리 및 삼성2리에 대한 전파환경을 측정하였다. 1 ~ 2.7[GHz] 대역을 측정하였으며, 측정에 사용된 측정기기 및 구성은 다음과 같다.

Model	제작사	기능
ESCS30	Rohde & Schwarz	Test Receiver
USLP9143	Schwarzbeck	Log-Periodic. Antenna
PAM-0118	A.H.SYSTEM	PRE-Amplifier

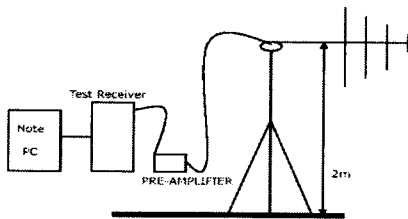


그림 5. 전파환경측정 구성도

전파환경측정방법은 안테나 높이 2m, 안테나 각도 15도정도 상방향으로 하여 360도 회전을 하면서 10분단위로 Max hold시켰다. 또한 각 측정지역별로 동, 서, 남, 북 4개소로 고정된 후 측정을 하였다. 측정시간은 무선LAN의 사용이 가장 많을 것으로 예측되는 근무시간에 맞추어 오전 10시부터 오후 3시 30분까지 측정을 하였다. 각 지역을 측정된 결과는 그림 6. ~ 그림 9.와 같다.

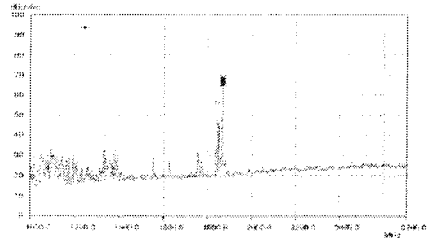


그림 6. 홍산리 전파측정

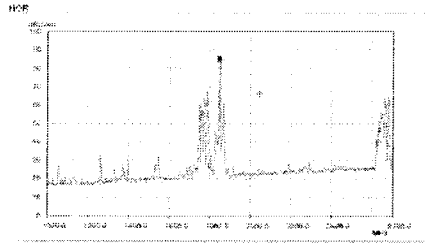


그림 7. 진압리 전파측정

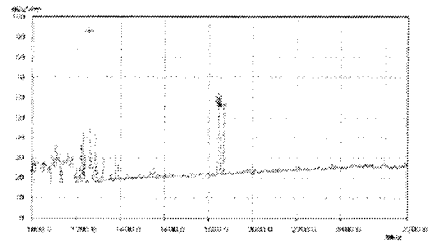


그림 8. 삼성2리 전파측정

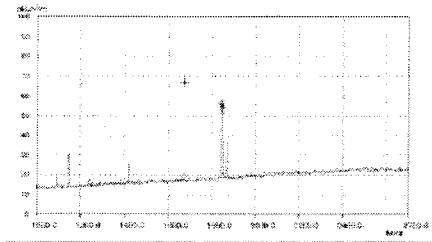


그림 9. 삼성1리 전파측정

위 그림에서 알 수 있듯이 PCS폰을 사용하는 주파수 대역 1.8[Ghz]는 계속적으로 측정되고 있으며, 1-1.3 [GHz]대역이 사용되고 있음을 알 수 있다. 그러나 CBTC시스템의 무선통신장치가 사용하고자 하는 2.4 [GHz]대역의 사용은 확인되지 않았다.

### 2.3 CBTC무선통신장치의 전파특성

시험선로 지역에 대한 전파특성측정은 GIS데이터로 사용하였으며, 전파특성을 분석하는데 사용된 주요 인자는 다음과 같다.

- 중심주파수: 2440.75MHz
- 출력 : 1W, 500mW, 100mW
- 안테나 높이 : 5[m]
- 분석모델 : Modified Hata
- 회절모델 : Epstein & Peterson

- 안테나 이득 : 6dBi
- 안테나 패턴도

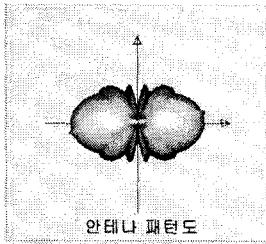


그림 10. 안테나 패턴도



그림 11. 출력 1[W]에 대한 전파예측



그림 12. 출력 500[mW]에 대한 전파예측



그림 13. 출력 100[mW]에 대한 전파예측

그림 11 ~ 그림 13에서 알 수 있듯이 시험선로를 건설하는 지역이 폐쇄된 공간이기 때문에 출력에 따라 어느 정도 차이는 있지만 분포지역이 같음을 알 수 있다. 그리고 전파법에 맞추어 사용중인 무선LAN의 내간섭입력이 -76 [dBm]이므로 시험선로를 따라 연속적으로 분포하고 있는 노란색 영역과 파란색 영역에만 들어가지 않으면 정상적인 무선LAN이 이루어짐을 알 수 있다.

### 3. 결 론

경량전철 신호제어시스템에 사용되는 무선통신장치는 국내전파법을 만족하지는 않지만 다음의 조건을 만족하고 있어 제한된 기간동안에는 시험을 목적으로 사용할 수 있을 것으로 생각된다.

(1) 사방이 산으로 둘러 쌓여 폐쇄된 공간에 설치되므로 출력이 높아도 전파가 확산되는 영역이 제한적이다.

(2) 폐쇄된 공간에 취락구조는 농업을 중심으로 하고 있고, 전파환경을 측정된 결과 무선LAN을 사용하지 않음을 확인하였다.

(3) 무선통신장치의 전파계산결과와 현재 사용중인 무선LAN모델의 내간섭입력을 비교한 결과 시험선로 부근에만 무선LAN을 설치하지 않으면 정상적인 LAN운영이 가능함을 확인하였다.

위 분석은 경량전철 경산시험선에 대한 무선통신장치 사용가능성을 확인하기 위한 것이며, 현재 운영중인 도시철도 및 계획중인 경량전철노선에 적용하기 위해서는 주파수할당 또는 무선통신장치의 주파수대역 변경과 같이 주파수활용계획 등 별도의 작업이 요구된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 윤용기, 최규형, "CBTC무선통신장치와 무선데이터통신시스템간 전파간섭 분석", 대한전기학회 춘계학술대회, 전기기 및 에너지변환시스템학회, 379-381, 2003
- [2] 한국철도기술연구원, "경량전철시스템기술개발사업 5차년도 보고서", 2003