

CBTC시스템의 선로변 무선기 데이터 측정

정락교*, 정상기*, 윤용기*, 박기수**
 *한국철도기술연구원, **(주)포스콘

Data Measuring of Wayside Radio Set for CBTC System

Rag-Gyo Jeong*, Sag-Gi Chung*, Young-Ki Yoon*, Ki-soo, Park**
 KRRI*, POSCON**

Abstract - CBTC시스템에서는 선로변에 설치된 선로변무선기(Wayside Radio Set:이하, WRS)가 상호 무선통신을 수행하고, 각 WRS간의 거리를 항상 측정하고 있도록 설계되었다. CBTC 지상장치가 WRS간에서 측정된 WRS간 측정거리를 SRS에서 수신하고, log로서 기록한다. 기록한 로그를 이용하여 적정값을 판단한다. 본 시험에서는 WRS간의 무선통신에서 안정적인 측정 데이터가 취득되는지를 확인하였다.

1. 서 론

경량전철이란 기존 지하철과 버스의 중간규모의 수송능력(시간당 5,000-25,000명)을 가지는 교통수단을 말한다. 1980년대 이후 본격적으로 실용화되어 미국, 일본, 독일 등 세계 20개국에서 100여 노선이 건설·운영중에 있다. 국내에서도 기존 지하철의 특성을 유지하면서 건설비가 저렴하고 신도시개발에 환경친화적인 교통수단으로 적합한 경량전철에 대한 관심을 가지게 되었고, 이에 대한 노력으로 한국철도기술연구원을 중심으로 경량전철 기술의 국산화, 실용화를 위한 연구개발 사업을 추진하게 되었다. 그 성과로서 현재 한국형 경량전철을 개발하여 시험운영하고 있고 최첨단 무인자동운전을 구현하여 기존 고정폐색의 신호시스템과 달리 무선에 의한 양방향 통신을 기본으로 하는 이동폐색시스템인 CBTC(Communication Based Train Control) System을 적용하고 있다. 이를 구현하기 위하여 열차의 위치를 검지하는 기법으로 TOA(Time of Arrival)를 적용하였으며 이를 토대로 선로변에 무선기간의 주파수 수신레벨 및 전파환경을 측정하여 문제가 있는지 여부를 판단하기 위하여 연선 무선기간의 거리를 측정하여 비교 분석하여 우수성을 확인하기 위하여 시험 데이터에는 CBTC지상장치가 기록한 log를 사용한다. CBTC지상장치는 각 WRS간에서 측정된 WRS간 측정거리를 SRS에서 수신하고, log로서 기록한다. 기록된 데이터에서 측정값의 도수 그래프와 일람표를 작성하고, 계속된 측정값의 분포 상황과 평균값 및 표준편차를 기반으로 안테나 설치의 양부를 판정하였다.

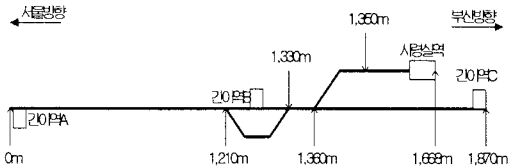


그림 2 경주시험선 역사배치

노선길이는 본선길이 1.870m, 측선길이 387.5m, 대피선 길이 120.92m이며 역사수 4개(간이역 3개, 사령실역 1개)이다. 취급구배는 본선 5%, 측선 58%이고, 최소곡선반경은 본선 400m, 측선(대피선) 40m로 설계되었으며 이를 그림 1 및 그림2에 나타내었다.

경량전철 열차편성은 2량 1편성으로 MC1차량 1대, M C2차량 1대로 구성되었다.

아울러 선로변 무선기의 설치와 사양은 각각 그림 3과 4에 나타내었다.

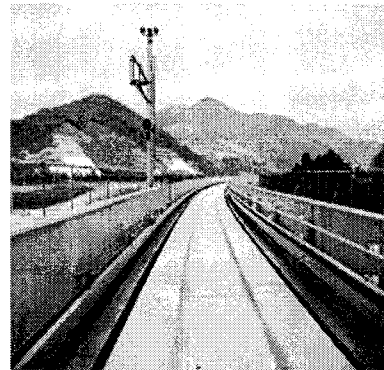


그림 3 선로변 무선기

표 1 무선기 사양

항 목	사 양
송신전력	500mW
최소통신Level	-103dBm
안테나이득	6dBi
통신주파수대역	2.42475GHz~2.45575GHz
채널 대역폭	6.0MHz
채널수	32ch

2. 본 론

2.1 주요 환경 및 사양

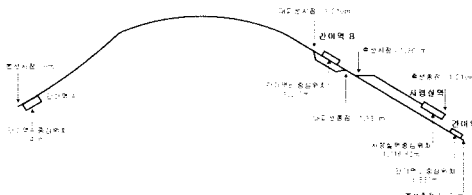


그림 1 노선 평면도

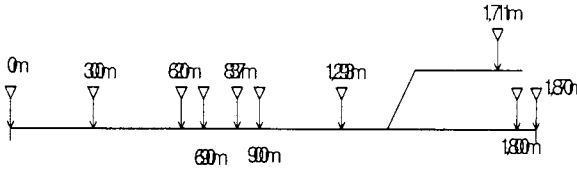


그림 4 CBTC무선기 설치 위치도

2.2 연선무선기 상호 간의 측정시험

2.2.1 시험측정방법

데이터 측정에서 시험까지의 순서를 아래에 나타낸다. 단, 경량전철시험선에서는 WRS의 전원은 항상 투입상태로 되어있다.

- CBTC지상장치의 전원을 투입한다.
 - 모든 WRS가 Active 상태인 것을 CBTC지상장치의 모니터 화면으로 확인한다.
 - CBTC지상장치에서 로그데이터를 채취한다.
 - 채취한 로그 데이터를 CBTC 측정용 tool에 입력한다.
- 본 시험을 위해 사용한 기자재는 아래에 같다.
- CBTC지상장치
 - 연선무선기(WRS, SRS)
 - CBTC 측정용 tool(PC상에서 사용할 소프트웨어)

2.2.2 시험결과

표 2에는 각 WRS간의 측정값의 참값과 실측값과의 비교와 표준편차를 나타낸다. WRS는 측정결과를 단위 feet로 출력하기 때문에, 표 2에서는 비교하기 쉽도록 시험선의 지형도에서 단위m로 측정한 참값도 단위feet로 환산하였다. WRS간의 측정거리는 아래의 3가지 관점에서 평가하였다.

- WRS측정거리의 분포형상
- WRS측정거리의 참값과 실측값의 평균값의 차
- WRS측정거리의 산포

1) WRS간 측정 거리의 분포형상

WRS887의 2개의 안테나의 차는 미세하기 때문에, CBTC지상장치의 제어에는 영향이 없을 알 수 있다.

2) WRS간 측정거리와 실측값의 평균값의 차

각 WRS간 거리의 참값은 도면에서 측정한 값이고, 측정밀도는 높다고 말할 수 없지만 시험을 행하는 것으로 한다. 표 2에 나타난 바와 같이 WRS884와 SRS886의 조합을 빼면, 각 무선기간의 참값과 실측값의 차는 최소의 경우 -0.1feet(WRS881-WRS882), 최대에도 -31.6feet이고, 양호한 결과가 얻어지고 있다. WRS884-SRS886 및 SRS886-WRS884의 참값과 실측값의 차는 다른 것과 비교해도 상당히 크다.

무선기간 측정 886-884의 측정오차의 원인에 대해서는 아래와 같은 것을 들 수 있다. 또한, 연선무선기 884-886간 수신 레벨은 어느 쪽 방향도 -80dbm 이상이고 무선기의 최저 수신 레벨 -103dbm을 충분히 만족하기 때문에, 무선 통신하는데 있어서는 어떠한 문제는 없다. 또한, 무선측정에 의한 측위도 무선 측거 데이터를 프로파일로써 데이터베이스화를 하는 방법을 취하고 있기 때문에, 무선측정 값이 참값과 달라도, 특별히 문제가 되는 일은 없다.

연선무선기 884 → 886간 무선측정 거리와 연선 무선기 884 ← 886간 무선측정 거리는 모두 참값과 약36m의 오차가 나타나고 있다. 본 시스템에서는 연선무선기 설치기준으로 2개 앞의 연선 무선기까지는 조망을 확보해야 하는 것으로 되어있다. 시험선 설치시에 토목도면으로 인접한 산의 높낮이를 파악하여 2개 앞의 연선 무선기까지 조망을 확보할 예정이었다. 그렇지만, 급변의 조사에 의하면

연선 무선기 886과 884는 산에 생긴 나무에 의해 조망이 확보되어 있지 않기 때문에, 통신은 시험선 환경에 의존적으로 인접한 산 또는 공사 중인 고속도로의 반사를 제1통신선로로 사용하고 있는 것으로 추측된다. 이 때문에, 계산상의 거리보다도 수십 미터 길게 무선측정 거리가 나타나있다고 추정된다. 위와 같은 원인으로, 무선기 설치위치를 약간 다르게 하면, 조망이 확보되고, 문제는 해결된다. 설치위치를 위해 계속해서 조사를 하였다.

3) WRS간 측정거리의 산포

정규분포의 그래프에 있어서는, 평균값에서 표준편차의 2배의 값을 플러스, 마이너스 한 범위 중에 전체의 약95%의 값이 포함된다. 여기서, 표 2에 있어서 표준편차를 보면, 일부 제외 상당히 좁은 범위에 전체의 약95% 값이 포함된다는, 양호한 결과가 얻어진 것을 알 수 있다. 이것은, 항상 각 WRS간의 측정결과에 산포가 적다는 것을 나타내고 있다. 그러나, 아래의 6개의 조합에 있어서는 다른 조합에 비해서 표준편차가 큰(측정거리의 산포가 크다)것을 알 수 있다.

- WRS882-WRS883
- WRS883-WRS882
- WRS884-SRS886
- SRS886-WRS884
- SRS886-WRS887
- WRS887-SRS886

이것들의 조합은, 다중경로(Multi-path)의 발생에 의해 표준편차가 커질 가능성을 생각할 수 있다.

표 2 각 WRS 측정값의 참값과 실측값의 비교

송신 WRS	수신 WRS	참값 (m)	참값 (feet)	실측값의 평균치 (feet)	표준편차 (feet)	참값의 평균치 (feet)
880	881	295.3	968.8	963.3	2.98	-5.5
880	882	612.1	2008.3	2002.1	2.14	-6.2
881	880	295.3	968.8	967.7	2.79	-1.1
881	882	318.4	1044.7	1044.6	2.19	-0.1
881	883	388.1	1273.2	1265.9	4.47	-7.3
882	880	612.1	2008.3	2005.6	2.13	-2.7
882	881	318.4	1044.7	1044.0	2.49	-0.7
882	883	71.5	234.4	221.9	6.75	-12.5
882	884	216.3	709.8	719.7	3.76	9.9
883	881	388.1	1273.2	1267.2	4.33	-6.0
883	882	71.5	234.4	223.8	6.81	-10.6
883	884	147.3	481	489.8	1.74	6.4
883	885	208.2	682.9	687.3	2.66	4.4
884	882	216.3	709.8	716.9	4.06	7.1
884	883	147.3	481	484.3	2.31	0.9
884	885	61.6	202.0	192.6	1.76	-9.4
884	886	446.3	1464.3	1582.3	116	118.0
885	883	208.2	682.9	685.8	1.69	2.9
885	884	61.6	202.0	195.2	2.11	-6.8
885	886	389.1	1276.7	1276.4	5.08	-0.3
885	887	841.4	2760.6	2751.9	3.68	-8.7
886	884	446.3	1464.3	1583.5	114	119.2
886	885	389.1	1276.7	1276.4	5.23	-0.3
886	887	451	1487.4	1455.8	11.55	-31.6
886	888	578.0	1896.2	1893.1	4.50	-3.1
887	885	841.4	2760.6	2754.6	3.70	-6.0
887	886	451	1487.4	1457.9	11.32	-29.5
887	888	124.6	408.8	398.7	3.27	-10.1
888	886	578.0	1896.2	1891.1	4.54	-5.1
888	887	124.6	408.8	394.6	3.28	-14.2

2.3 차상무선기의 측거 데이터 Diversity 시험

2.3.1 시험방법

통상주행시의 CBTC지상장치의 로그 데이터에서 차상무선기에 대한 연선무선기로 부터의 측거 데이터를 추출한다. 다음에 이들 측거 데이터를 가지고 차상 무선기를 측거한 연선무선기의 수를 차량의 전방과 후방으로 나눠서 계산한다. 이 연선무선 기수의 계산은 0.5초 마다 행하고, 그 시점의 4초 전부터 측거를 계수 대상으로 한다. 상기와 같이 차량의 전방과 후방으로 나눠서 계산한 연선무선기부터 다음 식으로 수치화한 값을 사용해서 측거 데이터 Diversity를 시험하였다.

$$\text{측거 데이터 Diversity} = \frac{\text{전방연선무선기}}{\text{Range총수}} \times 100 (\%)$$

2.3.2 시험결과

그림 5에서 그림 6에 각 주행로의 Diversity 시험 결과를 나타낸다. 이 시험에 의해 차상무선기의 측거 데이터 Diversity는 모든 선에 걸쳐서 20~78%이내로 수렴되어 있는 것을 확인하였다. 전방 또는 후방만의 측거 데이터 밖에 얻어지지 않는 장소에서는 0% 또는 100%로 된다. 이 수치평가에 의해 경량전철시험선의 무선기 안테나 배치는 주행로의 각 지점에 있어서 열차추적을 충분히 행하기 위한 Diversity가 확보되어 있는 것을 확인했다.

3. 결 론

연선무선기간의 시험에서는 CBTC시스템에서는 궤도 연선에 설치된 연선 무선기(Wayside Radio Set:이하, WRS)가 상호 무선통신을 행하고, 각 WRS간의 거리를 항상 측정하고 있다. 본 시험을 통해서 WRS간의 무선 통신에서 안정적인 측정 데이터가 얻어지고 있는 것을 확인하였으며, 차상 무선기의 측거 데이터 다이버시티 시험에서는 CBTC 지상장치는 무선측거 데이터에서 신뢰할 수 있는 위치를 산출하는 요건으로서 차상무선기가 일정시간 내에 전방과 후방의 연선무선기로부터 편향되지 않고 측거되는 것이 요구되고 있다. 이 시험에서는 설치된 연선무선기가 그 조건을 만족하고 있는 것을 확인하였다

[참 고 문 헌]

- [1] “경량전철 종합 시스템엔지니어링 기술개발보고서”, 2005, 12월

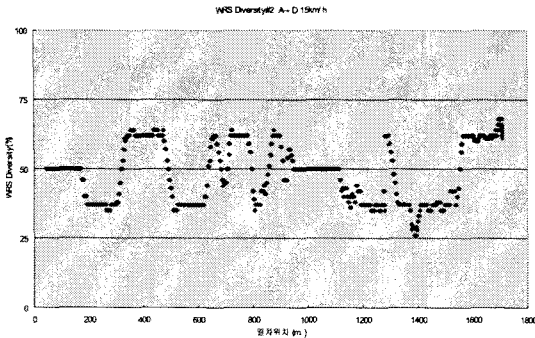


그림 5 A역→D역 15km/h 주행

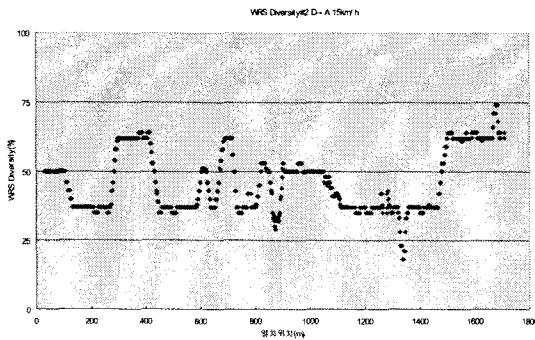


그림 6 D역→A역 15km/h 주행