

## 열차위치검지를 위한 시험 기법 분석

정락교\*, 윤용기\*, 조흥식\*, 정상기\*, 김영석\*\*  
한국철도기술연구원\*, 인하대학교\*\*

## Analysis of Test Method for Position Detection of Train

Rag-Gyo Jeong\*, Yong-Ki Yoon\*, Hong-Sik\*, Sang-Ki Chung, Young-Seok Kim\*\*  
Korea Railroad Research Institute\*, Inha University\*\*

**Abstract** -경량전철시스템의 개발시험을 수행하기 위하여 시험선을 구축하는데 있어서 각 하부시스템별로 요구사항을 도출하고 이를 설계에 반영하여야 한다. 이에 따라 본 논문에서는 신호제어시스템에 대하여 성능 및 기능시험을 감안한 요구사항을 도출하고 시험환경 및 시험조건에 따라 열차 검지 및 안전제동거리의 시험방법에 대해 검토하여 최적의 시험기법을 제안하고자 한다.

## 1. 서 론

현재 서울, 부산 등에서 운영하고 있는 지하철은 중량전철로서 30,000~80,000명/시간·방향당의 수송수요를 갖는 시스템으로서 경량전철에 비해 2배의 수송수요를 갖고 있으나, 그 범위의 수송수요를 갖지 못하면 건설비와 유지보수비 등이 과다한 결점이 있다. 이러한 결점을 보완하기 위해서 여러 지방자치단체에서는 경량전철 건설계획을 발표하였으며 앞으로도 지속적으로 건설계획이 발표될 것으로 보인다. 그러나 경량전철은 그 시스템 기술을 보유하지 못했을 경우 건설비가 과다해지며, 이는 지하철 운영사례에서 나타난 만성적자를 해결하지 못하는 원인이 될 수 있으므로, 이에 대한 기술을 국내에서 보유하는 것이 앞으로 경량전철 운영효율화의 핵심이 될 것이다.

경량전철은 차량, 기계부품, 전기, 전자 및 제어, 정보통신, 재료, 토목 등의 종합적인 기술이 연계되어 있을 뿐만 아니라 무인운전을 전제로 한 시스템이므로 관련된 부품 및 시스템 개발에 있어서 하부시스템의 구성 및 제작, 시험평가에 이르기까지 일련의 체계에 따른 개발이 요구된다. 또한 고정된 선로 상에서 차량을 운행할 때 운행규칙을 철저히 지켜 차량의 안전 및 승객안전을 도모하는 것은 대단히 중요하다. 이러한 임무를 수행하는 신호제어시스템은 열차의 운행을 감시하면서 진로를 자동으로 설정하여 제어하는 열차운행제어관리장치, 열차의 위치를 검지 하여 열차의 충돌, 추돌 및 탈선 등을 방지하고 열차의 안전운행을 보장하는 자동열차제어장치 및 이를 연결하는 통신장치로 구성된다.

컴퓨터, 정보통신, 제어 등의 요소기술로 이루어지는 신호제어시스템을 구현하기 위해서는 시스템 엔지니어링 기술과, 각 요소기술, 신뢰성 기술을 확보하여 하지만 국내의 개발환경이 취약함에 따라 이에 대한 연구가 활발히 이루어지지 못하고 부분적으로 수행되어 왔다.

또한 신호제어시스템을 구현하기 위해서는 차량시스템, 선로구축물, 전력공급시스템과의 원활한 인터페이스를 구축하여야 하지만 국내 신호제어시스템기술이 부족하여 지하철을 설계, 건설, 설치 및 시험을 하는 단계마

다 많은 문제점을 표출하고 있다. 특히 표준화된 신호제어시스템의 개념, 기능, 구성, 및 설계를 정립하지 못한 결과 국내에는 다양한 해외 신호제어시스템이 도입되었다. 이에 따라 신호제어시스템에 대한 사양 및 시험기준에 대한 내용이 표준화가 되어 있지 않아 운영기관 및 신호업체에 많은 어려움을 주고 있는 실정이다. 운영기관의 경우 여러 종류의 신호제어시스템에 대한 유지·관리체계를 구축하기 위해서는 인력 및 비용의 손실이 많아진다. 신호업체의 경우 도입되는 신호제어시스템의 사양이 다양하기 때문에 개발하고자 하는 분야를 선정하는 것이 어렵기 때문에 철도신호제어시스템의 요소기술을 축적하는데 많은 장애를 주고 있다. 이를 극복하기 위한 방안으로 무선을 기반으로 한 열차제어시스템(Communication Based on Train Control System)을 개발목표로 하여 추진하고 있다. 이러한 기술적인 문제점을 해결하기 위해서 무인자동운전체계, 차상과 지상간의 신호송수신체계 및 열차검지방법 등에 대한 개념, 사양 및 설계에 대한 기준을 정립하여 핵심기술 및 요소기술 등의 연구개발에 대한 기반을 확보하고, 시스템의 개발과 구축기술 및 이를 통합, 연계시키는 시스템엔지니어링 및 인터페이스 기술을 개발하여야 한다. 또한 시험선 구축 및 신호제어시스템에 대한 시험·검증체계를 정립하여 신뢰성과 안전성을 확보한 경량전철시스템을 구축할 수 있도록 하여야 한다.

이들 요소들 중에서도 열차 위치 검증이 절대적으로 중요하기에 검증 시험기법을 검토하고 방안을 마련하고자 한다.

## 2. 본 론

## 2.1 시스템 요구사항

신호제어시스템을 운영측면에서 바라보았을 때 필요한 안전성, 신뢰성 및 효율성을 충족할 수 있는 요구사항을 도출하였다. ① 궤도회로와 상관없이 고정도의 열차 위치를 결정한다. ② 연속적이며, 양방향성 차상-지상간 무선 데이터 통신을 수행한다. ③ 차상 및 지상장치에는 바이탈 기능이 있다.

이를 바탕으로 시스템 기본사양을 각 하부 시스템인 ATP(Automatic Train Control Protection), ATO(Automatic Train Operation), ATS(Automatic Train Supervision)로 구분하여 기능을 설정하였으며, TOA(Time of Arrival)는 전파통신을 기초로 한 방법으로 차량에 부착되어 있는 이동국과 지상에 고정되어 있는 지상국간 통신을 통해 차량의 위치를 검지하고 그 정보를 계산하여 사용하는 방법으로 그림 1, 2에서 검지 및 결정하는 방법을 나타내었다.

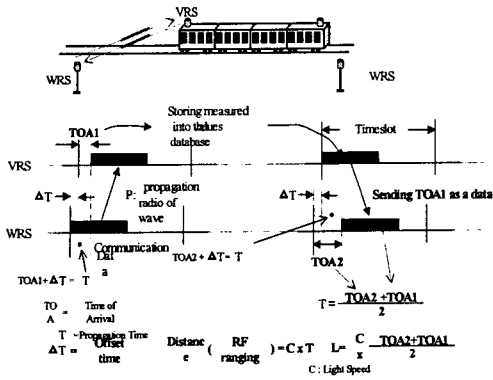


그림 1 TOA에 의한 열차 위치검지 개념도

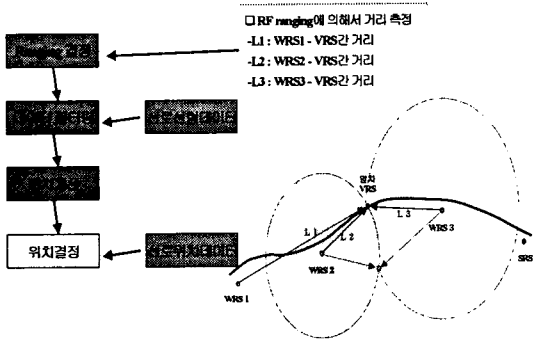


그림 2 TOA에 의한 열차 위치 결정도

표 1에서는 CBTC 열차제어시스템의 주요성능사양을 나타내고 있으며, 본 사양에 의거하여 시험방안을 수립하고 상호 연계성을 시험을 통해 알아보아야 한다. 개발시스템의 검증절차에 따라 시험선에 설치되어 있는 시스템 각 H/W에 대한 성능평가 시험시 안전을 확보하기 위한 물리적인 대책이 강구되어야 한다.

표 1 CBTC 열차제어시스템의 주요 성능사양

항 목	성능 사양
다중통신방식	CDMA, FDMA, TDMA
사용주파수	2423.75MHz ~ 2462.75MHz
채널수	32개 채널(1MHz 간격)
사용대역폭	3MHz/1ch
송신출력	1W/1ch
1개 제어구간에서의 제어 가능열차	10 ~ 20 열차
열차위치검지 정밀도	±5.0m ~ ±10m
열차속도 정밀도	±1km/h ~ ±5km/h
열차제어속도 스텝	±0.5km/h ~ ±5km/h
무선통신응답시간	표준 0.5초
인터페이스	RS 485, EISA net

열차 감지를 위한 시험을 실시하기 전 가장 간단하고 확실한 방안으로 ATS(Automatic Train Stop)기능을 가질 수 있도록 시험선 설계시 선로변에 ATS 지상자(단말 방호용, 진로방호용)의 설치를 고려하여야 하는 것으로 그림 3에 배치도를 나타내었다.

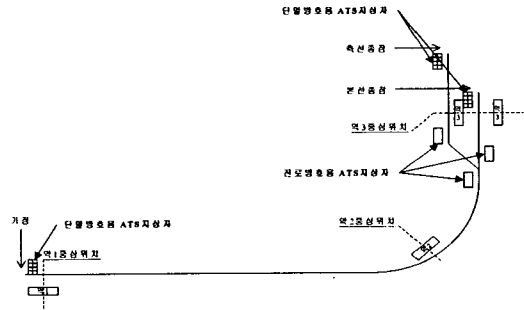


그림 3 ATS 지상자 배치도

개발시스템에 대한 검증절차로는 무선주파수 할당 관련된 사항은 전파법에 의해 신고/허가절차에 따라 수행할 사항이며, 이를 근거로 한 시스템 감지를 위한 절차는 별도의 시험평가 체계 속에서 이루어질 것이다. 이를 시험평가기 위한 시험조건으로는 각 하부 시스템별 주요 시스템 사양은 표 2와 같다.

표 2 경량전철 주요시스템 사양

구분	주요사항	사양 내용	비고
시스템 (운전방식)	본선 및 측선 일부	자동열차운전(무인)	
	측선 일부	수동운전	
차 량	편성	2량 고정 1편성(고무차륜 AGT)	1편성 추가 필요(시험검증)
	안내 방식	측방 안내	
	조향방식	보기 방식	
	주행륜	고무타이어	
	분기 방식	좌우가동분기	
	추진제어 방식	VVVF 제어	
	성능	가속도 감속도(상용) 감속도(비상)	3.5km/h/s 3.5km/h/s 4.5km/h/s
전 력	최고 운전속도	60km/h	
	가선 전압 전원공급 방식	DC 750V 제3궤조 방식	
선 로	노선 연장 역사 수	1.000km 3	
	최급 구배	-본선 : 5% -측선 : 58%	
	최소곡선 반경	-본선 : 100m -측선 : 30m	

## 2.2 시험선 설계

시험선 선형에 위치 검지·결정을 위한 신호제어시스템의 H/W 구성품의 배치는 선로변 및 역사에 설치할 H/W장치를 그림 4에 나타내었다.

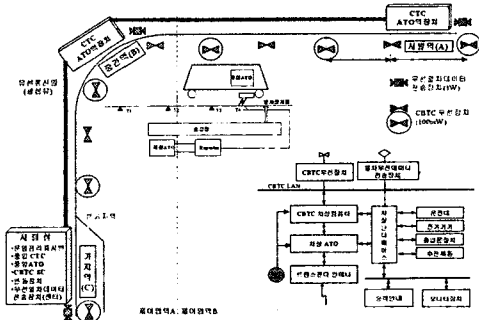


그림 4 신호제어시스템 배치도

또한 CBTC 시스템을 차상과 지상, 역사의 CBTC로 구분하여 각 장치간의 하드연결과 통신 구성을 그림 5에 도식적으로 나타내었다.

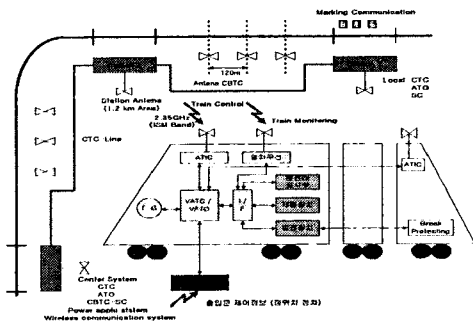


그림 5 CBTC 시스템 구성

## 2.3 시험 기법 검토

시험선에서 열차간 안전제동거리 확보의 검증을 위한 방법 및 위치 검지·결정을 위한 시험방법을 살펴보면 원칙적으로는 표 2에서 언급하였던 것처럼 최소한 1편성의 차량을 더 제작한다면 위치 속도 결정에 문제가 없을 것이나, 본 사업에서는 비용 및 제작 여건상 차량 1편성을 제작하는데 어려움이 있다. 따라서 다른 대안을 찾아 최적의 방안을 도출하여야 한다.

2번째로는 차량을 대체할 수 있는 움직임을 타나낼 수 있는 모형카(Dummy Car)를 대안으로 생각할 수 있으나 일정노선에서의 동작등을 고려하면 대차 및 가이드웨이를 포함하여 안테나를 취부할 수 있도록 고려하고, 속도 코드 등 운전 여건을 감안하여 보면 이 또한 1편성 추가 제작하는 것보다는 어려움이 작으나 그에 못지 않을 것으로 보인다.

제3안으로 열차간 안전제동거리 및 위치 검지·결정을 위한 방안으로 임시속도기능을 부여(첨부)하는 방법과 특정지역의 위치 선정 및 CBTC 무선통신을 이용, S/W로 프로그램을 작성하여 연계하여 해당구간에서 감속 및 가속시험을 하여 시험할 수 있는 방법이 있다. 임시 속

도 기능 부여를 위한 개념도를 그림 6에 나타내었다.

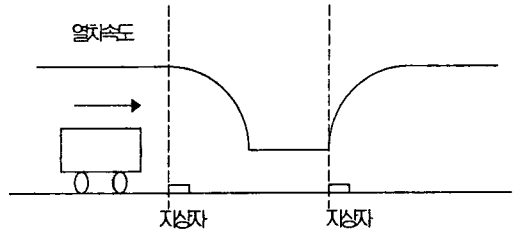


그림 6 임시 속도기능 부여 개념도

## 3. 결 론

철도의 개발시스템에 대한 검증은 시험실 수준에서가 아니라 실제 환경 조건에서 일반 기능시험과 가혹한 환경에서 수행함이 타당하나 개발 환경에서 최적의 안을 마련하여 부합하도록 해야한다.

특히 선로변에 지상차(ATS)를 설치하여 안전 방책을 마련하고 시험선 설계시에 임시속도 부여하여 안전제동거리 시험이 가능토록 하는 방안을 수립하였으며, 향후에는 무선 통신에 대한 기능을 외부에서 부여하는 방안을 수립하기 위해서는, 프로그램 알고리즘을 개발을 기존 H/W의 기능을 S/W로 대체하도록 보완 연구를 수행할 것입니다.

### [참 고 문 헌]

- 1] 정락교, 김영석 "경량전철차량시스템 신뢰도 배분" 대한전기학회논문지, 제50B권 7호, pp357-363, 2002. 7.
- 2] 정락교 외 "신호제어시스템기술개발", 경량전철시스템 기술개발사업보고서 pp.129-186, 2002. 2
- 3] 정락교 외 "신호제어시스템기술개발", 경량전철시스템 기술개발사업보고서 pp.1-241, 2003. 1
- 4] 이상헌, 정우근, 최병진 "셀룰라 이동통신시스템에서 경로 손실데이터베이스를 이용한 이동국의 위치와 속도추정방식" 전자공학회논문지, 제35S권 제11호, pp19-29, 1998. 11.
- 5] 정락교, 윤용기, 이병승, 김영석 "위상차(PDOA)를 이용한 이동체 위치 및 속도 검지" 대한전기학회국제학술대회 논문집 pp82-85, 2002.7.