2011년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2011. 7. 20 - 22

무선통신기반 열차제어시스템 성능평가 인프라구축 방안 검토

이재호*, 송용수*, 신경호*, 김백현*, 김필수**
한국철도기술연구원*, 한국철도시설공단**

A Study on the Performance Evaluation Infra for Communication Based Train Control

Jae-Ho Lee*, Yong-Soo Song*, Kyeong-Ho Shin*, Back-Hyun Kim*, Phil-Soo Kim**
Korea Railroad Research Institute*, Korea Rail Network Authority**

Abstract - 컴퓨터 통신기술 발달에 따라 철도의 열차제어에 대한 기술도 기존의 궤도회로기반에서 무선통신기반으로 변화되고 있다. 국내에서도 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템의 개발이 진행됨에 따른 개발품의 성능평가에 대한 관심이 높아지고 있다. 따라서 본 논문에서는 새롭게 개발되는 무선통신기반 열차제어시스템의 성능평가를 위해 성능시험 항목의 선정과 현장에서의 시험을 위한 시험선로 지상 및 차상인프라 구축에 대한 기본적인 검토를 기반으로 시험 및 성능평가 시행의 종합기본계획을 수립하는 검토를 수행하였다.

1. 서 론

1990년대 후반부터 철도의 제어기술의 기본이 되는 궤도회로에서 탈피하여 새로운 매개체인 무선통신을 기반으로 하는 열차제어시스템의 연구가 급속하게 부각되어 국내에서는 경량전철시스템기술개발사업, 지능형열차제어시스템 시범사업에서 무선통신기반의 열차제어시스템을 적용하였으나, 대부분 시스템엔지니어링 기술에 집중함으로써 열차위치추적기술, 열차간격제어기술 및 열차진로제어기술과 같은 열차의 안전한 운행을 실현하는 분야에 있어서는 현장시험을 통한 안전성 확보에는 어려움이 있었다.

신규의 도시철도, 경량전철 건설 및 기존 도시철도의 열차제어시스템 노후화에 따라 국산화된 시스템의 신설 및 교체에 대한 요구가 증대됨과 동시에, 기존 도시철도는 각 호선이 독립적으로 운행되었으나 승객의 서비스와 운영기관의 효율성 향상을 목적으로 선로간의 상호운행이 요구됨에 따라 개별적으로 보유한 기술을 통합한 도시철도용 열차제어시스템의 표준화를 추구할 필요성이 대두되어, 2010년 12월부터 국가연구개발사업으로 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계 구축 및 성능평가 사업이 시작되었다.

본 논문에서는 위 사업의 성공적인 결과를 도출하기 위하여, 사업에서 개발된 열차제어시스템을 현장시험 및 시운전 예상구간인 대불선 구간에서 시험을 실시하기 위한 시험항목과 시험선로 선정에 대하여 검토를 수행한다.

2. 본 론

2.1 종합 시험선로 선정

열차제어시스템 성능평가 지상인프라 구축을 위한 시험선로는 연구개발계획서에 의거 시험선 구간(안)으로 제시된 대불선의 현장조사 및 검토를 통하여 일로역~대불역간의 일부구간(10.36km)으로 잠정 선정하였으며, 향후 기본/상세설계 추진 시, 시스템 개발사양 등을 토대로 확정될 예정이다.

2.1.1 시험선로 검토사항

열차제어시스템 성능평가 시험항목 중 열차시험 주행과 관련된 내용과 현장선로 및 주변여건을 고려하여 다음의 항목을 기반으로 검토를 수행하였다.

- 지상시험
  - 사령설비(ATS) • 연동장치(EI) • 지상설비
- 차상시험
- 현장여건
  - 노반 구조물 • 선로 및 전차선 등 기타 제약사항

2.1.2 시험선로 선정

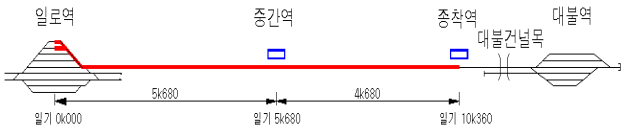
열차제어시스템 성능평가 지상인프라 구축을 위하여 시험선구간(안)으로 선정된 대불선의(일로역~대불역간) 현장조사를 바탕으로 지상인프라 구축, 성능평가의 효율적인 시행을 위해 <그림 1>과 <표 1>에서 보인 바와 같이 3가지의 안으로 검토를 수행하였다.

<그림 1> 시험선 구간

<표 1> 제시된 안별 검토내용

구분	제1안 (일로역~대불역간)	제2안 (차세대 전동차 구간)	제3안 (일로~대불 일부)
지상	-없음	-역구내시설물 부재 (분기기)로 진로 관련 시험 불가	-없음 -역간 연동장치시험 곤란
차상	-없음	-터널 내 시험 불가 -사구간 시험 불가	-없음
현장여건	-대불건널목 관리 (차량통행량 많음) -건널목 가동전차선 운영 어려움 -영산강교~대불역간 시설물 보호 필요 (울타리) -대불터널종점부 소음민원 예상	-영산강교~대불역간 시설물 보호 필요 (울타리)	-영산강교~대불역간 시설물 보호 필요 (울타리) -대불터널 종점부 소음민원 예상

검토결과, 지상인프라 구축, 시험차량 운행과 현장여건 제약성을 최소화하는 구간으로는 제안된 3안 선정하였으며, 그 결과에 따른 시험선로는 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 시험선로 선정구간

2.2 시험평가항목검토

현재까지 국내에서 진행된 무선통신기반 열차제어시스템의 시험을 분석한 결과를 바탕으로 시험평가 항목을 현지결합시험, 단일편성시험, 다중편성시험으로 분류하여 정리하면 다음과 같다.

2.2.1 현지결합시험

현지결합시험은 종합운행제어관리장치와 열차제어시스템 차상장치가 시험선로에서 정상적으로 동작하는지를 확인하는 시험으로 4개 인터페이스 항목에 대하여 17개 시험항목으로 구성된다.

(가) 종합운행관리장치-열차제어시스템 지상장치 I/F 시험

신호사령실의 종합운행관리장치와 역사에 설치된 열차제어시스템 지상장치간에 정보의 현시 및 기록 내용이 일치되는지를 검증하기 위함이다. 시험기간 동안에 발생된 데이터는 열차제어시스템 지상장치의 로그 데이터를 통해 분석된다.

①,② 열차/궤도 정보확인시험
③ 열차제어시스템 지상장치 동작정보 확인시험
④ Alert 정보 확인시험

(나) 열차제어시스템 차상장치-열차제어시스템 지상장치 I/F 시험

열차제어시스템 차상장치와 역사에 설치된 열차제어시스템 지상장치간에 정보의 현시 및 기록 내용이 일치되는지를 검증하기 위한 것이다.

① 열차제어시스템 Command(지상→차상)
② ATP Report(차상→지상)
③ 응답시간(지상→차상→지상)

(다) 열차제어시스템 차상장치-열차무선데이터전송장치 I/F 시험

열차제어시스템 차상장치와 열차무선데이터 전송장치간에 인터페이스가 원활하게 이루어지는지를 검증하기 위함이다.

①,② 열차무선데이터전송장치 전문 송/수신

(라) 열차제어시스템 차상장치-ATO 지상장치 I/F 시험

열차제어시스템 차상장치와 ATO 지상장치간에 인터페이스가 원활하게 이루어지는지를 검증하기 위한 것이다.

①,② ATO 송/송신 Level
③ 전력파 송신 Level
④,⑤ ATO 수신 노이즈 Level (정지/주행)
⑥,⑦ ATO 수신 응동범위 (유/무전원)
⑧ ATO 전문 송,수신

2.2.2 단일편성시험

단일편성시험은 열차제어시스템 장치를 탑재한 다중편성시험용 차량에 의한 ATP/ATO 기능 및 성능 확인시험으로서 47개의 시험항목으로 구성된다.

(가) 열차위치 검지 및 현시확인 시험

신호사령실의 종합운행관리장치와 역사에 설치된 열차제어시스템 지상장치간에 정보의 현시 및 기록 내용이 일치되는지를 검증하기 위한 것이다. 시험기간 동안에 발생된 데이터는 열차제어시스템 지상장치의 로그 데이터를 통해 분석된다.

① 연동시험 ② 재선 위치 확인시험
③ 정전시험

(나) ATP 주행시험

다중편성에 의한 열차 주행 시, 선행열차와 후속열차의 실제 위치와 제어콘솔에 현시되는 위치의 일치여부를 확인하여, 안전하고 정확한 위치설정과 시스템의 안전요구사항 및 목표성능이 만족되는지를 검증하기 위한 것이다.

① 열차제어시스템 Command 수신 확인
② 열차무선데이터전송장치 전송수신 확인
③ 운전대 표시 확인 ④ 접근패턴 초과 확인
⑤,⑥ ATC 제동(NB)①/② 확인
⑦ EB 동작, 해제 ⑧ 비상운전모드 확인
⑨ ORP 동작 확인 ⑩ 후퇴검지 이상시험
⑪ 주행시 열차출입문 열림 이상시험
⑫ MTO 운전

(다) ATO 주행시험

열차제어시스템 제동에 의해 열차정지 성능을 확인하고 안전거리를 검증하기 위한 것이다.

① ATO 수동 개입시험 ② ATO모드 비상정지 시험
③ 역 정위치 정차시험 ④ 스크린 도어 개·폐시험
⑤ 열차 회차 기능시험 ⑥ 정전시험
⑦ 모드변경시험 ⑧ 종단역 접근시험
⑨ HB 동작과 완해 ⑩ 목표속도의 결정
⑪,⑫ ATO유인/무인운전(출발)
⑬,⑭ ATO운전 (가속/정속제어)
⑮,⑯,⑰ ATO운전 (속도제한/점정지제어/역통과)
⑱ 운전대 자동절환 ⑲,⑳ 인칭제어(자동/열차무선장치)
㉑ Overrun 검지 ㉒ 재역행제어
㉓ ATO종합운전

(라) 열차제어시스템 차상장치-기타 시험

① 운전모드 전환 ② 수동에 의한 운전대 교환
③ Door모드 전환(A/A, M/M모드, Re-open제어)
④ 차내 안내방송 ⑤ 이상검지

(마) 고장시 주행시험

열차에 있어서 일어날 수 있는 고장상황을 임의적으로 발생시켜 수행하는 시험으로 각각의 고장상황에 대하여 열차가 정지 또는 안전한 상태로 동작하는지를 검증하기 위한 것이다.

① 무선장치 링크연계시험
②,③ 열차제어시스템 지상/차상장치 고장시 연계시험
④ 미설정 진로진입 시험

2.2.3 다중편성시험

다중편성시험은 2편성 이상의 차량에 의한 무인 추종제어시험 등 ATP/ATO 기능 및 성능 확인시험으로 23개 시험항목으로 구성된다.

(가) 열차위치 검지 및 현시확인 시험

① 연동시험
② 재선위치 확인시험
③ 정전시험

(나) 열차제어시스템 제동시험

다중편성에 의한 열차 주행 시, 선행열차와 후속열차의 실제 위치와 제어콘솔에 현시되는 위치의 일치여부를 확인하여, 안전하고 정확한 위치설정과 경량전철시스템의 안전요구사항 및 목표성능이 만족되는지를 검증하기 위한 것이다.

① 전방열차 접근시험 ② 제한속도초과 시 열차정지시험
③ 종단역 접근시험

(다) ATO 주행시험

선행열차의 위치조건에 따라 후속열차의 속도패턴이 자동으로 가·감속하는지를 확인하며 선행열차에 대한 후속열차의 안전거리를 검증하기 위한 것이다.

① 전방열차 접근시험 ② 추종시험
③ 역 정위치 정차시험 ④ 스크린도어 개폐시험
⑤ 열차회차 기능시험 ⑥ 정전시험
⑦ 모드 변경시험 ⑧ 종단역 접근시험

(라) 고장시 주행시험

다중편성 열차에서 발생될 수 있는 고장상황을 임의적으로 발생시켜 수행하는 시험으로 각각의 고장상황에 대하여 열차가 정지 또는 안전측으로 동작하는지를 검증하기 위한 것이다.

① 무선장치 링크 연계시험
②,③ 열차제어시스템 지상/차상장치 고장시 연계시험
④ 미설정 진로진입 시험

(마) 종합주행시험

ATO 주행시험 및 고장시 주행시험 이후에 열차의 자동운전 기능 및 안전동작에 대한 검증이 충분히 이루진 후 실시하는 시험으로 각 운행조건에 따라 열차가 정상적으로 주행하는지 검증하기 위한 것이다.

① 자동운전시험 ② 무인운전시험
③ 두 열차 동시 운행시험 ④ 안전거리시험
⑤ 일반열차, 통과열차

3. 결 론

열차제어기술 환경의 변화에 따라 기존 궤도회로기반에서 무선통신기반의 열차제어시스템으로 변경됨에 따라, 이러한 열차제어시스템의 성능평가 체계를 개선할 수 있는 방안을 선행 유사 형태인 경량전철 시험선, 분당선시범사업 및 기타 유사사업 등에서의 시험항목 및 평가체계, 인터페이스를 분석하여 무선통신기반 열차제어시스템에 맞는 평가체계를 구축하기 위해 연구를 수행하고 시험항목의 초안을 도출하였다. 또한, 이러한 열차제어시스템이 설치되어 현장시험이 시행될 대불선 시험선로 구간에 대한 검토를 수행하였다.

향후에는 시험선로에 적합한 지상 및 차상 설비의 구축과 인터페이스를 반영하여 무선통신기반 열차제어시스템의 성능평가가 완전하게 이루어질 수 있도록 시험항목의 보완 및 성능평가 방안에 대한 연구가 지속적으로 진행되어야 한다.

[참 고 문 헌]

[1] 이재호, 황종규, “통신기술 기반으로 하는 열차제어시스템 기술동향”, 한국철도기술연구원, 철도기술정보지 38호, pp.27~30, 2002

[2] 한국건설교통기술평가원, “도시철도신호시스템 인증체계구축연구”, 2008

[3] 한국건설교통기술평가원, “미래철도기술개발사업 철도분야 신호시스템 상세기획연구, 2010

[4] IEEE Vehicular Technology Society, IEEE Standard 1474.1 for Communication Based Train Control System(CBTC) Performance and Functional Requirements", 2004