

열차 차상신호 인터페이스 검사 시스템 개발

박재영*, 임인택¹

¹우송대학교 철도전기시스템학과

Development of Interface Inspection System for On-board Signal Equipment

Jae-Young Park* and In-Taek Lim¹

¹Division of Railroad Electrical System Engineering, Woosong University

요약 차내 연산 열차제어시스템은 검수고에 지상신호장치가 설치되지 않은 경우 본선 및 시험선으로 출고하였을 때에만 점검이 가능하여 업무의 효율성 저하 및 안전운행에 위해요인으로 작용한다. 열차의 운행 전 또는 운행 후 안전운행 확보를 위한 측면에서 차상·지상신호 설비 간 인터페이스 동작시험이 반드시 필요하다. 본 논문에서는 지상에서 차상시스템으로 전송되는 가상의 열차 운행정보에 따른 열차 차상신호 장치의 동작상태 확인과 차상에서 지상시스템으로 전송되는 열차 상태 정보에 대한 실시간 자동 분석을 기반으로 한 열차 차상신호 인터페이스 검사시스템을 제안하여 대전도시철도 판암기지에 구축, 차상·지상신호 간 인터페이스시험 알고리즘을 검증하였다. 이에 따라 차상 열차제어시스템 점검을 위해 약 30분간의 시험선 운행이 불필요하여 업무의 효율성을 크게 향상시켰다.

Abstract The inspection of distance to go train control system conducted only when train is in main line or inspecting line, that affects low work efficiency and hazard elements to safe operation. Before or after train operation, the interface test between on-board and wayside signal system must be conducted. In this paper, onboard signal interface inspection system based on the real-time automatic analysis of onboard system status information that is transmitted to the wayside system and the operation status check of the onboard signal device operates as a virtual train information that is transmitted to the onboard system have been proposed. And after building the inspection system to the inspecting track of Daejeon Subway Line 1, Panam Depot, the verification algorithm of proposed interface test and the results was presented. therefore, it has enhanced work efficiency to do not carry train operation of a half hour in test line to test on-board system

Key Words : ATP, Interface test, Onboard signal device, TWC, Wayside signal equipment,

1. 서론

열차의 자동제어를 수행하는 신호시스템은 차상 신호 설비(Onboard Signal Device)와 지상 신호설비(Wayside Signal Device)로 구분되며, 차상·지상신호 설비 간 Air Gap통신을 통해 열차운행에 필요한 정보전송 및 열차의 상태정보 수신이 이루어진다.

이러한 차상·지상 신호설비간 통신은 각 제작사의 시

스템 특성에 따라 단방향 또는 양방향 통신이 사용되고 있으나, 지상에서 차상으로 또는 차상에서 지상으로 정보의 전송이라는 측면에서는 차상과 지상신호 설비간에 양방향 통신이 사용되고 있다고 할 수 있다.

차상·지상 신호설비 간 통신은 열차의 자동운전이나 안전운행에 필수적인 정보의 전송을 위해 사용되므로 열차의 운행 전 또는 운행 후 차상·지상 신호설비 상호 인터페이스시험이 반드시 필요하게 된다. 그러나 검수고의

*Corresponding Author : Jae-Young Park(Woosong Univ.)

Tel: +82-10-5315-3141 email: pjy6573@daum.net

Received Novembe 28, 2013

Revised January 7, 2014

Accepted April 10, 2014

케도는 일반적으로 무신호(No Signal)케도로 구성되어 지상신호 데이터의 전송이나 차상신호 데이터의 수신을 통한 차상·지상신호 설비 간 인터페이스시험을 수행할 수 없다.

또한 대전도시철도 차량기지 유치선의 경우 지상 신호설비는 구축되어 있으나 해당케도의 지상신호 전송을 위해 사용되거나 단순한 열차 진출·입 가부를 현시하여 기관사는 육안으로 확인 후 출발하도록 구성되어 있다.

본 연구에서는 차상 신호장치의 유지보수 측면에서 차상 신호설비와 지상 신호설비 상호인터페이스 시험 및 열차 상태정보 확인기능을 수행할 수 있도록 차상신호 인터페이스 검사시스템을 제안하고, 대전도시철도 판암 차량기지 검수고 D1선과 D2선에 본 검사시스템을 구축하였다.

검사시스템은 자동으로 열차 상태정보를 수신하고 분석할 수 있도록 구성된 스탠드 얼론(Stand- Alone)기능과 차상 신호설비와 지상 신호설비 간 데이터 교차전송을 이용한 인터페이스시험 알고리즘의 검증을 수행하고 결과를 제시하였다.

2. 인터페이스 검사시스템 설계

기존 검수고에는 지상 신호시스템이 설치되어 있지 않아 차상 신호설비를 검사하기 위해서는 본선 출고선 및 시험선으로 이동하여야만 차상신호시스템을 점검할 수 밖에 없다. 검수고에서 간단하게 차상신호설비를 점검할 수 있도록 Fig.1과 같이 전송상태 검사시스템과 열차 상태정보 모니터링시스템을 설계하였다.

전송상태 검사시스템은 차량기지 검수고에서 차상신호설비와 지상 신호설비 상호 인터페이스시험기능 및 열차상태정보 확인기능을 수행한다.

열차상태정보 모니터링시스템은 차상 신호설비와 지상 신호설비 상호 인터페이스 기능 및 열차 상태정보 확인기능을 수행한 결과를 현시, 전송 및 저장기능과 현장 시험설비의 일부기능에 대한 원격 제어명령을 전송한다.

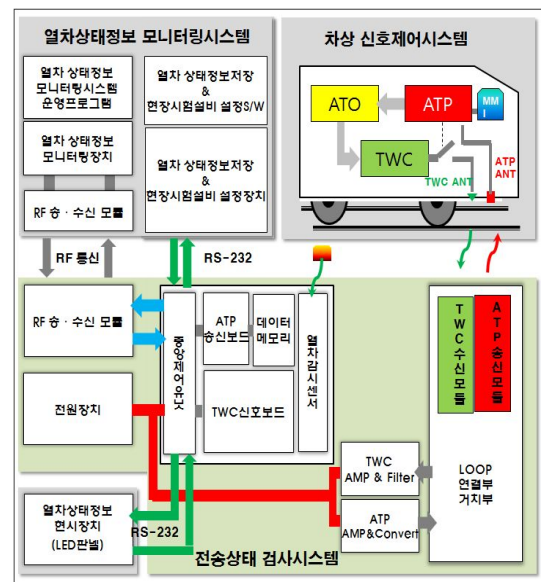
2.1 TWC 수신모듈 및 ATP 송신모듈

TWC(Train Wayside Communication)수신모듈과 ATP(Automatic Train Protection)송신모듈은 송수신안테나와 안테나 거치부 및 연결부로 구성된다. Fig.2와 같

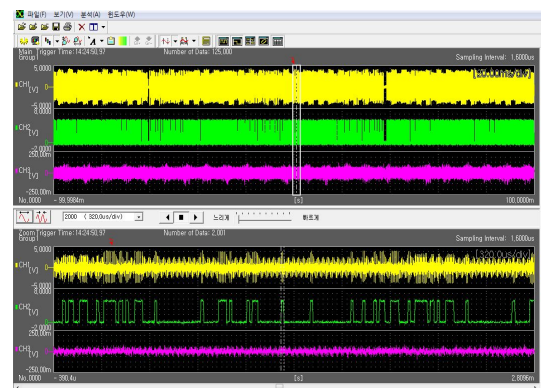
이 ATP 송신안테나는 Wave형태의 모의 지상신호데이터를 Air Gap통신을 통해 전동차 ATP 안테나로 전송하는 기능을 수행하며, TWC 수신안테나는 전송주파수 823.5kHz / 875kHz 주파수 편이변조(FSK : Frequency Shift Keying)데이터를 수신하는 기능을 수행한다[1].

또한 안테나 거치부 및 연결부는 Loop 형태의 송·수신안테나를 장착하는 기능과 송수신 모듈과 지상신호 전송장치 및 열차정보수신장치 사이의 절연 및 임피던스 매칭 기능을 수행한다.

특히, TWC 수신모듈과 ATP 송신모듈은 열차 운영시스템의 동작에 영향을 주지 않도록 기존시설물 및 케도와 절연상태가 되도록 구성하였다.



[Fig. 1] Interface Inspection System



[Fig. 2] TWC reception and demodulation wave

2.2 지상신호 전송장치

지상신호 전송장치는 ATP전송보드와 ATP 증폭변환 보드로 구성된다. ATP전송보드는 중앙제어장치의 제어 명령에 따라 내부 데이터 메모리에 저장되어 있는 모의 지상신호 데이터를 발생하는 역할을 수행하며, ATP증폭 변환보드는 ATP전송보드에서 발생한 모의 지상신호 데이터를 Air Gap형태로 전송 가능한 파형변환 및 전압과 전류 레벨로 증폭하는 역할을 한다.

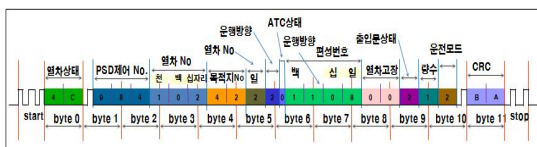
모의 지상신호 데이터는 판암차량기지 시험선 S18 진로설정 후 연속되는 3개 궤도의 지상신호 데이터를 취득하여, 모의 운행상황 구현 및 차상·지상신호 설비 상호 인터페이스시험에 적합하도록 최적화(Modify)과정을 수행하였다. 이 데이터에는 열차운행에 필요한 궤도번호, 궤도회로 및 ATO-LOOP 주파수, 주행거리, 구배, 진입 속도, 목표속도, 속도제한, 출입문정보, 스크린도어 닫힘 상태확인 등과 같은 ATO(Automatic Train Operation) / ATP정보가 포함된다.

2.3 열차정보수신장치

열차정보수신장치는 TWC신호보드와 TWC 증폭&필터보드로 구성된다. TWC증폭&필터보드는 TWC수신모듈에서 수신한 TWC텔레그램을 필터링 및 증폭하는 역할을 수행하며, TWC신호보드는 수신한 TWC텔레그램을 복조(Demodulation) 후 분석하는 역할을 수행한다.

특히, 본 검사시스템은 유치선 또는 검수고 내에 설치됨에 따라 검수고의 반 밀폐된 공간적 상황과 근접하여 유치되어 있는 다른 열차들로부터 스위칭 노이즈를 비롯한 여러 전자기적 영향을 받게 된다. 따라서 TWC텔레그램의 정확한 수신을 위해서 공진주파수를 이용한 공진필터와 전원 노이즈를 제거하기 위한 노이즈 필터를 포함하며, 주파수 편이변조(FSK)방식으로 복조를 수행 후 디지털 데이터를 분석하고 오류검사를 위한 연산기능을 수행한다. 데이터 오류검사를 위한 CRC-8 Polynomial은 ‘식(1)’과 같으며, Fig.3은 TWC텔레그램 구조를 나타낸다.

$$CRC \text{ Polynomial } P(x) = x^8 + x^7 + x^2 + x^0 \text{ (식 1)}$$



[Fig. 3] TWC Telegram protocol

2.4 차상신호 검사시스템 중앙제어장치

차상신호 전송상태 검사시스템의 중앙제어장치는 현장에 설치된 각 보드와 모듈사이의 연동제어 기능 및 열차 감지센서를 이용하여 해당 궤도 내에 열차 유·무를 인지하고 자동으로 열차 상태정보를 수신하여 분석하는 스탠드 얼론(Stand-Alone)동작 제어기능과 차상·지상신호 설비 상호 인터페이스 시험동작 제어기능을 수행한다.

또한, 열차 상태정보 표시장치를 통한 실시간 열차 상태정보 및 인터페이스 시험정보 표시, 현장 시험설비 설정장치와의 연결을 통한 관련 데이터 저장 및 현장 시험설비 설정, 그리고 열차 상태정보 모니터링 장치와 RF 송수신 모듈을 이용한 관련 상태정보 및 제어명령의 송수신 기능 구현을 통해 열차 상태정보 모니터링 시스템과 연계동작 기능을 수행한다.

2.5 열차 상태정보 표시장치

열차 상태정보 표시장치는 실시간으로 열차상태정보 및 인터페이스 시험정보를 현장의 검사원 또는 기관사에 게 표시하는 기능을 수행한다.

현시데이터의 내용과 형식은 열차 상태정보 저장 및 현장 시험설비 설정장치를 이용하여 변경 가능하며, 열차 상태정보 표시장치에 표시되는 내용은 해당궤도 내 열차 유·무 및 열차상태에 따라 아래 Table 1과 같이 4 가지 형태로 구분된다.

[Table 1] Display train condition

Section	Train condition	Inspection system
1	if a train is not on the track	cut the power supply of a display
2	if a train is on the track, cut the train control power	the initial screen of a display
3	turn on the train control power	display the major conditions of train
4	IFC is on test	display the testing information

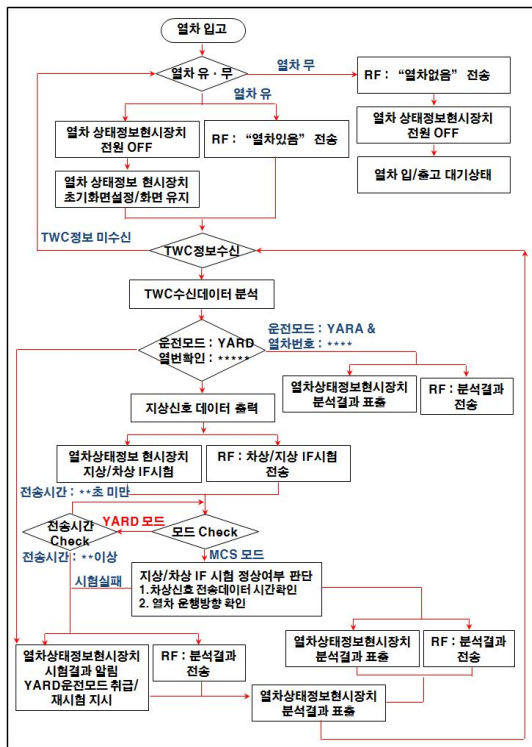
3. 검사시스템 동작알고리즘

Fig. 4와 같이 차상신호 인터페이스 검사 시스템은 본 시험설비가 구축되어 있는 궤도에 열차가 입고되면 자동으로 열차의 유무를 인지하고, 자동으로 열차 상태정보를 수신하여 분석할 수 있도록 스탠드 얼론(Stand-Alone)

형태로 시스템을 설계 구성하였다. 평상시 해당궤도 내에 열차가 없는 경우에는 현장 시험설비의 전원을 자동으로 차단하고 검수고 내 사무실 또는 관련 기계실에 설치된 열차 상태정보 모니터링 장치에 해당궤도의 상태를 전송하는 기능을 수행한다.

해당궤도 내에 열차가 유지된 경우에는 열차 상태정보 표시장치를 비롯한 현장 시험설비의 전원을 자동으로 인가한 후 초기화 과정을 수행하고 실시간으로 열차 상태정보를 수신, 분석하여 현장의 열차 상태정보 표시장치에 관련 정보를 표출하는 기능과 사무실의 열차 상태정보 모니터링장치에 분석정보를 전송하는 기능을 수행한다.

또한, 본 검사 시스템은 열차 검사원 또는 기관사가 열차상태정보 중 특정 값을 변경설정 시, 이를 자동으로 인지하고 모의 지상신호를 전송할 수 있도록 함으로써 차상·지상신호 설비 상호 인터페이스시험이 가능하도록 구성하였다.



[Fig. 4] Interface Inspection System motion algorithm

별도의 스위치나 시험명령의 전송과정을 두지 않고 열차 내에서 검사원 또는 기관사가 열차번호 설정이나

목적지번호 설정 등과 같은 열차 상태정보 중 임의의 항목을 약속된 특정 값으로 변경설정 시 이를 지상에 구축된 차상신호 전송상태 검사시스템에서 자동으로 인지하고 Fig. 5와 같이 인터페이스 시험과정을 수행하도록 함으로써 시험설비의 간편화와 열차 입출고 검사 시 빠르고 쉽게 인터페이스시험을 수행할 수 있는 편리성을 갖출 수 있도록 하였다.



[Fig. 5] Inspection result(monitor screen)

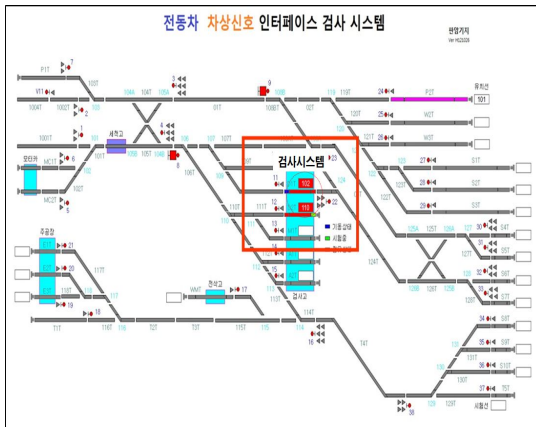
특히 차상 신호장치와 지상 신호장치 상호 데이터의 교차 전송과정을 통해 인터페이스시험의 신뢰성을 높이기 위하여 열차 상태정보 변경설정 상태를 수신, 분석하는 과정((차상 →지상인터페이스), 실제 열차 운행구간의 지상 신호데이터를 취득하여 모의운행 상태구현 및 차상·지상신호 상호 인터페이스시험에 적합하도록 최적화과정을 수행한 지상 신호데이터를 전송하는 과정(지상 → 차상)인터페이스), 모의 지상신호 데이터를 차상 신호장치에서 수신하여 모의 운행상황을 구현하고 운전모드 변경, 권고속도 인지 등의 동작을 수행하고, 이에 따른 변

경된 열차 상태정보를 수신 분석하는 과정(차상→지상 인터페이스)을 순차적으로 수행하고 전동차 차상·지상 신호 설비 상호 인터페이스 동작상태의 정상여부를 자동으로 판단한다.

4. 검사시스템 구축 및 동작시험

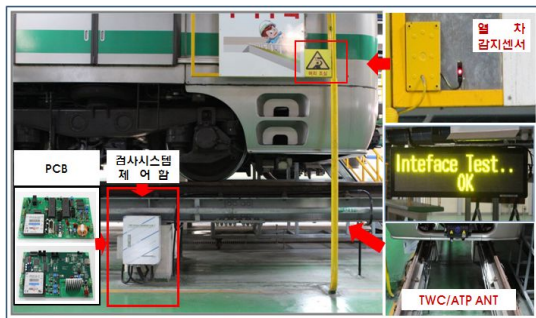
4.1 검사시스템 구축

Fig. 4의 인터페이스시험 알고리즘의 검증을 위해, Fig. 6, Fig. 7과 같이 판암차량기지 검수고에 검사시스템을 구축하였다.



[Fig. 6] The installation place of interface inspection system

현장 시험설비인 차상신호 전송상태 검사시스템과 열차 상태정보 표시장치는 검수고 D1선과 D2선의 열차 0호차 및 1호차 방향에 구축하였으며, 열차상태정보 모니터링시스템은 검수고 내 사무실에 설치하였다.



[Fig. 7] Inspection System(Inspecting track)

4.1 동작시험

차상신호 인터페이스 검사시스템의 동작시험은 검수고 D2선에 열차가 입고된 후 Fig.4에서 제시한 동작 알고리즘에 따라 열차 상태정보를 자동으로 수신하고 분석하는 스탠드 얼론(Stand -Alone)기능과 차상·지상신호 설비 상호 데이터 교환전송을 이용한 열차 진입 자동인지 및 시스템 자동초기화, TWC 텔레그램 및 ATP 텔레그램 송·수신 레벨, 열차상태정보 모니터링장치 화면표출 및 시험결과 저장상태, 현장 열차 상태정보 표시장치 화면 표출상태를 시험하였다.

Fig. 4의 알고리즘에 의해 차상신호 인터페이스 검사시스템은 해당궤도에 열차가 입고됨을 자동으로 감지하고, 정상적으로 현장 시험설비 초기화 동작의 수행과 열차 상태정보 모니터링 장치로 궤도점유 정보를 전송하였다.

또한 TWC 텔레그램을 수신하여 분석한 결과를 Fig. 8의 현장의 열차상태정보 표시장치와 열차상태정보 모니터링 장치에 정상적으로 표출하였으며, 이때의 TWC수신 안테나 수신전압 레벨은 Fig. 2와 같이 50 ~ 300[mV]로 데이터 분석에 적정함을 확인하였다.



[Fig. 8] The display of inspection process

또한 열차 차상신호 인터페이스 검사시스템은 열차 검사원이 열차번호를 특정 값(본 연구에서는 7777 사용)으로 변경함을 자동으로 인지하고, 모의 지상신호를 열차로 전송함으로써 차상·지상신호 설비 상호 인터페이스 시험을 수행하였다.

이와 관련한 인터페이스 시험상황은 현장의 열차 상태정보 표시장치와 검수고 내 사무실의 열차 상태정보 모

니터링 장치에 정상적으로 표출되고 저장됨을 확인하였다.

3. 결론

최근 신호시스템의 중요성이 증대됨에 따라 지상신호 설비뿐만 아니라 차상신호 장치의 안전성과 신뢰성을 확보하기 위한 점검의 필요성이 제시되고 있다. 특히, 열차의 영업운행 중에 발생하는 신호장애의 많은 부분이 차상신호 장치와 지상신호 설비 사이의 인터페이스 동작 중 발생함에 따라 이에 대한 관심이 높아지고 있다.

본 연구에서는 차상·지상신호 설비 간 데이터 교환 전송을 이용한 열차 차상신호 장치의 인터페이스 시험방법을 제안하였으며, 검사시스템을 활용하여 차상신호 장치의 주기적인 점검체계를 구축함으로써 점검을 위해 별도의 시험선 주행 주행이 불필요하여 회당 약 30분 정도의 점검시간을 단축할 수 있다. 또한 차상·지상신호 설비 상호 인터페이스 동작에 의한 고장발생을 최소화 시키고, 차상신호 장치의 운용효율을 높일 수 있을 것으로 기대한다.

검사시스템 구축의 일환으로 검수고 또는 유치선 궤도에 설치된 차상신호 전송상태 검사 시스템으로부터 관련 데이터를 수신하여 궤도의 점유상태 및 유치되어 있는 열차의 상태정보 등을 검수고 내 사무실 또는 관련 기계실에서 모니터링 할 수 있도록 구성된 열차 상태정보 모니터링 장치와 현장에 실시간으로 열차 상태정보와 인터페이스 시험정보를 검사원 또는 기관사가 확인 할 수 있도록 열차 상태정보 현시장치를 설치함으로써 유지보수를 위한 본 검사 시스템의 활용성과 실효성을 갖추고자 하였다.

References

- [1] Jin-uk Jung, Sung-jin Ahn, Hyun-chul Kim, Jung-su Han, Data Communications Principles, booksr, pp. 252-261, 2008
- [2] Ziemer, William H. Tranter, Principles of Communications, SciTech, pp.124-220, 2004,
- [3], Thomas L. Floyd, Electronic Devices Conventional Current Version, PEARSON Prentice hall, p.588-636, p.1005-1021, 2005
- [4] Jae-su Yang, Mu-Young Choi, Wideband communication

technology, ypbooks, pp.773-802, pp965-987, 2005

- [5] Dae-jung Heo, Sug-kil Baek, Ji-chan Kim, Su-kwan Ahn, Simulator of Confirmation and Interlock for Platform Screen Door and Stop Position, The Korean Society for Railway, 2012
- [6] Dae-jung Heo, Ji-chan Kim, Ji-young Lim, System and Method for interface inspection of on board signals for electric railway vehicle, Korea Patent No. 10-1274076
- [7] Colonel Wm. T. McLyman, Magnetic Core Selection for Transformers and Inductors, A User's Guide to practice and Specification, Second Edition, 1997
- [8] Constantine A. Balantis, Antenna Theory: Analysis and Design, John Wiley & Sons, 2nd Edition, 997

박 재 영(Jae-Young Park)

[정회원]



- 1996년 8월 : 고려대학교 산업대학원 전기공학과 (공학석사)
- 2007년 2월 : 서울산업대학교 철도전문대학원 철도전기신호공학과 (공학박사)
- 1970년 1월 ~ 2007년 2월 : 철도청 및 한국철도공사 오송고속철도 전기사무소장
- 2007년 3월 ~ 현재 : 우송대학교 철도전기시스템학과 교수

<관심분야>

자동제어, 지능형시스템, 제어계측

임 인 택(In-Taek Lim)

[정회원]



- 2012년 2월 : 우송대학교 철도전기 제어공학과 (공학석사)
- 1987년 12월 ~ 2004년 12월 : 철도청, 서울, 인천지하철공사
- 2005년 1월 ~ 현재 : 대전광역시 도시철도공사 신호팀 차장

<관심분야>

열차자동제어 및 정보통신기술, 제어계측