

철도차량 내부장치간 통합 성능평가를 위한 모의환경 설계 및 구축 Simulation Design and Construction for Integration Performance evaluation of Railway Vehicle Equipment

정구인[†], 강봉완, 김영규, 이현태, 이만기, 김기연, 이강미*

Kuin Jung[†], Bongwan Kang, Younguy Kim, Hyuntae Lee, Manki Lee, Keeyeon Kim*, Kangmi Lee*

초 록 철도차량에 적용되는 TCMS(Train Control & Monitoring System, 열차제어시스템), 방송/표시기/CCTV, 배전반, 주간제어기 및 차상무선통신장치는 열차 운행 및 승객의 편의성은 물론 열차 운행에서 가장 중요한 안전성과 직결되기 때문에 고도의 신뢰성이 요구된다. 실제 열차 운행환경과 유사한 상태를 모의함으로써 현차에서 발생할 수 있는 다양한 이상 상황에 대하여 사전에 검증이 가능하도록 하여 시제품들에 대한 신뢰성 확보를 지원하여야 하며, 철도차량 내부장치간 통합 성능평가를 위해 조합시험이 가동하도록 인터페이스를 제공하여야 한다. 본 논문에서는 철도차량 내부장치간 개발품에 대한 통합 모의시험 환경 설계, 통합 모의시험 환경 구축, 통합시험, TCMS 시험환경 설계 및 구축, 방송/표시기, CCTV 시험환경 설계 및 구축, 배전반 시험환경 설계 및 구축, 주간제어기 시험환경 설계 및 구축, 차상무선통신장치 시험환경에 대하여 설계 및 구축하였다.

주요어 : TCMS, 방송장치, 표시기, CCTV, 배전반, 주간제어기, 차상무선장치

1. 서론

성능평가를 위한 시험차량 구성은 Tc1 - M1 - M2 - T1 - M2 - T2 - T1' - M1 - M2 - Tc2 로 구분되어 10량 1편성으로 구성된다. 10량 1편성으로 구성된 차량중 Tc1 - M1 - M2 - Tc2의 4량에 대해서는 실제로 개발된 시제품을 장착하여 시험환경을 구축하였다. 시제품이 장착되지 않은 M2 - T1 - M2 - T2 - T1' - M1 차량 6량에 대해서는 통합시험환경에서의 모의를 통하여 조합시험이 가능하도록 시험환경을 구축하였다.

를 구축하여 TCMS와 연결한다. 방송(중앙제어장치, 출력증폭기, 비상인터폰, 실내스피커, 실외스피커)/표시기(열차번호 표시기, 행선표시기, 객실안내표시기)/CCTV(운전실카메라, 객실카메라, CCTV모니터) 시험환경 구축은 2개의 캐비닛 랙으로 구성하여 다음의 장치들을 장착하고 이더넷을 통하여 TCMS와 연결한다. 배전반 시험환경은 배전반 시제품 TCMS는 이더넷을 통하여 연결하고, 배전반에 연결된 전장품들의 상태를 모의하기 위한 모의 시험기를 구축하여 배전반과 연결한다.

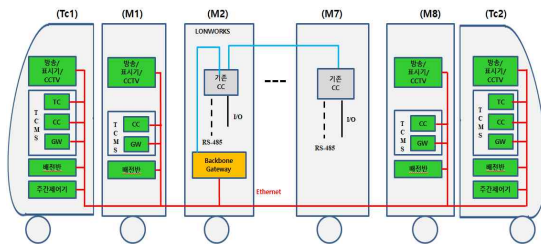


Fig. 1 Test Rail Vehicle Configuration

TCMS 시험환경은 캐비닛 2개의 랙으로 구성되어 이더넷을 통하여 연결하고, 장치들과 연결된 전장품들의 상태를 모의하기 위한 모의 시험기

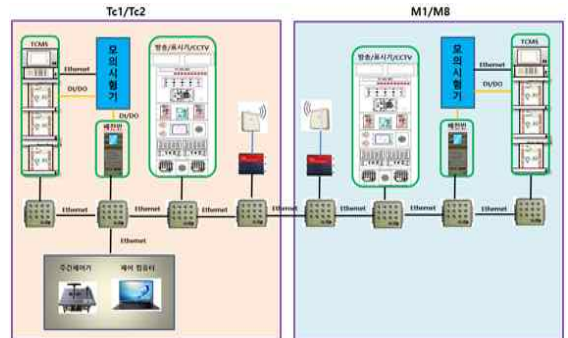


Fig. 2 Integrated Test Environment Configuration
주간제어기 시험환경 구축은 주간제어기와

[†] 교신저자: 서울교통공사(jki0497@seoulmetro.co.kr)

* 한국철도기술연구원

TCMS를 이더넷으로 연결하여 구성한다. 차상무선통신장치 시험환경구축은 차량 간 통신을 무선으로 제공하며 TCMS와 이더넷을 통하여 연결한다.

2. 본 론

2.1 통합시험환경 상세구성 및 사양

2.1.1 TCMS 통합시험환경 구성

전동차량의 Tc1, M1, M2, Tc2 차량에 장착되는 TCMS 장치는 캐비닛 랙 2개로 구성된다. 캐비닛 랙 전면에는 DU 2개, Tc 2개, CC(Car Computer) 6개가 장착된다. Tc장치는 백플레인과 전원보드, 제어보드로 구성되며, 백플레인은 전원보드에서 제어보드로 전원을 공급할 수 있도록 한다. 전원보드는 전원공급기로부터 입력받은 DC100V 전원을 제어보드에서 필요로 하는 DC 5V로 변환하는 기능을 수행한다. 제어보드는 Tc1, Tc2의 주제어 모듈로써 이더넷 인터페이스를 제공한다. CC장치는 각각 64개의 디지털 입력과 40개의 디지털 출력 포트를 제공하고, TC장치와는 이더넷 인터페이스를 통하여 연결한다. TCMS와 연결되는 전장품을 모의하기 위하여 디지털 입력, 디지털 출력신호를 생성하고 모니터링 할 수 있는 모의 시험기와 전원공급장치가 장착된다. 전원공급장치는 AC220V 전원을 공급받아 DC100V, DC24V로 변환하는 기능을 제공한다.

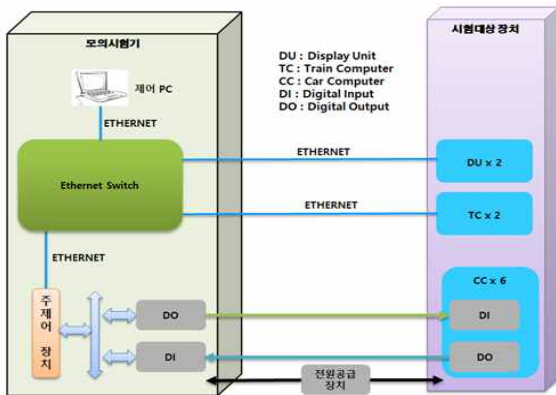


Fig. 3 Test Environment Connection Diagram

디지털입력장치는 총 32개의 디지털 입력포트를 제공한다. 이들 디지털 입력포트는 TCMS 및

배전반의 디지털 출력보드와 연결된다. 디지털 입력장치는 주제어장치와 로컬버스 인터페이스를 통하여 데이터를 주고받는다. 디지털 출력장치는 총 32개의 디지털 출력포트를 제공한다. 이들 디지털 출력포트는 TCMS 및 배전반의 디지털 입력보드와 연결된다. 디지털 출력장치에서 출력하는 신호레벨은 DC24V 레벨이며, 디지털 출력장치에서는 DV24V-GND 신호를 출력해야 한다. 디지털 출력장치는 주제어장치와 로컬버스 인터페이스를 통하여 데이터를 주고 받는다. 주제어장치는 시뮬레이터를 구성하는 시험장치들의 상태를 제어하고 모니터링 하는 핵심 기능을 수행한다. 주제어장치는 제어 PC와는 이더넷 인터페이스를 통하여 연결되며, 각종 시험장치와는 로컬버스 인터페이스를 통하여 통신한다.

2.1.2 방송/표시기/CCTV 통합시험환경 구성

전동차량의 Tc1, M1, M2, Tc2 차량에 장착되는 방송/표시기/CCTV장치의 주요 구성품은 다음과 같다. 방장치는 중앙제어장치, 출력증폭기, 비상인터폰, 실내스피커, 실외스피커로, 표시기장치는 열차번호표시/행선표시기, 객실안내표시기로 구성하며, CCTV장치는 운전실카메라, 객실카메라, CCTV모니터로 구성한다.

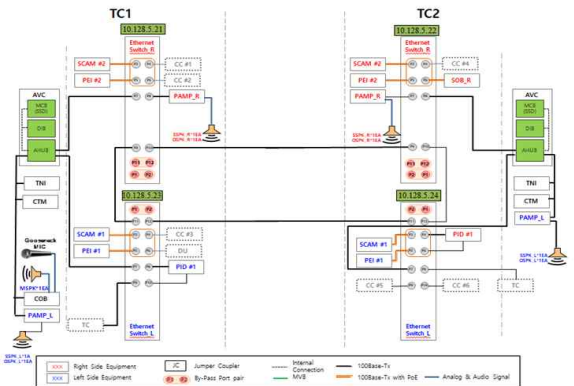


Fig. 4 Ethernet Switch Connection Diagram

2.1.3 배전반 통합시험환경 구성

배전반은 DI모듈, DO모듈 및 RIE모듈로 구성된다. DI모듈은 총 64개의 디지털 입력채널을 제공하고, DO 채널은 총 32개의 디지털 출력채널을 제공한다. RIE 모듈은 16개의 디지털 입력채널과 16개의 디지털 출력 채널을 제공한다. 통합시험환경에서는 배전반에서

제공하는 디지털 입출력 신호를 모의하기 위하여 모의 시험기와 다음과 같이 연결한다.

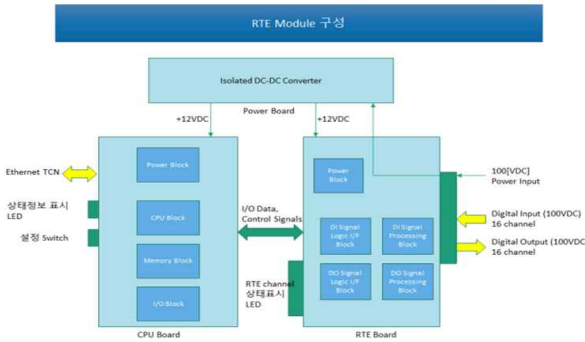


Fig. 5 Switchboard Module Configuration

2.1.4 주간제어기 통합시험환경 구성

주간제어기는 시험용 테이블에 제어용 PC와 함께 설치한다. 주간제어기의 구성은 이더넷을 통하여 TCMS와 연결되며, 시험용 테이블 구성은 그림6과 같다.



Fig. 6 E-MASTCON Configuration Diagram

2.1.5 차상무선통신장치 통합시험환경 구성

차상무선통신장치는 Tc1, Tc2 차량에는 각각 2개가 탑재되며, M1, M2 차량에는 각각 3개의 장치가 적용된다. 차상무선통신장치는 TCMS와 이더넷을 통하여 연결된다.

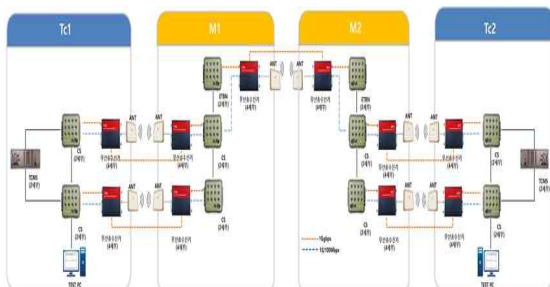


Fig. 7 Vehicle Wireless Communication Device

2.2 통합시험환경 소프트웨어 인터페이스 검증

2.2.1 TRDP(Train Realtime Data Protocol)

IEC TC9/WG43표준위원회에서 열차 차상 통신망에 대한 표준을 정립하고 있고, 차상통신망에 연결된 단말장치간의 데이터를 주고받기 위한 규격을 정의하였다. IEC 61375-2-3 Communication Profile에서 정의한 TRDP는 열차 차상에 설치된 단말장치들 간에 Ethernet Train Backbone을 이용하여 Process Data를 교환하기 위해 사용된다. TRDP는 그림7과 같이 TCP/UDP 계층 위에서 동작하는 TRDP계층에 의해 수행된다.

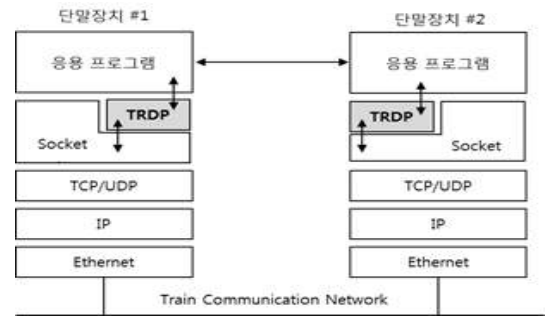


Fig. 8 TRDP Stack Structure

단말장치가 데이터를 주고받기 위한 프로토콜 정의는 장치별 응용 프로그램 영역에서 정의 하여야 하고, TRDP는 정의된 프로토콜을 상대방에게 전달하기 위한 라이브러리 형태의 소프트웨어이다. TRDP가 소프트웨어 모델에서 차지하는 위치 및 응용 프로그램과의 인터페이스는 그림8과 같으며, 이는 TRDP가 독립적으로 수행되는 소프트웨어가 아니라 응용프로그램과 밀접하게 관련되어 하나의 프로그램으로 통합되어 수행되는 프로그램이다.

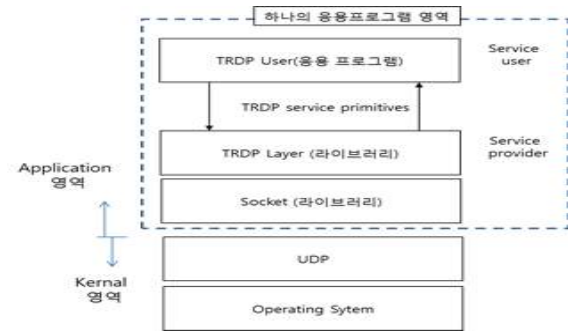


Fig. 9 TRDP Service Model

2.2.2 소프트웨어 화면구성

소프트웨어의 구성은 프로토콜 화면, 통신상태 화면, 데스크(DESK) 화면, 장치 모의 데이터 저장, 로드 화면으로 구성된다.

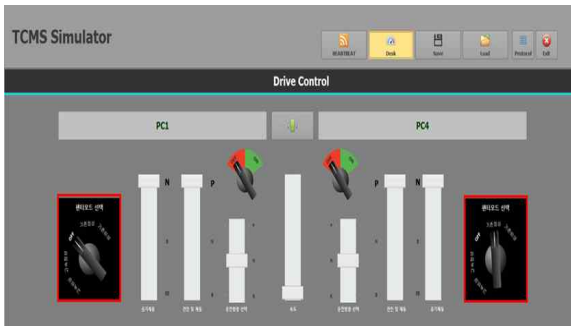


Fig. 10 TCMS Simulator Display

(1) 프로토콜(Protocol)화면 기능 설명

프로토콜 화면은 각 열차별 모든 장치의 프로토콜 정보를 표출하여 운영자가 해당 장치의 정보를 변경하며 테스트 할 수 있도록 한다.

(2) 통신상태화면

각 장치별로 주기적으로 통신하는 HEARTBEAT 데이터를 전송하지 않음으로써, 임의로 통신장애 상황을 만들기 위한 기능이다.

(3) 데스크(DESK)

데스크는 1편성인 경우 PC1, PC2, 2편성인 경우 PC3,PC4, 중련인 경우 PC1, PC4 동력차의 운전실 데스크 화면을 표시한다. 운전실 선택 및 견인/제동/도어 ON/OFF 등 열차 내부 전반적인 기능을 제공한다.

2.2.3 TCMS 조합시험 계획 및 절차

TCMS 조합시험은 방송/표시기/CCTV, 배전반,

주간제어기, 차상무선통신장치와의 인터페이스 시험으로 진행한다. 차량 운행 정보를 수신하기 위해 TCMS장치와 인터페이스 되고, 방송/표시기/CCTV장치에 대한 상태 및 고장정보를 TCMS로 송신하기 위해 인터페이스 한다. 조합시험은 수동방송, 자동방송, 운전실간 통화, 비상통화, 열차번호표시, 객실안내표시, CCTV장치에 대하여 시험절차서의 시험항목을 대상으로 시험을 수행한다.

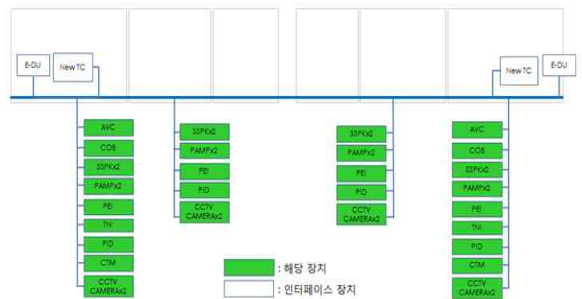


Fig. 11 Broadcasting/Indicator/CCTV Combination Test

배전반 조합시험은 로직회로 입출력장치 및 운전실 입출력장치의 조합시험은 로직회로용 S-RTE, S-DI, S-DO모듈 테스트용 검증도구 TEST-Bench를 구성하고, 4대의 Test Bench를 연동하여 시험한다.

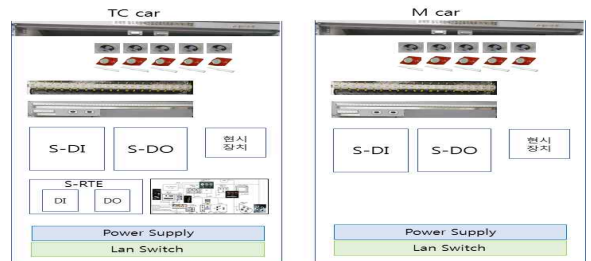


Fig. 12 TEST Bench 구성

주간제어기와 TCMS장치 간 통신 인터페이스를 분석하기 위해 SDR 데이터 (TCMS → MASCON), SD 데이터(MACON → TCMS)과 같이 시험을 진행한다. 주간제어기와 TCMS간의 데이터를 프로토콜 분석 및 모니터링 하는 PC를 통해 데이터 송수신의 정상 동작 확인을 한다.

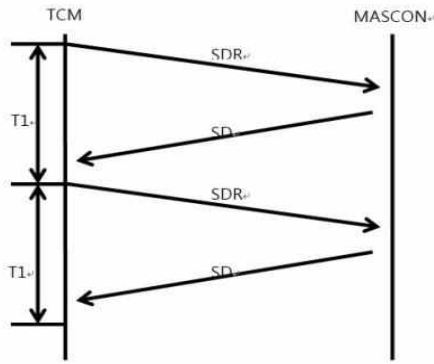


Fig. 13 E-MASCON ↔ TCMS Sequence

차량무선통신장치-TWE의 조합시험 기능검증을 위한 시스템 구성도와 같이 최소 10대의 장치가 설치된다. Tc1, Tc2, 운전실 차량에 설치되는 TWE는 각각 2대가 설치되며, 각 장치는 GIGA Ethernet Port와 10/100 Ethernet Port를 통해 네트워크 연결을 통해 이중계를 구성한다. M1, M2 차량에는 TWE 각각 3대가 설치되며 장치 중 2대는 이중계를 구성하고 나머지 한 대는 ETBN(Ethernet Train Backbone Network)와 Router와 GIGA Ethernet 한 대와 10/100 Ethernet Port로 연결되어 망을 구성하게 된다.

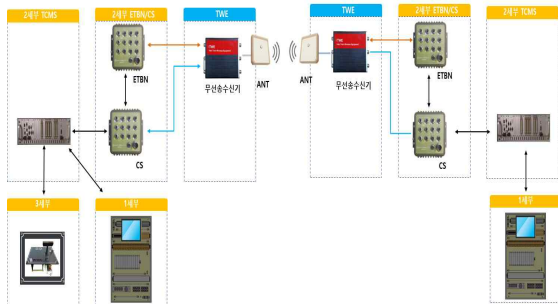


Fig. 14 Vehicle Wireless Communication Configuration

TWE는 객차간 무선통신을 통해 네트워크 연결을 구성하지만 검증시험을 위해 유선 네트워크 연결을 추가적으로 구성한다. 조합시험 결과는 각 장치와 인터페이스 시험을 통해 확인 또는 테스트 PC를 통한 시뮬레이터 활용을 통해 기능을 검증할 수 있다.

3. 결론

본 연구에서는 철도차량 운영 및 유지보수가

용이하고 안전이 확보되고 모니터링이 가능한 철도차량 제어를 위한 로직회로 기술개발이 필요함에 따라, 철도차량의 설계 분석을 통하여 배선을 전자화하기 위한 로직회로를 개발함과 동시에 국제 규격에 근거한 안전성 활동을 수행하여 신뢰도를 확보하고자 한다. 로직회로뿐만 아니라 연구단 과제를 통해 개발되는 철도차량 배선절감 개발기술(TCN기술, 통신기반 주간제어기, 차량간 무선통신 기술)에 대하여 현차검증에 앞서 장치 상호간의 인터페이스 검증을 위해 통합 성능평가를 위한 모의환경 설계 및 구축하였다. 기존 전기식 릴레이로 구성되는 차량내 배전반을 Smart 배전반으로 교체하고, 전장품 장치간의 인터페이스에 통신방식을 적용하여 LAB 단위의 통합시험을 완료하고, 추가적인 현차 성능평가를 수행할 예정이다.

후 기

본 연구는 국토교통부 국토교통과학기술진흥원 철도기술연구사업의 “철도차량 내부장치간 무선연계 및 배선절감 기술개발” 연구비 지원(17RTRP-B084184-04)으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Effect analysis & performance evaluation for the wiring reduction technology of the Railway vehicle, Design of test Rail vehicle simulation environment ,krri, 2018
- [2] The selection of test-bed & establishment of operation plan for performance evaluation of the wiring reduction, Seoul Metro, 2018
- [3] 4th year performance plan, krri, 2018
- [4] Line 3 Maintenance Guide, Seoul Metro, 2010
- [5] IEC 61375 WG 43 Electronic railway equipment-Train Communication Network(TCN)—Part2-4 : TCN Application Profile