

의정부경전철 VAL208 차상열차제어장치의 시스템 인터페이스 기능분석

Functional System Analysis of On Board Control Unit for VAL 208 Light Rail Train on Uijeongbu City

양도철†
Doh-chul Yang

박동훈*
Dong-Hoon Park

황자호*
Ja-ho Hwang

ABSTRACT

The VAL 208 in Uijeongbu Light Rail system is a light railway vehicle which could be operated in driverless supported by Siemens. It is a Rubber Wheel Type AGT (Automatic Guideway Transit). It will be operated in two car train about 11km of Uijeongbu line. In this paper, the technical overview of the ATC system and the interface between the system and the way side control equipments are presented. It includes the main functions of OBCU(On Board control Unit) and its information sharing method with WCU(Way side control Unit). The testing procedure of OBCU is also discussed.

1. 서론

의정부시에 건설되는 있는 VAL 208 경전철 시스템은 제작사인 독일 지멘스사에서 도입되는 고무바퀴형 AGT(Automatic Guideway Transit)로서 무인자동운전으로 2량 1편성으로 구성되어져 약 11km의 구간에 운행되어질 것이다. 전기의 공급 방식은 3궤조 방식을 사용한 전류콜렉터를 이용해 선로 양측면의 전차선로가 구성된다. AGT형 경전철은 도시 내에서 소음, 진동의 감소와 공해방지, 급가속이 빠른 교통수단으로 개발된 후 유럽에서 활발히 운영되고 있다. 고무 바퀴형 경전철은 에너지 소모가 많은 특징이 있어 일반적으로 장거리 보다는 단거리에 적합하여 시가지 지역을 고가로 운행 할 때 이용된다. 입체적 도로공간 활용이 가능하며 지하철과 버스의 중간 규모의 수송력을 갖추고 있으며, 정밀하고 자동화된 무인 운전으로 운영되어 운영비 절감이 가능한 최첨단 대중교통 시스템이다.

본 논문은 의정부시에 건설되고 있는 VAL 208 무인 경전철 시스템에 적용되는 열차제어시스템인 차상 ATC 시스템에 기술적인 구성과, 차상과 지상장치 간의 인터페이스 특징을 분석하고, 차상신호장치 OBCU (On Board control Unit)의 주요기능과 지상신호제어장치 WCU (Way side control Unit)간의 정보교환과 OBCU 하드웨어의 기본구조와 시험 절차를 조사 분석하여 소개한다.

2. 본론

2.1 시스템의 기능적 특징

2.1.1 VAL208 차량소개

모델명 VAL208은 2량 1편성으로 고무차륜 AGT형의 측방안내방식을 따르고, 분기부는 중앙안내방식을 취하고 있다. 차량의 실내와 왜관은 그림 1에서 보여주고 있다. 차량의 주요제원으로서 차량규격은 1편성 길이가 26,140mm, 높이 3,600mm, 폭2,0800mm이고 견인전력은 DC750V을 사용한다. 제동장치는 유압제동으로

† 교신저자, 한국철도기술연구원, 시험인증안전센터
E-mail : dcyang@krti.re.kr

* 인천메트로, 신호팀

(상용제동 Service Braking, 비상제동 Emergency Braking, 주차제동 Park Breaking) 을 구성하고 출입문은 1편성 당 12개 (방향당 6개)로 운영된다. 의정부 경전철시스템 VAL(Vehicle Automatic Light)208은 자동무인운전 시스템으로 통상 철도와 같은 원리의 분기방식을 채택 하였으나 Center에 Guide roller를 사용하고 있다. 주요 열차의 제어장치는 운행관제센터:OCC(Operation Contril Unit), 지상신호제어장치:WCU(Way Side Control Unit), 정차운영제어장치 DOCU(Dwell Operation Control Unit), 차상신호제어장치 OBCU(On Board Control Unit), DIV(Divers) 로 구성 되어있다. 전기의 공급방식은 3궤조방식의 전류컬렉터를 사용한 방식으로 +와 -로 이루어진 양측면의 전차선로를 통해 공급받고 TLA(Transmission line Assembly)을 이용한 본선운행 및 정위치정차를 한다. 이 차량시스템의 역사에는 스크린 도어를 채택하여 DOCU와 연계성을 가지고 운영하여 여객의 안전을 도모하고 있다. 열차제어시스템의 주요특성은 주행노면에 설치 되어있는 여러 종류의 Loop 및 검지기(ND)을 통해 열차를 검지하고, 고정폐색방식으로 열차의 자동운행을 통제하는 완전자동무인 운전시스템이다. VAL208 차량에 적용된 제어시스템은 Fail-Safe원칙이 적용되어 있으며, 지상 및 차상 제어설비시스템의 주요한 시스템은 이중계로 구축되어 열차의 안전운행을 확보한다. 또한 운행관제센터 OCC(Operation Control Unit)에서 차량 및 각종 제어장치 및 역사설비 등의 의정부경전철에 설치되어있는 거의 모든 시스템을 중앙에서 통제 및 제어하는 중앙집중식으로 구성되어있는 것이 특징이다. 차량의 주요치수 및 성능은 표 1과 같다.

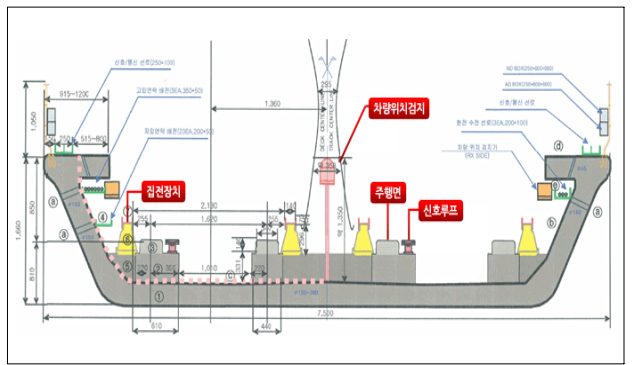


그림 1. 의정부 경전철 VAL 208 차량시스템

그림 2. 운행 궤도설비 단면

표 1. VAL 208 차량의 주요 치수 및 성능

항목	내용	항목	내용
길이	26.14 m	차폭	2.08 m
궤간	1,620 mm	차고	3.70 m
최소곡선반경	본선: 60 m, 기지: 40m	실내높이	2.05 m
차륜경	1.006 m	공차중량	31.300 kg(1편성)
승객정원 (편성당)	236명 (좌석 34 + 입석 202)	속도	최대속도 : 80 Km/h
차량성능 최급구배	80%	가감속도	가속 : 1.3m/s ²
차체	알루미늄		감속 : 1.3m/s ²
마감	Bolt 및 용접		1.8~3.0m/S ² 비상제동

2.2 차상 ATC 시스템 하드웨어구성 과 인터페이스

차상 ATC 시스템의 구성은 5개의 구성요소로 분류되어 있다. 안테나, 센서류, OBCU 캐비닛, DIV cabinet, TSR-A로 부르는 비상제동 시 인터페이스 장비, 인터컴 및 방송장치설비로 이루어진다. 다음은 주요 장비의 기술적인 특성과 사양을 조사하여 보여준다.

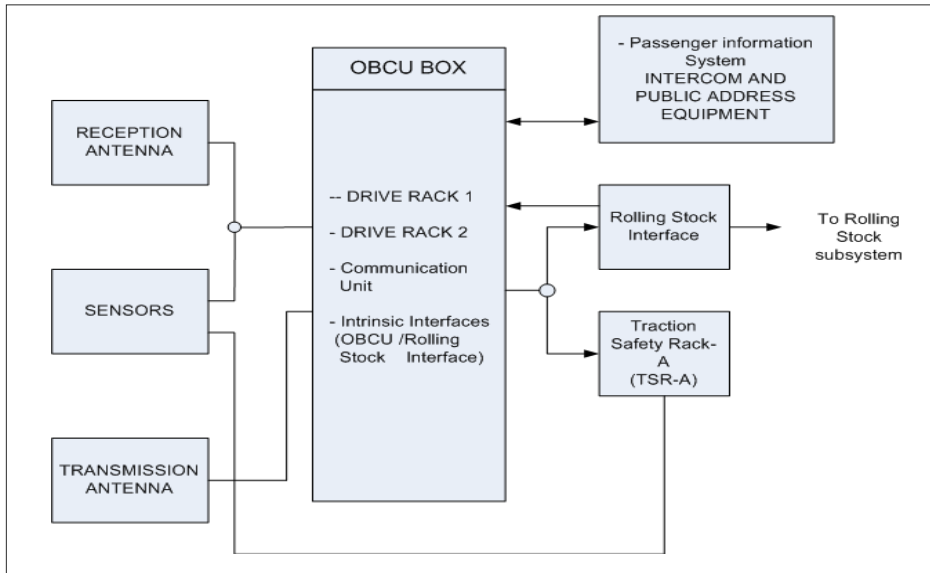


그림3. 차상 ATC 하드웨어의 구조

2.2.1 차상 안테나(Reception and Transmission Antennas) 주파수 할당

VAL 208 차량시스템에는 차량 A와 차량B로 이루어져 있지만 A car에만 총 7개의 안테나가 설치되어 있다. 차량에 설치되어 있는 수신안테나는(Reception ANT)는 VSL, TM, VOICE, REA1, REA2 라는 5개의 안테나로 정보를 수신한다. 송신안테나(Emission)는 2가지로 PRA1, PRA2로 이루어져 있다.

표 2. 차상 안테나 주파수 및 역할

안테나 구분	사용주파수	비고
VSL	LSV : 36 KHz LVS : 55KHz	차량과 역간의 링크
TM	80 KHz	Telemetry
REA 2	33 KHz	Stopping Program
REA 1	42 KHz	Mode 및 Direction
Voice	100 KHz	차량과 관제센터(OCC) 통화
PRA 1	69 KHz	Anti Collision
PRA 2	69.4 KHz	Anti Collision

2.2.2 차상 안테나의 동작기능 분석

- 1) 각 안테나는 65mm의 (TLA에서 60mm~70mm 이내로 세팅함) 높이로 장착되어지고
- 2) REA 1은 SF Loop에서 정보를 수신하고 Normal Mode, Push Recovery Mode, Direction 1,2(42KHz), Parking Mode를 수신한다. 방향설정에 있어서 Forwarding 진행방향일 때는 Filter를 사용하여 해당 Board에서 440Hz만 받아들이고, 역행시의 주파수는 532Hz이며 원리는 진행방향과 같다. REA 2는 Stopping Mode을 받게 된다. REA 안테나 고장 시에는 비상제동이 체결(BLA 발생)되고, TP, SF는 동시 차단된다.
- 3) Phonic(음성)은 135 ± 3 KHz FM 주파수를 사용하여 구성한다.
- 4) TM은 80KHz, TC는 135 ± 5.5 KHz의 FM(140.5 ~129.5 KHz)주파수를 사용한다.
- 5) SVL은 DOCU에서 차량으로 360KHz, 차량에서 DOCU로는 55KHz으로 554Hz를 전송한다. 그리고 차량의 도착 및 출발 시에 DOCU는 2분이 지나도 VSL 신호가 오지 않으면 OCC에서 떠났다고 판단한다. 그리고 나서 다음열차에서 신호가 오면 도착으로 간주한다. 다음에 정거장에서 출입문 하차 측에 PSD가 있는 승강쪽 안테나와 통신하는 곳에 출입문이 열린다.
- 6) SP Loop의 주파수는 32KHz이고 SF Loop의 주파수는 42KHz이다.
- 7) 본선에서 SP Loop와 SF Loop는 항상 동작상태에 있다. 이때 SF Loop에서는 Normode, Push Recovery Mode, Stopping Mode를 송신하며, 이 세가지 모드가 없을 시에는 Parking Mode로 인식한다. Stopping Mode는 Stopping Program을 전송하는 SP Loop와는 동일하지 않고 다르며 Stopping Mode는 SF Loop에서 전송하며 Stopping Program은 SP Loop에서 항상 전송된다. SF Loop에서 Stopping Mode가 올라오면 Stopping Mode가 활성화 되며 SP Program을 추종하게 된다. 그리고 SF Loop의 주파수는 Normode시 572KHz, Push Recovery Mode 405KHz, Stopping Mode는 463KHz의 주파수로 동작한다. 또한 SF Loop가 활성화 되지 않아 33KHz 작동하지 않으면 비상제동이 체결된다. SF Loop의 이상이나 차량의 고장으로 인해 10% 이상 속도초과 시 에도 SF비상제동이 체결된다.
- 8) SF Loop와 SP Loop는 크로싱이 있고 PD Loop는 크로싱이 없다. 본선은 SF Loop와 SP Loop, PD Loop로 이루어져 있으며 3개로 구성되고 정거장에서는 SFa, Emission Loop, PD Loop, Beacon(TLA 내에 위치)로 구성된다.
- 9) Stopping Program에서 33KHz가 차량으로 전송되고 SF Loop에서 Mode 정보가 들어오면 OBCU의 Servo Motor Control이 이를 연산하여 Normal 과 Stopping program 중 해당모드를 따라간다. 그리고 Stopping program이 Normal program 보다 10% 높게 설정되어 있다.
- 10) 차량의 정지 기준은 0.7m/s 이하를 기준으로 하며, 비상제동은 0.2 m/s을 기준으로 정지한 것으로 판단하고 출입문은 0.2 m/s 기준으로 정지한 것으로 판단한다. 정지 후 출발시의 속도는 전, 후진은 0.7m/s이며 5초 이내에 0.7m/s 에 도달해야 한다. 그리고 차량의 전, 후진 시 속도가 0 인 경우와 0이 아닌 경우의 판단은 전, 후진 0.7m/s 이며 5초이내에 0.7m/s에 도달해야 한다.
- 11) Phonic Wheel 과 Tachmeter 가 시계방향이면 전진으로 판단하고 정상운행이 가능하고 반시계 방향이면 후진으로 판단하여 비상제동 및 BLA 발생으로 인해 SF, TP 모두 차단된다. 그리고 B Car의 3 번째 Tachometer는 Phonic Wheel과 Tachometer의 속도를 실제속도와 비교하여 0.2m/s 나 0.4m/s을 확인하여 0에 가까운 속도인지를 확인 후 출입문을 열어주도록 해제시켜 준다.
- 12) OCC에서 Train으로는 계속해서 반복된 내용을 2/3초마다 16Byte 씩 전송하게 되며 Train에서 OCC로는 32Byte 씩 정보를 전송하게 된다. 그러므로 Train에서 OCC로 보내는 정보는 OCC에서 보낼 때보다 2배 큰 용량으로 동일 시간에 전송되어 동일 시간당 전송량이 많아 전송이 빠르다.
- 13) 차량(Car A)의 대차(Bogie)2에 설치된 안테나 PRA 1, 2 는 차량의 정보를 PD Loop로 전송하게 되며 주파수 PRA 1은 69KHz , PRA 2는 69.4 KHz가 전송 된다.

2.2.3 차상안테나와 센서(Sensors)의 위치

차량의 센서는 Tacho meter 및 Phonic Wheels 가 있으며 Tachometer는 3개가 설치되어 있으며 A 차에 2개, B 차에 1개가 설치되어있다. Phonic Wheel은 A차 및 B차에 각각 하나씩 설치되어서 차량의 속도정보와 휠의 상태정보를 센싱한다.

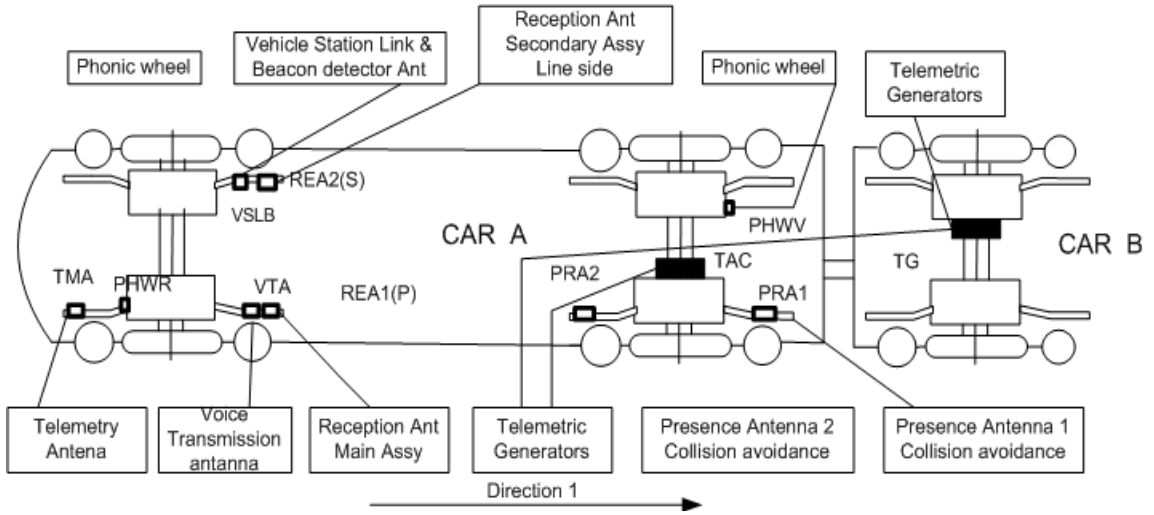


그림 4. 차상 안테나와 센서의 위치

2.2.4 OBCU Rack 위치 및 동작기능 분석.

Power Supply, Drive와 SAFE는 1과 2로 나누어져 있으며 비상시에는 자동으로 전환되는 이중계로 구성되어 있다. OBCU 는 Reception 안테나, Sensor 그리고 Transmission Antenna, 객실 안내 방송장치, 차량 인터페이스, 견인과 안전 랙 등과 연결되어 있으며, TM/TC Rack을 통해 통신을 수행한다.

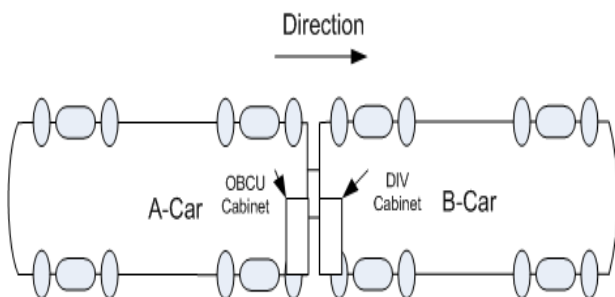


그림5. OBCU Cabinet

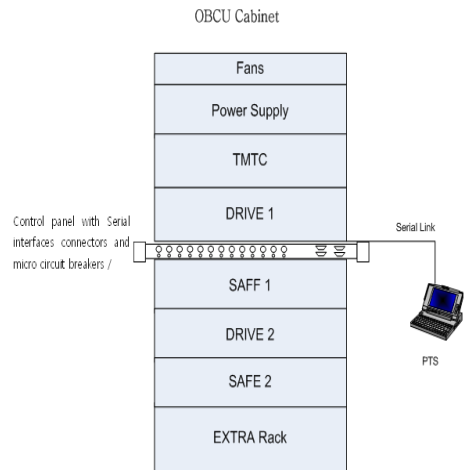


그림 6. OBCU / DIV Cabinet

OBCU의 주요기능 분석으로 차상신호제어시스템은 수신 및 송신안테나, 센서, 차상 제어장치(OBCU) 등으로 구성되어있으며 OBCU Rack에는 2개의 Drive Rack와 Safe Rack, TMTC Rack, Extra Rack, PSR Rack으로 나누어져 각각의 역할을 담당하고 있다. Drive Rack의 역할은 Reception (수신)안테나와 각 장치의 센서와의 연결을 담당하고 있고, TMTC Rack은 차상장치와 OCC간의 통신을 담당하고 있

으며, SAFE Rack은 차량 각 장치와의 인터페이스를 통해 차량성능이나 여러 조건에 맞는 운행조건을 안전과 관련하여 인터페이스 하게 된다. 즉, OBCU 장치의 크게 4가지 주요기능을 보면 첫째, Drive 기능으로서 자동운행장치 및 정차중 도어열림 명령을 수행한다, 둘째로 Safe 기능으로서 자동운행장치 감시기능 및 승객의 안전과 연관되어 있는 도어 열림 및 충돌회피기능을 수행 한다. 셋째로 견인장치와 제동장치간의 인터페이스 기능 수행하고, OCC와의 인터페이스 기능을 주관 처리한다.

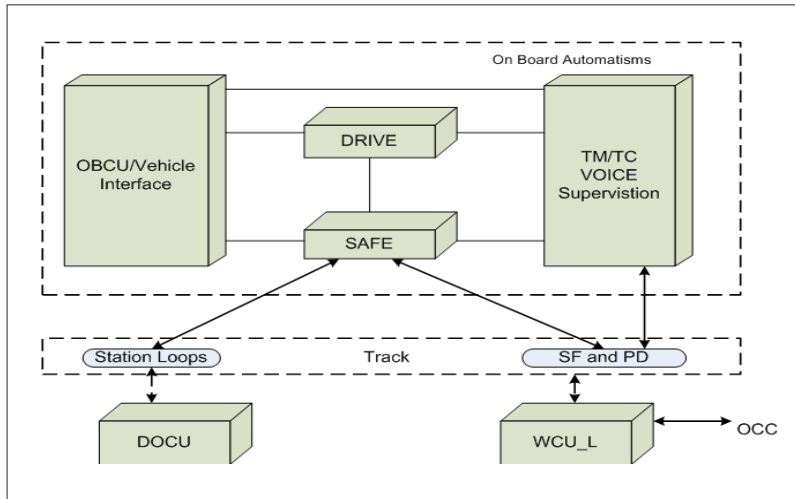


그림 7. OBCU Rack내의 기능적 구성

2.2.5 차상신호제어장치(OBCU)의 인터페이스 구성

1) 차상신호장치의 인터페이스 : 차상제어장치들은 궤도에 설치되어있는 Station Loop와 SF와 PD Loop 등을 통해 차상장치와 열차자동운행과 연관된 정보를 주고받으며 Station Loop는 DOCU(Dwell Operation Control Unit)는 SF와 PD Loop의 각 Block을 제어하는 WCU 장치와 정보를 교환하며 견인력과 제동장치를 제어하며 무인운행이 가능토록 자동으로 제어하게 하는 구성을 가지고 있다.

2) 차량과 WCU 장치간의 정보교환 : 차량과 WCU 간에는 지상제어장치가 제어하는 PD Loop와 SF Loop를 통해 중요한 정보를 송수신 한다. WCU 장치에서 차량으로 전달하는 정보는 운행모드, 방향, TC(Telecommand), Voice에 관한 정보를 WCU 장치의 SF Loop를 통해 전달된다. 그리고 차량에서는 TM(Telemetry), Voice에 관한 정보는 WCU 장치의 PD Loop를 통해 전달되어 진다.

3) 차량과 DOCU 장치간의 정보교환: 차량과 DOCU 간에는 Station Loop(RL Loop와 EL Loop)을 통해서 정보교환이 이루어진다.

2.2.6 차상제어장치(OBCU)의 성능시험 절차

일반적으로 시험적용 기준은 철도안전법의 도시철도성능시험기준을 적용하고, IEC 61287-1과 지멘스의 성능규정과 합의된 시험규격을 적용하여 시험을 실시한다. 완성차에서 본선시운전을 통해 차상열차제어장치 OBCU는 OCC와 Wayside 장치와 연결된 인터페이스 기능을 수행한다. 특별히 OBCU는 기능적 정적 시험을 수행하기 위해, VAL 차상 레벨 1 유지보수 장비 (OMN1B)가 사용된다.

본 장비는 모든 차량 전송을 수신하고 해석하는 노변 및 OCC 전송의 시뮬레이션을 가능하게 한다.

OMN1-B test tool allows: OMN1-B시험 장비는 다음을 시험을 수행한다.

- SF/SP 신호의 방출을 시뮬레이션 한다
- 작동 모드 신호의 방출을 시뮬레이션 한다
- 선 정의된 원격명령의 방출을 시뮬레이션 한다

- 원격측정자료를 읽고 표시한다.
- 음성 전송 링크를 시험한다.
- 역에서 정차를 시뮬레이션 한다.

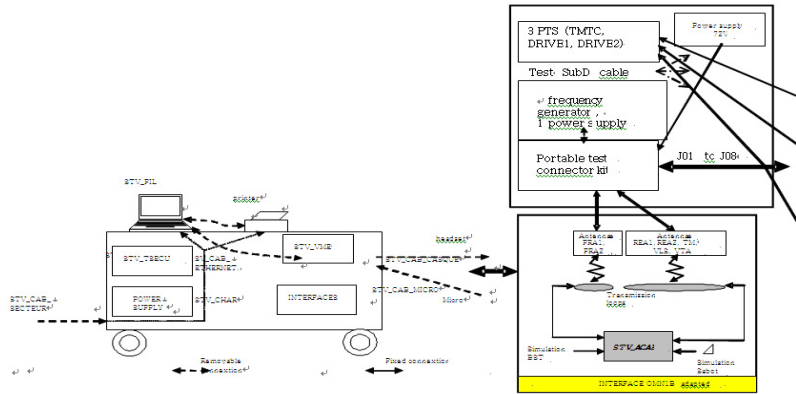


그림 8 OMN1-B 시험기기의 아키텍처

또한 그림 6에 보여준 PTS는 노트북 시험 장비이다. 여기에 탑재된 소프트웨어는 VAL 차상 ATC 전용으로, 그 목적은 유지보수를 지원하는데 있다. PTS 장비는 VAL 장비 프로그램에서 실시간으로 식별된 내부 변수를 분석하는데 사용된다. PTS 시험장비의 구성은 그림 6에서 보여주고 있으며 해당되는 시험의 내용은 다음의 것들이 수행하고 있다.

- OBCU의 출력 신호 해독 및 기록 (TMTC, DRIVE1 및 DRIVE2 신호)
- 도트 매트릭스 디스플레이 장치 시험
- 음성 방송 시험

3. 결론

본 논문은 의정부 경전철의 도입과정에서 완성차 시험이 행해진 오스트리아 비엔나 공장에서 얻어진 시험자료를 기본 바탕으로 지멘스 VAL 208차량의 차상열차제어장치인 OBCU를 분석 연구 하였다. 차상열차제어시스템의 주요특성은 주행노면에 설치 되어있는 여러 종류의 Loop 및 검지기(ND)을 통해 열차를 검지하고, 고정폐색방식으로 열차의 자동운행을 통제하는 완전자동 무인 운전시스템이다. 차량에 설치된 OBCU의 기술적인 구성을 이해하는 것은 열차운영과 유지보수에 매우 중요하다고 할 수 있다. 차상열차제어장치(OBCU)의 이해와 분석은 선진 열차제어시스템의 기술습득, 유지보수기술 향상, 운영환경 조건 개선을 가져 올 수 있다. VAL208 차량에 적용된 제어시스템은 Fail-Safe원칙이 적용되어 있으며, 지상 및 차상제어설비시스템의 주요한 시스템은 이중계로 구축되어 열차의 안전운행을 확보한다. 또한 차상열차제어는 지상 신호장치와 연결되며, 통신장치, 차량운전관제 센터 OCC의 운영 상황과 연계하여 동작한다. 이 논문은 OBCU 차상제어의 완성차 시험과정을 분석하여 유지보수에 기술에 관점을 주고 조사연구 하였다. 무인우전 열차제어를 위해서는 차상장치 및 궤도 지상장치, 역 정차장치, 스크린도어, 차량 도어 제어, 통신제어 등의 사항이 요구되어진다. 논문은 특히 OBCU에 기본 바탕을 두고 연구 조사하였다. 주변장치와의 연계동작과 기술 분석은 차후 연구조사 과정을 통해 확장 하고자 한다.

4. 감사의 글

이 논문은 의정부 경전철 도입과정에서 오스트리아 비엔나공장에서 시험참여를 통해 얻어진 자료 KRRI 시험인증센터의 자료를 바탕으로 본 논문을 작성하였다. 기초적인 자료를 제공해 준 오스트리아

지멘스 직원, 지멘스 코리아 임직원과 또 함께 논문 작성에 많은 도움을 주고 경전철 교육자료를 제공한 인천메트로의 신호 유지보수팀의 황자호, 박동훈님께 감사의 인사를 드린다.

참고문헌

1. Siemens, "OBCU 정적통합절차와 성능시험 : Static Integration Procedures of OBCU and Perfotmance Uline PNS ref : SIE-Q-L00-SOA-WT-07012." 2010
2. Siemens, "Detailed Design of ON-Board Control Unit Uline PNS ref : SIE-Q-L00-SOA-WT-03002," 2010
3. 한국철도기술연구원. 의정부 경전철 신호보안장치 시험 절차서, 기록서
- 4 인천메트로, “의정부경전철 운영요원 양성교육 가이드북,” 2011.7
5. 의정부경전철(주). “의정부경전철 사업소개 홈페이지 PR Room”
6. 국토해양부, “도시철도 차량의 성능시험에 관한 기준,” 2009.8