

철도차량 전장품간의 네트워크화를 통한 배선절감 방안 연구

A Study on the Reduction Methods of Wiring by Networking of Railway Vehicle Electrical Equipment

김기연*[†], 김영규*, 정구인*, 노제택*, 서경수*, 이현태*, 김한영**

Keeyeon Kim*[†], Young-gyu Kim*, Kuin Jung*, Jaeteak Noh*, Kyungsoo Seo*, Hyuntae Lee*, HangYouung Kim*

초 록 철도차량의 신뢰성 확보 방안 중 한 가지 방법으로 차량내 전장장치간 제어신호의 입출력 인터페이스로 Train line을 적용함에 따라 제어회로 구성을 위하여 릴레이, 컨택터 등의 전기기계식 부품들이 적용되어 있다. 실제로 편성내 차량제어논리가 여러 접점으로 구성됨에 따라 접점 불량 등 고장 시 원인파악이 어렵고, 실시간 상태확인이 불가능함에 따라 정기적인 유지보수에 많은 인력과 시간이 투입되어야만 한다. 본 논문에서는 국내 철도차량내 주행 및 안전기능과 관련된 전장품의 제어시간과 제어신호 등을 네트워크화로 시스템 설계를 단순화하여 전장품의 실시간 모니터링이 가능하고 유지보수 효율성을 향상시키기 위한 배선절감 방안을 제시하였다.

주요어 : 배선절감, 안전성, 실시간 모니터링, 유지보수 효율성

1. 서 론

철도차량의 배선은 열차 운행 및 승객의 편의성은 물론 열차 운행에서 가장 중요한 안전성과 직결되기 때문에 고도의 신뢰성이 요구된다. 차량내 복잡하고 과도한 배선으로 인하여 운행중 이상이 발생할 경우 고장조치의 어려움이 있고, 오배선으로 인한 고장률이 증가하는 등 차량 운용의 효율을 저하시키는 원인으로 작용하고 있으며, 차량의 노후화에 따라 심각성은 더욱 가중되고 있다. 철도차량 내부장치간 무선연계 기술 적용을 통한 차량 설계구조 복잡성 및 제약요인을 감소시키고, 배선절감으로 인해 차량의 경량화가 가능할 것으로 본다. 또한, 해당분야 철도기술개발의 국제 표준화를 선도적이고, 해당 분야의 경쟁력 기술 선점이 가능할 것으로 보인다.

† 교신저자: 서울교통공사(kkyeon823@seoulmetro.co.kr)

* 서울교통공사

** 경일대학교 철도학과

2. 본 론

2.1 국내 기술동향

2.1.1 국내 철도차량내 연계기술 현황

국내 철도차량에서 사용되는 통신망은 열차운행제어와 관련된 망과 승객 안내 및 보호를 위한 서비스망으로 구분된다. 열차운행제어의 경우 초기에는 Current Loop, RS-485 등으로 구성되었고, 현재는 국제표준인 IEC 61375 part2(backbone), part3(consist network)에 따라 CAN, LONWORK, S-L NET, FTP, DINBUS, MVB, TORNADO 등 다양한 네트워크 통신망을 구성하여 열차를 제어하고 그 상태를 모니터링하고 있다. 통신의 경우 CCTV, 동영상 등 대용량 정보를 고속으로 전송하기 위한 이더넷(Ethernet)망을 구성하고 있다. 이와 같은 구성은 차량의 유형별로 상이하다. 전장장치들의 상태진단과 제어를 위해서 데이터의 신뢰성, 안정성과 장치간의 호환성을 위해서 국제표준규격(TCN, IEC 61375)으로 구성하고, 방송/표시기 장치를 연결하는 망은 CCTV의 많은 데이터양을 고려하여 이더넷 및 RS485의 형태로 구성되고 있다.

Table 1 Electrical Equipment of Interface

No.	Interface	Specifications	Application
1	Digital Input	- DC 24V(10mA) - DC72(5mA) - DC 100(5mA)	- Relay operation status (Ampere)
2	Digital Output	- DC 24V(250mA) - DC 24V(200mA) - DC 24V(150mA)	- Relay control (Ampere)
3	Analog Input	- 0 ~ 10V - 0 ~ 20mA	- Battery, ATO (Input signal)
4	MVB	- EMD, 1.5Mbps - Manchester Cording	- Electrical Equipment communication interface
5	RS-485	- 1:1, 1:N, NRZI - HDLC/Async	- Electrical Equipment communication interface
6	CAN	- 200KBPS	- Power Pack communication interface
7	LAN	- Line	- Intertwinement, CCTV, PTU

2.1.2 국내 철도차량 네트워크 제어 현황

국내 철도차량의 유선연계기술은 통신네트워크를 이용한 철도차량의 전장품 모니터링과 진단을 위한 철도 제어 감시장치(TCMS)가 운영되고 있다. 이는 1990년대 초에 본격적으로 시작되어 초기에는 단순히 차량에 설치된 주요장치의 고장현시 및 기록을 위해서 속도기록계 및 다수의 고장표시 등을 사용한 것이 전부였으나, 이후 컴퓨터와 통신기술의 급속한 발전에 힘입어 열차의 상태현시 및 고장기록을 할 수 있는 열차정보장치(TIS)가 도입되었다. 1990년대 중반부터는 열차의 안전성과 편의성 및 신속하고 쾌적한 승객수송 환경을 확보하기 위하여 차량의 추진, 제동시스템, 신호보완 시스템, 승객서비스, 전장품의 상태를 통합적으로 관리하고 제어하는 열차진단제어가 새롭게 도입되어 계전기 로직에 의존하던 종전의 설계기술을 프로그램으로 대체하게 되었다. 국내 고속차량의 TCMS 통신 네트워크는 유선으로 구성이 되어 있으며 알스톰의 KTX를 제외하고는 모두 국제표준인

TCN(IEC-61375)를 따라 구축이 되어 있고, 방송/표시의 경우에는 RS-485와 아날로그형태의 비디오 통신망으로 구축되어 있다. 알스톰에서 제작된 KTX와 국내에서 개발된 KTX-II(산천)과 아직 상용운전은 되지 않았지만 개발에 성공해 시운전 중인 차세대 고속열차(HEMU-430)의 세 종류가 있다. 이들 열차는 모두 유선을 기반으로 한 TCMS 네트워크와 방송장치 네트워크를 별도로 구축하고 있다.

Table 2 Major Electrical Equipment Interface Considerations(eg)

No.	Major Electrical Equipment	Control Instruction	Communication Status Failure
1	Inverter	- P/B bit, train direction(R) - P/B bit command(0-100%) - Wheel Setting information(1sec holding)	- HSCB, LB, CCK status - Power consumption - Wheel information - Failure data etc.
2	Braking	- P/B bit, Holding break - P/B bit command(0-100%) - CPRB command	- BC, AS, MR Input - Brake status(HB, EB) - NPRD, CPRD
3	SIV	- SIV off or Reset order	- SIVK, MJF voltage/electric current - Failure data etc.
4	HVAC	- HVAC mode, Half operation - Setting temperature value, Train number information	- Cooling and Heating active state - Failure data etc.
5	DCU	- None	- Entrance door Opening and Closing Bypass Emergency handle, Failure data etc.
6	Passenger Guide Device	- Distance information - Entrance door Opening and Closing	- GPS time, Operating state and Failure data
7	Cab Signal Device	- Inverter, Brake Failure mode	- ATO order, FSB
8	Fire detector	- None	- Fire/Smoke/Temperature and Failure data
9	RTD or ER	- Failure data - Operation record	- Failure data

2.1.3 국내 타 산업분야 배전반 적용 현황

컨베이어, 자동차, 승강기 등 산업계 전반에 걸쳐 사용되는 로직제어 기술은 전력 배전반 분야에서도와 같이 근래의 디지털 변전소의 설비 및 배선의 간소화, 다양한 장비들의 상호 인터록 로직제어 등에 특히 사용되고 있다. 기존 배전반의 기술 동향은 전력의 발전, 송전, 변전에서부터 수전, 배전 및 전동기 제어에 이르기까지 전력의 수급이 필요한 모든 부분에 필요한 장치로서 계전기, 개폐기, 안전장치, 계기등을 설치하여 선로의 개폐나 기기의 제어와 감시를 쉽게 한다. 전력수급의 규모와 안전성에 대한 요구가 증대됨에 따라 복잡, 대형화 되고 있다. 최근 인텔리전트 빌딩이나 24시간 가동 빌딩, 생산과정이 고도화된 FA공장 등이 출현하고 있는 고도 정보화, 온라인화 된 사회에서 전기의 의존도가 증대되면서 전기에너지의 안정 공급이 수배전 설비에서의 사회적 욕구가 되었으며 도시의 과밀화, 지가상승에 따라 배전반을 소형화함으로써 설치면적의 축소를 도모할 필요성이 생겼다.

구분	1970년~	1975년~	1980년~	1985년~	1990년~	1995년~	2000년~
시장Needs (기계제어)	다용종 소	중앙 경장 (FMS)	다용종 변형경장	FA, CIM	목적역량경장	소프트 경장 및 경장 환경에 대한 제어	PC/정보처리와 통합
PLC 기술기술	IC형 PLC	명용 L-process PLC소출력	GM의 MAP 제언	ASIC의 채용	Software의 고도화	동선Open회선여의 표준화	Multi Tasking 프로그램 운용
Sys.	리레이 내재 (PLC 집중화)	제어 용도 확대	대규모로 기능 확대, I/O 분산	고성능화, 저가격화, CPU 분산	FA 시스템의 핵심 Controller, 네트워크 분산	소형/고속/분산, 네트워크의 Open화	소형화/고속화, IT화 대응
PLC HW	해드 Wire MPU Logic	Discrete Logic	8Bit MPU	8Bit MPU + 전용 LSI	16Bit MPU + 전용 LSI	32Bit RISC MPU + 전용 LSI	32Bit RISC + 전용 LSI + Multi CPU
SW	시모서, AND/OR 실행	비트연산, 나모서	용용명령 (명령논리연산) LD 프로그램	고도의 용용명령	SFC 프로그램	LD프로그램의 구조화	IEC61131-3 적용

Fig. 2 Development direction of Electricboards

이를 위해 기기간의 통합 및 통신을 이용한 연결배선을 줄이는 방향으로 나아가고 있다. 이와 같이 배전반에의 요구사항은 에너지 사정이나 사회정세의 변화에 따라 다양화되고 중요성이 높아감에 따라서 선진국에서는 1960년부터 시작되어온 전자기술의 적용을 최근 본격적으로 확대하고 있다. 특히 마이크로프로세서를 적용하여 아날로그 계기로서는 구현이 어려운 기능들을 실현시킴으로써 고기능화, 다기능화를 추구하고 있다. 기존에는 아날로그 계기들의 기능을 하나의 디지털 제어장치로 수행하는 것이 주로 이루어지고 있으며, 근래에는 이와 더불어 PLC 및 통

신을 이용한 회로배선을 간소화 할 수 있도록 기술개발이 이루어지고 있다.

2.2 국외 기술동향

2.2.1 국외 철도차량내 연계기술 현황

TCN(Train Communication Network) 표준은 1990년 ABB, AEG, Siemens, Firema 사간에 JDP(Joint Development Project)으로 시작되었다. 해외 철도 차량 제조업체로는 유럽 빅 3라 불리는 Bombardier(캐나다), Alstom(프랑스), Siemens(독일) 등 3대 기업을 우선 들 수 있는데, 3사는 본래 철도차량 업체로 출발, 차량부품 및 신호통신부문도 겸하고 있다. 이와 더불어 엔지니어링 능력을 제고하는 동시에 1990년대 후반에는 유지보수 서비스 업무 수주를 무기로 시장을 확대, 이로써 철도 종합 차량업체로서 종합 철도 시스템 공급자(Integrated rail system supplier)로 자칭하게 되었다. 이 3사는 세계 철도 차량 산업 시장에서 약 절반(47%)의 점유율을 차지한다. 유럽 빅3가 여객, 화물 양쪽 철도 시장을 대상으로 하고 있다면, 미국의 GM 및 GE 2사는 화물 철도가 발달한 미국의 철도 사업을 반영하여 디젤기관차 분야에서 세계를 선도하고 있으며 두 회사 모두 서비스(기관차의 유지보수, 수리)분야에서 매출을 신장시키며 3대 업체에 이은 점유율(16%)을 확보하고 있다. 철도 선진국들은 철저한 자국 산업 보호와 육성을 위한 국가차원의 정책지원 아래 세계시장 선점을 위해 공격적 R&D 투자 중이며, 프랑스와 중국은 기술 과시를 통한 세계최고 기술 보유국임을 경쟁하고 있다. 이더넷을 이용한 통신은 방송장치 및 CCTV 인터페이스에서만 이용되고 있는 상황이며, 이더넷과 TCN을 통합한 통신에 대한 필요성은 대두되고 있으나 아직까지는 적용이 미흡하다. TCN 표준 1.0/2.0은 차량내 네트워크간의 물리계층 및 데이터링크 계층만을 명확하게 규정하고 있으므로, TCN의 활용을 위해서는 상위계층 즉 데이터 종류와 활용을 규정할 필요가 있다.

INTEGRAL 2005	UNIFE, ALSTOM, ANSALDOBREDA, BOMBARDIER, SIEMENS, D'APPOLONIA, FAV, AEA, ATSF, CAF, NORTEL, LABS, FARSystems, MERMEC, TRENITALIA, RFI, ATOC, CD, MAY, UNICONTROLS, Strukton, Deuta-Werke, Heriot-Watt, IMEC, OFFIS, Televic, Seebyte, Kontron, University of Chile, INRETS, Wireless Future, University of Birmingham, RENFE, ARGE Korridor X, VR, Network Rail, Prorail, SNCF, UIC, RFF
MODTRAIN 2004	EU, UNIFE, AKSTOM, ASB, BT, SIEMENS, UIC, FAV, ABB, FAR, D'Apollonia, Frensisitemi, KMT, Knorr, D2S, Lucchini, Polit.Milano, Uni.Firenze, TUV, IWM, Deuta, ARCC, TUB, IAS, VUT, UPC, RIA, FIF, VDB, ASSIFER, ERCIM, IST, IFE, Lumikko, DB, TRENITALIA, SNCF
EUROMAIN 2002	EU, BT, SIEMENS, AnsaldoBreda, ATSF, LAB, Alstom, AtosOrigin, FAR Systems, Silogic, CAF, DB, OEBB, RENFE, FS, SNCF
TRAINCOM 2000	EU, ADtranz, Firema, SIEMENS, Ansaldo, LAB, Alstom, Atos, Far, Silogic, CAF, DB, RENFE, FS
UIC 5R 1999	UIC, ERRI, ERS, ADtranz, Firema, SIEMENS, Ansaldo, Alstom, Traxis, ELIN, Focon, EKE, DB, NS, FS, ÖBB, SNCF, CKD
ROSIN 1996	EU, ADtranz, Firema, SIEMENS, Ansaldo, LAB, Alstom, CAF, DB, FS, ÖBB, SNCF, Eusko Tren
IGZ 1994	ABB, AEG, Firema, SIEMENS, ERRI, Holec
JDP 1990	ABB, AEG, Firema, SIEMENS

Fig. 3 Tcn(Train Communication Network) standardization history

유럽에서는 TCN 표준과 병행하여 TCN의 활용에 관한 상위계층에 대한 표준이 UIC(International Railway Union)에서 제정되어 사용 중에 있다.

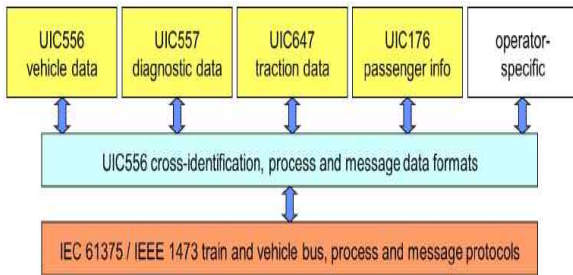


Fig. 3 UIC Standardization

ROSIN프로젝트 후속으로 UIC647 기반의 운용호 환성 및 지상통신 (GSM Radio) 지원하는 TrainCom 프로젝트가 2000년대 중반 진행되었다.

IEC61375(TCN, Train Communication Network)에서 제안하는 통신규격은 차량 내 기기들의 통신을 위한 MVB(Multifunction Vehicle Bus)와 차량 간의 연결을 위한 WTB(Wire Train Bus)의 이중구조로 되어 있다. 그 후 Ethernet 통신방식의 기술개발과 확장성을 바탕으로 이더넷 기반의 IEC 61375 통신규격이 제정되었으며 국내, 외 철도 차량에 Ethernet 방식의 통신을 적용하도록 요구하는 차량의 비중이 증가하고 있으나 이더넷을 이용한 통신은 방송장치 및 CCTV 인터페이스에서만 이용되고 있는 상황이며, 이더넷과 TCN을 통합한 통신에 대한 필요성은 대두되

고 있다. IEC에서는 TCN을 계속해서 발전적으로 개정해오고 있으며, 최근에는 TCN 3.0을 제정을 앞두고 있으며, 3.0에는 통신 매체에 대한 표준과 더불어 응용계층간의 표준으로 TRDP 표준을 제시함으로써 수직적 표준제정을 목표로 하고 있다.

2.2.2 국외 철도차량내 배전반 기술 현황

배전반은 Fig. 4와 같이 기존의 릴레이 기반 와이어 패널이 PLC 및 마이크로프로세서를 이용한 소프트웨어 적용을 통한 원격진단 감시 기능이 부가되고 있다.

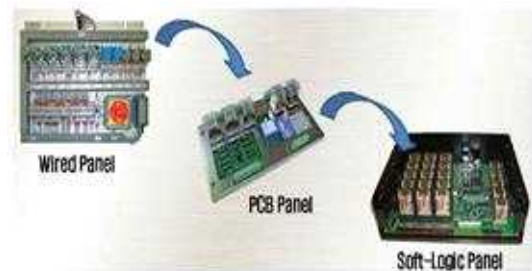


Fig. 4 TcProgress of Technology Electricboards

Mors Smitt사의 IRP는 릴레이 panel과 소프트웨어 프로그램을 위한 FPGA를 결합함으로써 철도차량 내에서 전기제어가 필요한 여러 가지의 제어모듈을 한꺼번에 구현할 수 있는 기술을 제시하고 있으며, AC/DC 센서를 이용하여 모니터링 및 에너지 관리 시스템을 구축하고 있다. 독일 차량제작회사인 Siemens의 경우는 일부 해외 전동차 수출모델에서 냉난방 공조 설비 및 도어/전조등 제어관련 부분을 자체 PLC를 사용하여 구축한 사례가 있다 (콜롬비아의 Metro Medallion, 벨기에의 Belgian Train 등). 독일의 LUTZE사는 철도차량관련 제어용 시스템을 개발/생산하는 회사로 차량제어 및 전기제어를 위해 이더넷 기반의 PLC I/O를 모듈화 하여 배전반 과 같은 전기제어 장치에 활용하고 있다.

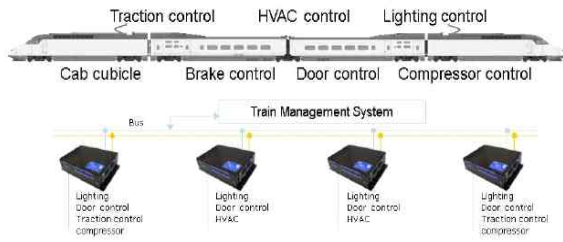


Fig. 5 Configuration of Vehicle Electric Control Device Using IRP

2.2.3 국내 철도차량 배전반과 비교

국외 철도차량 배전반은 모듈화를 통하여, 릴레이 상태 진단 및 제어신호를 통신으로 연결되는데 비해 국내 배전반은 1:1 방식으로 연결되어 있으며, 철도전용 장치 및 환경에 맞는 장치 구현이 되어 있지 않다.

Table 3 comparison analysis of Electricboards

Item	Domestic of Electricboards	Foreign of Electricboards
Relay Diagnosis	No	Yes
Relay M/D	No	Yes
Whether the circuit logic is changed	One Part	Yes
State and control signal transfer	1:1 Hardwired one part Communication	Communication
Communication Protocol	Communication applied to railway (Protocol Not)	Communication applied to railway (Apply Protocol)
Installation environment	Commercial Products	Products designed for railway environment

3. 결론

전 세계적으로 수요가 급격히 증가하는 철도시장에 대응하기 위해 철도선진국으로 분류되는 독일, 프랑스, 일본, 한국을 비롯하여 여러나라에서 철도 R&D 경쟁이 치열하게 진행되고 있고, 선진 철도기술의 선점을 위해 빠르고 안정적인 철도차량의 내부장치간 연계동작과 차량 제어를 위한 로직 기술 개발이 필요하다. 차량 제어 및 관리를 위한 TCMS와 추진, 제동, 객실문, 공조장치 등 하부장치들과의 통신을 담당하는 네트워크와

방송장치, CCTV, 오디오, 비디오 하나로 통합 관리하여 차량의 제품원가 절감 및 차량 제어 관리의 편리성과 대승객 서비스 확산을 가져온다. 또한, 차상과 지상의 네트워크 연결을 통하여 차량 제어 및 관리에 효율성을 증대시켜 유지보수 및 차량관리에 이점을 제공한다. 본 연구는 Smart한 미래 철도 차량을 개발하기 위해 철도 차량 종류에 따른 현황을 조사하고 철도 기반의 유선 기반 네트워크와 기계식 배전반이 지닌 문제점 및 개선 사항을 도출하였다. 지금까지 철도 차량에 적용된 무선 네트워크 개발 사례 및 개선점을 분석하여 미래 철도 차량 내부 장치간 무선 연계 및 소프트 로직 제어 기술 개발의 필요성을 제시하고자 한다.

후 기

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

참고문헌

- [1] (사)한국산학기술학회논문지 VOL.18.No.11 철도차량 배선절감 방안 및 효과분석에 관한 연구 kangmi lee, seong jin kim
- [2] 철도차량 내부장치간 통합 성능평가를 위한 모의환경 설계 및 구축, 2018 한국철도학회 춘계학술대회 정구인 등 8명
- [3] 철도차량 내부장치간 무선연계 및 소프트 로직제어 기술개발 기획, 2014 국토교통부 국토교통과학기술진흥원