

필드버스를 이용한 전동차 차량간 통신 시스템 연구

\*이수길, 한성호  
한국철도기술연구원 차량연구본부

A Study on Train Communication Network for EMU using FieldBus

\*Su-Gil Lee, Seong-Ho Han  
Rolling Stock Division Korea Railroad Research Institute

**Abstract** - ProfiBus provides real-time data communication among field devices in the EMU(Electrical Multiple Unit) and TCMS(Train Control Monitoring System). This paper presents an adapt to Train Communication Network for EMU using ProfiBus DP(Decentralized Periphery) method, which is the layer 2 DDLM(Direct Data Link Mapper) protocol of ProfiBus.

1. 서 론

최근 도시철도차량은 컴퓨터와 통신기술의 발전에 힘입어 제어방식의 자동화 및 정보화를 통하여 보다 안정된 시스템으로 대체되고 있다. 본 논문에서는 도시철도차량에서 가장 중요한 장치중 하나인 차량간 통신시스템을 기존의 일대일 통신 방식에서 일대다수의 통신방식을 사용하는 FieldBus를 사용하여 기존의 통신방식보다 빠르고 신뢰성 있는 시스템을 적용하기 위한 연구하였다. 이 시스템은 네트워크 개념을 도입하여 버스에 물려있는 여러 시스템을 동시에 제어를 하여 최근 실시간성이 요구되는 시스템에 많이 적용된다. 또한 기존의 도시철도차량통신 시스템보다 배선을 현저히 줄여 차량의 신뢰성을 높일 수 있어 철도차량에서는 매우 유용한 시스템이다.

2. 본 론

2.1 철도차량 통신 시스템

최근 도시철도차량의 안전성과 신뢰성 확보 측면에서 각 기기간의 통신 장치의 기능과 성능이 더욱 강화되고 있다. 열차의 무인/자동운전을 수행하기 위해 차량의 주요 장치인 추진제어장치, 보조전원장치, 제동장치, 신호보안장치등 상태정보, 고장정보 및 상태분석 등을 실시간으로 종합제어장치에 전달하여 안전한 열차 주행을 가능하게 하고 있다. 그림 1은 도시철도차량의 주요 장치간 통신 시스템 구성도이다. 6량 1편성 기준으로 나타낸 구성도이며, 편성제어컴퓨터(TC)가 2대, 차량제어컴퓨터가(CC)가 6대가 있으며, TC 카에는 편성제어컴퓨터, 차량제어 컴퓨터가 있으며 차량제어컴퓨터가 백업용으로 사용되고 있다. 그림에서 보듯이 각 기기들은 편성제어컴퓨터와 차량제어컴퓨터에 통신으로 연결되어 모든 데이터를 처리함으로써 배선량이 많고, 실시간성이 부족하며, 제어하기가 불편하다. 그러나 이 시스템을 트레인 통신에 연결하면 각 기기들의 로컬 통신을 트레인 통신에 연결하여, 배선량을 현저히 줄일 수 있으며, 실시간성을 확보하여 제어하기가 용이하다. 그러나 국내 설계기술 및 제조 기술은 철도차량 시장의 협소와 시스템 종합기술의 경험부족으로 인해 쉽게 접근할 수가 없었고 또한 국내에서는 FieldBus를 도입한 사례가 극히 드물고, FieldBus 시스템의 구축을 위한 하드웨어나 소프트웨어의 기술 지원이 매우 부족한 실정이다. 그림 2

는 부분적인 필드버스를 적용한 대구 1호선 시스템 구성도이다.

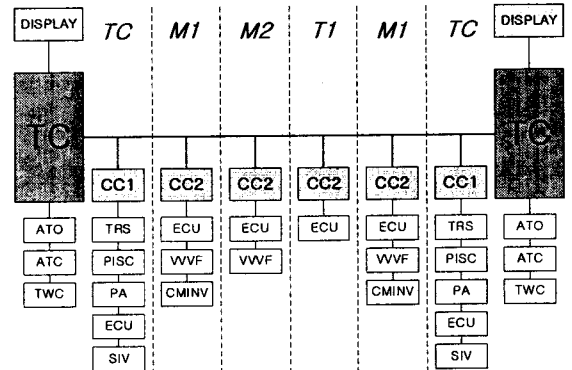


그림 1. 서울 7&8호선 통신 시스템 구성도

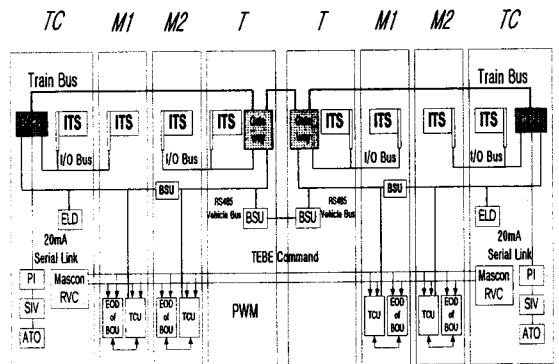


그림 2. 대구 1호선 통신 시스템 구성도

표 1은 편성제어 컴퓨터 및 차량제어 컴퓨터에 연결된 각 기기들의 통신 규격을 나타낸 것이다. 전송 프로토콜은 외란 및 노이즈에 강한 20mA CurrentLoop 방식과 RS-485 방식을 사용하며, 전송주기는 최대 TWC의 250msec에서 최소 VVVF의 20msec 이다.

2.2 필드버스의 특성 및 구조

필드버스는 독일과 유럽에서 필드버스의 표준으로 제정된 시스템으로 이미 제품화가 완료되어 각종 자동화 시스템에 널리 사용되기 시작하고 있다. 필드버스의 계층 구조는 물리계층, 데이터링크계층 및 응용계층으로 구성되며, 사용자는 응용계층에서 제공되는 각종 서비스를 이용하여 사용자가 구축하려는 자동화 시스템 즉 본 논문에서는 철도차량의 차량간 통신 환경 시스템에 적합한 구성으로 설계하여야 한다. 그림 3은 필드버스 중

ProfiBus의 Protocol 구성을 나타낸 것이다.

표 1. 도시철도차량 통신 규격

	Protocol	BaudRate	전송주기(ms)
ATC	Current	4800	250ms
ATO	RS485	38.4K	50ms
TWC	Current	4800	250ms
PISC	RS485	9600	TWC 변화시
PA	Current	4800	TWC 변화시
TRS	Current	2400	TWC 변화시
VVVF	RS485(HDLC)	100K	20ms
ECU	RS485(HDLC)	19.2K	50ms
SIV	RS485(HDLC)	9600	200ms
CM INV	RS485	9600	200ms
E/D	RS485(HDLC)	19.2K	50ms

표 2는 외국에서 가장 널리 사용하는 Train 통신 사양의 비교표를 나타낸 것이다.

표 2. Train 통신 사양 비교

	ProfiBus	TCN	LonWorks
OSI Level	1,2,(3,4,5,6),7	1,2,(3,4,5,6),7	1,2,3,4,5,6,7
Max. Bit Rate	12Mbps	1.5Mbps	1.25Mbps
Max. Length	200/2000m	20/200/2000m	1400m
Max. Node	32/segment	32/segment	64/segment
Topology	BUS type	BUS type	Free Topology
Medium	Shield Twisted Pair Optical Fiber	Shield Twisted Pair Optical Fiber	Shield Twisted Pair Power Line
MAC	Master - Slave	Master - Slave	Persistent CSMA/CA

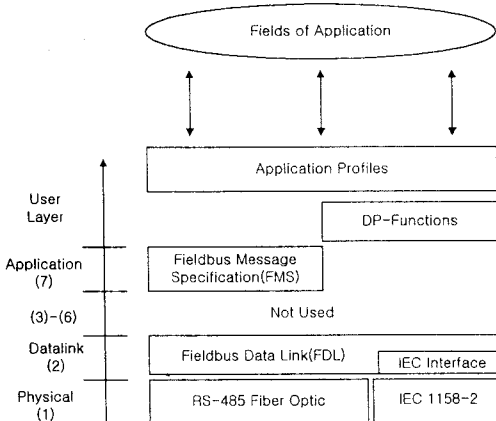


그림 4 ProfiBus의 Protocol 구성

물리 계층은 전달될 데이터를 전송 신호로 변환하여 전송매체를 통해 이를 전송하고, 수신된 전송신호를 다시 데이터로 변환하는 계층이다. ProfiBus는 세계표준을 기반으로 하고 있기에 프로토콜 구성 또한 세계표준인 ISO 7498에 의한 OSI(Open System Inter connection) 참조모델을 준용하고 있다. 버스 토폴로지

를 사용하는 ProfiBus는 리피터를 사용하지 않는 경우에 하나의 세그먼트에 최대 32개의 노드가 접속될 수 있으며, 3개의 리피터를 사용하여 노드 수를 최대 127개까지 확장할 수 있다. ProfiBus 규격서에는 최대 데이터 전송 속도가 200m의 버스 길이에서 500Kbps로 주어졌으나, 최근에는 1.5Mbps와 12Mbps의 전송 속도를 갖는 제품도 개발되었다. 네트워크 시스템 구성 시 버스 길이와 데이터 전송 속도는 매우 밀접한 관계가 있으므로 각별히 주의를 기울여야 한다. ProfiBus Communication Profile은 일관된 매체 접속 Protocol을 사용한다. 이러한 protocol은 OSI 참조모델 2계층(Layer 2)을 사용하기에 데이터의 신뢰성과 전송규약을 포함하고 있으며 ProfiBus에서는 layer 2를 Fieldbus Data Link (FDL)이라 규정한다. Medium Access Control (MAC)은 station이 전송 데이터를 수신할 때의 과정을 상술하고 있는데 MAC은 같은 시간에 오직 하나의 station만이 데이터를 전송할 수 있는 권리를 갖게 해준다.

ProfiBus는 각 Master가 서로간 통신시 Token Passing 과정을 거치고 Master와 Slave간에는 여러 Bus station이 주변장치(slave)들과 교대로 통신한다. Token passing procedure에는 각 Master간에는 명확히 정의된 Time 스케줄 내에서 Bus 접속권한이 할당되어 있다. 하나의 Master에서 다음 Master로 전달되는 Token은 반드시 한번씩 Token Ring을 지나서 모든 Master에게 전달되어야 한다.

ProfiBus의 Token passing procedure는 그림 5에서와 같은 형태로 이루어진다. Master-slave procedure는 현재 할당된 slave (passive stations)에 접속하기 위한 Token을 소유하고 있는 Token master(active station)만을 허용한다. 이것은 Master가 메시지를 보내거나 또는 복구하는 것을 가능하게 한다. Token ring은 Bus 주소를 통한 논리적 ring 형태로 구성된 동작 station들이 모인 것이다. 여기서 Token 즉 Bus 접속 권한은 하나의 Master에서 다음 Master로 정해진 순서대로 접속 어드레스를 증가시켜가며 옮겨간다.

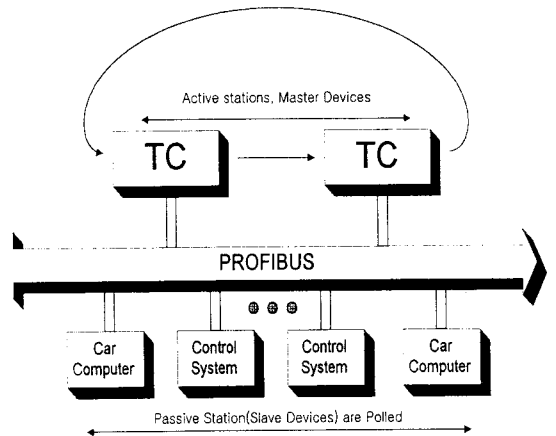


그림 5 Master Token Passing 절차

ProfiBus의 통신 방식은 크게 3가지로 구분된다. 첫째로 DP(Decentralized Periphery)방식으로 DP방식은 OSI 1계층과 2계층을 사용하는 효과적인 사용자 인터페이스 통신 프로토콜로써 3계층부터 7계층까지는 사용하지 않는다. 이 같은 구성은 매우 빠르고 효율적인 데이터 전송을 보장하고 Direct Data Link Mapper(DDL M)는 사용자 인터페이스가 보다 쉽게 2계층에 접속할 수 있게 하여준다. Application function은 각종의 DP 디바이스 형태별로 시스템과

바이스의 동작을 사용자 인터페이스 형태로 구성된다. 둘째로 FMS(Fieldbus Message Specification)방식으로 FMS는 범용 통신 프로토콜로써 중요한 점은 1,2 계층과 7계층에 접속되는 것이다. Application layer(7계층)는 FMS와 Lower Layer Interface(LLI)로 구성되어 있다. FMS는 Master와 Master, Master와 Slave 간의 통신을 위한 강력한 통신기능을 정의하고 있다. FMS는 ProfiBus의 응용계층 가운데 필드버스의 사용자와 연결된다. FMS를 구현하기 위해서는 객체 지향적인 방법을 사용한다. FMS는 다음과 같은 통신 서비스가 있다.

- VFD 관리(Virtual Field Device)
- OD 관리(Object Directory)
- 연결 관리(Context Management)
- 변수 접속(Variable Access)
- 사건 접속(Event Management)
- 영역 관리(Domain Management)
- 프로그램 기동관리(Program invocation)
- 접근 보안관리(Access Protection)

셋째로 PA(Process Automation)방식이 있으며, PA 프로파일은 프로세스 자동화의 전형적인 장치 및 Application에서의 ProfiBus 사용을 정의한다. 이는 DP통신 프로파일에 기초하고 있으며, Application 필드에 따라 IEC 1158-2, RS-485 또는 광통신이 전송 기술로 사용된다. PA Application 프로파일의 정의와 옵션은 ProfiBus를 4~20mA를 이용하는 아날로그 신호 전송방법을 대체하는데 적합하도록 되어있으나 다른 방식에 비해 속도가 느리다. 위와 같이 ProfiBus의 통신 방식을 검토한 결과, 도시철도 차량간 통신에는 DP 방식이 유리하다. 그러나 복잡한 컨트롤이 있는 경우는 FMS 방식도 고려 대상이다.

### 2.3 차량통신의 FieldBus 적용

철도차량의 차량간 통신은 서울지하철 7&8 의 경우 SL-Net 이라는 전용의 차량통신 방식을 사용하였다. 그러나, 이 방식은 실시간 성이 부족하여 각종 제어기기를 트레인 통신 버스에 연결하기가 힘들다. 본 논문에서는 필드버스를 이용한 트레인 통신 네트워크 구축을 시험하였다. 필드버스 보드는 CPU는 Motorola사에서 통신 전용으로 만든 MC68360 25Mhz를 사용하였고, 메모리는 DRAM이 1Mbyte FLASH가 2Mbyte, DPRAM(VME 전송용)은 256kbyte 이다. 그리고 ProfiBus 인터페이스를 위해 2개의 256kbyte DPRAM이 있다. ProfiBus 컨넥트를 위해 9pin DSUB 2개 포트를 보유하고 있다.

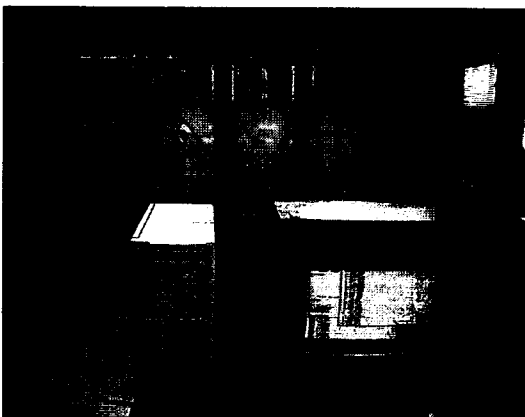


그림 6 차량간통신 모의실험장치

그림 6는 TCMS(Train Control Monitoring System) 시뮬레이터로 차량을 모의 할 수 있는 장치이다. 현차에 직접 ProfiBus 보드를 장착하여 시험할 수 없어 시뮬레이터에서 차량에 필요한 데이터를 생성하여 시험할 수 있게 하였다.

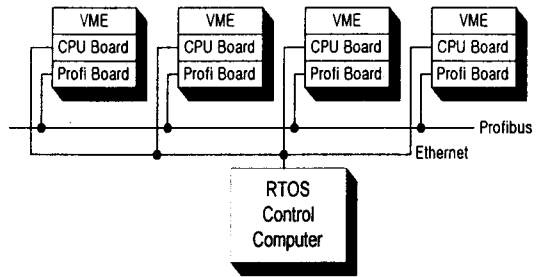


그림 7 차량간 통신 모의실험 블록도

그림 7은 실험 모델 블록도 이다. 제어용 컴퓨터는 TCMS 시뮬레이터를 제어 및 모니터링하는 장치로서, 실시간 제어가 가능한 RTOS(Real Time Operating System) Tornado를 이용하여 CPU 보드를 제어하며 CPU 보드는 ProfiBus Board 제어한다. 현재 구성한 모델은 TC-M1-M2-TC 형태의 4량 1편성을 기준으로 각 차량의 컴퓨터 간 통신을 시험하였다. 현재 2기 지하철 기준으로 차량간 통신 부하는 약 100byte 이며, 이것은 각 기기간의 데이터를 모두 TC로 전송하기 때문이다. TC에서 데이터를 전송하는 데는 대략 2ms 내외로, 토큰을 패스하는 시간을 6ms-10ms 로 정의하여 시험하였다.

	Scan Time	CRC error rate
6ms	11.2ms	0.02%
8ms	15ms	0.01%
10ms	18ms	0.0%

실험결과 Master에서 각 Slave에 데이터를 주고 받는 시험을 한 결과 양호한 시간과 데이터를 전송하여 도시철도차량에 차량간 통신 시스템으로 ProfiBus의 사용이 상당히 유리한 것으로 판단되었다.

### 3. 결 론

본 논문에서 도시철도차량에 차량간 통신을 필드버스를 적용하여 그 가능성을 입증하였다. ProfiBus는 제어 장치들간의 실시간이 요구되는 도시철도차량에 실시간 통신을 지원하며, 통신 절차의 간결화로 신뢰성을 높일 수 있는 시스템이다. 이로 인해 배선의 간결화가 가능하여 도시철도차량의 고장을 줄일 수 있다. 그러나 아직은 통신 보드의 국산화 미비와 응용 프로그램의 부족, 신뢰성 있는 통신 네트워크 구성 등 많은 부분이 연구되어야 한다.

### (참 고 문 헌)

- (1) "ProfiBus Application Program Interface", Pep Modular Computer, 1997
- (2) 홍승호, 박태진, "필드버스를 이용한 생산자동화 시스템 구축 기술 연구", 한국정밀공학회, 16권 3호, 91-102, 1999
- (3) 한국철도기술연구원, 건설교통부, "2000년도 종합제어장치 연구개발 보고서", 2000