

# 차세대 고속열차 통신네트워크 기술개발 동향

## Technology development trend of the train network for high speed train

최권희\*                  심재철\*                  백정현\*\*\*                  이병원\*\*\*                  강기석\*\*\*  
Choi, Kweon-hee, Shim, Jae-Chul, Baek, Jung-Hyun, Lee, Byung-Won, Kang, Ki-Suk

---

### ABSTRACT

The On-Board Computer System (OBCS) used for rolling stocks is one of the core equipments in trains, which deals with collecting real-time data of a train to display and record the train's statuses, control the train, and support the driver and maintenance function. Besides, due to high reliability and high-speed communication required lately for various electronics including signalling devices, train protection system, and multimedia, the necessity of a more robust train communication network is on the rise.

This study aims at understanding the technological trend of the current train communication network in order to rapidly cope with the tendency above and providing fundamental data for designing a more advanced communication network for high-speed trains hereafter.

---

### 1. 서론

철도차량에서 사용되는 차상컴퓨터제어장치는 실시간으로 열차의 데이터를 수집하여 상태현시 및 기록, 열차제어, 운전자 및 유지보수 지원기능들을 담당하는 열차의 핵심장치 중 하나이다. 게다가 최근에는 차상에 설치되는 각종 전자장비(신호장치, 열차보호장치, 멀티미디어 등)에 대해 높은 신뢰성과 빠른 통신 속도를 동시에 요구하고 있어, 보다 강력한 열차 통신 네트워크의 필요성이 대두되고 있다.

이에 따라 철도차량을 비롯하여 산업 각 분야에서 사용하고 있는 네트워크 디바이스인 Sensorbus, Devicebus 및 Fieldbus에 대해 알아보고, 철도차량용 통신네트워크의 요구조건인 실시간 통신 기능, 내고장성 설계, 전송 데이터 집적도, 이상기후·진동·자기장 등 환경에 대한 저항성 및 차량 배치 변화·운행모드 변경 등 초기화에 대한 자동인식과 유지 보수성 등에 대한 대처방안에 대해 알아본다. 또한 철도차량에서 통신네트워크의 사용상의 장점과 향후 통신 네트워크의 기술방향 등에 대해 알아본다.

본 논문은 이러한 추세에 신속하게 대응하기 위해 세계 철도차량의 통신네트워크의 기술동향을 파악하여 향후, 전라·호남선 고속열차 설계시 보다 진보된 차량의 통신네트워크 설계자료를 제공하는 데 목적으로 한다.

---

\* (주)로템 기술연구소 선임연구원

\*\* 인터콘시스템스(주) 개발실장

\*\*\* 한국철도공사 차장

## 2. 본문

### 2.1. 산업용 네트워크의 분류

철도차량을 비롯하여 각 산업분야에서 사용하고 있는 네트워크는 디바이스의 형태에 따라 Sensorbus, Devicebus 및 Fieldbus로 분류된다.

Sensorbus는 CIM(Computer Integrated Manufacturing)의 가장 하부에 취부되는 센서, 액추레이터, 솔레노이드와 같은 개별 부품으로부터의 단순한 on/off 신호이며, Devicebus는 압력센서나 가변저항으로부터 연속적인 아날로그 신호를 입력 받는 것을 말한다. 그리고 Fieldbus는 계기류나 모터제어와 같이 서로 다른 주기를 가지는 상호간의 데이터 교환이 이루어지는 통신망을 말한다.

Sensorbus와 Devicebus는 입출력 동작중 어느 한 가지만 담당하지만, Fieldbus는 국제적으로 표준화된 센서류와 제어기를 한 쌍의 케이블로 연결하여 디지털 쌍방향 전송을 하는 것이 특징이다. 따라서 각 기기에 있는 센서의 유지보수를 요구하지 않으며, 원격으로 센서의 읍셋이나 이득조정이 가능하다.

각종 신호 표준은 공압(3~15psi)으로부터 시작하여 아날로그(4~20mA) 신호로 변천했으며, 최근에는 4~20mA 전류 루프를 사용한 디지털 HART(Highway Addressable Remote Transducer)로 발전을 거듭해왔다. 그러나 이들 신호는 제어장치와 일대일 통신만 가능하고, multi-drop으로 접속하기가 어려워 사실상의 표준을 얻지 못했다. 그렇지만 Fieldbus는 순수하게 디지털 신호로만 이루어져 있어 4~20mA로 전송시 발생되었던 종전의 문제점을 해결할 수 있기 때문에 산업전반에 걸쳐 폭넓게 사용되고 있다. 특히 철도차량에서는 시스템의 내구성, 안정성 및 신뢰성을 중요시하고 있어, Fieldbus의 도입은 철도차량의 성능을 향상하는 데 중요하게 작용하고 있다.

### 2.2. 철도차량 통신네트워크의 기술동향

#### 2.2.1. 국내

국내 철도차량분야에 통신네트워크를 이용한 모니터링장치의 도입은 1990년대 초에 본격적으로 시작되었다. 초기에는 단순히 차량에 설치된 주요장치의 고장 현시 및 기록을 위해서 속도기록계 및 다수의 고장표시 등을 사용한 것이 전부였다. 이후 컴퓨터와 통신기술의 급속한 발전에 힘입어 열차의 상태현시 및 고장기록을 할 수 있는 열차정보장치(TIS; Train Information System)가 도입되어 지하철 각 노선에 적용되었다.

표 1 디바이스에 따른 네트워크의 특징

	Sensorbus	Devicebus	Fieldbus
Primary applications	Discrete, machine	Discrete, machine	Process
Typical control system	PLC	PLC	DCS
Data size	Less than 1byte	Up to 32bytes	Up to 1000bytes
Microprocessor-based	No	Yes	Yes
Embedded intelligence	No	Varies	Yes
Diagnostics	No	Simple	Sophisticated
Response time	5 ms or less	5 ms or less	100 ms
Distance	Short	Short	Long
Target application Range	<b>Discrete-Sensors</b> · photo sensor · rox. sensor <b>Discrete-Actuators</b> · ontactor · lotor starter · ushbutton · olenoid	<b>Analog Sensors</b> · low meter · VDT · ressure gauge · train gauge · hermocouple <b>Analog-Actuators</b> · ositioner · alve · ariable-speed-Meter	<b>Instrumentation</b> · hromatograph · iterferometer · article counter · H meter <b>4-20mA analog-loop I/O</b> <b>Smart Actuators/Controllers</b> · lotor drive/controllers · ingle loop-controller <b>Smart valve with PID capability and advanced diagnostics</b>
Classification	CAN Seriplex ASI LonWorks	CAN DeviceNet Profibus DP LonWorks FIPIO SDS Interbus-S	CAN <b>Arcnet</b> IEC/SP50 Fieldbus-Foundation Profibus PA <b>LonWorks</b> <b>WorldFIP</b> <b>SL-NET</b> SERCOS BITBUS MIL-STD-1553 <b>TORNAD*</b> <b>TCN(IEEE-1473)</b>

1990년 중반부터는 열차의 안정성과 편의성 및 신속하고 쾌적한 승객수송 환경을 확보하기 위하여 차량의 추진·제동시스템, 신호보완 시스템, 승객 서비스장치, 차체 전기장치 등이 컴퓨터화 되어감에 따라 이들 장치의 상태를 통합적으로 관리하고 제어하는 열차진단제어장치(TCMS; Train Control & Monitoring System)가 새롭게 도입되었다. TCMS의 도입은 계전기 로직에 계기가 되었다. 이와 같은 일이 가능하게 된 것이라곤 말할 수 있다.

### 2.2.2. 해외

표 3과 같이 해외 철도시스템은 ‘통신기반열차제어시스템(CBTC; Communication Based Train Control)’으로 작동될 수 있는 프로토콜이 주류를 이루고 있다. 열차를 원격조작으로 운행할 수 있는 CBTC 기술은 궁극적으로 비용을 절감시킬 수 있을 뿐만 아니라 좀더 가까운 운전시각으로 열차를 운행하고 있다. 이러한 신기술은 표정속도를 증가시켜 시간당 역에 더 많은 열차가 운행될 수 있도록 하며, 이로 인해 차량 당 좌석수를 줄일 수 있어 덜 복잡해진 쾌적한 교통수단을 제공한다.

또한 유럽에서 사용하고 있는 ERTMS/ETCS(European Rail Traffic Management System / European Train Control System)와 EVC(European Vital Computer) 등은 대부분 Fieldbus 네트워크에 기반을 두고 있다.

프랑스의 경우, TGV 차량에 적용된 네트워크는 1980년대 초반에 GE에서 개발한 MAP(Manufacturing Automation Protocol)에 기초한 Tornad\*(Token-Ring Network Alstom Device)라는 Token-Ring 방식을 채택하고 있다. 이 프로토콜의 장점은 bus 구조로 트위스트 쉴드 케이블을 이용하기 때문에 표준화된 통신설비 구축이 빠르다. 따라서 각 차량내 통신설비의 작동을 라우터를 사용하기 때문에 관리의 편리성을 도모한다. 또한 token bus방식을 사용하므로 접근(access)시간을 최소화 할 수 있고, 통

표 2 국내 호선별 네트워크 주요사양 비교

구분	5호선	6호선	7&8호선
제작사	Adtranz	Melco	Toshiba
통신명칭	IVDC	ArcNet	SL-NET
속도	153kbps	2.5Mbps	2Mbps
전송신호	12Vp-p	16Vp-p	5Vp-p
토폴로지	Multi-drop bus	Bi-direction ring	Multi-drop bus
프로토콜	Polling/Selecting	Token-passing	Polling/Selecting
통신매체	Shielded twisted wire pair		

의존하던 종전의 설계기술을 프로그램으로 대신하는 배경에는 컴퓨터 및 통신네트워크 기술의 진보에 의한

표 3 해외 철도시스템 통신프로토콜

	CBTC & Related Products	Train Network Protocol	Train-Wayside Protocol
Alcatel	Seltrac	CAN	RF (open) IEEE 802.11 Alvarion IL: (proprietary but based upon LZB & 56 kHz carrier)
Alstom	URBALIS 300	IEEE-1473-L IEEE-1473-T WorldFIP	RF: (proprietary) IAGO Microwave wave guide
Bombardier	CITYFLO* 650	IEEE-1473	RF: (COTS) Safetran S3 Link Ethernet Radio
CSEE (France)	OURAGAN		
GE Global Signaling	CBTC ITCS AATC	IEEE-1473-L	RF: EPLRS (proprietary)
Nippon Signal		IEEE-1473-L (Powerline Overlay)	
Safetran Systems	TBS100 GEO	IEEE-1473-L ATCS	RF: (COTS) S3/Link Ethernet Radio
Siemens	Meteor SACEM LZB 80 ETCS	IEEE-1473-T IEEE-1473-L	IL: (proprietary) LZB 80 SACEM Meteor RF: GSM (open) Meteor (Air Gap proprietary)
US&S (Ansaldo)		IEEE-1473-L	
Wabtec	CBTM PTC - IDOT	IEEE-1473-L IEEE 802.3 CAN	RF: IEEE 802.11 (open) ATCS 200 (open) Proprietary: DSSS Mobile Satellite Multiple UHF Data Radios

신설비를 구성하는 각 컴퓨터가 point로 연결되어 있어서 한 구성요소의 고장이 발생하여도 통신이 가능하다. 통신 설비는 물리적인 설비나 조작실수 시에도 신뢰성과 유용성을 확보할 수 있다.

독일의 ICE 차량은 동력차의 진단제어를 담당하는 ZSG(Train Control Unit)와 객차의 진단제어를 담당하는 ZEUS(Central Acquisition, Monitoring and Control Equipment)로 구성되어 있다. 주 통신 네트워크로는 500kbps의 Dual Fiber Optic을 사용하며, 로컬 통신 네트워크로는 4,800bps의 시리얼 통신을 사용한다. 특히 ICE3의 경우, 동력차의 CCU(Central Control Unit)는 32bit 컴퓨터와 단일 프로세서로 구성되어 개발된 SIBAS를 사용하며, 통신네트워크는 국제표준인 TCN을 채택하고 있다.

차세대 전송기술의 하나인 Fieldbus에 대한 연구가 본격적으로 진척됨에 따라 철도차량 분야에서도 IEC(International Electrical Commission) 와 UIC(Union Internationale des Chemins de Fer, International Railways Union) 위원으로 구성된 Working Group 22 (WG22)에서는 차량내의 부속 기기인 추진, 제동, 서비스 기기 및 출입문 제어 혹은 차량간의 프로그래밍이 가능한 기기들을 연결하기 위한 TCN(Train Communication Network)을 정의하고 표준안을 1999년에 IEC 61375로 표준화 하였다. TCN에 대한 표준화는 주로 유럽의 철도차량 부품 제조업체인 Adtranz, AEG, Siemens, Firema, HOLEC 등이 중심이 되어 이루어졌다. 이는 초기에 북미와 일본에서 사용하고 있는 LonWorks, Arcnet과 치열한 경합이 있었으나, 결국 이들 모두 표준화에 포함시켜 IEEE-1473으로 표준화를 발표하였다.

### 2.3. 철도차량 통신네트워크의 요구조건

#### ① 실시간 통신 기능

고속으로 운행하는 차량의 속도, 실시간 제어 신호, 알람 등과 같은 상태 변수들은 수~수십 ms 단위로 주기적인 전송이 이루어져야 하며, 이들에 대한 응답시간도 매우 짧아야 함과 동시에 최대 전송시간을 어떠한 여건, 과부하 상태나 단위 고장상태 등에서도 보장받아야 한다.

#### ② 내고장성 설계

메시지를 전달하는 동안 네트워크상의 연결장애나 단락, 또는 이 네트워크에 접속되어 있는 장비들의 고장에 의해 네트워크 전체에 영향을 미치지 않도록 네트워크를 설계하여야 한다.

#### ③ 전송 데이터 집적도

차량 제어기와 기술의 발전, 차량 내 장치들의 수 증가, 그리고 제어뿐만 아니라 모니터링이나 진단, 승객 정보서비스 등의 통신네트워크 시스템을 이용하여 보다 많은 정보를 보다 빠르고 정확하게 공유할 수 있어야 한다. 이를 위해 전송속도가 빨라야 함은 물론이고 전송효율이 높아야 한다.

#### ④ 이상기후, 진동, 자기장 등 환경에 대한 저항성

운행중인 고속전철은 상태에 따라 발생하는 물리적 진동과 높은 전류의 흐름에 따른 자기장이 발생하며 사계절 외부에 노출되어 있으므로 주위 온도의 변화가 심한 특성을 가지고 있다. 따라서 어떠한 외부 환경에서도 전송에 지장을 받지 않는 통신네트워크가 요구된다. 이는 전송매체의 선택, 연결 커넥터 기술, 신뢰성, 예러검사 기술 등과 연관되어 있다.

#### ⑤ 차량 배치 변화, 운행모드 변경 등 초기화에 대한 자동인식과 유지 보수성

고속전철의 승객 수용에 따른 차량 수요의 증대나 감소, 고장이나 서비스를 위한 차량 배치의 변화, 또는 여러 운행모드 변경에도 통신네트워크 시스템은 하드웨어나 소프트웨어의 수정이나 교체 없이 사용이 가능해야 한다. 이러한 외부의 변화에 자동으로 연결되고, 상대적 주소를 인식하는 네트워크 시스템을 필요로 하고 있다. 따라서 차량간 통신과 차량내 통신을 분리하는 계층적(hierarchical) 구조를 고려해야 한다.

## 2.4. 철도차량에서 통신네트워크의 사용상의 장점

철도차량과 같이 복잡한 중앙집중제어 시스템에서는 배선 비용의 저감이 가장 크다고 할 수 있다. 과거에는 중앙집중제어방식으로 열차가 설계되었지만 차량 시스템이 더 복잡해지고 센싱 포인트가 증가됨에 따라 각 차량에 탑재된 차량기기들과 센서 및 액츄레이터들 사이에 정보를 공유해야 하는 필요성이 제기되므로 이들을 다 수용할 수 있는 하나의 데이터버스를 요구하고 있다. 이러한 요구를 충족시키기 위해 Fieldbus를 채용하게 되면 분산제어방식으로서의 전환이 이루어질 수 있다. 이는 배선 수가 줄어 여러 장치들의 결합작업을 줄이고, 보다 적은 비용으로 설치가 가능하다는 것이다.

또 다른 장점으로는 디지털 통신기술에 의한 필드기기의 원격진단과 교정, 오퍼레이터의 부하경감 및 제어 정보를 Fieldbus에 실을 수 있으므로 이제까지의 열차제어시스템의 모습을 크게 바꾸는 필드 변혁의 가능성을 지니고 있다. Fieldbus의 도입으로 인해 운전실 및 각 차량의 배전반 설비가 적어지고, 유지보수 빈도도 적어진다. 뿐만 아니라 제어기능을 각 필드기기에 부여함으로써 어느 한 장소에서 고장이 발생하더라도 다른 장치에 미치는 영향이 적어 시스템 운용 측면에서 신뢰성을 확보할 수 있다는 것이 또 하나의 장점이다.

## 2.5. 향후 철도차량용 통신네트워크 방향

향후, 세계 철도시스템은 통신기반열차제어시스템(CBTC; Communication Based Train Control), 유럽철도관리시스템(ERTMS; European Rail Traffic Management System), 철도위성통신시스템(GSM-R; Railway Satellite Telecommunications System) 및 차상컴퓨터제어장치(OBCS; On-Board Computer System) 등이 현재와 같이 지속적으로 발전될 것으로 예상되며, 국내의 경우에는 지상파 디지털멀티미디어방송(DMB)과 국가 재난시 통합지휘무선통신망인 테트라(TETRA)가 전라·호남선 고속열차 사업제안요청서(RFP)에 공고되었고, 고속선로와 기존선로를 병행으로 운행하기 위한 ATP(Automatic Train Protection) 사업이 유럽의 ERTMS를 따르도록 되어있어 보다 복잡한 통신망을 사용하게 될 것으로 전망된다.

## 3. 결론

철도차량과 같이 수많은 승객을 수송하는 시스템에서는 신뢰성을 중요시한다. 따라서 내고장성 설계를 요구하고 있다. 메시지를 차량의 기기에 전달하는 동안에 전송로의 단락, 또는 이상현상이 발생되더라도 네트워크 전체에 영향을 크게 미치지 않도록 네트워크를 설계해야 한다. 열차의 추진장치 및 제동장치와 같이 실시간 통신이 보장되어야 하는 네트워크에서는 통신선과 hardwire를 병행하는 기술도 계속적인 연구가 진행되어야 할 것이다. 또한 차량의 기기들이 중앙집중식에서 분산식으로 전환됨에 따라 운전시스템의 신뢰성과 안전성을 어떻게 확보해 갈 것인가 등을 여러 종류의 다양한 소프트웨어와 하드웨어 툴을 이용해 검증해야 할 것이다.

끝으로 현재까지는 Fieldbus의 일종인 TCN(IEEE 1473)이 철도차량에 폭넓게 운영되고 있지 않지만, 앞으로 보급을 가속화되기 위해서는 철도차량 부품 개발업체 뿐만 아니라 수요처에서도 기술의 흐름을 조기에 인식하여 공감대를 형성하는 것이 필요할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- [1] IEC 61375-1 "Electric Railway Equipment Train Bus Part 1 : Train Communication Network", 1999
- [2] Communication-based train control systems, <http://www.tsd.org>
- [3] 차상컴퓨터1, 철도경영연수원, 2002
- [4] 최권희, Fieldbus를 채용한 열차통신네트워크, 월간계측제어, 1999
- [5] 최명호, 윤기중, 박재현, "전동차량용 필드버스 기술 동향", 2003