

# IEC-61375 MVB 기반 열차도어제어기(DCU) 개발

## Development of IEC-61375 MVB-based door control unit(DCU) of the train

정우혁\*, 박재현\*†, 노경원\*\*, 조흥엽\*\*, 김완년\*\*

Woohyuk Jeong\*, Jaehyun Park\*†, Kyung-won Noh\*\*, Heung-yeob Cho\*\*, Wan-nyun Kim\*\*

**Abstract** Importance of the network of railway vehicle is increasing day by day due to the sophistication of the control system of railway vehicle. The control system of the past had used mainly wiring or non-standard network protocol for each company. But after IEC 61375, Train Communication Network(TCN) was enacted as an international standard, many control system has been developed based on this standard network. In this paper, we present the results of the development door control unit(DCU) of the train, developing the FPGA-based communication chip to support the standard TCN-MVB and utilizing it. This chip is optimized for DCU because it uses only the minimum resources required for DCU.

**Keywords** : IEC 61375, TCN, MVB, FPGA, Train door control

**초 록** 철도차량 내 제어시스템의 고도화에 따라 철도차량 내 통신망의 중요성은 날로 증가하고 있다. 과거의 제어시스템은 회사별로 비 표준 규약을 사용하거나, 통신망이 아닌 실 배선을 사용하였으나, 국제 표준으로 IEC 61375, Train Communication Network(TCN) 규약이 제정된 이후에는 많은 제어시스템이 표준 규격으로 개발되어 운영되고 있다. 본 논문은 표준 TCN-MVB를 지원하는 FPGA 기반의 통신 칩을 개발하고, 이를 활용한 열차의 도어제어기(DCU) 개발 결과를 제시한다. 개발된 MVB Chip은 DCU 전용으로 개발되어 최소한의 필요 자원만을 사용하므로 DCU에 최적화된 설계를 따르고 있다.

**주요어** : IEC-61375, TCN, MVB, FPGA, 열차 도어 제어

## 1. 서 론

철도차량 내 제어시스템의 고도화에 따라 철도차량 내 통신망의 중요성은 날로 증가하고 있다. 과거의 제어 시스템은 회사별로 비 표준 규약을 사용하거나 통신망이 아닌 실 배선을 사용하였다. 하지만 철도차량 내 전자장비의 자동화 제어시스템에 대한 필요성이 대두되면서 디지털 통신망의 표준화 요구가 생겨났다. 이에 유럽, 미국, 일본, 중국의 주요 철도 업체들로 이루어진 IEC Working Group 22(WG22)에서 1999년 IEC 61375 Train Communication network(TCN)을 열차 표준 통신망으로 제정하였다[1,2,3]. 이후 많은 제어시스템이 표준 통신 규약을 사용하도록 개발되어 운영되고 있다. 현재 차량 내 열차 도어, 엔진, 브레이크 등 많은 장비들이 디지털 통신망을 통해 제어되고 있는데, 열차 자동화 추세에 따라 비중은

† 교신저자: 인하대학교 IT공과대학 정보통신공학부 (jhyun@inha.ac.kr)

\* 인하대학교 IT공과대학 정보통신공학부

\*\* (주)소명 기술연구소

점차 확대될 것으로 예상된다. 본 논문은 IEC 61375 TCN-MVB 표준[2]을 지원하는 FPGA 기반의 통신 Chip을 구현하고, 이를 활용한 열차의 도어제어기(DCU) 개발 결과를 제시한다. 개발된 MVB 칩은 DCU에서 필요치 않은 버스 관리자 기능과 Function code를 제거하고 최소한의 필요 자원만을 사용함으로써 DCU에 적합한 최적의 설계를 따르고 있다.

## 2. 본 론

### 2.1 Train Communication Network

#### 2.1.1 TCN 구조

TCN은 Fig.1과 같이 열차 범위 통신인 Wire Train Bus(WTB)와 차량 범위 통신인 Multifunction Vehicle Bus(MVB)로 구성되어 있다. WTB는 차량 결합 시 열차 제어, 차량 진단, 승객 정보를 위한 통신에 사용되며, MVB는 열차 도어, 모터, 브레이크와 같은 차량 내의 자동화 된 전자 장치의 데이터 통신을 위해 사용된다[1,2].

#### 2.1.2 MVB

MVB는 차량 내 전자 장비의 생산 및 조립, 하부 시스템 재사용을 간편화하기 위한 목적으로 차량 범위의 통신 규격으로 제정되었다. 통신 속도는 1.5Mbit/s이며, 거리는 매체에 따라 ESD(<20m), EMD(<200m), OFG(<2000m)로 구분된다. MVB 장치들은 역할에 따라 Class 1-5로 나눌 수 있는데, Class 4 이상의 장치는 버스 관리자 역할을 할 수 있다. 데이터 교환은 버스 관리자의 Master frame에 의해 Basic period 단위로 이루어지며, Process data 처리를 위한 Periodic phase, Message data, Supervisory data 처리를 위한 Sporadic phase로 구성된다. 대부분의 통신은 주기적인 Process data 교환에 의해 이루어진다. 각 Slave 장치는 Slave frame으로써 데이터를 전송하거나(Source), 버스의 Slave frame을 수신(Sink)할 수 있다. Master frame은 16 bits의 길이를 가지며, Slave frame 중 Process data는 Function code에 따라 16 bits, 32 bits, 64 bits, 128 bits, 256 bits의 길이를 갖고 Message data는 256 bits의 길이를 갖는다. 또한 데이터 무결성을 위해 64 bits의 데이터 마다 하나의 CRC-8 8 bits가 추가되며, 데이터와 CRC의 전체 프레임은 Manchester code로 인코딩하여 전송한다[2].

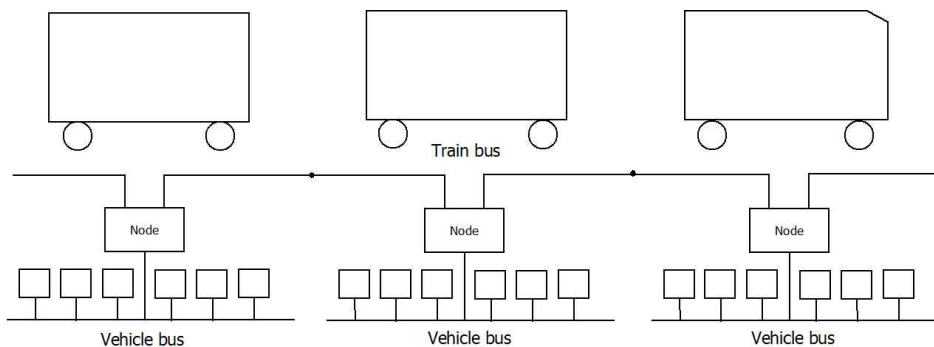


Fig. 1 Basic structure of TCN

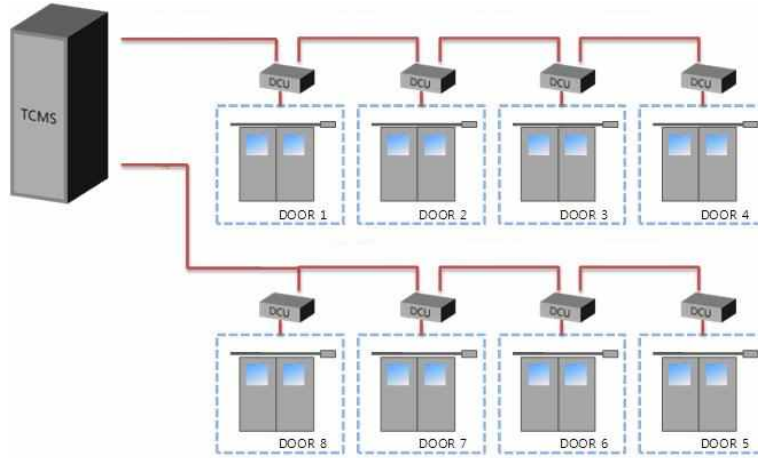


Fig. 2 TCMS-DCU Connection

## 2.2 시스템 구현

### 2.2.1 도어제어장치(DCU)

DCU는 차량에 부착된 도어 시스템을 제어하기 위한 장치로서 안전을 위하여 차량으로부터의 열림 명령 외에는 어떠한 상황에서도 항상 도어를 닫힘 상태로 유지하며, 정차 상태에서는 비상 장치를 통하여 수동 작동하도록 설계되어 있다. DCU는 이러한 제어 정보를 열차 내 관리자인 TCMS와 주기적으로 주고 받는다. Fig. 2는 승객용 객차의 DCU의 연결도를 보이고 있다. DCU의 주요 기능은 다음과 같으며, 주요 제원은 Table 1 과 같다.

- 구동 모터 위치 및 속도 제어;
- 구동 모터 정토크 제어;
- 논리 입력 획득 및 필터링;
- 아날로그 입력 획득 및 필터링;
- 상태 정보 출력 (7-Segment, LED, 계전기 접점 출력);
- 사용자 메모리에 고장 이력 및 동작 파라미터 저장;
- TCN-MVB 통신을 통한 실시간 상태정보 전송
- RS-232C를 통한 유지보수 링크 운용

Table 1 Specification of DCU

	Specification
Door Type	Electronic pocket sliding type
Stroke	2 × 650mm = 1300mm (Double Leaf)
Operational mode	Skrew-Nut power transmission type
Typical Voltage	100 VDC
Operating Voltage	70 VDC ~ 137.5 VDC
Opening Time	2.5 ± 0.5 sec
Closing Time	3.0 ± 0.5sec
Obstacles Detection	10mm(thickness) × 100mm(height) 평판

### 2.2.2 MVB Chip

본 논문의 MVB Chip은 DCU 전용으로 개발되었다. 따라서 DCU가 버스 관리자 기능이 필요치 않은 Slave 장치임을 고려하여 버스 관리자를 위한 기능을 모두 제거하였고, 실제 DCU에서 사용하지 않는 Function code 및 구성 요소 또한 제거하였다. Process data를 위한 F code 0-4, Event polling에 참여하기 위한 F code 9,13,14, Message data를 위한 F code 12를 처리하도록 구현하였다. 그리고 DCU의 메인 컨트롤러와의 통신을 위해 4-wire SPI Slave를 추가하였다[4,5]. Fig. 3은 구현된 MVBC의 내부 구조를 보이고 있는데, 크게 전송부(TX), 이중화된 수신부(RX), 제어부(Main Controller), 타이머(Timer), 데이터 및 상태 메모리, 그리고 MCU와 인터페이스를 위한 SPI 인터페이스로 구성된다.

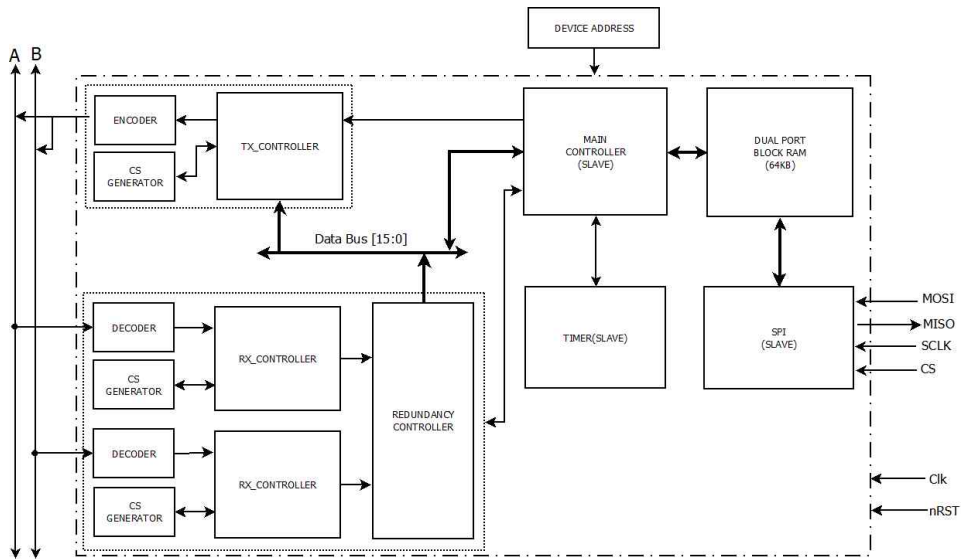


Fig. 3 Architecture of developed MVB Chip

### 2.2.3 구현 결과

Xilinx Spartan 6 xc6sl9 FPGA에 설계한 MVB 컨트롤러를 구현하였다. 합성 결과는 아래의 Table 2와 같으며, Fig .4는 버스 관리자로부터 Master Frame을 받아서 이에 대한 응답을 측정하는 것이다.

Table 2 Device report of MVB chip

	Properties
Block Memory	64 KBytes
Maximum Frequency	103.734 MHz
Slice Registers	1,703 / 11,440 (14%)
Slice LUTs(Logic)	2,685 / 5,720 (48%)
Slice LUTs(Memory)	98 / 1,440 (6%)
IOBs	27 / 102 (26%)

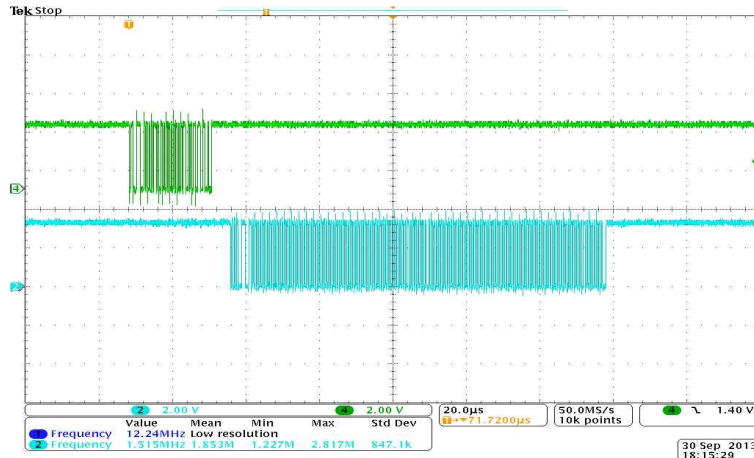


Fig. 4 Response to the master frame for source port

### 3. 결론

철도 산업이 고도화됨에 따라 차량 내 장치의 자동화 및 표준 디지털 통신망에 대한 필요성이 대두되었고, 이에 IEC 61375 Train Communication Network(TCN)이 열차 표준 통신 규약으로 제정되었다. 이후 많은 제어시스템이 TCN-MVB 통신망을 사용한 표준 규격으로 제작되어 사용되고 있다. 하지만 기존 MVB 통신 칩은 범용으로 제작되어 특정 장치 용도로 사용하기에는 최적화되지 않은 단점이 있다. 이에 본 논문에서는 DCU 전용의 MVB Chip을 설계하고 이를 구현한 결과를 제시하였다. 구현된 Chip은 DCU 전용으로서 필요치 않은 버스 관리자 기능과 Function code를 제거하고 최소한의 필요 자원만을 사용하여 DCU에 적합한 최적의 설계를 따름으로써, 경제성 있는 MVBC의 구현이 가능함을 보였다.

### 참고문헌

- [1] H. Kirrman, P.A. Zuber (2001) The IEC/IEEE train communication network, *Micro, IEEE*, 21(2), pp. 81-92.
- [2] International Electrotechnical Commission (2007) *International Standard, IEC 61375-1, Electric Railway Equipment-Train bus-Part 1: Train Communication Network*, Geneva.
- [3] G.A zur Bonsen (1995) The Multifunction Vehicle Bus (MVB), *Proceedings on factory communication systems 1995 IEEE International Workshop*, pp.27-34.
- [4] J.C. Moreno, E. Laloya, J. Navarro (2007) *A Link-Layer Slave Device Design of the MVB-TCN Bus (IEC 61375 and IEEE 1473-T)*, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 56(6), pp. 3457-3468.
- [5] L. Zuo, Q. Ding, Y. Tang (2010), Design and Implementation of MVB BUS Controller Based FPGA, International conference on Communications and Intelligence Information Security(ICCIIS) 2010, pp 232-235.