



## 2. 통신 방식의 구성

국내의 열차제어장치에 적용되어 있는 Train Bus의 통신방식은 Multi-drop 방식으로 구성되어 있다. Multi-drop 방식은 상대적으로 결선이 단순하며 2선의 Train Bus만으로 각 장치의 상태 정보를 반이중(Half-duplex)방식으로 주고받을 수 있는 장점이 있으나, Train Bus나 Train Bus에 연결된 장치에 오류가 발생된 경우에도 Train Bus 전체에 장애를 유발시킬 수 있다는 단점이 있다. 반면에, 링 네트워크(Ring Network)방식은 차량의 결선이 상대적으로 복잡한 전이중(Full-duplex)방식을 사용함으로써 4선의 Train Bus를 사용해야 하는 단점이 있으나, Train Bus나 Train Bus에 연결된 장치에 오류가 발생할 경우에도 안전성을 보장할 수 있는 대체의 통신회로를 구성할 수 있는 장점이 있으며, 전이중 방식을 통한 통신 속도의 향상을 보장할 수 있다. 따라서, 고속화 탈링 열차에서의 통신 방식은 안전성 및 신뢰성을 우선 고려하여 링 네트워크 방식을 채택하였다.

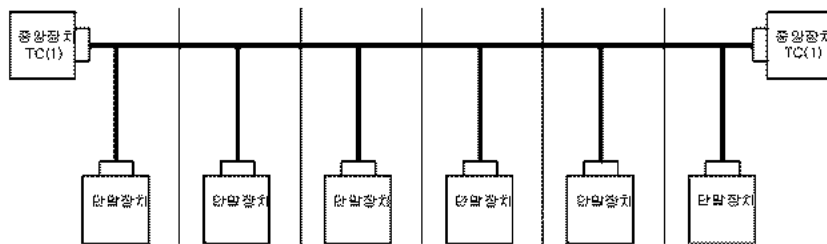


그림 1. Multi-drop방식의 열차 데이터 통신망구조 (일반차량)

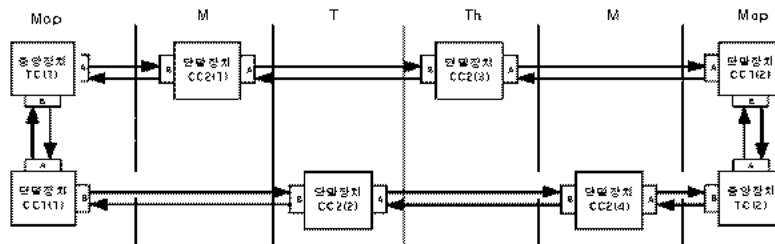


그림 2. 링 네트워크 방식의 열차 데이터 통신망구조 (탈링차량)

### 2.1 링 네트워크 방식의 데이터 전송절차

정상적인 데이터 전송절차와 Train Bus나 Train Bus에 연결된 장치의 장애 발생시 사용되는 데이터 전송절차에 대해서 언급한다.

#### 1) 정상적인 프로토콜

TC(1)에서 CC2(1)와 CC1(1)에 Request프로토콜을 전송하면 CC2(1)은 CC2(3)에게 전달하고 다시 CC2(3)는 CC1(2)에게 그리고 CC1(2)는 TC(2)에게 전달하고 TC(2)는 Request프로토콜을 소멸시킨다. 또한 CC1(1)은 CC2(2)와 CC2(4)를 거쳐 TC(2)로 전달시키며 TC(2)에서 Request 프로토콜을 소멸시킨다.

2) Train Bus의 한쪽 방향에 오류가 발생된 경우

정상적인 Request(데이터 요구)프로토콜을 전송하였는데 어느 한 장치라도 응답이 없으면 그 주변의 통신 라인에 이상이 있다고 판정하고 Request프로토콜을 TC(2)에서 소멸시키지 않는 프로토콜로 바꾸어 TC(1)으로 전송한다. 예를 들어, CC1(1)과 CC2(2) 통신 라인에 문제가 발생했을 경우 CC1(1)으로 전송한 프로토콜은 CC2(2)에서 Request프로토콜에 해당하는 프로토콜의 응답이 없게 된다. TC(1)은 30회 동안 감시하여 프로토콜에 응답하지 않는 경우, 통신을 정상적으로 하기 위해 CC2(1)으로 전송되는 Request 프로토콜을 TC(2)에서 소멸되지 않는 프로토콜로 만들어 전송하면 CC2(1) → CC2(3) → CC1(2) → TC(2) → CC2(4) → CC2(2)로 Request프로토콜이 전송되고 원하는 요청 값을 얻을 수 있게 된다.

또한 CC1(1)에도 Request프로토콜을 전송하여 CC1(1)에게 Request프로토콜을 받고 다시 Multicasting 방법으로 TC(2)로 전송하여 준다면 CC1(1)과 CC2(2)사이가 끊어졌더라도 정상적인 통신이 수행되며 이 프로토콜을 전달해 줌으로써 어떤 통신라인에 문제가 발생되었는지 알게 된다.

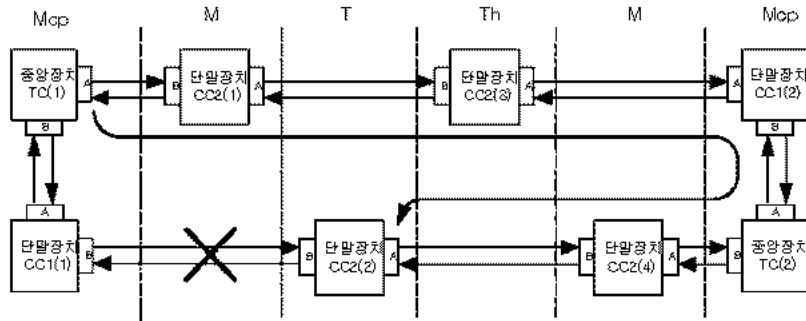


그림 3. Train Bus 장애시 데이터 통신절차

각 전송되는 프로토콜들은 크게 Multicasting과 Broadcasting 프로토콜로 나누어지며 이 프로토콜의 처리방법에 대한 알고리즘은 그림4, 그림5와 같다. Flow Chart는 각각의 중앙 및 단말장치 모두 공통적으로 적용되는 데이터 처리 Flow Chart로 어느 장치가 주변의 다른 장치에 Request프로토콜을 전송하였지만, 일정시간동안 응답을 받지 못한 경우에 TMS는 Flow Chart에 준하여 동작한다. 프로토콜의 처리 Flow Chart를 간단히 살펴보면 다음과 같다. 주변의 단말장치로 Request 프로토콜을 전송한 후 응답이 있으면 그 장치가 전송한 데이터를 읽어 들이고, 단말장치로 데이터를 전송하여 하나의 데이터 송수신 프로세스가 완료된다. 만약, 단말장치가 Request프로토콜에 응답을 하지 않으면 30회 동안 계속하여 Request 프로토콜을 전송하여 일정시간동안 응답을 기다린다. 장치로부터의 응답이 없으면 Train Bus나 단말장치에 장애가 발생한 것으로 판단하고 Broadcasting프로토콜로 전환한다. Broadcasting 프로토콜은 프로토콜을 구성하는 전송포맷에 수신대상을 지정하는 ID를 모든 장치가 수신가능 하도록 변경하여 주변의 단말장치로 전송한다. 이 프로토콜을 수신한 단말장치는 그 다음의 단말장치로 중계하여 전송한다. 이러한 절차에 의해 중앙장치는 일부 장치나 Train Bus에 장애가 발생한 상태에서도 전체 Train Bus로 장애를 확산시키지 않고 장애가 발생한 위치를 확인하고 추적할 수 있다.

- 1) Multicasting : 전송 또는 요청한 특정한 장치들만 받을 수 있는 프로토콜
- 2) Broadcasting : Multicasting과 달리 연결된 모든 장치가 받을 수 있는 프로토콜

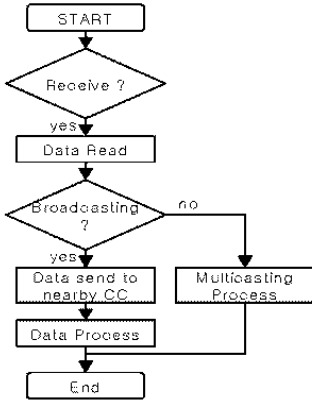


그림 4. Broadcasting Flow Chart

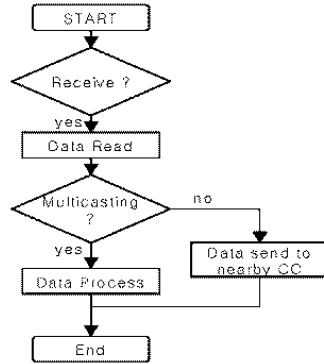


그림 5. Multicasting Flow Chart

## 2.2. 펄스 트랜스포머를 이용한 데이터 전송

그림 6에 통신부호에 대해 나타낸다. SCM(Network Card)보드에서 사용하는 고속 펄스 트랜스포머는 기존의 NRZ 및 NRZI 부호방법으로는 펄스 트랜스포머의 포화를 피할 수 없게 된다. 따라서, 포화되는 것을 피할 수 있는 방법으로 FM0, FM1 이나 Manchester 부호를 사용해야 하는데 본 SCM보드에서는 Manchester 부호를 사용하였으며 64 ~ 1024Byte Packet으로 통신하였다. 또한 E-NET보드는 Ethernet 통신(Manchester 부호)과 추후 고려될 광통신을 구현함으로써 보다 빠르고 안정적인 통신을 구현하도록 하였다.[1]

제작된 SCM보드 또는 E-NET보드는 1개의 차량 편성에서 1쌍씩 배치되며 각 쌍 마다 Main Line으로 서로 연결된다. 각 TMS의 단말장치 시스템은 MPU보드와 SCM보드로 구성되며 이 보드들은 VME BUS로 연결되어 있다.

DIU에서는 각 차량의 디지털 값을 수집하며 AIU에서는 아날로그 값을 수집한다. 이렇게 수집된 값들은 Main Line을 통하여 중앙장치로 전송되며 메모리 장치에 편집 저장된다.

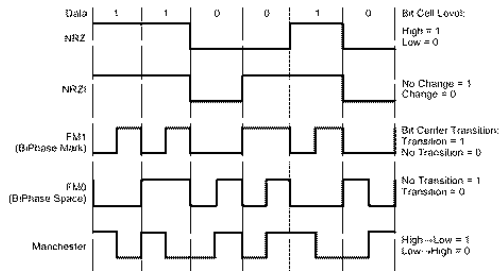


그림 6. 통신 부호의 형태

표 1. 워털프 차량의 TMS 전송방법

항 목	내 용
통신 방식	Modem 방식(Synchronous) 또는 Ethernet 방식
통신 속도	2Mbps 또는 10Mbps
통신 주기	50~100ms
전송케이블	Twist-shield Cable 또는 광 케이블
Topology	Ring Network
Protocol	HDLCT(High Level Data Link Control)
카대 Node 수	64개
Error Check	CCITT
데이터 수	32~1024Byte 또는 64Byte~1518Byte
OSI 7layer	OSI 7layer 모두지원
Coding 방식	Manchester 부호 방식
Transceiver	Isolated Transformer를 사용한 Transceiver 사용 또는 Ethernet + 광 변환기 이용

### 3. 시스템 구현

차량 전체의 시스템 구성도는 그림 7과 같다. TC는 TMS 시스템의 Master로 차량의 디지털 입력, 아날로그 입력 및 네트워크의 정보를 수집하여 시스템을 종합 제어한다. 또한 시스템 안정성을 위한 Fail-Safe기능과 Back-up 기능을 가지고 있다. CC1은 선두차 (Mcp)차량에 탑재되어 차량의 정보를 수집 및 제어하며 네트워크를 통해 TC에 정보를 전송하며 CC2는 중간차(M, T, Th) 차량에 탑재되어 각 차량의 정보수집 및 제어를 수행하며 CC1과 같이 네트워크를 통하여 TC와의 정보전달을 수행 기능으로 한다.

CC는 각 차량의 하부장치와 연계하여 통신을 수행하며 하부장치와의 통신은 RS485(4선식), 19200bps로 구성되어 있으며 장치의 중요성과 데이터 통신량에 따라 100ms 간격으로부터 1초 간격까지 분류되어 통신을 수행한다.

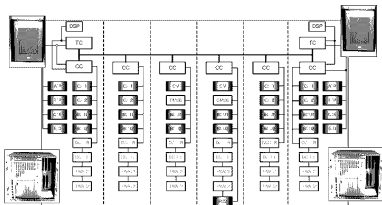


그림 7. 워털프 차량의 네트워크 구성도

그림 8은 TC 장치의 보드구성을 나타내었고, 각 보드의 외부인터페이스를 확인할 수 있는 하드웨어 블록도는 그림9와 같다.

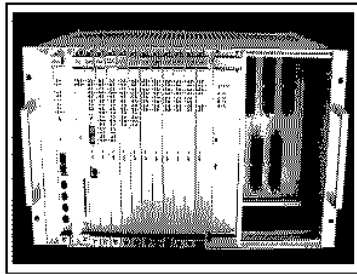


그림 8 . 중앙장치(TC)의 보드구성

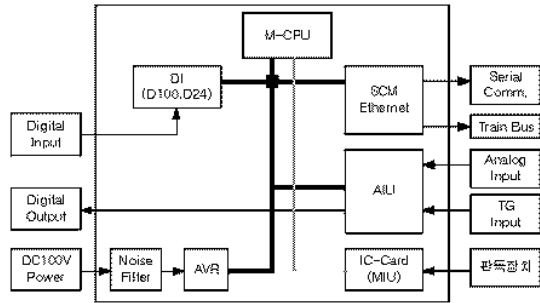


그림 9 . 중앙장치(TC)의 블록도

## 5. 결 론

고속화 열차의 TMS 시스템의 네트워크 구성방법 및 구현기술에 대해서 논했다. 차량 데이터 통신의 안정화 및 고속화에 따른 신호처리 방법에 적합하도록 링 네트워크 방식의 통신 네트워크를 구성하였다. 실험된 네트워크 구성방법은 기본적으로 전기적인 특성에 의존적인 Train Bus의 장애시에도 정상적인 차량운행을 보증할 수 있음을 확인할 수 있었다. 그러나, Train Bus의 전기적인 특성으로 인한 통신 속도의 한계 및 외부 노이즈에 대한 영향 등은 여러 가지 한계를 나타내었다. 이로 인해 펄스 트랜스포머를 이용한 통신라인을 구성하여 실험하였으며 추후 신호의 안정화를 위해 광케이블을 이용한 Ethernet 통신방식으로 변경하여 10Mbps 또는 100Mbps의 광통신을 구현함으로써 외부의 전기적인 영향을 최대한 줄여 안정성과 신뢰성에서 보다 나은 성능을 얻을 계획이다.

## 참고 문헌

1. 경량전철 시스템 기술개발 사업 연구결과 보고서 (2000), 건설교통부
2. 연준상(2004), "이더넷 통신을 이용한 전동차용 Network 시스템 구현", 대한전기전자학회, 충북직부
3. Rolling Stock & technology(1999), Jan, vol. 5-1 No.42 일본
4. 이은규, 조성주(2002), "경량전철용 열차종합제어장치의 개발", 한국철도학회, 추계학술대회