

통신망을 이용한 추진장치의 제어

이현두* 정만규 고영철 방이석
현대중공업(주) 마북리연구소

A Propulsion Device Control using Communication Networks

H.D. Lee*, M.K. Jeong, Y.C. Ko, L.S. Bang
Hyundai Heavy Industries Co., LTD

Abstract

This paper describes the characteristics of two methods about providing information needed for propulsion device control in train. The one is to use new way using the communication network for transmission of control information, the other is traditional way using hardwire connection.

And this paper describes the communication interface technique between TCMS(Train Control and Monitoring System) and VVVF inverter system with LonWorks network adapted to SMG line 6 which has been developed. With this technique, an inertia load test carried out for the traction control environment and it is expecting a field test at SMG line 6.

1. 서 론

최근 들어, 전동차량을 구성하고 있는 전장품들의 기술발전과 더불어 차량운행에 필요한 제어정보를 빠른 시간 내에 교환할 수 있는 통신시스템의 필요성이 부각되기 시작하였다.

90년대 초반까지 국내 전동차량내에 설치된 통신망은 실시간으로 전장품들의 동작을 감시하는 기능을 가졌다. 차량추진에 필요한 정보는 ATC(Automatic Train Control)^[1] 시스템의 제한속도, 차량의 현재 운행속도 등을 고려한 기관사의 주간제어기 작동에 의하여 전류지령치가 추진장치로 전달되고, 추진장치는 모터제어를 위한 추진력 및 제동력을 제어부에서 계산하여 모터를 제어하였다.

이러한 구성은 안전운행에 대한 유동성이 적고, 전동차의 정밀제어에 어려움을 주었다.

차량용 통신망을 이용하여 주요 전장품들을 감시 및 제어하는 방식을 사용한 시스템이 서울지하철 5호선부터 도입되기 시작하였다. 5호선의 경우, 추진장치가 통신망에 직접 연결되어 추진 및 제동 등 제어에 관련된 정보들을 전송하게 된다.

본 논문에서는, Hardwire 결선에 의한 추진장치의 구동방식과 통신망을 이용한 제어정보 전송방식의 특징에 대하여 기술하고, 신조로 개발된 전동차량에 있어서 차량 전체의 제어를 담당하고 있는 TCMS와 VVVF 인버터 사이의 정보 전송방식에 대하여 기술한다^[2].

2. 본 론

2.1 전동차량 통신망의 구성

전동차량에 설치된 통신망은 그림 1과 같이, Train Bus와 Vehicle Bus로 구분할 수 있다^[3].

Train Bus는 차량을 구성하고 있는 전장품들의 감시 및 제어를 담당하고 있는 TCMS들간의 정보교환을 위하여 설치되었다. 이 통신망은 90년대 초반까지만 하여도 차량에 설치된 전장품들의 동작을 감시하기 위한 기능을 갖고 있었으며, 그 이후 전장품들의 기술발전으로 감시 기능 이외에 제어기능을 추가하는 등 그 기능들이 향상되었다.

이 통신망은 multi-drop, 링형태 등의 구조를 가지며, 통상 수백 Kbps에서 수 Mbps급의 전송속도를 가진다.

Vehicle Bus는 각차에 설치된 TCMS와 전장품들 사이의 정보교환을 위하여 설치된 통신망이다. 이 통신망은 TCMS의 주기적인 폴링방식에 의해서 각 전장품들의 동작상황을 감시하는 기능을 담당한다. 주로 RS-485 방식과 20mA Current-Loop방식등이 사용되어지며, multidrop 혹은 점대점방식의 연결구조

의 형태로 수십 Kbps급의 전송속도를 가진다.

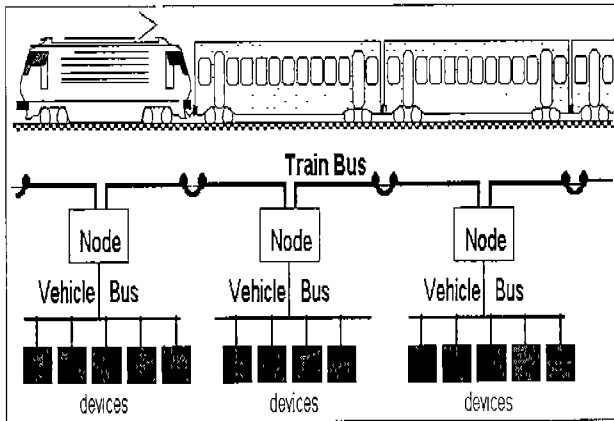


그림 1. 전동차량 통신망 구성

2.2 Hardwire결선방식의 전장품 구동

이 방식은 기존의 추진장치 구동방식으로, 운전석 주간제어기의 상태변화가 전압/전류값으로 추진장치로 전달되고, 이 신호를 사용하여 필요한 토크를 계산하고 모터를 구동시킨다.

이 구조는 제어기의 구조가 복잡하고 고장검지 및 유지보수가 까다롭다. 또한, 운전실의 명령에 따라 운행되므로 안전운전과 정밀한 제어가 어려운 단점이 있다.

2.3 5호선 전장품 제어

Train Bus를 이용한 주요 전장품들의 제어방식이 채택된 시스템이 서울시 5호선의 전동차량에 최초로 도입되었다.

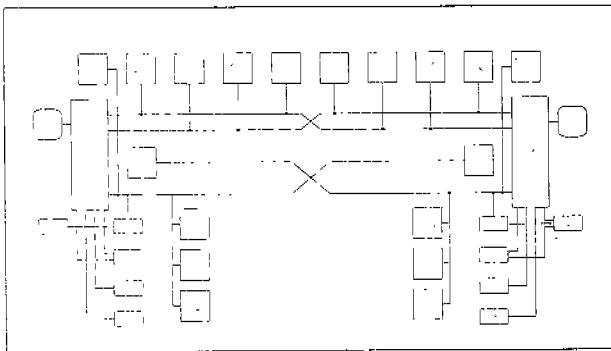


그림 2. 5호선 전동차량 시스템 구조

그림 2에서, 차량전체의 제어를 담당하는 선두차의 TC(Train Computer)가 차량의 CC(Car Computer)들과 IVDC(Inter Vehicle Data Communication)를 통하여 운행중에 차량의 감시 및 제어에 필요한 정보들을 전송하며, 차량이 검수고에 입고된 후에는 운행중 발생된 고장에 대한 정보를 전송한다^[4].

또한, 인버터 제어기 역할을 담당하는 LCUM과 보조

전원장치의 제어를 담당하는 LCUA(Local Control Unit Auxiliary)가 IVDC에 연결되어 TC로부터 추진/제동에 관련된 정보와 보조전원장치의 제어에 필요한 정보를 송수신하게 된다. IVDC는 153.6Kbps의 통신속도를 가지며, 50 ~ 100msec의 폴링주기를 가진다.

2.4 현대고유모델의 전장품 제어

그림 3은 서울시 6호선 차량에 현대고유모델을 탑재하여 시험할 차량 시스템의 구조를 나타내었다.

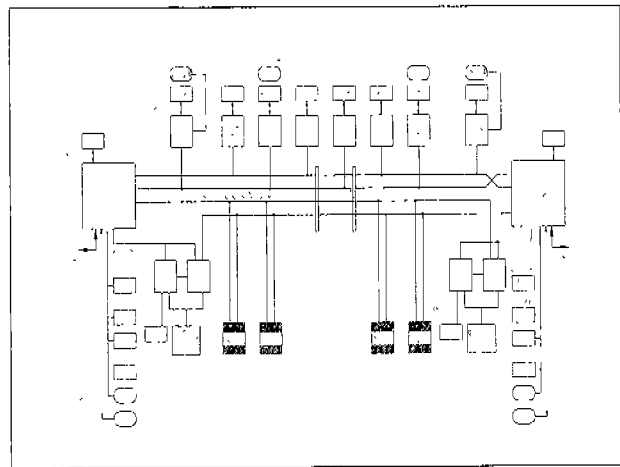


그림 3. 현대고유모델 시스템 구조

현대고유모델을 구성하고있는 주요 장치들의 기능을 살펴보면 아래와 같다.

CT1/2는 차량 전장품 및 운행에 관련된 정보의 감시 및 제어를 담당하는 것으로, 운전석의 설정에 따라 한쪽은 주 제어기, 다른 한쪽은 부 제어기의 역할을 한다. CC1~8은 각 차량에 탑재된 전장품들의 감시 기능과 주 제어기와의 정보교환의 기능을 담당한다. ATC는 지상의 차량제어장치와 함께 동작하며, 차량의 안전한 운행을 유지하기위한 속도신호명령을 차상 ATC에 제공한다. 이 신호는 ATC 안테나에 의해 수신되며, 속도제한, 인접트랙의 점유 등으로 인한 최적의 차량분리를 위한 차량 속도제한용으로 사용되며, 최악의 경우 차량의 과속으로부터 보호하기위한 기능을 가진다.

ATO(Automatic Train Operation)장치는 선로상의 규정된 위치에 있는 지상설비 장치로부터 정보를 받는 장치로서, 차량의 자동운전 및 무인운전기능을 제공한다. 또한, 보다 안전한 운행 및 승객의 편안함도 및 가장 이상적인 주행으로 시간과 에너지 절약을 목적으로 한다. ATO 장치는 운전사에 의해 수동으로 운전할 경우 역행/제동제어를 주간제어기를 이용하는 반면, 프로그램화된 절차에 따라 자동으로 역행/제동제어를 조절하여 자동/무인운전을 가능하게 한다. 또한 ATC장치와 상호동작하며, ATC 장치는

ATO장치의 명령에 우선하여 비상상황발생시 제동을 인가한다.

ATO장치는 시스템 감시 기능, 상태결정 및 동작 제어, 목표속도제어, 정밀정지제어, 고장처리, 상태 및 고장표시 등의 주요 기능을 가진다.

TWC(Train Wayside Communication)장치는 차량과 지상설비간의 양방향 통신링크를 제공한다. 이는 ATC, ATO 및 TCMS와 지상설비 장치간 정보전송을 위한 무선보편으로서 동작한다. 정보전송은 차량 상하에 설치된 안테나 및 지상역 플랫폼옴과 타지점에 설치된 안테나를 사용하여 송수신된 정보를 부호화함으로써 수행된다.

수동운전의 경우, 주간제어기의 추진/제동상태의 변화에 따라 CT는 차량의 여러 가지 동작 조건을 고려하여 VVVF 인버터로 추진력/제동력을 통신망을 이용하여 전송한다. CT는 인버터 제어기로 현재 차량의 운행방향, 차량 속도, 토크 기준값 등 인버터 제어기가 모터를 구동시키는데 필요한 모든 정보를 제공해 주고, 인버터 제어기는 이러한 정보들을 이용하여 최적의 조건으로 모터를 구동한다. 또한, 인버터는 Spin/Slide 제어, Converter 제어, 모터 각 축의 속도 측정 등을 수행하며, CT로 동작상태 및 차량의 운행에 필요한 정보들을 전송한다. CT는 이러한 정보들을 이용하여 차량 상태를 파악하고 운행조건을 생성하는데 이용한다.

이 시스템은 1.25Mbps의 전송속도를 가지며, LonTalk 프로토콜을 지원하는 LonWorks를 사용하였다^{[5][6]}.

LonWorks 통신망은 빌딩자동화 시스템, 산업자동화, 가정용 자동화 등에서 널리 사용되어지고 있으며, 최근 들어 교통 및 철도차량분야의 통신망으로도 많이 응용되어지고 있다^[7].

2.5 현대고유모델 인버터 통신 인터페이스

그림 4는 현대고유모델을 적용한 전동차량에서 TCMS와 VVVF 인버터 사이의 통신인터페이스 구조를 나타내었다.

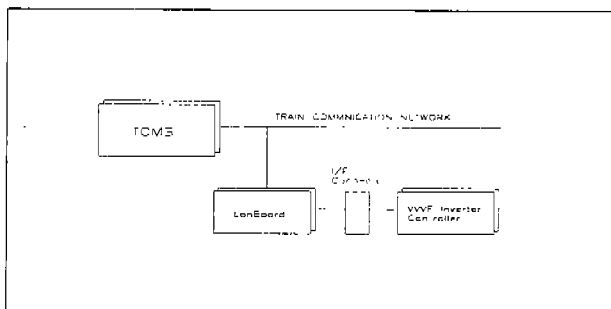


그림 4. 현대고유모델 인버터 통신인터페이스

VVVF 인버터는 LonBoard를 통하여 Train Bus에

연결되어 TCMS로부터 모터 제어에 필요한 정보 전송받고, 전송받은 정보에 대한 동작상황을 응답으로 전송한다. TCMS와 인버터들 사이의 전송주기는 100msec이며, 각 프레임내에는 2바이트의 통신 데이터를 검지할 수 있는 정보를 전송하는데, 이 정보는 200msec마다 변화하도록 하여, 일정한 주기동안 상하간 데이터의 교환이 이루어지는 지를 확인할 수 있도록 하였다. 한 프레임의 정보량은 운전모드시 36바이트, 검수모드시 116바이트를 갖는다. 또한 TCMS와 인버터들로 브로드캐스팅(Broadcasting)방식으로 명령정보를 전송하고 각 인버터들은 순차적으로 명령정보에 대한 응답정보를 전송한다.

프레임내에서, 상호 연관성을 갖는 신호에 대한 처리는 동일한 값을 가지는 경우 논리오류처리를 실행하였다. 예를 들어, 방향설정신호의 경우 CT1방향과 CT2방향이 동시에 설정되어 있는 경우 논리오류처리함으로써, 그 때의 프레임은 무시한다. 또한 전압이 인가된 후 통신상의 연결이 이루어지지 않은 경우에는 인버터 제어기로 그 상태를 알려준다.

이러한 시스템 구조를 적용하여 현대중공업(주) 동성부하시험실에서 현대정공과 공동으로, TCMS와 VVVF 인버터 및 주요 전장품들과의 종합연계시험 결과들을 아래에 나타내었다.

그림 5는 수동운전모드시 ATC 신호가 35인 경우 제한속도를 초과한 상태에서 ATC가 FSB를 인가하고, 그 상황에서 인버터 추진/제동력 및 가선전압, 모터 입력전압등을 측정된 결과이다.

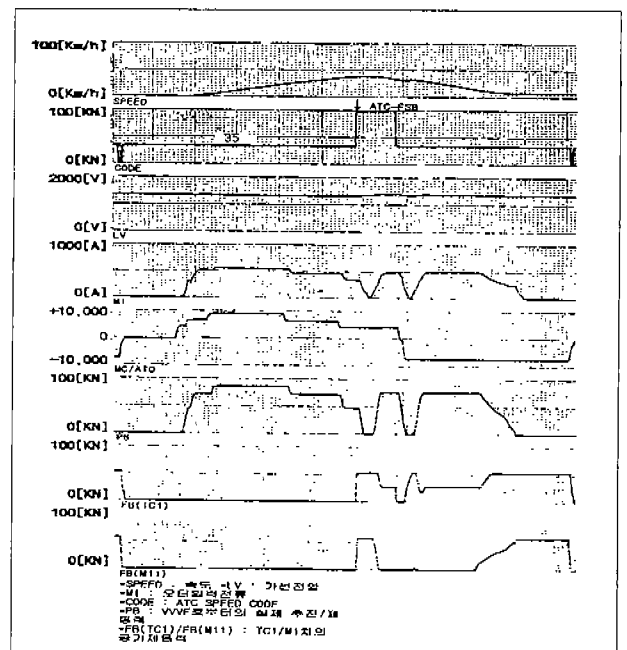


그림 5. 수동운전모드 35code 과속 시험

그림 6은 자동운전모드상태에서 주간제어기의 설정을 변경하였때 각 신호들의 변화를 측정된 결과이다.

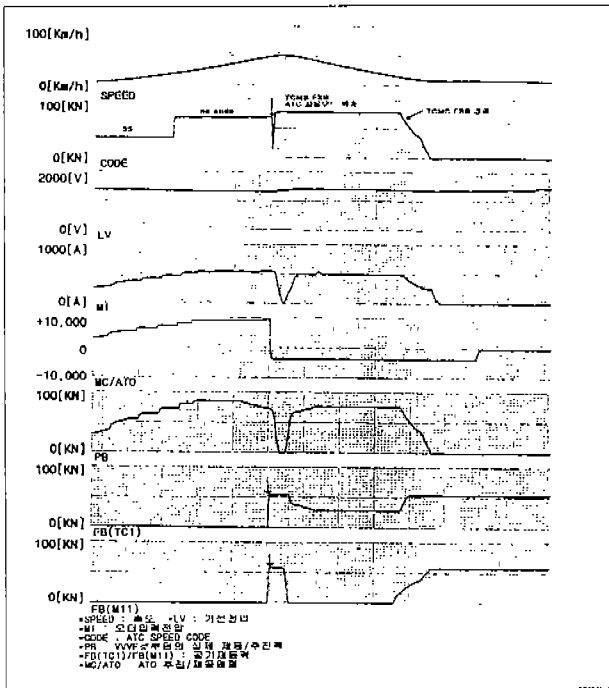


그림 6. 자동운전모드 주행중 Mascon 이동시험

그림 7은 자동운전모드에서 ATC 속도 code가 70, 55, 45, 60 등으로 변화되고 이때의 추진/제동력이 전송된 경우, 인버터 제어기에서 측정된 동작파형이다.

그림에서 보듯이, 인버터는 속도 code의 변화에 따른 추진력의 변화에 모터제어를 위한 가선전류, 실효치 전류등의 신호들이 명령정보에 대하여 적절하게 동작함을 볼 수 있다.

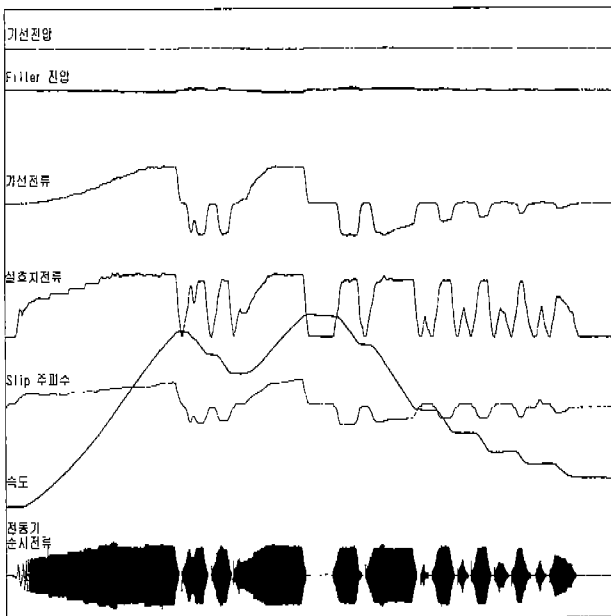


그림 7. 속도 code변화에 따른 인버터 응답파형

이상의 시험결과들에서, 최초 인버터의 평균응답시간은 44msec가 걸렸으며, 추진 및 제동력의 정밀제

어가 가능하였다. 또한, 명령정보에 대한 VVVF 인버터의 응답정보를 실시간으로 전송할 수 있으므로, 차량운행의 감시 및 제어에 많은 도움을 준다.

3. 결 론

서울시 5호선을 시작으로, 추진장치의 제어방식이 Hardwire 결선에 의한 구동방식에서 차량추진에 필요한 정보들을 고속의 통신망을 통하여 전송하는 방식으로 변화되었다. 이러한 방식은 추진장치 제어기의 구성을 간편하게 하였고, 차량 결선수의 감소로 설치 및 유지보수 비용의 절감효과를 가져왔으며, 차량의 안전운전을 보장해 주며, 추진 및 제동에 대한 정밀한 제어를 이룰 수 있었다. 또한, 전장품들의 다양한 시험과 고장검지 및 고장에 대한 대처시간이 빨라져 안전하고 쾌적한 승객수송에 큰 도움을 주었다.

향후, 전동차량을 구성하고 있는 시스템의 일부분으로서, 전동차량의 특성과 운행환경을 고려한 고신뢰성의 통신망 설계에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

본 과제는 현대정공(주)와 공동으로 수행중인 과제임.

참고문헌

- [1] 현대정공, "ATC/TWC/ATO 장치", 서울시 5호선 정비 지침서, 제 XIII 권, 1996.
- [2] Hidetoshi Homma Tomoya Shirakashi, "The Application of Intelligent Technology to Train Information Management Systems", Mitsubishi Technical Reports, 1991.9.
- [3] IEC TC9 WG22, "Train Communication Network", IEC(CD) 332 Part I ~ VI, IEC, 1994.
- [4] L. Sandberg, "인천지하철 제어 및 통신", ABB 기술사양서, 1996.2.
- [5] 이현두, 이수병, 김명찬, "철도차량 및 산업용 시스템의 네트워크에 대한 연구", 현대중공업 연구보고서, 1998.12.
- [6] Echelon Corporation, "LonTalk Protocol Specification", Version 3.0, Doc No. 078-0125-01A.
- [7] Pradip Madan, "Interoperable Networked Control for Rail Transit Systems with LonWorks Technology", Echelon Corporation.