

전기식 틸팅차량 열차제어시스템 기술개발 연구

*이수길, 한성호, 송용수, 한영재, °이은규, °전병진
한국철도기술연구원 기존철도기술개발사업단, °우진산전

The Study of Train Management System Design for TTX(Tilting Train eXpress) EMU

Su-Gil Lee, Seong-Ho Han, Yong Soo Song, Young-Jae Han, °Eun-Kyu Lee, °Byoung-Jin Jeon
Korea Railroad Research Institute, °Woo-Jin Co. Ltd

Abstract - 기존노선을 이용한 고속화 신기술 개발사업 과제를 수행하여 증장거리 및 도시간의 교통해소를 위해 중고속 철도차량을 개발하여 최고속도 180km/h의 속도로 운행할수 있는 차량의 개발에 있어 핵심 진장품인 열차제어진단장치를 국산화하여 수입대처효과 및 기술개발에 기여하고 있다.

1. 서 론

철도는 안전성, 대량수송, 고속, 에너지절약, 적정성과 환경문제에 대해 장점을 가지는 대중교통 수단으로써 각국의 초미의 관심사로 떠오르고 있다. 특히 전기철도는 최근 가장 각광받는 교통수단으로 부각되어 대량, 고속수송이라는 철도 고유의 장점을 유감없이 발휘하고 있으며, 프랑스, 독일, 일본 등의 국가를 중심으로 전기철도의 고속화, 경량화, 에너지절약 등에 대한 연구가 경쟁적으로 추진되게 되었다.

현재 철도청 철도기술연구개발사업의 일환으로 개발되고 있는 TTX 기존선 고속 틸팅열차(Tilting Train eXpress EMU for Conventional Railroad)의 시제편성은 2유니트-6량으로 구성하였다. 각 유니트는 3량으로 독립된 추진 시스템을 설치하고 있다. 한편 확대편성은 3유니트-9량 및 4유니트-12량으로 구성된다.

1유니트는 3량으로 즉 구동차 2량과 부수차 1량의 2MIT 구조로서 최근에 선진 EMU 차량에서 시스템을 구성하는 기술이다. 그림 1은 개발차량의 편성구성도이다. Mcp 차량은 동력차 및 차량제어와 판토틀라프로 구성된 차량이며, M 차량은 동력차이며 T 차량은 객차이다.

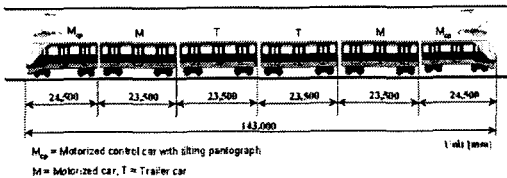


그림 1. TTX 차량 편성도

열차추진성능은 시스템 요구사항을 만족해야 하며, 최고운행속도 180km/h의 주행이 가능해야하고, 최고운행속도에서 0.07m/s²이상의 여유가속도를 확보해야 하며, 단 7%이상의 오름 구배를 주행할 수 있어야 한다. 이를 위해 충분한 열차 추진력을 확보할 수 있는 견인전동기 성능을 갖출 수 있도록 시스템이 설계되어야 한다.

- 1) 열차속도 : - 최고운행속도 : 180 km/h
- 설계최고속도 : 200 km/h
- 2) 편성 :

- 시제편성(6량) : Mcp+M+T1+T2+M+Mcp
 - 확대편성(9량) :
Mcp+M+T1+M+M+T1+T2+M+Mcp
- 여기서 Mcp : 제어구동차차 (Motorized Control Car with Tilting Pantograph)
M : 구동차 (Motorized Car)
T1, T2 : 부수차(Trailer)
- 3) 열차중량(W2) : 기본편성 344톤 이하
9량 확대편성 516 톤 이하
 - 4) 추진성능 : 상용최고 속도 시 0.07% 이상의 여유가속도를 가지거나 또는 7% 이상의 구배를 주행할 수 있어야 한다.
 - 5) 차륜경 : 신차륜 860 mm
성능계산 820 mm(반마모)

6) 주행저항
주행저항을 산출하기 위하여 철도청 디젤동차 주행저항식을 차량시스템 엔지니어링 기초연구를 수행하기 위하여 다음과 같이 철도청 디젤동차식을 사용하였다.

$$R(Kg) = A + B \times V + C \times V^2$$

$$= 2.5 + 0.0186 \times V + \{(0.0269 + 0.0079(n-1)) \times V^2\} / W$$

여기서 A : 2.5, B=0.0186×V, C =
 $\{(0.0269 + 0.0079(n-1)) \times V^2\} / W,$
 W : W2(normal load, Kg),
 V : 열차속도(Km/h), n= 차량 수

주행저항식은 개발되는 기존선 고속 틸팅열차의 추진 및 제동 시스템의 연구를 위하여 사용하여 연구를 수행하고 TTX 차량의 시제차를 제작하여 시운전 시험을 통하여 새로운 주행저항식이 정의될 것이다.

2. 본 론

2.1 열차제어진단장치

열차제어진단장치는 차량에 탑재된 주요 기기의 동작 상태를 항상 감시하고, 차내 장비의 집중제어와 중요고장 발생 시 고장정보 기록과 모니터장치를 통해서 실시간으로 고장처치 안내를 운전사에게 제공되어야 한다. 열차제어/진단장치는 차량의 TC Car에 Train Computer, Car Computer1(CC1), Display Unit(DSP)이 탑재되며, 중간차에는 Car Computer2가 탑재되며, 차량간 통신은 10M bps E-NET으로 결합하여 차량간 정보를 전송하므로 실시간의 정보를 TC에 전달하여 운행중 고장 및 검수의 효율성을 향상시킨다. 운전사가 열차의 운행조건을 평가하고 운행에 필요한 조치를 취할 수 있도록 운행지원을 하며 승객들에게 편리한 서비스를 제공하며, 장비의 유지보수와 점검을 신속하게 할 수 있도록, 운전사 지원, 검수지원, 고장 원인 해석 지원 등의 기능을 실현한다. 또, MONITOR 표시기는 TFT color LCD 방식의 DISPLAY로 압력식 TOUCH PANEL을 사용하

고 있다. 8 Mbyte의 IC CARD READER/ WRITER가 내장되어 있어 차상 DATA를 지상으로 전달하는 매체인 IC CARD에 기록된다.

각 Mode간의 전환을 그림2 에 표시한다.

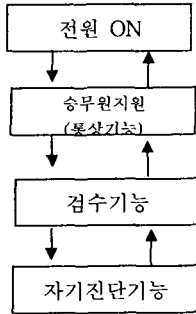


그림 2 Mode전환도

전원투입시에는 TCMS는 통상Mode로 된다. 이후, 통상Mode ↔ 검수지원Mode 및 통상Mode ↔ 자기진단Mode의은 그때의 표시기로부터의 Key입력에 의하는 것으로 한다. 또한, 열차의 주행중에는 통상Mode만이 선택될수 있도록한다. 이 때문에 열차의 운행중에 통상Mode로부터 다른Mode로 전환 할 수 없도록 하여야한다. 이 조건 판단은 HCR ON에의해 행한다. HCR OFF의 경우는 검수지원Mode 또는 자기진단Mode로는 전환 할수 없는 것으로 한다. 한편, 검수지원Mode또는 자기진단Mode로부터 통상Mode로의 전환조건은 DSP로 부터의 key입력으로 하고 그외에는 설정하지 않는다.

시스템 구성도를 다음 그림에 나타내었다. 본 시스템 구성의 특징은 아래와 같다.

-TC(Train Computer)가 2대, CC(Card Computer)가 6대, DSP(Display Unit)가 2대

통상기능에 관해서는 기본적으로 선두(HCR ON)TC Car가 동작을 실시한다. 또, 선두 TC가 고장 시에는 선두 CC1가 Backup 하고, 후두차(TCR ON)측 TC, CC로부터의 Back Up은 하지 않는다. 그러므로 선두 TC, CC1의 모두 고장 시에는 통상기능은 동작하지 않는다. 그리고 후두차의 TC, CC1 모두 고장이나도 선두차의 TC, CC의 둘중 하나가 정상으로 동작하며 통상기능을 동작시키는 것으로 한다. 통상기능에 있어서 IC Crad로의 기록에 대해서는 Operational Data, Driving Data을 HCR ON측 운전대에서 기록 하는것이 가능하다. 검수 자기진단기능에 관해서도 HCR ON측의 운전대에서 기능을 실시하고. 또 IC Card로의 기록에 대해서도 PDT Data, Daily Inspection Data, Monthly Inspection Data를 HCR ON측 운전대에서 기록하는 것으로 한다. 기기 고장시의 상태정보(Logging Data)에 대해서는 각 기기 측에서 기록되고 있다. IC Card 으로의 Download는 HCR ON측의 운전대에서 하는 것으로 한다.

화면 표시에 대해서는 선두(HCR ON)측, 후미(TCR ON)측에 같이 표시하는 것으로 하고. 양 운전대에 있어서는 각각 독립하여 화면 선택이 가능한 것으로 한다. 단 후부 운전대의 화면은 기본적으로는 [표시]만 하고 기능천이, 제어지시, 설정치, 입력, 지시 응답, 등, System의 동작에 영향을 주는 조작은 일절 할수 없다. 주전송로 상의 친국은 1호차 TC로 하고. Backup을 0호차 TC로 한다.

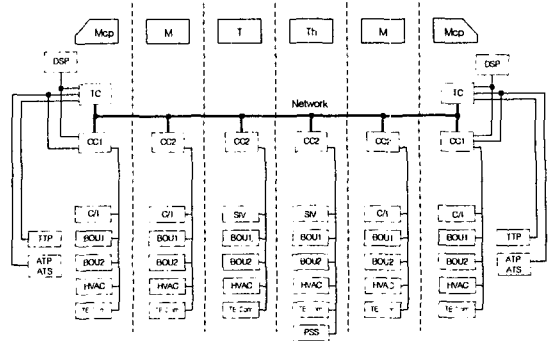


그림 3 TMS 인터페이스 구성도

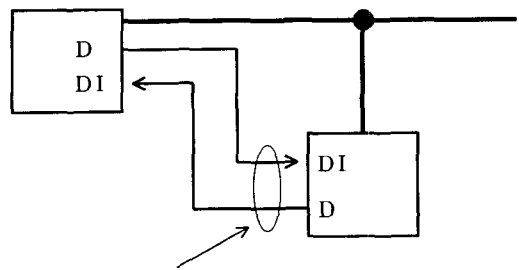
2.2 시스템 백업 기능

2.2.1 TC Backup기능

본 System에서는 양 Tc차에 있어서 TC를 CC1이 Backup 하는 형태로 2중계를 구성하고 있다. Backup할수 있는 기능은 기록기능을 제외한 통상기능으로 하고 통상기능을 Backup 하기 위해서는 필요한 입출력을 TC와 CC1의 양 장치에 사용한다. TC에서 CC1으로의 절환은 자동적으로 행해진다. 이 절환 처리는 아래의 조건에 의한 것으로 한다.

- TC ↔ CC1간에는 상시 상호 동작감시를 실시한다.
 - 동작감시는 Flag감시방식으로 한다.
- Flag감시방법으로는 상대가 Flag를 ON/OFF(반전)한 것을 확인한시점에서 자기의 Flag를 ON/OFF(반전)하는 방식을 말한다. 결국 초기상태에서 자신/상대의 Flag를 0으로 하고 또, Primary를 TC로 하면 먼저, TC가 Flag를 1로하고 이를 감시하고 있던 CC1이 자신의 Flag를 1로 한다. 이것을 받은 TC는 Flag를 0으로 한다. 이것에 의해 이번에는 CC1이 Flag를 0으로 한다. 게다가 또, TC가 Flag를 1로 한다. 이 동작을 상호 계속해 가는 방식이다.

- Flag를 주고받는 것은 입출력(DI/O)로 사용한다.



Flag감시용 입출
그림 4 Flag감시방식

- Flag를 주고받는 것은 입출력(DI/O)로 사용한다.
- 자신이 Flag를 ON/OFF함에도 불구하고 상대측이 Flag의 ON/OFF를 하지 않을 경우에는 상대측 기기가 고장난 것으로 판단한다. 더욱이 이 판단시간은 200ms로 한다.
- CC1가 TC의 고장을 검지 한 경우에는 그 기능을 행한다.
- 절환처리는 TC로부터 CC1로의 절환으로만 한다. CC1로부터 TC로의 절환은 금지한다. 또한, CC1에 의한 TC의 Backup처리는 외부에의 출력(DO출력, Train BUS로의 출력, 각기기에의 전송출력)을 제외하고 상시 실시되고 있는 것으로 한다. S/W적으로는 상시출력처리

까지는 실시하고, H/W적으로 출력을 금지하는 방법을 취한다. 결국, 입력처리(전송에 의한 입력을 포함)는 상시 실시 하도록하는 것으로서 TC Down시의 CC로의 절환후 CC1은 초기화 처리 등의 지연이 생기지 않고 이들로 동작이 할 수 있는것으로 한다. 단 TC에 이상이 발생하고부터 CC1으로의 절환을 하기까지의 시간(판단 시간 200ms+Relay 동작 시간 약 20ms)은 일시적으로 TMS의 동작이 정지하는 것으로 된다.

2.3 시스템간 인터페이스 사양

통신대상 인터페이스 장치는 VVVF 장치, SIV 장치, Brake 장치(BOU), PSS장치, ATP 장치, TE Com, HVAC 등 이 있으며 이 장치들은 다음과 같은 인터페이스 사양을 가진다

프로토콜 사양

- RS-485, Twisted pair shield wire(일 대 다중), 전송속도 : 9600 bps ~ 19600 bps, 시작비트:1비트, 캐릭터비트 8비트, 패리티비트 : 1비트(짝수 패리티), 정지비트 :1비트

- CAN 통신, Twisted pair shield wire(일 대 다중), 전송속도 : 9600 bps ~ 38600 bps, 프레임의 시작 (SOF : Start Of Frame) 필드 ; 디폴트 "0", 중재 필드 (Arbitration Field) ; 11 비트, 제어 필드 (Control Field) ; 6 비트, 데이터 필드 (Data Field) ; 0 ~ 8 Byte, CRC 필드 (CRC : Cyclic Redundancy Check) ; 17 비트, ACK 필드 (ACKnowledge Field) ; 2 비트, 프레임 종료 필드 (EOF : End Of Frame Filed) ; 7 비트

표 1 TMS 시스템 통신사양

	전기적 I/F	BaudRate
ATP	RS-485	38,400
SIV	RS-485	19,200
BOU	RS-485	38,400
CTE	CAN-BUS	19,200
	RS-422	
C/I	RS-485	38,400
PSS	RS-485	19,200
HVAC	RS-485	19,200
TTP	RS-485	38,400

기능분석과 System개발을 위해서 자료수집과 Car computer내부의 통신 Board연산 및 제어 Board개발의 중심인 Hardware 및 Software작성을 위한 System기능을 확정하는 작업과 통신 Protocol을 확정하여 기능별 처리순차를 기록하고 Software Coding작업을 수행 가능하도록 분할하여 설계되었다.

TMS의 기능을 크게 분류하면 H/W와 S/W로 분류할 수 있으며 TCMS의 경우 Software의 작업이 60%정도를 차지한다고 볼 수 있다. H/W의 경우 Car Computer와 Train Computer Unit으로 구성되어있으며 제어부인 DSP소자를 장착한 제어 보드설계와 고속통신을 가능케 하는 통신 BOARD구성, 각종 외부장치들의 상태를 검지하기위한 A/O보드, 외부의 Analog Signal을 변환하는 A/D변환보드, 전원 및 Signal 전송을 담당하는 VME Board 및 전원장치로 구성되어있다.

3. 결론 및 향후연구계획

기존노선을 이용한 고속화 신기술 개발사업 과제를 수행하여 중장거리 및 도시간의 교통해소를 위해 중고속 철도차량을 개발하여 최고속도 180km/h의 속도로 운행할 수 있는 열차제어진단장치 설계에 관한 연구를 수행하였다. 설계를 위해 System 엔지니어링에서 계산된 각종 기능을 토대로 Interface자료를 작성하고 제어해야하는 범위와 System한계를 정립하고 각 기능간의 제어진단 항목을 설정하였으며, 각 장치와 관련한 Interface 및 기타장치의 정보를 제어 진단하는 Protocol을 설정하였다. 또한 VME board의 적용으로 확장의 편리성을 도모한다. 또한 Car computer와 Train computer의 Board와 관련하여 Core기술과 Board를 공유하여 설계하므로써 System의 공용화를 도모하며 Car computer간의 통신기능을 강화하여 고속통신으로 장치의 정보 교환이 Network System의 신속한 제어와 진단정보를 통하여 기기들 간의 정보의 정확성 및 신속성을 확보하고자 한다.

참고문헌

- [1] 시스템통합 및 총괄, 철도기술연구원, 2003
- [2] 열차제어진단장치 실용기술개발, 우진산전, 2003
- [3] 호남선 전철화 타당성 조사 및 기본 계획, 한국철도기술연구원, 2001
- [4] 기존선 고속 열차 차량 시스템 요구사항, 한국철도기술연구원, WBS No : 2100-D001 Rev.A