

제목고속열차(KTX) 차량명령제어데이터 분석
DATA structure analysis of KTX command & control electric system

김형인* 정성윤** 김현식*** 정도원 **** 강기석
Kim, Hyeong-In Jung, Sung-Youn, Kim, Hyun-Shik, Jung, Do-Won, Kang, Ki-Sok

ABSTRACT

It has been 5 years since KTX high speed train was operated by KORAIL in Korea in April 2004. As for KTX train, France TGV was optimally renovated to make it, considering Korean geographical and environmental features. The research and development about KTX make it possible that train's exterior device design has the original design capability but, KTX train control & diagnosis design remains in the level of imitation. In order to analyze KTX train's diagnosis & control data, there are a collection method, using VME analysis device and method of analyzing control data structure and the operating and design capability about train control & diagnosis device should be secured. As the various high speed trains are operated in tracks, high speed train's safety driving and reduction of expense are necessary, by preparing in advance various train diagnosis & control which is indispensable to train operator. With the simplified train diagnosis & control design, Korean type high speed train's manufacture capability and operating capability should be improved and Korea's international status as a nation of operating high speed train should be established.

국문요약

2004년 4월 우리나라에 고속열차를 운행한지 5년이 되었다. 프랑스 TGV열차를 한국형 지형과 환경에 최적으로 개량한 열차가 KTX열차이다. 고속열차에 대한 연구와 개발로 차량의 외형적장치 설계는 독자적인 설계 능력을 갖추었으나, 고속열차 열차제어진단장치 설계는 모방의 수준에 머물러 있다. KTX의 열차의 진단제어데이터를 분석하기 위해 VME 분석장비를 사용하여 수집하는 방법과 제어데이터구조를 분석하여, 열차제어진단장치에 대한 운용능력과 설계능력을 갖추어야 한다. 다양한 고속열차가 선로에 운용됨에 따라 철도운용자에게 필요한 다양한 열차제어진단에 대한 사전 대비를 함으로서, 고속열차 안전운행과 운용경비 절감을 위해 필요하다. 단일화된 열차제어진단 설계로 한국형고속열차 제작 능력뿐만 아니라, 운용능력 향상으로 고속철도 운영국가로서 위상이 확립되어야 한다.

저자 : 비회원, 코레일 수도권철도차량관리단, 고속전기팀, 연구원,

E-mail : khtsmgmc@unitel.co.kr, TEL : (031)815-1525

* 비회원, 코레일 고속전기팀

** 비회원, 코레일 고속전기팀

**** 코레일 철도연구원 기술연구팀

1. KTX 차량 소프트웨어

KTX 차량소프트웨어 기본구조는 VME보드의 마이크로프로세서에 의해 실행되는 소프트웨어와 ‘고장 수리 가이드’ 인터프리터(Interpreted) 소프트웨어로 구성된다. 지능적 VME보드의 마이크로프로세서에서 실행되는 소프트웨어는 차량기능소프트웨어 108종과 기능소프트웨어가 실행되는 기반이 되는 하드웨어 동작용 시스템소프트웨어가 있다. KTX 차량의 명령제어데이터는 저전압라인으로 전달되는 입출력신호와 시리얼통신라인으로 전송되는 입출력신호 그리고 아날로그 형태로 전달되는 아날로그신호가 있다. 차량기능소프트웨어에서 처리되는 데이터 종류는 프로세서에서 사용되거나 만들어지는 데이터로 내부 데이터, 입출력데이터, 시리얼데이터 및 통신데이터가 있다. 이진논리데이터(binary logic data : 수치데이터 제외)의 동작상태는 PRESENT와 ABSENT인 값(동작여부)을 가지고 있으며, available와 unavailable인 가용성(해당프로세서사용)의 형태를 갖는다. 차량 동작상태 데이터는 정보단위는 1 μ s신호로 구분되고, 처리장치와 데이터 구조에 따라 1ms ~ 1000ms사이 tick time으로 전송되기도 한다. 이런 동작상태 데이터는 각각 차량컴퓨터 중앙처리메인보드에 의해 감시제어 되어, fail-safe system으로 안전예방 및 성능보장에 최적화 된 열차명령제어시스템으로 동작하고, 각각 차량컴퓨터 동작데이터는 다른 차량컴퓨터로 차량상태 데이터를 전송하거나, 다른 차량컴퓨터로 장치 상태 변화를 요구하는 데이터를 전송하기도 하고, 이런 모든 차량컴퓨터를 동력차컴퓨터가 열차컴퓨터네트워크를 관리하고, 열차명령제어시스템마스터로 동작한다.

1.1 소프트웨어구조 기본요소

1.1.1 차량기능소프트웨어

표 1 . 차량기능소프트웨어(일부)

팬터그래프 동작	동력차		
팬터그래프 고장처리	동력차		
전차선전압 감지	동력차		
:			
견인계동전압회로구성	동력차		모터블록
견인요구처리	동력차		모터블록
:			
TALK BACK 시스템관리	동력차	객차	

1.1.2 하드웨어 시스템소프트웨어

표 2 . 시스템소프트웨어(일부)

VRTX32	실시간관리	Virtual Real Time eXecutive 32 bits
BSP	타이머,입출력,시리얼연결	Board Support Package
BSS	BSS보드통신	Bus Serie Specialise
XONXOFF	시리얼라인프로토콜핸들러	DUART via DLS
H69010	시리얼라인프로토콜핸들러	DUART via DLS
HBUS	시리얼라인프로토콜핸들러	DUART via DLS
IADC	처리장치관리인터페이스	Interface ADministration des Calculateurs
PIPE	VME 보드 내부병렬 통신	
XGUIDE	고장가이드관리실행	eXecutif de gestion du GUIDE
CST		la Couche de Service Train
BMLS	모터블록시리얼통신관리	BM Liaison Serie
DLS	시리얼라인드라이버	Driver Liaison Serie, DUART
ILDB	기본소프트웨어인터페이스	Interface du Logiciel De Base(VIC)
SGES	입출력관리	Systeme de Gestion d'Entrees Sortie

1.1.3 KTX 차량컴퓨터(MPU) 내외부버스 블록도

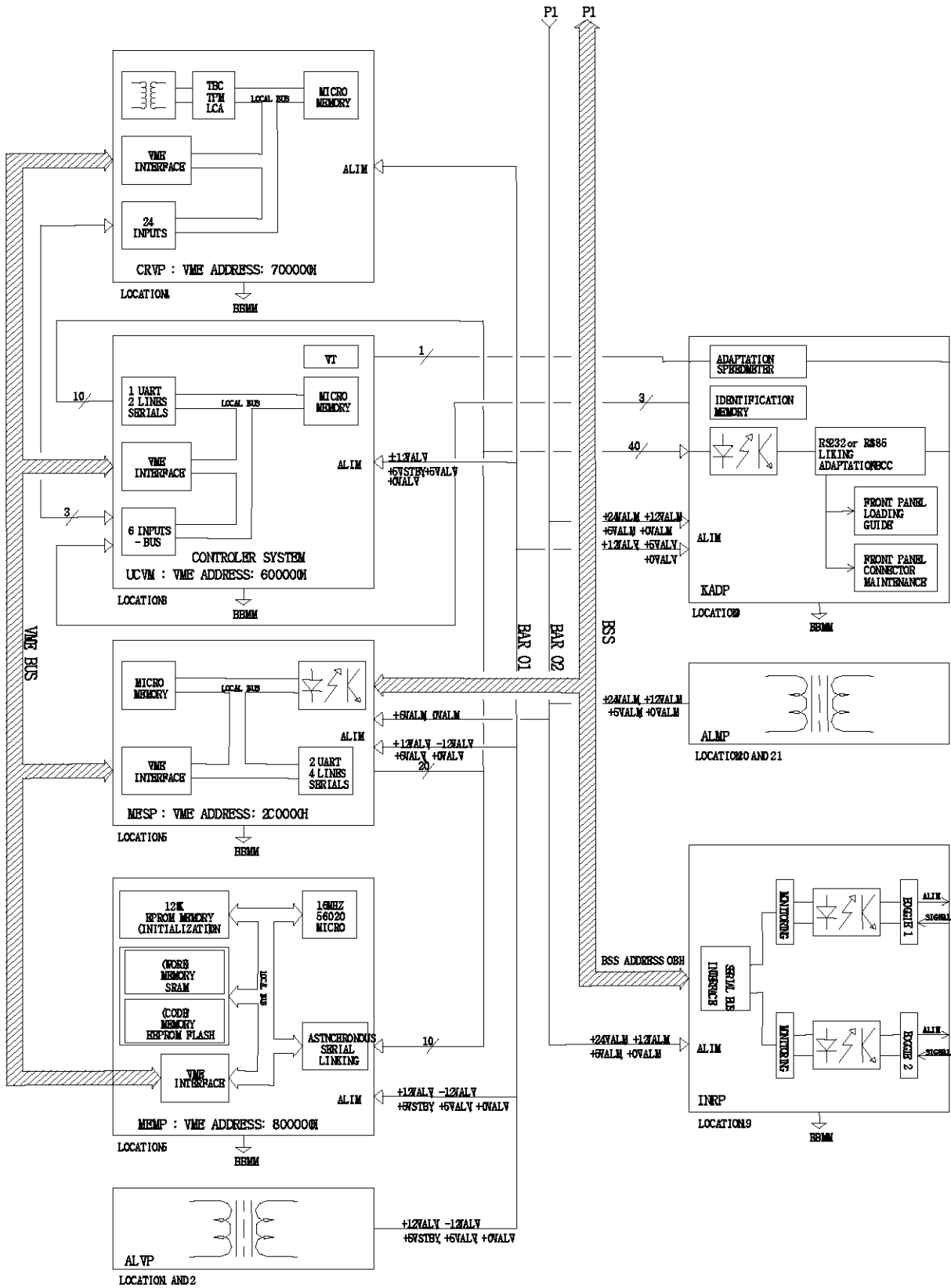


그림 2. VME/BSS보드 내외부버스 블록

1.2 차량로컬 저전압 입출력신호데이터

저전압제어선을 통해 입출력되는 이진입출력신호 개수 및 시리얼통신 채널수는 아래와 같다.

구 분	디지털입력	디지털출력			아나로그입력	시리얼통신	비 고
		계전기	트랜지스터	소 계			
MPU	232	26	16	42	3	5	
APU	45	8	7	15	1	1	
TPU	92	30	5	35	2	7	
소 계	369	64	28	92	5	11	

MPU 처리장치 아나로그 입력채널로는 대차불안정감지채널 2개, 속도입력채널 1개 등 3개가 있으며, 시리얼통신채널로 기관사지원터미널장치(TECA), 속도처리기록장치(ATESS), 무선데이터전송장치(MDT), 고장진단검수장치(DEP), 예비채널 등 5개의 채널로 되어있다. TPU 처리장치는 아나로그입력채널로 대차불안정감지채널 2개, 시리얼통신채널로는 공조장치(HVAC), 객차활주제어장치(TRAЕ), 고장간이표시장치(FDTR), 행선지표시장치(PID), 고장진단검수장치(DEP), 승무원직접기동제어팬널(TMC), 예비채널로 7개 채널로 구성된다.

1.3 차량기능소프트웨어 로컬데이터 그룹종류

KTX 차량컴퓨터에서 사용되는 로컬데이터그룹은 내부데이터, 이진데이터, 뉴메릭데이터가 있다.

구 분	내부이진데이터	통신이진데이터	뉴메릭데이터	비 고
MPU, APU	1197 (bin_locale)	196 (bin_reseau)	64 (num_reseau:30, num_locale:34)	1453
MBU	NA	27	2	29
TPU	522 (bin_locale)	191 (bin_reseau)	44 (num_reseau:21, num_locale:23)	757

1.4 열차상태변수(Train Table Index) 종류(STR3F 기준)

차량기능소프트웨어상에서 사용되는 데이터용 변수들의 종류를 구분하면 아래와 같다.

다른장치로 전송되지 않는 입출력변수, 내부 변수정보	다른장치로 전송되는 입출력변수 및 내부변수정보 MPU : (256/30), APU:(232/21),MBU:(31/2)	다른1#장치에서 수신된 입출력변수 및 내부변수정보	다른n#장치에서 수신된 입출력변수 및 내부변수정보

2. 차량간 통신데이터 종류

KTX 열차내 차량컴퓨터 네트워크는 ISO/OSI 표준모델 7계층 중 4계층으로 구성되어 있고, CRV보드가 자기 차례가 돌아 올 경우, 네트워크상의 하나 또는 여러 개의 CRV보드에 정보를 전달하거나, 다른 서브네트워크로부터 정보를 수신한다. 네트워크 전송모드는 연결모드와 비연결모드(데이터그램 모드)가 있으며 송신 및 수신시 우선순위에 의하여 전달 순위가 결정된다. 연결 또는 비연결 모드하에서 어플리케이션 메시지들은 시작지와 목적지에 대한 주소를 갖고 있다. 연결모드하에서 소스와 목적지에 대한 주소가 개별주소이지만, 데이터그램 모드하에서는 소스는 개별이지만 목적지는 개별 혹은 그룹이 될 수 있다. KTX 열차는 반편성단위의 차량컴퓨터를 연결하는 2개의 서브네트워크를 갖는다. CRV보드는 스테이션 또는 ES(End System)이라고, 각 CRV보드는 고유의 서브네트워크에 연결되어, 2개의 서브네트워크로 구성된다.

KTX TORNAD 데이터 구조는 열차편성 장치구성번호가 네트워크관리자에 의해 인식된다. 장치들은 서로 3개 바이트로 식별되는 장치와 추가로 3개 바이트로 식별되는 보드 식별자로 총 6바이트로 차량컴퓨터 장치식별자로 사용된다. 이 장치들은 크게 주컴퓨터(MPU), 보조컴퓨터(APU), 모터블록컴퓨터(MBU)와 18개의 객차마다 있는 객차컴퓨터 (2종류 타입, TPU01, TPU02) 네트워크 연결보드CRVP (ES/IS)와 CRVR(IS/GS), CRVB들이 196종 BINARY DATA(이진비트정보)와 30종 NUMERIC DATA(숫자정보)로 네트워크 정보를 송수신한다.

2.1 네트워크교환 주기교환

전송하고자하는 메시지는 개별, 그룹별, 열차별로 전송하고, 전송하고자하는 메시지에 우선순위를 주어 전송함으로써 수신장치에서 우선순위가 높은 메시지를 우선적으로 처리하고 있다.

2.1.1 송수신그룹

그룹번호	그룹명	그룹번호	관련장치
01	개별	04	TRAIN
02	그룹	05	RRTH
03	전체	06	TRH

2.1.2 장치그룹

그룹번호	관련장치	그룹번호	관련장치
0	MPU,APU,TPU,MBU	4	MPU, TPU, MBU
1	MPU	5	APU, TPU, MBU
2	APU	6	TPU, APU, MPU
3	MPU, APU		

2.1.3 데이터그램메세지 전송종류

전송형태	전송장치	수신장치	전송형태우선권	네트워크전송주기
A	MPU	모든 다른장치	A	100 ms
B	APU	모든 다른장치	A	100 ms
E	TPU	모든 다른장치	B	200 ms
F	MBU	TPU를 제외한 모든 다른장치	B	1000 ms

3. KTX 차량 데이터수집

KTX 차량에 사용되는 소프트웨어기능을 분석하기 위해 사용했던 분석 장비들은 하부장치시리얼통신 입출력데이터를 분석하기 위한 시리얼통신데이터 분석장비와 KTX 차량사이 TORNAD 열차통신데이터를 수집분석하기 위해 SPY보드 수집장비 및 분석소프트웨어를 제작하여 차량간 통신네트워크데이터 분석하고, 그리고 VME 보드와 BSS 내외부보드간 버스데이터를 분석하기 위한 VME버스 분석장비를 사용하였다. 금번 KTX 차량명령제어 데이터 분석에는 VME버스 데이터 수집분석 장비를 사용하였다.

3.1 데이터 수집장비 및 구성

- BusView VME analyzer 소프트웨어 및 노트북
- VME carrier Board & Serial protocol analyzer (버스 sampling 분석)

3.2 데이터수집 방법

- 차량컴퓨터제어랙 전원을 off 시키고, VME 예비보드 전방패널을 떼어내고, VME carrier Board를 삽입한다. 그 후 BusView VME analyzer 소프트웨어가 있는 노트북에 USB cable를 이용하여 VME carrier Board에 직접 네트워크를 연결한다. 제어랙 전원을 on 시키고, 이 후 소프트웨어 파라메타를 조정하고 데이터 수집을 준비한다. VME Bus, Link 트랙픽을 샘플링, 디스플레이, 저장을 시행한다.

3.3 VME 보드별 메모리맵

UCVM	CRVP	CRVR_IS	CRV_GS	MESP1	MESP2	MEMP
600000~ 6FFFFFF	700000~ 7FFFFFF	500000~ 5FFFFFF	400000~ 4FFFFFF	2C0000~ 2FFFFFF	280000~ 2BFFFF	A00000~ AFFFFFF

4. 데이터분석

- VME bus상에 존재하는 프로세서보드사이 데이터를 수집하였다. 중앙처리장치보드(UCV), 통신연결보드(CRV), 고장지원메모리확장보드(MEM), 입출력멀티플렉싱보드(MES)간에 공유하는 데이터를 수집하여, 차량제어랙간 송수신하는 이동데이터를 비교분석하였고, 동력차차량컴퓨터(MPU/APU), 추진제어장치컴퓨터(MBU), 객차컴퓨터(TPU)에서 발생하는 송수신데이터도 비교분석하였다.

4.1 TORNAD 네트워크분석프로그램

KTX 열차 P2 동력차 APU(보조컴퓨터)에서 발생한 통신데이터를 CRV_GS(라우터)보드로 전송하는 데이터를 수집한 데이터프레임의 한 부분이다. 데이터 발생시간은 2008. 12. 05 15h 11m 41.95s로 데이터그램모드로 각계층별헤더와 프레임데이터구조를 보이며, 계층별로 이동하는 프로토콜을 볼 수 있다.

```

-----Start 293 Frame -----
FE FE 03 81 1C 01 09 9C 00 C2 00 00 04 02 04 00 00 04 01 56 10 9C 09 84 00 00 00 C2 CD 01 02 07 40 C2 01 92 C1 01 92 45 56 EB 00 5F 29 08 0F 05
08 08 00 B2 07 00 C4 1E 12 41 00 14 00 00 40 00 00 40 00 00 00 00 00 00 00 00 00 03 D7 41 01 00 55 50 15 15 14 34 40 0C 00 00 41 50 00 01 00
54 10 03 40 00 00 00 00 00 00 00 00 FF FF FF FF FF FF FF FF 04 04 FF FF FF FF 00 00 FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF
FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF 61 54 33 41 40 40 40 40 40 40 40 28 B6 4C FD BC FF EA 53 DE BC D3
B3 74 18 BA 00
동작현재시간 : 2008. 12.05 15h11m 41.95s, MAC Destination Address : 00 00 FE 00 00 00, MAC Source Address : 9C 10 56 0A 00(KTX28, APU02)
-----LLC-----
FE FE 03 : DSAP : FE <OSI User & Individual DSAP>, SSAP : FE <Command>, Control : 03 <UI Command>
-----Network-----
81 1C 01 09 9C 00 C2 00 00 04 02 04 00 00 04 01 56 10 9C 09 84 00 00 00 C2 CD 01 02
Network Layer Protocol ID : 81 <IP Protocol>, Network Header Length : 1C, Protocol Version : 01, PDU Lifetime : 09
Type Code : 9C <DT PDU : Data Protocol Data Unit>, PDU Segment Length : 00 C2, PDU Checksum : Don't care, Destination Address Length : 04
Destination Address : 02 04 00 00(Unknown Group), Source Address Length : 04, Source Address : 01 56 10 9C (APU P02), Data Unit Identifier : 09 84
Segment Offset : 00 00, PDU Total Length : 00 C2, Option(Prameter Code) : CD <Priority>, Parameter Length : 01, Parameter Value : 02
-----Transport-----
07 40 C2 01 92 C1 01 92
Transport Header Length(not include this byte) : 07, UD : <Data in Datagram Mode>, Id TSAP(Transport Service Access Point) Destination : C2
Parameter Length : 01, Parameter Value : 92, Id TSAP(Transport Service Access Point) Source : C1, Parameter Length : 01, Parameter Value : 92

```

4.2 연결모드 데이터구조

어플리케이션에서 원격어플리케이션과 통신하기 위해서 트랜스포트계층에 요청하여 연결을 시도하고, 연결이 성공되면 데이터를 송수신한다. 연결모드로 주고받는 메시지 종류로는, 필요시 열차상태요구(MPU↔APU), 고장관리요구, 원격제어요구, PID테스트, PID쓰기, FDTR현시요구, 무선정보요구(MPU↔MPU), 고장수리 가이드검증 및 업로딩, 기술정보전송(MPU↔MPU) 등이 있다.

표 3. 연결모드 송수신데이터 (일부)

MAP어 드레스	APU	APU	APU	APU	TPU	-	-	-	-	-
	2.3xxxxs	2.350s	2.563s	2.630s	6.087s	-	-	-	-	-
7566D2	03	21	20	21	21	28	03	04	04	04
7566D3	40	4C	40	44	44	60	4C	4C	48	4C
7566D4	03	20	21	20	20	48	03	04	04	04
7566D5	00	44(D)	44(D)	44(D)	44(D)	-	00	01	00	00
7566D6	01	4D(M)	4D(M)	4D(M)	4D(M)	28	01	86	01	01
7566D7	86	53(S)	53(S)	53(S)	53(S)	70	86	A5	86	86
7566D8	A6	00	00	00	00	48	A6	-	A4	A1
7566D9	44(D)	18	19	19	1B	-	44(D)	03	00	00
7566DA	49(D)	5E	3A	DC	BF	28	54(T)	4C	-	-

4.3 비연결모드 데이터구조

어플리케이션은 원격어플리케이션에게 메시지를 전달하기 위해, 트랜스포트계층에 요청하고, 메시지를 전송한다. (MBU(모터블록컴퓨터) → MPU, APU)

표 4. 데이터그램모드 모터블록 송수신데이터(일부)

MAP어 드레스	MB1(P1)	MB2(P1)	MB5(R1)	MB6(R18)	MB2(P2)	MB1(P1)	MB1(P1)	MB2(P1)	MB5(R1)	MB6(R18)	MB2(P2)	MB1(P1)
	5A 742.124ms	4B 730.34ms	4D 764.478ms	5C 922.668ms	59 38.553ms	48 751.076ms	5A 2.752s	4B 2.727s	4D 2.766s	5C 2.918s	59 2.049s	48 2.761s
761798	2E	2E	2E	2E	2E	2E	2E	2E	2E	2E	2E	2E
761799	5A	4B	4D	5C	59	48	5A	4B	4D	5C	59	48
76179A	D5	D5	D5	D5	D4	D5	D7	D7	D7	D7	D6	D7
76179B	00	FF	40	DF	7D	46	00	FF	40	DF	7D	46
76179C	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
:	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
7617A9	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
7617AA	2E	2E	2E	2E	2E	2E	2E	2E	2E	2E	2E	2E
7617AB	60	70	40	4C	7C	6C	60	70	40	4C	7C	6C
7617AC	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
7617AD	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
7617AE	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
7617AF	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
7617B0	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
7617B1	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
7617B2	18	19	1A	19	19	18	18	19	1A	19	19	18
7617B3	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
7617B4	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
7617B5	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

5. 결론

KTX 고속열차 차량기능소프트웨어 108종과 하드웨어 기본 시스템소프트웨어를 중심으로, 소프트웨어에서 사용하는 열차상태변수를 분류하여, 현차에서 수집한 데이터와 비교분석하였다. 현차에서 사용되는 실제데이터를 수집하는 과정과 분석하는 방법이 국내에서 시행해 본 경험이 부족한 방법으로 분석방법과 분석소프트웨어를 개발하는 기본과정이 상당한 복잡하고, 많은 시간이 소비되었으나, 현차 실제데이터 구조가, 차량기능소프트웨어에서 기술한 이론적 내용과 상당히 적중하였다. 특히 다른 장치로 전송되지 않고 처리되는 데이터와 다른 장치로 전송되는 입출력정보와 내부변수정보가 통신데이터로 변환되어 차량간 상호 명령제어정보로 전송되는 것을 알 수 있었다. 열차안전운행에 관련 된 FAILED SAFETY

기능을 갖는 차량안전감시기능과의 인터페이스데이터와 열차속도 300 km/h 주행 할 수 있는 열차내 추진장치 명령제어장치간의 상호감시제어시스템의 인터페이스데이터 기능을 해석 할 수 있는 이론적 데이터를 분석했다는 데에도 상당한 발전을 갖는다. 처음으로 국내기술로 차세대 고속열차에 명령제어진단장치 기능이 선진 고속열차 운영국가에서 생산되는 고속열차와 향후 대등한 기술우위를 갖을 수 있는 계기가 될 수 있다고 생각된다. 고속열차를 구성하는 물리적 외형구조는 다른 고속열차 운영국과 기술적 수준이 동등하다고보고, 고속열차 차량명령제어진단장치 개발에 자신감을 갖는 계기로서, 이 분야 관심 있는 전문가들의 지속적인 연구진행으로, 향후 미래 고속열차제작 및 운영국가로서 발전하는데 기초가 되길 바랍니다.

참고문헌

1. 철도학회 춘계학술논문 “경부고속열차 네트워크시스템 데이터 분석방법 연구” (2008. 3. 코레일)
2. 경부고속열차(KTX) 제어네트워크 프로토콜 안정화 (2008. 12. 인터콘시스템즈(주))
3. KTX 차량컴퓨터제어장치개발 연구보고서(1차년도, 2006. 6. (주)로템)