

고속열차(KTX)제어시스템과 하부장치간 프로토콜 분석연구

A Study on protocol analysis between KTX control system and sub-devices

김형인* 정성윤** 김현식*** 정도원 **** 김치태***** 김동현*****
Kim, Hyeong-In Jung, Sung-Youn, Kim, Hyun-Shik, Jung, Do-Won, Kim, Chi-Tae Kim, Dong-Hyun

ABSTRACT

KTX control systems mutually control OBCS, ATC, MBU, TECA, MDT, ABU, HVAC, TRAE, PID and FDTR, KTX OBCS as master, and controls other sub-control devices as slave, using various serial lines.

In order to analyze physical structure of various serial link lines and mutual data transmission structure, serial line analyzer is used in many ways. To use serial line analyzer, prior and professional technics about High Speed Train and experience of using device are necessary.

In spite of difficult situation of space and environment where we work for maintenance of High Speed Train, in presenting basic structure about physical connection method acquired by sub-device serial line data collection and about communication data analysis, I hope that this research will be helpful for the person who work for similar area. Also, I hope that this research will help diagnostic work of High Speed Train, which is necessary for test run of independently developed High Speed Train.

국문요약

경부고속열차(KTX) 제어시스템은 차량컴퓨터(OBCS), 차상신호제어장치(ATC), 견인제동추진장치(MBU), 운전자고장안내지원장치(TECA), 유무선통신장치(MDT), 보조전원제어장치(ABU), 공조장치(HVAC), 객차활주제어장치(TRAE), 도착지표시장치(PID), 객실안전및객실편의설비동작표시장치(FDTR) 등이 차량컴퓨터를 마스터로 그 외 하부제어장치들은 슬레이브로 다양한 시리얼라인을 매체로 상호 제어한다. 이런 다양한 시리얼링크라인의 물리적 구조와 상호 데이터 전송구조를 분석하기 위해, 시리얼라인 분석기를 다양한 방법으로 사용한다. 시리얼라인 분석기를 사용하기 위해서는 사전에 고속열차에 대한 전문 기술과 장비사용에 대한 경험이 필요하다. 공간과 환경이 어려운 여건에서, 고속열차정비에 근무하면서, 하부장치 시리얼라인 데이터 수집과정에서 얻은 물리적 접속방법과 통신데이터 분석에 대한 기본 구조를 제시하여, 관련 업무에 종사하는 분에게 도움이 되고자 한다. 또 한 향후 독자적으로 개발된 고속열차 시운전과정에서 필요한 고속열차 진단업무에 도움이 되고자 한다.

* 코레일 철도연구개발센터 기술연구팀 Tel:031-815-1525

** 코레일 철도연구개발센터 기술연구팀

*** 코레일 철도연구개발센터 기술연구팀

**** 코레일 철도연구개발센터 기술연구팀

1. 서론

고속열차 운용력 향상과 안정화를 갖추면서, 정부는 새로운 차세대 고속열차개발에 민간기업 참여를 유도하고, 연구투자를 증가하고 있다. 그러나 KTX제어장치에 대한 연구개발이 미흡한 편이다. 민간기업의 투자와 연구를 유도하면서, 각종 혜택을 부여하지만, 단기적으로 국내 한정되어 있어, 장기적 안목의 투자는 꺼리고 있다. 또한 제어기술 개발을 위해 열차접근도 쉽지가 않다. 개발과정에서 예기치 않은 고가의 다른 장치에 손상을 줄 수 있기 때문이다. KTX는 다양한 제어장치가 장착운용 된다. 원인이 불명확한 습성적 차량장애를 파악고저 하부장치간 데이터 수집 분석 작업이 병행적으로 정비와 함께 이루어진다. 고속열차는 다양한 제어구조를 갖는다. 일부 제어기기(ATC, MBU, TRS, ABU, 인버터, 충전기, 제동팬널, 압축기제어)는 독립적 제어구조를 갖고 단위제어를 실행한다. 열차전체에 대한 제어는 차량컴퓨터(OBCS) 제어를 총괄로, 하부 저전압 입출력제어, 하부 단위제어기기와는 단순 시리얼라인연결, 차량컴퓨터 랙(RACK)간은 네트워크로 연결되어, 자원을 공유 상호제어한다. KTX 제어기기 차량컴퓨터(OBCS)와 하부단위 제어장치사이 시리얼라인 물리적 연결구조와 데이터 정보 교환에 대한 분석 과정에서, KTX 하부제어장치 시리얼라인 종류, 접속방법, 데이터형태를 조사하고, 데이터구조 프로토콜 분석 연구를 하면서, 차량세부 동작에 대한 데이터의 일치성을 찾도록 하였다.

2. 본론

2.1 KTX 차량컴퓨터 하부장치 구성

KTX 차량컴퓨터 하부장치는 현재 운영하는 고속열차 하부장치로서, 차량컴퓨터와 시리얼라인으로 연결 상호제어하는 장치를 말한다. 하부장치로는 차량컴퓨터(OBCS)를 마스터로 해서, 마스터의 주변장치로 열차운행정적기록장치(ATESS), 견인제동추진장치(MBU), 운전자고장안내지원장치(TECA), 차량유무통신장치(MDT), 객실공조장치(HVAC), 객차활주제어장치(TRAЕ), 도착지표시장치(PID), 객실안전및 편의설비동작표시장치(FDTR)를 슬레이브로 동작하는 제어장치가 있다. 데이터측정 및 수집은 고속열차 기동 정차 및 본선운행 중에서 실시되었다.

차량컴퓨터 주변장치들간 시리얼라인 인터페이스 형식과 셋업 구성 요소는 표1.를 사용하였다.

표 1. 시리얼라인 인터페이스 형식과 셋업 구성요소

주변장치 측	시리얼라인 셋업 구성 요소
MDT↔MPU	Protocol: Char, Code : HEX 8, Bits/sec : 2400, ERR chk : None, Parity : None Transparent text char : None, Mode : Async 1, Bit sence : Norm, Bit order: LSB
MPU↔MBU	Protocol: Char, Code : HEX 7, Bits/sec : 9600, ERR chk : None, Parity : Even Transparent text char : None, Mode : Async 1, Bit sence : Norm, Bit order: LSB
MPU↔ATESS	Protocol: Char, Code : HEX 7, Bits/sec : 1200, ERR chk : None, Parity : Even Transparent text char : None, Mode : Async 1, Bit sence : Norm, Bit order: LSB
TPU↔TRAЕ	Protocol: Char, Code : HEX 7, Bits/sec : 2400, ERR chk : None, Parity : Even Transparent text char : None, Mode : Async 1, Bit sence : Norm, Bit order: LSB
TPU↔PID TPU↔FDTR TPU↔HVAC	Protocol: Char, Code : HEX 8, Bits/sec : 1200, ERR chk : None, Parity : None Transparent text char : None, Mode : Async 1, Bit sence : Norm, Bit order: LSB

2.2 차량컴퓨터와 하부장치간 데이터 수집분석에 사용된 장비

2.2.1 수집분석 장비

- PC_MNT 진단소프트웨어 및 노트북
- AGILENT J2300 (시리얼라인 프로토콜수집기)
- Multi protocol analyzer LE-7200 (시리얼라인 프로토콜수집기)
- PC Link software LE-PC300F(프로토콜데이터 분석SW)
- VME C96 확장보드, ACOB 및 CRVB 보드

2.2.2 하부장치 시리얼라인 프로토콜 특성

2.2.2.1 HBUSD

포인트대포인트 혹은 포인트대멀티포인트 데이터 전송을 위한 이진프로토콜이다. 프로토콜 동작은 마스터(OBCS)/슬레이브(주변하부기기)에 기초한다. Frame은 DDCMP(Digital Data Communications Message Protocol) 모델로 구조화 되어 있고 단순하다. 에러비트검출은 '256 modulo'를 사용한다.

2.2.2.2 69010

일대일(Point to Point) 비동기 시리얼 방식의 양방향 송수신 절차로 1992년 8월 프랑상공업표준화협회 승인규격으로 제정되어, b_0 는 시작비트, $b_1 \sim b_7$ 는 NF Z 62-010 규격(Jeu de caracteres codes a 7 elements pour l'echange d'information)에 따른 코드화된 문자코드, b_8 는 패리티비트로 300 bauds ~ 19200 bauds 사이 전송속도를 갖는다. Frame 구조는 제어프레임과 데이터프레임을 갖는다. 에러비트검출은 '4bits 수직패리티문자'를 사용한다.

2.2.3 분석장비 연결

차량컴퓨터 매칭보드(KADP/T) 및 ACOB 보드 핀 배열을 확인하고, 분석을 원하는 하부장치를 선택하고, 표 2. 표3. 표4. 보드 핀 신호배열을 사용하였다.

2.2.3.1 하부장치 분석 연결보드 물리적 구성

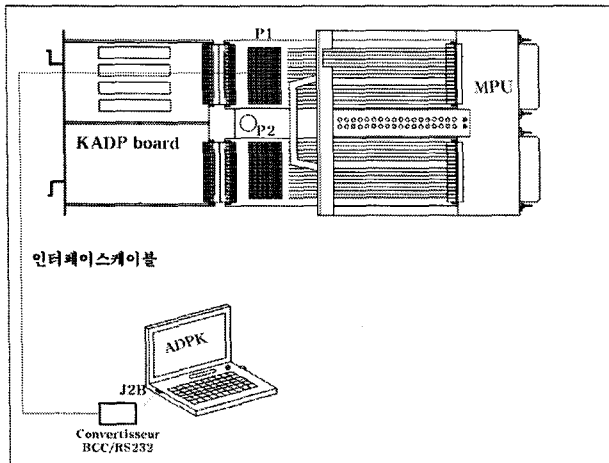


그림 1. MPU KADP 보드 연결도

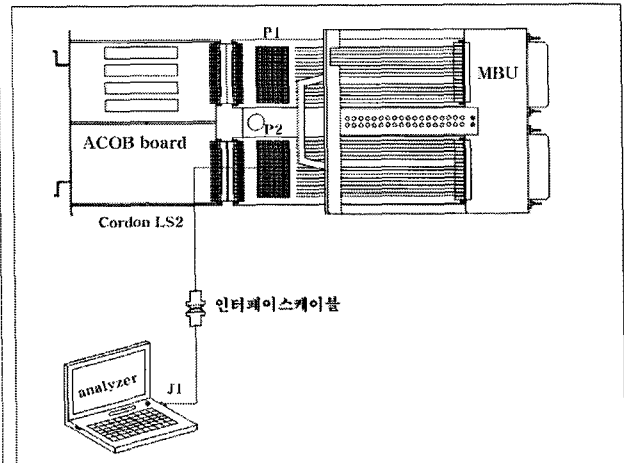


그림 2. MBU ACOB 보드 연결도

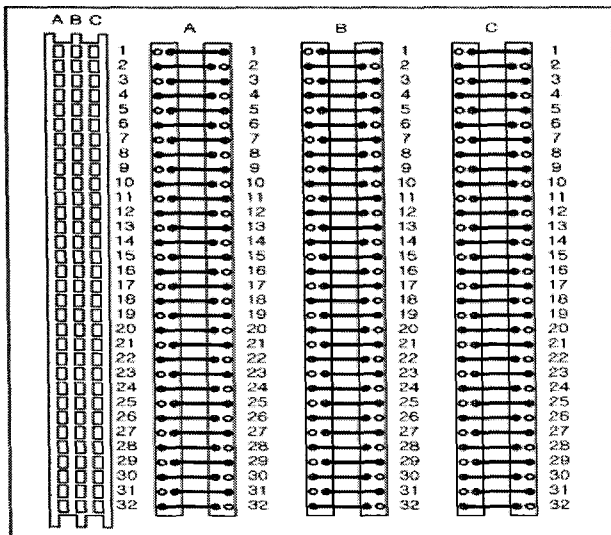


그림 3. 확장보드 스트랩핀 배열

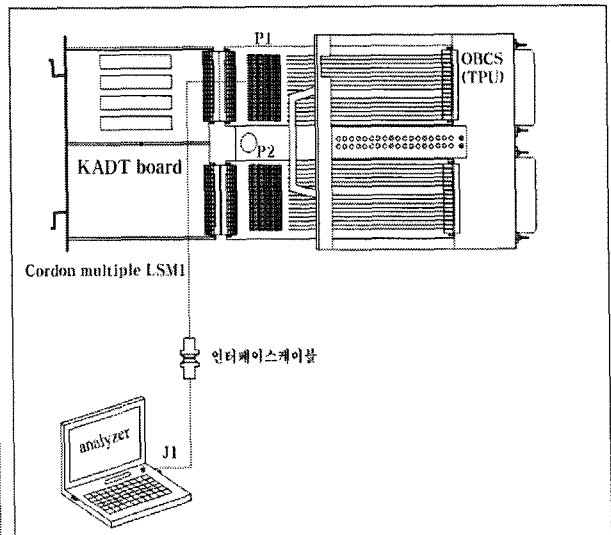


그림 4. TPU KADT 보드 연결도

2.2.3.2 연결보드핀 신호배열

표 2. KADP 보드 P1(C96) 핀 신호배열

	A열		B열		C열	
1	RESERVD		0V_ISO0		RESERVD	
:						
4	TXP1	ATESS	0V_ISO1		RXP1	ATESS
5	TXN1	ATESS			RXN1	ATESS
:						
7	TXP2	MDT	0V_ISO2		RXP2	MDT
8	TXN2	MDT			RXN2	MDT
:						
10	TXP3	TECA	0V_ISO3		RXP3	TECA
11	TXN3	TECA			RXN3	TECA
:						
16	TXP5	DEP	0V_ISO5		RXP5	DEP
17	TXN5	DEP			RXN5	DEP
:						
32	0V_ALM		0V_ALM		0V_ALM	

표 3. KADT 보드 P1(C96) 핀 신호배열

	A열		B열		C열	
1	RESERVD		0V_ISO0		RESERVD	
:						
4	TXP1	PID	0V_ISO1		RXP1	PID
5	TXN1	PID			RXN1	PID
:						
7	TXP2	FDTR	0V_ISO2		RXP2	FDTR
8	TXN2	FDTR			RXN2	FDTR
:						
10	TXP3	ELCD	0V_ISO3		RXP3	ELCD
11	TXN3	ELCD			RXN3	ELCD
:						
13	TXP4	TRAE	0V_ISO4		RXP5	TRAE
14	TXN4	TRAE			RXN5	TRAE
:						
32	0V_ALM		0V_ALM		+24V_ALM	

표 4. ACOB 보드 P2(C96) 핀 신호배열

	A열		B열		C열	
1	ST1		P5V		ST0	
:						
26	RXP	MBU			RXN	MBU
27	TXP	MBU			TXN	MBU
:						
32	MM		MM			

2.2.4 MPU와 KADP 보드간 TECA 연결 설정은 다음과 같이 시행하였다.

① MPU 저전압전원차단(CB-CO-01)을 OFF)

② KADP 보드를 꺼내고, 확장보드를 삽입 후 KADP보드 재결합한다.

③ 멀티프로토콜 분석기(LE-7200)를 KADP 보드 P1컨넥터 a열 10# 스트랩핀(TXP3), c열 11# 스트랩핀(RXN3)을 뽑아내고, s열 10# 좌측 핀구멍에 SI 핀을 삽입, 우측 핀구멍 SO 핀을 삽입한다. c열 11# 좌측 핀구멍에는 RI 핀, 우측 핀구멍에는 RO 핀을 삽입한다. 이 때 삽입핀이 열차진동으로 빠지지 않도록 절연테입으로 덧붙인다.

④ 확장보드 VME 라인회로 중 연결된 부위가 빠지지 않는지, 다른 부위에 혼촉 되는지 확인한다.

⑤ 분석기 LE-7200과 노트북사이 리모트컨넥팅 연결한다.

⑥ MPU 저전압전원을 투입(CB-CO-01)을 ON)하고,

⑦ 분석기 LE-7200 인터페이스 형식(BCC)과 셋업 구성요소 초기 통신환경을 설정한다.

⑧ PC Link software 프로그램으로 하부장치간 송수신 데이터 정상 동작 여부를 확인하고, 원하는 데이터를 정지시키고, 저장한다.

2.2.5 MBU ACOB 보드간 연결 설정은 다음과 같이 시행하였다.

- ① MB 저전압전원차단(CB-MB-0X을 OFF)
- ② ACOB 보드를 꺼내고, 확장보드를 삽입 후 ACOB보드 재결합한다.
- ③ 멀티프로토콜 분석기(LE-7200)를 ACOB 보드 P2커넥터 A열 26#핀(RX+), 27#핀(TX+), C열 26#핀(RX-), 27#핀(TX-)사이 연결한다.
- ④ 확장보드 VME 라인회로 중 연결된 부위가 빠지지 않는지 확인한다.
- ⑤ 분석기 LE-7200과 노트북사이 리모트컨넥팅 연결한다.
- ⑥ MB 저전압전원을 투입(CB-MB-ON)하고
- ⑦ 분석기 LE-7200 인터페이스 형식과 셋업 구성요소 초기 통신환경을 설정한다.
- ⑧ PC Link software 프로그램으로 하부장치간 송수신 데이터 정상 동작 여부를 확인하고, 원하는 데이터를 정지시키고, 저장한다.

2.3 프로토콜 데이터 분석

차량컴퓨터와 하부장치간프로토콜 데이터를 수집 분석 방법에서 데이터 흐름에 대한 예측에서 벗어나면, 수집한 데이터에 대해 의문성이 생기고, 여러번 반복 수행하게 되며, 분석과정에서 많은 시간이 낭비 된다. 현재 국내에 공개된 정보도 관련된 기술에 대한 규범, 규약, 정비기술에 따른 간단한 엔지니어링 기술서 위주로 되어 있다. 일부 공개되지 않는 데이터 프로토콜에 대한 기술상세 정보 없이, 현장에서 다양한 기기취급과 동작상태로 데이터 수집 및 분석을 하는 과정이 시간과 노력이 소모되지만 정확한 데이터의 구조를 파악 할 수 있다는 장단점이 있다.

2.3.1 동력차에서 차량컴퓨터와 무선장치(MDT420)사이 데이터 흐름을 분석

열차기동후 열차상태가 무선으로 지상관제로 자동으로 송수신되어 열차상태를 확인 할 수 있도록 'AVF' 자동무선송신 덤프기능을 활성화시켜, 지상의 송수신 요구에 열차 차량컴퓨터가 슬레이브로 동작하도록 설정한다. 차량에 임의적 고장을 유발시킨 후 그 고장상태 코드가 지상으로 정상 전송되는지 확인하고, 그 데이터 흐름을 수집하여 분석함으로 차량 정상 기능상태를 점검한다.

2.3.1.1 전방동력차(PC1) 동력실에서 열감지고장, 추진제어장치에서 동력전달축 트리프트불균형고장, 모터블록수동차단, 1호객실기밀조정용 배기플랩단힘고장을 강제적으로 발생시키고, 실제 운행 중 발생 될 수 있는 상황을 만들어 제어기기 간 동작 상태를 통신데이터 분석을 통해 확인하는 과정이다. 이 과정을 통해 차량기능상태 정비도와 가용성을 확인 할 수 있다. AVF 자동무선전송기능 초기화정상실행 후, 운행 전 혹은 운행 중 열차내 운행에 장애가 되는 주요한 장애 감지시 열차는 자동으로 고장을 지상관제실로 송신하는 자동무선전송허가(vf) 신청을 요청하고, 전방동력차 열감지 'C1-1A-01' 발생 고장을 차량컴퓨터 OBCS에 저장하고, 무선데이터전송을 위해 마스터 MDT420 전송기로 송신하여 지상관제로 전송되도록 한다. 열차제어장치 기능이 정상임을 보여준다.

'vf' 자동무선전송허가요청 PCIMPU 'C1-1A-01' 고장 (동력차 열감지)

OBCS(MPU) : "01766620000D0700102408C11A1021887D04"
MDT420 : "010604" : 마스터 MDT 정상수신

2.3.1.2 AVF 자동무선전송기능 초기화정상실행 후, 1호 동력객차 객실기밀조정용 배기플랩단힘 기능불량 '87-AD-03' 발생 후 TR01 로컬객차컴퓨터에 저장하고, 열차 네트워크를 통해 주운전실 차량컴퓨터

로 고장을 전송하여 OBCS에 보내고, OBCS는 무선데이터전송을 위해 마스터 MDT420 전송기로 송신하여 지상관제로 전송되도록 한다. 열차제어장치 기능이 정상임을 보여준다.

'vf' 자동무선전송허가요청 TR01TPU ' 87-AD-03'
 객실 기밀 조종용 폐기플랩 닫힘 불량

OBCS(MPU) : "01766620000D10240010240087AD03F2C204"
 MDT420 : "010604" : 마스터 MDT 정상수신

2.3.1.3 AVF 자동무선전송기능 초기화정상실행 후, 전방동력차 동력추진장치(MB01) 트리포드불균형 'C2-1B-02' 및 수동차단 '84-14-0D' 발생 후 고장을 동력추진장치에 저장하고, 열차네트워크를 통해 주운전실 차량컴퓨터로 고장을 전송하여 보내고, OBCS는 무선데이터전송을 위해 마스터 MDT420 전송기로 송신하여 지상관제로 전송되도록 한다. 열차제어장치 기능이 정상임을 보여준다.

'vf' 자동무선전송허가 PC1MB1 'C2-1B-02' 및 ' 84-14-0D' 고장
 (트리포드 불균형 감지, MB수동차단)

OBCS(MPU) : "01766620000D0700080EC21B020E84140D7EC604"
 MDT420 : "010604" : 마스터 MDT 정상수신

2.3.2 동력차 차량컴퓨터(OBCS)와 견인제동추진장치(MBU)사이 데이터 흐름을 분석
 - K22 PC1 동력추진장치(MB01)에 프로토콜 수집분석기를 연결하여 행신⇒ 천안아산 구간을 운행하면서 차량컴퓨터와 동력추진제어장치사이 송수신하는 메시지를 수집한 데이터의 분석내용이다. OBCS는 100ms마다 열차상태를, 동력추진장치(MBU)는 1초마다 동력추진장치 상태를 OBCS에 전송한다. 이 때 OBCS는 마스터로 동작하며, 정보 교환 내용에 따라 열차상태는 데이터그램모드로, 각종테스트, 고장정보 교환시는 connected mode로 송수신한다. 다음은 OBCS는 고속선 광명역정차 후 출발 열차상태 정보를 모터블록추진장치로 전송하고, MBU는 모터블록동작상태, 견인력과 제동관압력변동 정보를 전송하나, 다음은 열차속도 5km/h미만으로 정보가 전달되지 않는다는 분석내용이다. 고속선 운행 중 사구간통과전 전기제동모드로 전환되면서, 전기제동 진행과정이다.

"고속선에서 전기제동모드" "회생제동력 46.5 kN/MB1"

OBCS(xPU) : "013722414431514845402E0E2B0D013822414431514845402F0E2B0D"
 MBU01 : "01331042542E6070404043665D0E20444040500E330D"

고속선에서 도착지에 접근하기전에 전기제동과 공기제동력을 사용하여 제동을 진행하는 내용이다.

"고속선에서 전기제동사용" "회생제동력 50 kN 및 BP 0.6 bar 감압/MB1"

OBCS(xPU) : "013622414431414845400E3D0E2C0D013722414431414845400E3E0E2C0D"
 MBU01 : "01311042542E60704040436E640E36444040730E330D"

2.3.3 동력차 차량컴퓨터(OBCS)와 운행속도정적기록장치(ATESS)사이 데이터 흐름을 분석
 - K13 PC2 운전지지원안내장치(TECA) F6 기능키(기장업무사전기록)를 사용하여, 기장사번, 열차번호, 목적지역 입력내용을, 차량컴퓨터로 전송하여 하부장치인 열차운행속도기록장치(ATESS)로 전송하는 데이터 흐름을 분석한 내용이다.

였다. HBUSD는 0×01(ACK), 0×02(NAK), 0×03(REP), 0×05(ENQ), 0×81(SOH), 0×06(STRT), 0×07(STACK), 0×FF(DEL)를 사용하고, 데이터프레임에서는 ASCII 코드문자를 주로 사용하였다.

3. 결론

경부고속열차 제어시스템 하부장치 시리얼통신연결 구조 및 프로토콜이 제작사별 각각 다른 구조와 프로토콜을 갖는다. 공개된 기술정보는 규범, 규약, 정비기술에 따른 간단한 엔지니어링 기술서 중심이다. 관련기술 미공개 장벽에다, 장비취급 운용부터, 열차안전을 위해 운행중인 열차에 장비설치 데이터 수집 분석까지 쉽지않았다. 열차 운전조건, 기기 취급상태에 따라 상태, 상호제어문자가 예측성 없이 발생하였다. 데이터 수집 분석과정시도 시간과 노력이 많은 투입되었다. 초보적인 단계이지만, 지금까지 데이터 수집분석과정이 외형기능적 현상 통계중심의 차량설계 입증 중심에서, 제어장치간 데이터 프로토콜 내용 분석을 통해 한단계 향상된 기준으로 발전되고, 또한 차량정비도, 가용성을 보장하는 이론적 바탕이 되기를 바란다. 향후 고속열차 개선에 도움이 되고, 관련 전문 종사자들이 지속적으로 연구하여, 고속열차 제어하부장치 연결구조 및 프로토콜이 철도규격으로 발전하여, 국내철도차량 시리얼통신라인에 대한 표준화가 제정되길 바란다.

후기

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국교통기술평가원에서 위탁 시행한 미래철도기술개발사업 ‘경부고속열차차량컴퓨터제어장치개발’ 과제 지원으로 수행되고 있습니다.

참고문헌

1. SIMPLE HANDSHAKE LINK PROTOCOL (13-SEPT-2002, GEC ALSTOHOM)
2. SOFTWARE REQUIREMENT SPECIFICATION MDT420 FOR THE KOREA TRAIN (08-MAY-1996, MOTOROLA, INC)
3. NF F 69-010 NORME FRANCAISE (05-SEPT-1992, FRANCE)
4. INTERFACE DOCUMENT BETWEEN OBCS AND MOTOR BLOCKS (15-SEPT-97, GEC ALSTOHOM)
5. PROTOCOL SPECIFICATION (12-JUN-95, GEC ALSTOHOM)
6. KTX 차량컴퓨터제어장치개발 연구보고서(1차년도, 2007. 4. (주)로템)