

한국형 고속전철용 신호시스템의 실험실 시험을 위한 통합 신호시스템

論 文

53P-1-6

Integrated Railway Signaling Systems for Laboratory Testing of Next-generation High-speed Train

黃宗奎* ·李宗宇** ·朴容震***

(Jong-Gyu Hwang · Jong-Woo Lee · Yong-Jin Park)

Abstract - Railway signaling systems consist of several vital computerized equipment such as CTC(Centralized Traffic Control), EIS(Electronic Interlocking System), ATC(Automatic Train Control) and so on. Currently, the project for development of railway signaling systems for the next-generation high-speed train is progressed according to the G7 project and railway signaling related several companies and research institute are joined this project consortium. The railway signaling systems, being developed in this project, called as a kTCS(Korean Train Control System), is composed of kTCS-CTC, kTCS-IXL, kTCS-ATC and etc. kTCS signaling systems have to be operated at the laboratory testing level as integrated signaling systems by interface between each railway signaling systems before railway field installation and revenue service. To solve this matter, communication protocols between each signaling equipment are designed and message codes for each defined protocols have defined. And also several equipment has developed for the railway integrated signaling systems for laboratory testing. We has plentifully tested and verified the designed protocols and the characteristics of integrated railway signaling systems with our developed each kTCS signaling equipment and communication protocols. In this paper, the integrated kTCS system including communication protocols is presented.

Key Words : kTCS(Korean Train Control System), Railway Signaling Systems, IXL(electronic Interlocking system), ATC(Automatic Train Control system), CTC(Centralized Traffic Control system)

1. 서 론

철도의 신호제어시스템은 철도의 선로변 및 역의 신호 기기에 위치하면서 열차의 속도제어 및 진로제어 등을 담당하며, 특히 열차의 충돌 방지 기능을 담당하는 열차의 안전운행을 최종적으로 책임지는 바이탈 제어장치이다. 이처럼 열차의 안전운행을 위한 바이탈 기능을 수행하는 신호제어시스템의 개발을 위해서는 현장시험 이전에 실험실 수준에서 충분한 시험을 수행하여야 한다[1][2][4].

G7 고속전철기술개발사업으로 개발 중인 한국형 고속전철 신호제어시스템(kTCS : Korea Train Control System, 이하 이 용어 사용)은 크게 열차집중제어장치(kTCS-CTC : kTCS Centralized Traffic Control), 전자연동장치(kTCS-IXL : kTCS Interlocking), 자동열차제어장치(kTCS-ATC : kTCS Automatic Train Control) 그리고 현장설비들로 구성되어진다. 이들 각 장치들은 다른 장치와의 인터페이스를 통해 각자 고유의 기능을 수행해 전체적으로 하나의 통합된 신호제어시스템으로 동작하게 된다. 이

kTCS 신호시스템 개발은 각 장치별 시제품을 개발하여 기능시험을 수행하고, 이러한 개발된 각 장치들이 통합되어 하나의 신호제어시스템이 되는지를 확인하여야 한다. 특히 이러한 통합신호시스템의 특성은 실제 철도현장에 설치되기 이전에 실험실 레벨에서 충분한 시험을 통하여 검증되어야 한다[3][5].

본 연구에서는 이러한 한국형 고속전철용 통합 신호제어시스템을 위해 각 장치간 통신 프로토콜을 설계하였으며 또한 이들 각 장치들 사이의 인터페이스를 위한 전송코드를 정의하였다. 설계한 각 장치간 프로토콜은 kTCS-IXL과 kTCS-ATC 등 바이탈 제어장치간의 인터페이스를 위해서는 보다 신뢰성이 높은 점대점(Point-to-point) 통신방식을 적용하였고, 많은 제어정보 및 상태정보들이 전송되는 kTCS-CTC와 kTCS-IXL 링크에는 네트워크 기반의 통신방식을 적용하는 등 크게 두 가지 방식으로 설계하였다. 실제로 하나의 CTC 장치가 제어구역 내의 전체 신호시스템들을 제어 및 감시하며, 선로변을 따라 각 역별로 IXL 장치들이 설치되게 된다. 따라서 kTCS-CTC와 kTCS-IXL 장치들 사이의 링크는 네트워크 기반으로 구성하는 것이 효율적이다. 또한 통합신호시스템을 현장설치 전에 실험실 레벨에서 성능검증 시험이 가능하도록 하기 위하여 본 연구를 통해 실제 철도장치들을 개체할 수 있는 별도의 에뮬레이션 모듈을 개발하여 통합신호시스템의 검증시험에 적용하였다.

본 논문의 2장에서는 한국형 고속전철용 신호제어시스템의 구성에 대해 설명하고, 3장에서는 통합신호시스템을 위해

* 正 會 員 : 韓國鐵道技術研究院 先任研究員

** 正 會 員 : 韓國鐵道技術研究院 責任研究員 · 工學博士

*** 非 會 員 : 漢陽大學校 電子通信電波工學部 教授 · 工學博士
接受日字 : 2003年 8月 26日
最終完了 : 2003年 12月 30日

본 연구를 통해 설계한 각 장치간 통신프로토콜들에 대해 설명하고 4장에서는 이러한 통신프로토콜을 기반으로 한 실험실 레벨에서 구축한 통합신호시스템과 성능확인시험을 위해 별도로 개발한 각종 현장 에플리케이션 모듈들 그리고 통합시험 결과를 설명하였으며 마지막으로 5장의 결론으로 본 논문을 구성하였다.

2. 통합 신호시스템의 구성

한국형 고속전철용 신호제어시스템은 열차의 속도제어를 통한 열차간의 간격제어를 위한 kTCS-ATC, 안전한 열차의 진로설정 및 확보를 위한 kTCS-IXL 그리고 전체적으로 열차의 운행 및 관리를 위한 kTCS-CTC 장치로 구성되어진다. 이러한 주요한 신호장치들이 통신링크를 통해 제어정보 및 상태정보의 인터페이스를 통해 하나의 통합된 신호시스템이 구축되게 된다.

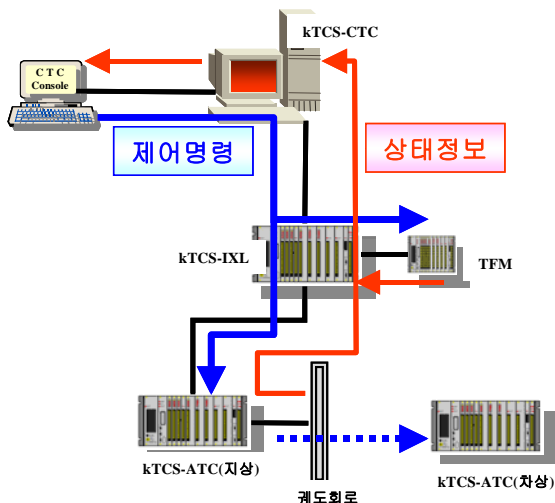


그림 1 신호제어시스템의 기본구성 및 데이터 흐름
Fig. 1 Railway Signaling Systems Configuration and Data Flows

그림 1은 이러한 통합 kTCS 시스템의 구성개요와 각 장치간의 데이터 흐름을 간략하게 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 열차 운행의 제어 및 감시 역할을 수행하는 kTCS-CTC 장치는 전자연동장치와 링크되어 현장 신호장치들의 제어명령을 현장으로 전송하고, 반대로 전자연동장치의 통신모듈을 통해 현장 신호장치들의 상태정보를 kTCS-CTC로 보고하게 된다. 또한 kTCS-ATC는 선형열차의 위치 등을 바탕으로 해당 폐색구간의 목표속도 등을 계산하는 지상제어장치와 이 정보를 바탕으로 차량의 현재 운행속도와 지상으로부터의 목표제어속도 및 구배 등의 정보를 바탕으로 열차의 안전한 운행을 하기 위한 차상제어장치로 구성되어진다. 지상제어장치와 차상제어장치간 인터페이스는 케도회로와 차상의 ATC 안테나를 통해 이루어지게 된다. 즉, 지상제어장치에서 케도회로로 폐색구간의 목표속도 코드, 구배 및 목표거리 정보를 전송하게 되고 차상의 ATC 안테나에서 이 신호를 수신하여 차상제어장치로 전송

하게 된다. 이러한 각 장치들은 서로 독립된 고유의 기능을 수행하면서 동시에 다른 신호장치들과 인터페이스를 통해 통합된 하나의 신호시스템으로 구성되게 된다.

선로변, 중앙제어 사령실, 차상 등 실제 설치되는 환경에 따라 그대로 구성되도록 하여 실제 신호시스템의 현장설치 이전에 실험실 레벨에서 각각 독립된 장치들의 고유의 기능이 검증된 장치들을 통신링크의 인터페이스를 통해 하나의 통합된 시스템이 되는지를 검증하여야 한다. 이에 따라 본 연구를 통해 현장설치 전에 실험실 레벨에서 충분한 시험 및 성능검증을 위한 통합신호시스템을 구축하였다.

이를 위해 kTCS-IXL과 kTCS-ATC 장치간 인터페이스, kTCS-CTC와 kTCS-IXL 장치간의 인터페이스 등 주요장치간 인터페이스를 위한 프로토콜을 설계하였다. 그리고 실험실 레벨에서 성능검증이 가능하도록 하기 위하여 실제 선로변에 위치하는 신호설비들인 선로전환기, 케도회로, 신호기 등을 에플리케이션하기 위한 현장 I/O 모듈, 지상장치와 차상장치간의 인터페이스를 위한 축소형 열차모형 등을 개발하여 통합시험에 적용하였다. 이러한 설계한 통신프로토콜들과 실험실 레벨에서 충분한 성능검증시험을 위해 별도로 개발한 현장 에플리케이션 모듈들은 각각 3장과 4장에서 상세히 설명한다.

3. 통합 신호시스템을 위한 통신 프로토콜

통합 신호시스템은 앞서도 설명하였듯이 각 장치들은 각각 타 장치와의 인터페이스를 통해 각각 고유의 기능을 수행하게 된다. 즉, 여러 신호제어장치들이 서로간의 인터페이스를 통해 하나의 신호제어시스템을 이루게된다. 이들 각 장치들이 통합되어 하나의 시스템이 되도록 본 연구에서는 각 장치간 링크를 위한 프로토콜을 설계하였다. 또한 각 장치들 사이의 인터페이스 항목 및 프로토콜 구현을 위한 각각의 송수신을 위한 코드 리스트를 도출하였다. 통합신호시스템을 위한 통신 프로토콜은 앞서도 설명한 바와 같이 바이탈 제어장치간의 인터페이스를 위해서는 점대점 통신방식을 적용하였고, 논바이탈로 분류되는 효율성이 더욱 중요한 인터페이스 링크에는 네트워크 기반 통신방식이 적용되었다. kTCS-ATC와 kTCS-IXL 장치들은 바이탈 신호제어시스템으로 분류되며, 이는 이들 장치들이 고장이 발생할 경우 치명적인 열차사고를 야기하므로 다른 일반적인 산업용 제어장치와는 달리 별도로 Fail-safe 특성을 고려하여 설계된 시스템들이다. 이들 두 장치사이의 통신 프로토콜 또한 높은 신뢰성이 확보되어야 한다. 이에 따라 전송되는 메시지간의 충돌 확률이 거의 없는 점대점 통신방식을 이들 통신링크에 적용하였다.

그리고 일반적으로 하나의 CTC 장치가 중앙에 위치하면서 제어영역 내의 모든 현장제어설비들을 제어 및 감시하게 된다. 이에 따라 하나의 kTCS-CTC 장치와 각 역 기기실별로 위치하는 kTCS-IXL 장치들 사이의 링크는 앞의 경우처럼 점대점 방식으로 할 수 없고 네트워크 기반으로 처리를 하여야 한다. 하지만 철도신호용 프로토콜이므로 일반적인 TCP/IP 프로토콜 기반에 별도의 신뢰성확보를 위한 부분이 추가적으로 설계되었다.

표 1 코드 니모닉 리스트(kTCS-ATC ⇒ kTCS-IXL)

Table 1 Mnemonic List

No.	Function	Function code	Devices & Status				
			1st	2nd	...	Status	ex)Mnemonic
1	Track circuit	TC	역번호	궤도회로번호		1:Occupied 0:Clear	TC2031C
2	Totalizer of track circuits	TTC	역번호 + 궤도회로번호	역번호 + 궤도회로번호		1:Occupied 0:Clear	TTC22022208A
3	Interval zones check	IZC	역번호	역번호		1:TTC Occupied 0:TTC Clear	IZC1620 IZC2024
	...						

3.1 Type I 통신 프로토콜(바이탈)

본 연구를 통해 설계된 kTCS-ATC와 kTCS-IXL 장치간의 링크를 위한 통신 프로토콜 주요 내용은 다음과 같다.

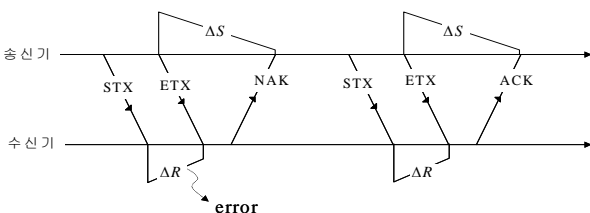
• kTCS-ATC ⇔ kTCS-IXL

- 접속방식 : RS485
- 채널정의 : Full-duplex 비동기 직렬링크
- 통신속도 : 9600 bps
- 에러검지 코드 : CRC-16($X^{16}+X^{15}+X^2+1$)
- 메시지 프레임

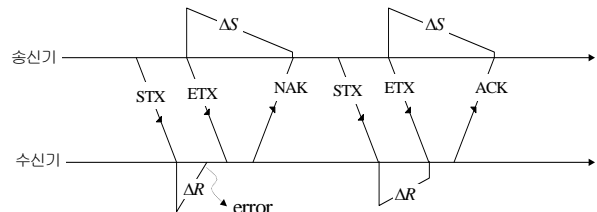
STX	Data Length	Sequence No.	OP Code	Data	CRC	ETX
1 byte	2 byte	1 byte	2 byte	N byte	4 byte	1 byte

이 두 장치간 링크는 기본적으로 RS485 시리얼 접속방식을 적용하였으며, 전송 메시지의 프레임 포맷은 위와 같이가변되는 데이터의 길이를 가진 포맷으로 하였다. 두 장치간 통신 프로토콜을 설계함에 있어서 데이터 링크 프로토콜에서 가장 중요한 요소 중의 하나는 에러제어 방법이다. 본 연구에서 설계한 프로토콜에서는 에러검지를 위해 CRC-16 에러검지 코드를 추가하였으며, 또한 다음과 같은 경우에 송신측에서 동일한 시퀀스 번호로 동일한 메시지를 수신측으로 재전송 하도록 하였으며, 3회까지 재 전송한 후에도 계속 에러가 발생한 경우 통신에러 처리를 하도록 하였다.

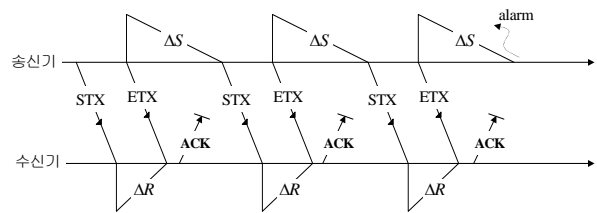
- ① 수신된 메시지의 CRC 코드 검사결과 전송프레임에 에러가 검출될 경우 'NAK' 신호를 전송한 송신측에서 'NAK' 신호를 받을 경우 해당 프레임을 재전송



- ② 수신되는 메시지의 길이가 길어서 프레임 타임아웃 설정시간인 ΔR 이 지나도록 'ETX' 문자가 전송되지 않는 경우 'NAK' 신호를 전송하며, 이 'NAK' 신호를 송신측에서 받으면 해당 프레임을 재전송



- ③ 정상적으로 수신되어 'ACK' 신호를 전송했으나 송신측에서 'ACK' 신호를 받지 못하여 재전송 하는 경우로, 세 번까지 전송하여 송신측에서 'ACK' 신호를 받지 못하면 통신 에러로 처리



또한 두 장치간의 전송되는 제어 및 표시정보들을 정의하고 표시하기 위하여 신호설비에 대응되는 값으로 kTCS-ATC와 kTCS-IXL 사이에 전송되는 정보들을 'kTCS-ATC ⇒ kTCS-IXL Mnemonic'과 'kTCS-IXL ⇒ kTCS-ATC Mnemonic'으로 구분하여 정의하였다. 작 코드들은 맨 처음 Function을 의미하는 코드가 오고 그 다음부터 해당하는 장치들이 오고 마지막에는 각 장치들의 상태정보가 위치하도록 Mnemonic을 정의하였다.

이러한 실제 선로를 대상으로 인터페이스 할 코드 리스트를 각 장치별로 각각 도출하였으며, 이러한 도출된 코드리스트 및 설계된 프로토콜을 각 장치에 구현하여 현재 인터페이스 확인시험 중에 있다. 다음 표는 설계된 Mnemonic의 일부와 이에 따른 도출된 코드리스트 일부를 나타낸 것이다.

표 2 코드 리스트

Table 2 Code List

Name	Type	Sequence	Status
TC1853A	1	1	1
TC1853B	1	2	1
TC1861A	1	3	1
TC1863	1	4	1
TC1867	1	5	1
...			

3.2 Type II 통신 프로토콜(는 바이탈)

본 연구를 통해 설계한 kTCS-CTC와 kTCS-IXL 장치간의 링크를 위한 통신프로토콜의 주요한 내용은 다음과 같다.

- kTCS-IXL ⇔ kTCS-CTC
 - 접속방식 : TCP/IP protocol through Ethernet
 - 통신속도 : 10 Mbps, Full Duplex
 - 에러검출 : CRC-16
 - 메시지 프레임

Ethernet 정보	IP Header	TCP Header	장치간 송수신 데이터	Ethernet 정보
-------------	-----------	------------	-------------	-------------

kTCS-CTC와 kTCS-IXL간 인터페이스는 위와 같이 Ethernet을 기반으로 하는 TCP/IP 프로토콜을 적용하였다. kTCS-CTC를 서버, kTCS-IXL을 클라이언트로 하는 소켓을 생성한 후 클라이언트가 접속을 요구하고 서버가 이를 수락하여 통신링크가 성립되는 방식으로 하였다. 두 장치사이의 TCP 연결 확립 및 종료는 일반적인 TCP 프로토콜의 연결 및 확립 프로세스를 따른다.

이 프로토콜에서는 보다 높은 신뢰성의 확보를 위해 메시지 프레임의 “장치간 송수신 데이터” 필드에서 두 장치사이의 송수신 데이터 이외의 별도의 신뢰성 확보를 위한 필드를 추가로 설계하였다. 본 연구를 통해 설계한 이 “장치간 송수신 데이터” 필드는 다시 2 바이트의 고정길이를 갖는 메시지 헤더와 최대 124 바이트의 가변인 메시지 정보 부분으로 나누어 설계하였다.

메시지 헤더는 STX와 CRC를 제외한 메시지 정보의 길이 정보를 나타내도록 하였다. 모든 메시지는 DLE 메시지를 사용하지 않으며 수신측에서는 헤더부분의 길이로 판단하여 메시지를 해석하게 된다. 2 바이트로 구성되는 메시지 헤더의 구조와 실제 전송해야 할 의미 있는 메시지를 위한 구조로 다음과 같이 구성된다. 이때 ‘Message Information’ 부분의 길이는 최대 124 바이트를 넘지 않도록 하였다. 그림 3과 같은 전송 메시지 프레임 구성에 따라 데이터 메시지가 전송되어지게 되며, 한 예로 kTCS-IXL에서 kTCS-CTC로 현장 신호장치들의 상태정보를 전송할 경우의 전송메시지 프레임 구성은 다음과 같게 된다.

Byte	의미	비고
1	STX	Message Header
2	CRC를 제외한 Message information 부분의 길이	
3	SEQ_NO(Sequence number)	Message Information
4	OP_CODE(Message function code)	
5	Signification Data	
·		
·		
n-1	CRC-LOW	
n	CRC-HIGH	

그림 2 전송메시지 프레임의 구성

Fig. 2 Configuration of Transmitted Message Frame

STX	1 Byte	Signification Data	
LENGTH	1 Byte		
SEQ_NO	1 Byte		
OP_CODE	1 Byte		· Data[0][1] : Code ID
SUB OP_CODE	1 Byte		· Data[2] : Code State
Signification Data	3N Byte		· ... · Data[n-2][n-1] : Code ID
CRC(Low, High)	2 Byte	· Data[n] : Code State	

그림 3 상태정보 전송 메시지 프레임 구성

Fig. 3 Message Frame for Transmission of State Information

이 데이터 프레임 중 ‘Signification Data’ 필드는 다음과 같이 구성되어지게 된다. 현장의 신호기 상태를 나타내는 Code가 256개를 넘을 수 있으므로 2 바이트를 사용하여 코드번호를 표시하게 된다. Byte 1은 표시 코드번호의 Low Byte를 의미하고 Byte 2는 High Byte를 의미한다. 또한 Byte 3은 해당 Code의 표시 상태 값을 나타낸다.

표 3 코드 리스트(kTCS-IXL ⇒ kTCS-CTC)

Table 3 Code List

No.	Code	Function	Status
1	LOC	Local Mode Indication	Local Mode : 1
2	CTC	Center Mode Indication	Center Mode : 1
3	CMR	Center Mode Request Response	Request : 1
4	SNI	Switch Normal Indication	Normal : 1
5	SRN	Switch Reverse → Normal Moving Indication	Moving : 1
6	SRI	Switch Reverse Indication	Reverse : 1

신호설비에 대응되는 값으로 kTCS-IXL과 kTCS-CTC 사이에 전송되는 표시 및 제어정보에서 사용한다. 예를 들어 선로전환기에 대응되는 코드는 SNI, SRN, SRI, SNR 등

여러 개가 존재한다. 개별적인 코드들을 Object별로 전부 모아 Chart를 만들고 이 Chart를 통해 각 코드들의 개별 번호를 정의한다. kTCS-CTC와 kTCS-IXL 사이에서는 이 개별 번호를 통해 자신의 코드정보의 상태를 전송하게 된다. 표3은 본 연구에서 정의한 코드의 일부를 나타낸 것이다.

kTCS-IXL은 kTCS-CTC로 설정된 코드를 이용하여 표시정보를 전송한다. 코드는 Object(신호설비)별로 존재하며, Object 변화 시 kTCS-IXL로부터 전송된다. 이것은 한 개의 메시지 데이터 부분에 'Code 번호 + State + Code 번호 + State' 등으로 여러 개의 코드 상태를 전송할 있다. 하지만 시스템 초기 기동 시 또는 통신 장애에서 회복 시에는 Code Chart에 정의되어 있는 순서에 의해 전체 코드의 상태 정보를 전송하도록 하였다.

4. 통합신호시스템의 구축 및 시험

앞장에서 설명한 주요 장치간 인터페이스를 위해 설계한 프로토콜을 바탕으로 각 장치들간 통신링크를 통한 통합 신호시스템을 구축하였다. 실험실 레벨에서 통합 신호시스템을 구축 및 시험하기 위해서는 현장을 에뮬레이션 하는 별도의 장치를 필요로 한다. 따라서 본 통합신호시스템에서는 다음과 같은 두 개의 별도의 모듈을 제작하였다.

이 별도로 제작된 모듈들은 실험실 레벨에서 통합 신호시스템을 구축하면서 각 장치간의 인터페이스 특성을 확인하고 이로서 전체적인 통합신호시스템의 성능확인을 위해 필수적인 장치들이다. 즉 실제 장치들이 철도현장에 적용될 경우와 같이 열차도 있어야 하며, 또한 실제 선로에 사용되는 선로전환기, 신호기, 궤도회로 등도 있어야 한다. 하지만 실험실에서 통합시스템을 구축하면서는 이러한 설비들을 실제 이용하는 것이 불가능하다.

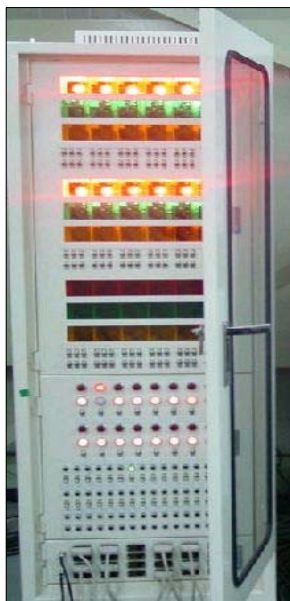


그림 4 현장 I/O 모듈
Fig. 4 Trackside I/O Emulation Module

이에 따라 이와 동일한 특성을 갖는 별도의 에뮬레이션 모듈을 필요로 한다. 본 연구에서는 이를 위해 다음과 같은 두 개의 장치를 설계 및 제작하여 통합시험에 활용하였다.

본 연구를 통해 개발한 kTCS-IXL은 실제 선로전환기나 신호기 등의 제어명령을 발생시키고 또한 이들의 제어상태 정보를 피드백 받도록 되어있지만 실험실 환경에서는 이러한 실제의 선로변의 현장 신호설비들을 완벽하게 갖추어 실험하는 것이 불가능하다. 이에 따라 실험실 레벨의 통합 신호시스템에서는 그림 4와 같은 현장 랙을 제작하였다. 이 랙은 실제 선로전환기에 사용되는 계전기 및 쌍심형 신호기 램프 및 궤도회로 계전기들로 구성되어 전자연동장치의 TFM과 인터페이스하면서 실험실 레벨에서 시험을 하면서 현장과 동일한 시험조건이 되도록 하였다. 즉, 실제의 선로 전환기는 본 랙에서 사용한 동일한 계전기의 동작신호에 따라 기계적으로 선로의 진로를 제어하게 되고, 궤도회로 계전기 역시 궤도회로 수신기에 사용되는 동일한 계전기를 사용함으로써 실제 현장의 환경과 거의 유사하게 구축하여 성능 시험을 할 수 있도록 하였다.

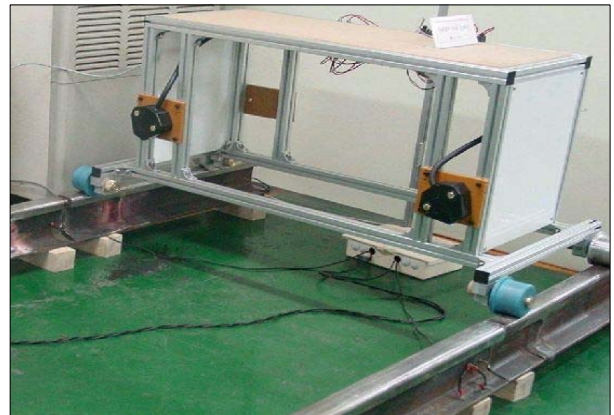


그림 5 지상/차상 인터페이스 시험장치
Fig. 5 Track Circuit Testing Module

다음으로는 궤도회로를 통해 지상과 차상 제어장치간의 정보전송이 정상적으로 인터페이스 되는지를 시험하기 위한 그림5와 같은 시험장치이다. 이 시험장치는 실제 차상 안테나가 취부되는 위치에 안테나를 설치하여 열차가 궤도회로 점유 시 지상제어장치의 제어정보가 차상 ATC로 정상적으로 수신되는지를 시험하는데 사용할 지상 및 차상 인터페이스 시험장치이다. 이 시험장치에 사용된 차상의 ATC 안테나는 실제 고속철도에 사용되는 동일한 안테나를 사용하였으며 또한 부착되는 위치도 실제 차상에 설치되는 위치와 동일한 위치가 되도록 하였다. 이 지상 및 차상 인터페이스 시험장치에는 이처럼 2개의 ATC 안테나와 두 개의 레일 그리고 모형 차량으로 구성되었다. 이 레일에는 본 프로젝트를 통해 개발한 궤도회로 송신기와 수신기가 부착되어 모형 열차의 점유여부를 감지하게 되며, 또한 차상 ATC 안테나가 레일을 통해 흐르는 제어정보를 수신하여 차상 ATC 제어장치로 전송하도록 되어 있다.

KCTS 각 장치들과 이러한 실험실 레벨에서 통합 신호시스템의 구축 및 시험을 위한 별도의 모듈들을 기본으로 하

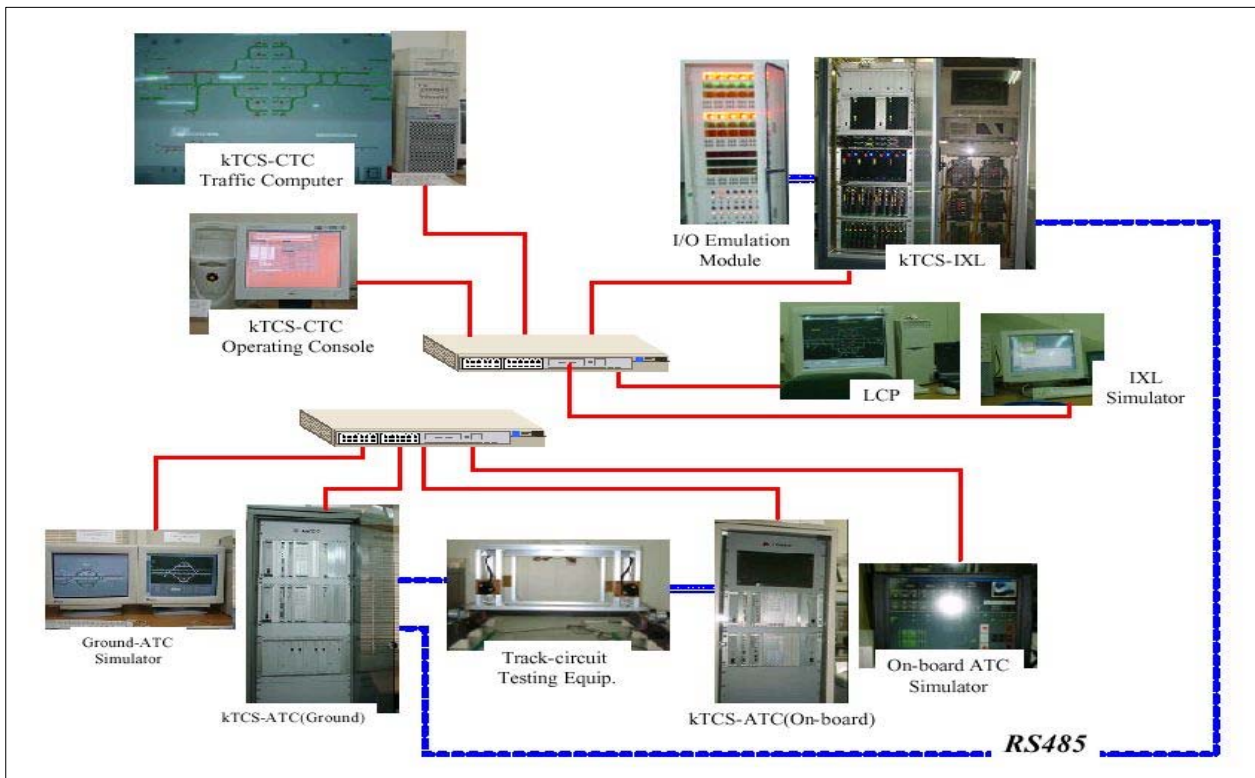


그림 6 통합시스템의 구성
 Fig. 6 Configuration of Integrated kTCS System

여 그림 6과 같은 통합신호시스템을 구축하였다. 그림 6에 서처럼 통합 신호시스템에는 각 장치별로 각각 시뮬레이터를 개발하여 통합시험 시 각 장치의 제어상태를 확인할 수 있도록 하였고 또한 각 장치의 고유의 기능을 이 시뮬레이터를 통해 시험할 수 있도록 하였다. 그리고 통합시험에서는 각 장치간 인터페이스 되는 정보의 확인 및 분석을 각 장치별로 연결되어 있는 시뮬레이터와 콘솔, 그리고 프로토콜 분석기를 각 통신 링크에 연결하여 시험을 수행하였다.

이들 통합 신호시스템은 앞장에서 설명한 프로토콜을 바탕으로 각 장치간 제어 및 표시정보를 전송하도록 하고 있으며, 성공적인 통합신호시스템이 구축되었음을 시험을 통하여 확인하였다. 즉 그림 1에 나타난 바와 같이 kTCS-CTC에서 내려진 진로제어 명령이 kTCS-IXL을 거쳐 현장모듈인 선로전환기 계전기를 동작시키거나 kTCS-ATC 장치로 전송되어 지상-차상 인터페이스 모듈을 거쳐 차상장치로 전송되는지와, 반대로 현장 제어장치들의 변화된 상태정보가 중앙의 kTCS-CTC장치로 정상적으로 전송되어 반영되는지를 확인하였다.

```

수신 = <02><04><00><10><00><00><00><84><F1><E7><03>
Packet = [F1]-[E7], Cal = [00]-[00]
RequestAllInfo...[0]-[131]
송신 = [02][84][00][11][01][00][01][01][01][01][01][01][01][01][00][00][00][00]
      [00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00]
      [00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00]
      [00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00]
      [00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00]
      [00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00]
      [00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][00][03][00][00][03]
    
```

그림 7 콘솔을 통한 전송정보 확인 예
 Fig. 7 Monitoring of Transmitted Message by Console



그림 8 진로설정 화면
 Fig. 8 Display of Route Setting by Console

그림 7은 kTCS-IXL에서 kTCS-ATC로 전송하는 메시지를 지상 kTCS-ATC 장치 콘솔을 통해 확인하는 예를 나타낸 것이다. 또한 그림 8은 kTCS-CTC의 운용콘솔 화면으로 'CTC' 모드에서 kTCS-CTC 콘솔에서 진로설정 명령을 발생시키고 kTCS-IXL에서 이 제어명령을 처리하여 현장 에물레이션 모듈의 해당 계전기를 동작시키고, 그 결과를 다시 중앙의 kTCS-CTC로 전송하여 진로설정이 정상적으로 되었음을 표시한 kTCS-CTC 콘솔화면이다.

즉 각 통신링크별로 콘솔들과 프로토콜 분석기를 통해 전송되는 메시지의 핵사 값의 모니터링을 통해 인터페이스를 확인하였다. 또한 그림 8과 같이 최상위의 kTCS-CTC 장치에서의 제어정보가 선로변의 신호기나 선로전환기를 동작시키고 또한 이들의 상태정보가 중앙의 제어장치로 반영되는 통합 신호시스템의 성능을 실험실 레벨에서 확인하였다.

본 연구를 통해 구축한 통합시험장치를 통해 개발한 한국형 고속전철용 신호시스템을 철도현장 설치 및 시운전 이전에 실험실에서 충분히 각 장치간 인터페이스 정보의 확인 및 이러한 타 장치들과 인터페이스를 통한 전체의 신호제어 시스템으로 정상적으로 동작하는지를 확인할 수 있었다. 이러한 통합시험장치를 통한 실험실 레벨의 통합시험을 거쳐 현재는 현장에 설치하여 시운전 중에 있다.



그림 9 통합신호시스템 구축 및 통합시험 현황
Fig. 9 Configuration of Laboratory Testing of kTCS System

5. 결 론

철도의 신호제어시스템은 철도의 선로변 및 역의 신호 기기에 위치하면서 열차의 속도제어 및 진로제어 등을 담당하며, 동시에 열차의 안전운행을 최종적으로 책임지는 바이탈 제어장치이다. 이처럼 열차의 안전운행을 위한 바이탈 기능을 수행하는 신호제어시스템의 개발을 위해서는 현장시험 이전에 실험실 수준에서 충분한 시험을 수행하여야 한다. G7 고속전철기술개발 사업으로 개발한 한국형 고속전철 신호제어시스템들은 여러 신호제어장치들로 구성되어지며, 이들 각 장치들은 서로 간 인터페이스를 통해 각자 고유의 기능을 수행하면서 전체적으로 하나의 통합된 신호제어시스템으로 구축되어야 한다. 이러한 통합 신호시스템의 특성 또한 각 장치의 고유한

기능과 같이 현장설치 및 운용 이전에 실험실에서 충분한 시험을 통해 검증되어야 한다. 일반 산업용 제어시스템 보다 더 이러한 현장설치 및 운용 이전의 실험실 레벨의 성능 확인 시험이 철도신호시스템의 경우에는 중요하다.

이를 위해 본 연구에서는 이러한 각 신호장치들간 인터페이스를 위한 두 가지 형식의 통신 프로토콜을 설계하였으며, 실험실에서 통합시험을 위한 별도의 현장 에물레이션 모듈을 설계 및 제작하였다. 이렇게 구축된 통합신호시스템을 기반으로 하여 실험실에서 한국형 고속전철용 신호시스템의 통합 신호시스템의 성능을 확인하였으며, 현재는 실제 철도 현장에 설치하여 현장 시운전 시험 중에 있다. 즉 이 실험실 레벨의 통합 신호시스템의 구축 및 시험을 통해 실제 선로변에 제어장치를 설치하여 시험하기 이전에 실험실에서 충분히 각각의 장치들이 하나의 통합된 신호시스템으로 동작되는 지를 충분히 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] Institute of Railway Signal Engineers, 'Railway Signalling', A & C Black · London, 1991.
- [2] 稱毛弘苗, et al., '次世代運轉制御システムのシ室内實驗', RTRI Report Vol 5, No. 1, pp. 48-55, 1991.
- [3] 황종규, 이종우, '신호제어시스템 인터페이스 시험을 위한 통합 시험장치의 설계', 대한전기학회 하계학술대회, 2001.
- [4] <http://www.azurenet.com/>
- [5] G7 고속전철기술개발사업 워크샵 자료집, '신호제어시스템 엔지니어링 기술개발', 한국철도기술연구원, 2002.

감사의 글

본 연구는 1996년 ~ 2002년 G7 고속전철기술개발사업에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다.

저 자 소 개



황 종 규 (黃 宗 奎)

1969년 8월 6일생. 1994년 건국대학교 전기공학과 졸업, 1996년 건국대학교 전기공학과 석사, 2000년~현재 한양대학교 전자통신전파공학부 박사과정, 1995년~현재 한국철도기술연구원 전기신호연구본부 선임연구원

Tel : 031-460-5438

Fax : 031-460-5449

E-mail : jghwang@krri.re.kr



이 종 우 (李 宗 宇)

1959년 3월 20일생. 1983년 한양대학교 기계설계과 졸업, 1986년 Ecole Centrale de Nantes 석사, 1993년 Universite de Parise VI 공학박사, 1994년~현재 한국철도기술연구원 전기 신호연구본부 책임연구원

Tel : 031-460-5433

Fax : 031-460-5459

E-mail : jwlee@krri.re.kr



박 용 진 (朴 容 震)

1969년 일본 와세대 대학교 전자공학과 졸업, 1971년 일본 와세대 대학교 전자공학과 석사, 1978년 일본 와세대 대학교 공학박사, 1978년~현재 한양대학교 전자통신전파공학부 교수

Tel : 02-2290-0355

Fax : 02-2281-6579

E-mail : park@hyuee.hanyang.ac.kr