

철도 저밀도노선 효율성 향상을 위한 차상중심 열차제어시스템 연구

조현정^{1*}, 백종현¹, 김건엽¹, 이강미¹, 김용규¹
¹한국철도기술연구원

A study on the on-board centered train control system to enhance efficiency of low-density railway line

Hyun-Jeong Jo^{1*}, Jong-Hyen Baek¹, Gon-Yop Kim¹, Kang-Mi Lee¹
and Yong-Kyu Kim¹

¹Korea Railroad Research Institute

요 약 국내 철도 저밀도 지선구간에서는 주요노선에 적용되고 있는 고가의 지상설비들이 운용됨에 따라 적자로 운영되는 등 효율성 측면에서 문제가 되고 있어, 열차 차상에서 직접 선로변 설비를 제어할 수 있는 새로운 개념의 차상중심 열차제어시스템의 개발에 대한 필요성이 대두되고 있다. 이에 따라 본 논문에서는 국내의 앞선 정보통신기술(ICT)을 접목하여 지상설비를 최소화하는 동시에 기존 시스템을 대체가능한 차상제어시스템을 제안하였으며, 개념 및 상세설계 결과와 모형시험환경 구축을 통한 기능 확인 수행내용을 제시하였다.

Abstract In the low-density branch line section of domestic railway, the necessity for development of new concept on-board centered train control system which can control the trackside equipment directly from the on-board of train is on the rise since it is problematic in the aspect of efficiency because of its operation in deficits, etc. in accordance with the operation of high-priced wayside equipment being applied to main lines. Accordingly, this paper proposed an on-board control system which can minimize wayside equipment and replace the existing system with it simultaneously by grafting the advanced domestic Information & Communication Technology(ICT), and presented contents of performing confirmation of function through results of concept and detailed design and by building model test environments.

Key Words : Information & Communication Technology(ICT), train control system, low-density railway

1. 서론

국내 철도신호시스템은 기존의 선로변 신호기 현시조 건과 ATS(Automatic Train Stop)를 사용해왔으며, 최근에 주요 노선(경부선, 호남선)을 중심으로 차상신호시스템(ATP, Automatic Train Protection)으로 개량해 나가고 있다. 이러한 상황에서 그림 1과 같이 많은 종류의 지상설비들이 운용됨으로 인해 유지보수 인력과 비용에 대한 부담이 큰 실정이다[1-4]. 경부선과 같이 열차운행이 빈번한 주요 노선의 경우에는 ATP 시스템으로 개량하는

것이 적합하지만, 일일 운행 횟수가 적은 지선의 경우에도 주요 노선과 동일한 고가의 제어시스템을 운용할 경우 운영 효율 측면에서 적합하지 않다는 문제점이 있다. 국내의 경우 여객열차와 화물열차의 일일 운행 횟수가 40회 이하인 동해남부선, 경북선, 군산선, 진해선, 정선선 등의 주요 지선들의 길이가 약 400km에 이른다. 이러한 지선들은 적자로 운영되고 있어 적자노선 운영에 따른 보조금이 국가에서 지급되고 있으며, 경영 개선을 위해 선로변 설비 최소화를 통한 유지보수 비용 및 업무 효율화를 위한 시스템 개량이 절대적으로 필요한 상황이다.

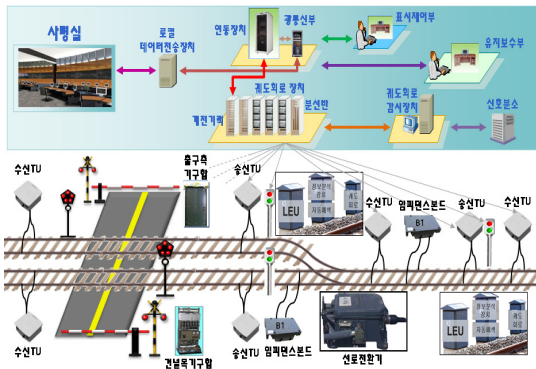
*Corresponding Author : Hyun-Jeong Jo

Tel: +82-31-460-5458 email: hjjo@krrri.re.kr

접수일 12년 09월 20일

수정일 12년 11월 06일

개재확정일 12년 11월 08일



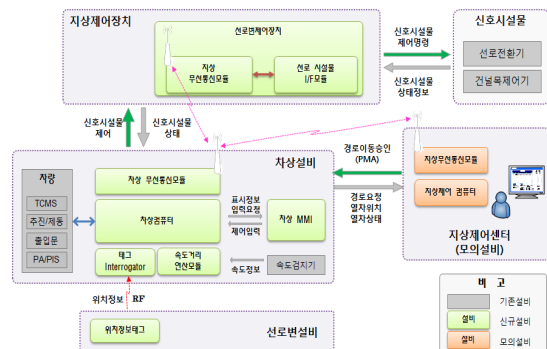
[그림 1] 기존 철도지선의 열차제어시스템 구성현황
[Fig. 1] Current status of configuration of the train control system of existing branch railway lines

이미 유럽 ERTMS Regional 및 독일 FgB 프로젝트에서는 저밀도 구간 운행을 위한 차상중심의 신호시스템을 개발하고 있으며, 실제 적용을 위한 현장시험 등이 수행 중인 것으로 조사되었다[1-11]. 이에 따라 국내에서도 적자로 운행되고 있는 지선의 효율성 향상을 위해 새로운 차상중심 열차제어시스템을 시급히 개발해야 하며, 다른 국가에 비해 높은 기술력을 보유하고 있는 한국의 앞선 정보통신기술(ICT: Information & Communication Technology)을 바탕으로 차상에서 선로변 설비를 직접 제어할 수 있는 열차제어시스템을 개발하는데 어려움이 없을 것이라 예상된다. 본 논문에서는 이와 같이 저밀도 노선에서 활용이 가능한 ICT와 철도의 융합을 통한 차상중심 열차제어시스템을 제안하고자 하며, 본론에서 개발하고자 하는 제안시스템의 구성 및 기능에 대해 설명하고 구체적인 설계 개발 내용을 제시하고자 한다.



[그림 2] 제안하는 ICT기반 차상중심 열차제어시스템의 구성

[Fig. 2] Configuration of ICT based on-board centered train control system being proposed



[그림 3] 제안시스템의 논리적 구성 및 인터페이스

[Fig. 3] Logical configuration and interface of proposed system

2. ICT기반 차상중심 열차제어시스템 구성 및 기능

2.1 시스템 개요 및 구성

본 논문에서 제안하고자 하는 ICT기반 차상제어시스템은 열차 운행횟수가 적은 철도지선에 설치하여 지상설비 최소화를 통한 운영 및 유지보수 비용 최소화를 목적으로 하는 차상중심의 열차제어시스템이다. ICT기반 차상제어시스템은 차상에서 무선으로 지상설비(선로전환기, 건널목 등)를 제어하기 위한 장치와, 차상의 제어신호를 수신하여 지상설비를 제어하기 위한 지상설비 제어용 인터페이스장치를 포함한다. 다음의 그림 2는 기존 열차제어시스템의 복잡하게 구현되어 있는 지상설비를 대체

ICT기반 차상중심 열차제어시스템의 물리적 구성은 차상제어장치와 선로변 제어장치 및 지상제어센터로 구분된다. 본 논문에서는 지상제어센터를 운행관리시스템으로 대신하여 구체적인 기능 및 설계를 수행하였다. 차상제어장치는 차상 통신모듈과 2중계 차상컴퓨터, 운전자 화면표시를 위한 DMI로 구성되며, 선로변 제어장치는 지상설비제어용 인터페이스장치와 절대위치정보 전송을 위한 태그 등으로 구성된다. 다음의 그림 3은 전체 시스템의 논리적 구성을 보여준다. 제안시스템의 논리적 구성은 기존 신호시설물과의 인터페이스, 지상설비제어용 인터페이스장치와 차상제어장치 사이의 인터페이스로 구성된다. 신호시설물과의 인터페이스는 기존 신호설비인 선로전환기, 건널목 제어기 등과의 인터페이스를 의미하

며, 이러한 시설물의 상태정보를 전송받고 제어명령을 내리는 역할을 한다. 지상설비제어용 인터페이스장치와 차상제어장치 사이의 인터페이스는 차상에서 지상시설물 및 위치정보를 받고 시설물 제어명령을 지상으로 전달하기 위한 인터페이스를 의미한다.

2.2 차상제어장치 및 지상설비 기능사양 도출

2.2.1 차상제어장치

ICT기반 차상제어시스템의 차상제어장치는 지상설비와의 통신을 위한 차상 무선통신 모듈, 2중계 바이탈 컴퓨터로 구성된 차상컴퓨터, 기관사와의 인터페이스를 위한 DMI 및 기타 부가설비로 구성된다. 차상제어장치는 지상설비인 태그에서 받은 열차위치정보를 이용하여 차상컴퓨터의 처리를 거쳐 표시, 감시, 제동, 기록 등의 기능을 수행한다. 또한 선로변에 설치되는 지상설비제어용 인터페이스장치와의 통신을 통해 선로변의 기존 시설물을 제어한다. 표시/감시 기능은 속도 표시 및 감시, 목표거리 표시, 경고 표시, 위치감시, 운전모드 감시를 포함하며, 제어 기능은 선로전환기와 건널목 제어기와 같은 지상 신호설비의 동작제어를 의미한다. 기록 기능은 측정 및 감시 속도 기록, 기관사 조치사항 기록, 열차 데이터 기록, 감지된 장애코드 기록의 역할을 한다. 제동 기능은 상용 제동과 비상 제동을 모두 포함한다. 이 중, 차상제어장치의 주요기능인 제어기능을 예로 들어 기능사양 도출 결과를 제시하면 다음과 같다.

- 선로전환기 제어

- 차상제어장치는 지정된 주행로 내의 선로전환기를 선로변제어장치를 통하여 제어가 가능해야 한다.
- 차상제어장치가 선로변 제어 영역 진입을 의미하는 태그를 인식하면 선로변제어장치와 통신을 개시하고 선로전환기의 상태정보를 수신해야 한다.
- 지정된 주행로와 비교하여 선로전환기의 상태가 일치하지 않다면 제어 명령을 선로변제어장치로 전송해야 한다.
- 차상제어장치가 선로변 제어 영역 진출을 의미하는 태그를 인식하면 정상적인 통과를 운행관리시스템에게 보고한다.
- 선로전환기의 제어가 3회 이상 실패하면 비상제동을 인가하고 운행관리시스템에 보고한다.

- 건널목 차단기 제어

- 차상제어장치는 지정된 주행로 내의 건널목 차단기를 선로변제어장치를 통하여 제어가 가능해야 한다.

- 차상제어장치가 선로변 제어 영역 진입을 의미하는 태그를 인식하면 선로변제어장치와 통신을 개시하고 건널목 차단기의 상태정보를 수신해야 한다.
- 건널목 차단기의 상태가 'open'이라면 'close' 제어명령을 선로변제어장치로 전송해야 한다.
- 차상제어장치가 선로변 제어 영역 진출을 의미하는 태그를 인식하면 'open' 제어 명령을 선로변제어장치로 전송해야 한다.
- 차상제어장치는 건널목을 정상적으로 통과함을 운행관리시스템에게 보고해야 한다.
- 건널목 차단기의 'close' 제어가 3회 이상 실패하면 비상제동을 인가하고 운행관리시스템에 보고한다.

2.2.2 지상설비

ICT기반 차상제어시스템 지상설비는 지상 통신모듈과 선로변 제어 인터페이스 모듈로 구성된 선로변 제어장치와 절대위치정보 전송을 위한 태그 등으로 구성된다. 지상설비의 기능은 절대위치 확인용 태그를 통해 열차의 위치를 전송하고, 관제실에서 통신을 통해 이동권한 정보, 지리정보 및 장애정보 등을 차상설비로 전송하는 것을 포함한다. 또한 지상설비제어용 인터페이스장치는 열차위치를 기반으로 열차와의 무선통신을 통해 기존 신호시설물을 제어하는 기능을 한다. 선로변 제어장치의 주요 기능에 대한 요구사항은 다음과 같다.

- 열차 등록 및 해제 기능

- 경로관리 기능

- 열차의 진로 승인 요청 메시지를 수신하면, 진로의 승인 여부를 판단하여 결과를 열차에 알려주어야 한다.
- 열차 운행 번호의 시간표에서 충돌을 감지하면, 차상제어장치에 진로 승인 거부 메시지를 전달하고 운전자에게 알람을 발생시켜야 한다.
- 열차의 진로 승인 요청에 대항하는 진로가 이미 승인되어 있을 경우 진로의 충돌을 감지하여 운전자에게 보고하여야 한다.
- 운전자에 의해 이미 승인 되지 않은 열차의 진로를 승인 할 수 있어야 한다.
- 열차가 진로 승인된 구간을 완벽히 통과 한 후에는 자동으로 진로를 해제 할 수 있어야 한다.
- 승인된 진로 구간 내에 열차가 비어 있다면, 운전자에 의해 승인된 진로를 해제 하여야 한다.
- 운전자에 의해 선로의 임의 구간을 폐쇄/해제할 수 있어야 한다.
- 운전자에 의해 임시제한 속도를 설정/해제할 수 있어야 한다.

- 열차 스케줄 관리기능
- 선로전환기 상태 감시 및 제어 수행기능
- 열차로부터 수신된 선로전환기 전환 제어 명령을 실행하여야 한다.
- 선로전환기의 방향을 실시간 감시하여야 하며, 열차와 통신이 이루어진 후에는 주기적으로 선로전환기의 상태를 인터페이스 사양에 따라 전송하여야 한다.
- 선로전환기의 고장 및 접점 여부를 감시하여, 기관사에게 알려주어야 한다.
- 건널목 차단기 상태 감시 및 제어 수행기능
- 열차로부터 수신된 건널목 차단 또는 해제 제어 명령을 실행하여야 한다. 열차의 통과 명령이 있고, 열차와 통신이 해제 되면 건널목 차단 해제가 수행되어야 한다.
- 건널목 차단기의 차단 상태를 감시하여야한다. 열차와 통신이 이루어진 후에는 주기적으로 건널목 차단기의 상태를 인터페이스 사양에 따라 전송하여야 한다.
- 건널목 차단기의 고장 상태를 감시하여 기관사에게 알려주어야 한다.

3. 제안시스템 상세설계 및 모의환경시험 수행

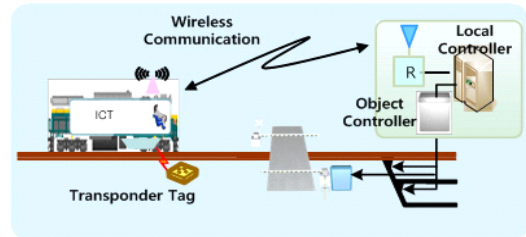
3.1 구체적인 인터페이스 사양 및 상세설계 결과

차상제어장치와 지상제어장치간 인터페이스 구성도는 그림 4와 같으며, 구체적인 인터페이스 사양은 아래와 같이 정리할 수 있다. 또한, 차상제어장치 및 지상제어장치 별로 해당하는 인터페이스 내용은 표 1 및 표 2와 같다.

- 지상과 차상설비간의 인터페이스는 IEEE 802.11를 기반으로 2.4GHz 주파수 대역을 이용한 무선링크를 이용한다.
- 본 시스템에서 무선 통신 기능은 무선 주파수 대역을 허가나 신고하지 않고 사용할 수 있는 2.4GHz 대역을 사용하며, 802.11b/g 통신표준의 단점을 보완한 별도의 MAC통신 프로토콜검사를 사용하여 통신 데이터를 검증하여 데이터 안정성을 확보한다.
- 차상제어장치와 지상제어장치간 통신 개시는 열차제동 한계를 고려하여 열차운행에 지장을 초래하지 않는 거리 이상을 확보하여야 한다.
- 차상제어장치는 지상제어장치와 통신 가능 유무 확인 이전에는 브로드캐스팅 전송을 하고, 지상제

어장치와의 통신 채널 구성이 확립된 이후에는 고유 ID를 통해 수 초 이내로 해당 장치간 통신이 이루어진다.

- 차상제어장치는 지상제어장치와 무선 통신이 3초 이상 두절 시 열차 보호를 위해 즉시 비상제동을 체결한다.



[그림 4] 제안시스템의 인터페이스 구성도

[Fig. 4] Configuration of interfaces of the proposed system

[표 1] 차상제어장치 인터페이스

[Table 1] On-board controller interfaces

구분	내용
차상컴퓨터와 DMI	- 차상 컴퓨터와 DMI는 RS-485/422 시리얼 채널로 연결된다. - 운전자의 입력 데이터를 차상 컴퓨터로 전달한다.
차상컴퓨터와 트랜스폰더 검지기	- 트랜스폰더 검지기는 선로변에 설치된 트랜스폰더와 차상 트랜스폰더 안테나를 통해 통신하여 수신한 트랜스폰더 ID를 차상 컴퓨터로 전송한다. - 차상 컴퓨터와 RS-422/485 시리얼 채널로 연결된다.
차상컴퓨터와 무선통신모듈	차상컴퓨터와 무선통신모듈간의 통신 방식은 10/100baseT Ethernet 링크로 연결된다.
무선통신모듈과 Radio 안테나	무선통신모듈과 Radio 안테나와의 연결은 신호 손실을 최소화할 수 있는 케이블을 사용한다.

[표 2] 지상제어장치 인터페이스

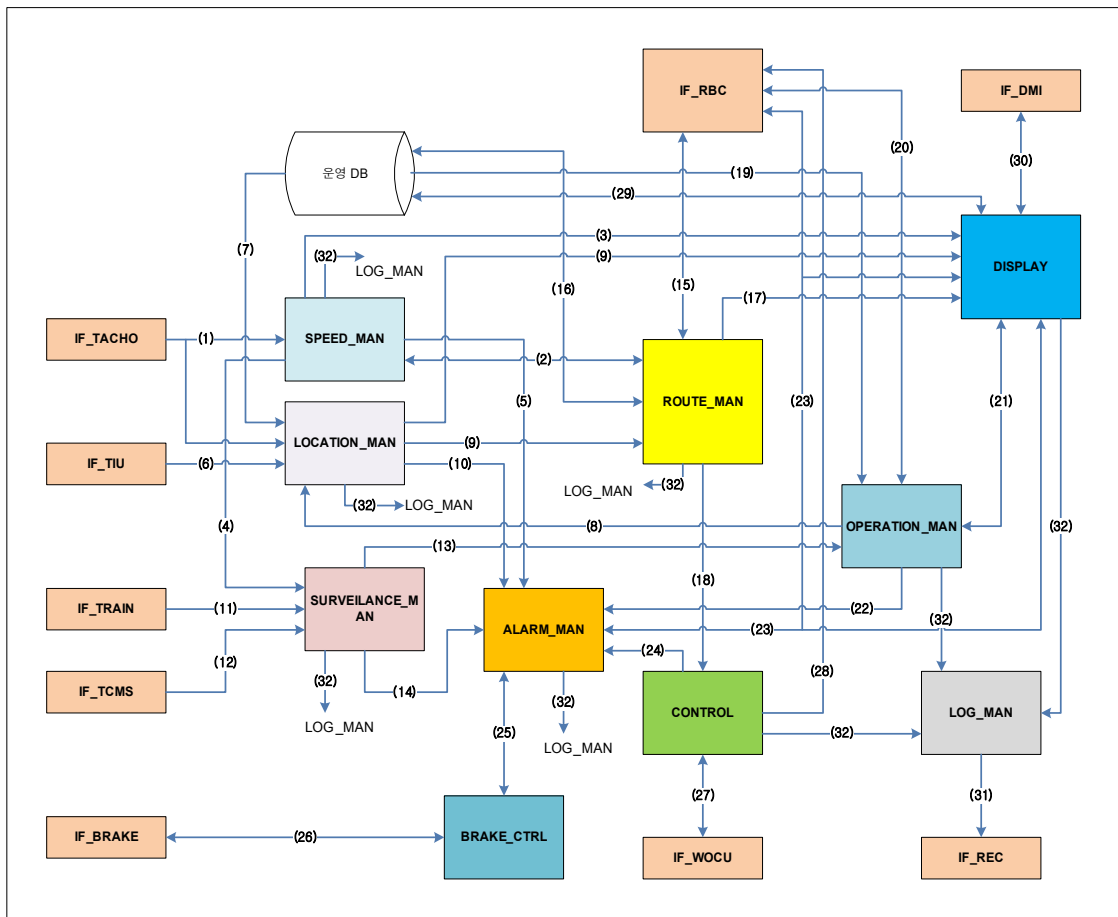
[Table 2] Wayside controller interfaces

구분	내용
지상컴퓨터와 무선통신모듈	지상컴퓨터와 무선통신모듈간의 통신 방식은 Ethernet 10/100B/T 기반으로 연결한다.
선로변 제어장치와 무선통신모듈	선로변 제어장치와 무선통신모듈간의 통신 방식은 Ethernet 10/100B/T 기반으로 연결한다.
선로변제어장치와 진로표시기	- 진로표시기는 선로변 제어장치에 제어선으로 연결되어 있으며, 선로변 제어장치에 의해 동작된다. - 진로표시기와의 접속 형태는 Dry connect 방식이며, 선로 조건에 따라 다수의 접점으로 구성될 수 있다.

기반설 비와의 I/F	선로전환기	- 선로변 제어장치와 선로전환기의 인터페이스는 적어도 기계 전기 인터페이스로 호환되어야 한다. - 선로변 제어장치와의 인터페이스는 열차가 선로전환기를 접근 또는 통과할 때 감지되지 않는 상태에서도 처리할 수 있어야 한다. - 선로변 제어장치와의 인터페이스는 선로전환기의 상태를 올바르게 감지 할 수 있어야 한다. - 선로변 제어장치와의 인터페이스는 쌍동 전철기에 대해서도 처리할 수 있어야 한다.
	건널목	- 건널목 제어기는 선로변 제어장치에 제어선으로 연결되어 있으며, 차상제어장치의 연동 논리에 의해 동작된다. - 선로변 제어장치와의 접속 형태는 Dry contact 방식으로 조건에 따라 다수의 점점으로 구성될 수 있다.

제안하는 ICT기반의 차상중심 열차제어시스템의 서비스 시스템별 소프트웨어 상세설계결과 및 내부 프로세스를 도식화한 결과는 다음 그림 5와 같으며, 이 중 인터페이스 프로세스별 소프트웨어 구현결과를 정리하면 다음과 같다.

- IF_RBC : 지상제어장치 중 운행관리컴퓨터와의 인터페이스를 담당하며, 지상제어장치의 운행관리컴퓨터와 정해진 프로토콜에 의해 Data를 교환한다.
- IF_WOCU : 지상제어장치 중 선로변 제어모듈과의 인터페이스를 담당하며, 선로변 설비 제어 영역 내에서 선로변 제어모듈과 통신을 연결 및 상태 감시를 수행한다.
- IF_TCMS : 차량에 장착되어 있는 TCMS와의 인터페이스를 담당한다.
- IF_BRAKE : 차량에 장착되어 있는 제동장치와의 인터페이스를 담당한다.

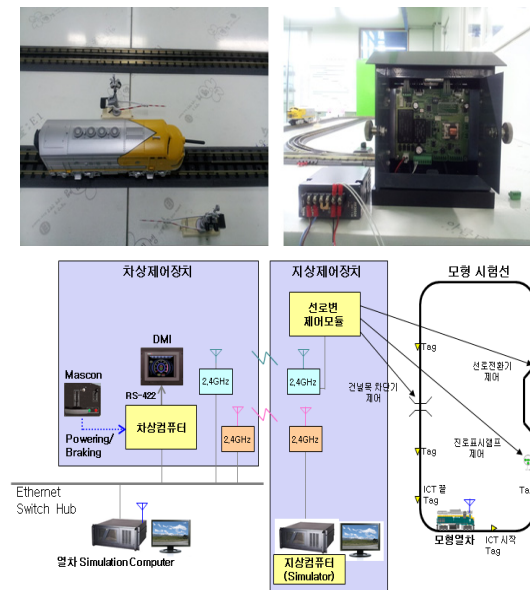


[그림 5] 차상제어장치 서브시스템별 설계결과
[Fig. 5] Result of design by subsystem of on-board controller

- IF_DMI : 차상제어장치 서브시스템의 주 컴퓨터와 DMI와의 인터페이스를 담당하며, DMI와 정해진 프로토콜에 의해 Data를 전송한다.
- IF_TRAIN : 차상제어장치 서브시스템과 열차의 기타 시스템과의 인터페이스를 담당한다.
- IF_TACHO : 차상제어장치 서브시스템과 차량에 설치되어 있는 가속도계/회전속도계(Tachometer)와의 인터페이스를 담당한다.
- IF_TIU(Transponder Interrogator Unit) : 차상제어장치 서브시스템의 주 컴퓨터와 TIU과의 인터페이스를 담당하며, TIU에서 태그 ID 정보를 수신한다.
- IF_REC : 차상제어장치 서브시스템의 REC 모듈에 대한 인터페이스를 담당한다.

3.2 모의시험환경 구축 및 시험방안

앞 절의 설계내용을 바탕으로 구현한 ICT기반 차상제어시스템의 기능 검증을 위해 실험실 레벨에서 모의시험 환경을 그림 6과 같이 구축하였으며, 본 모의시험 환경구축은 향후 현장설치 상황과 최대한 유사하게 구성하였다.



[그림 6] 실험실 모의시험 환경 구축결과
[Fig. 6] Result of building simulation test environments at the laboratory

차상제어장치와 지상제어장치 등의 주요 장치는 실제 구현하고자 하는 모듈을 사용하여 기능을 확인하였으며, 그 외 실험실 환경에서 구축이 불가능한 차량, 선로 등의 기반 설비는 모형 설비를 이용하여 테스트 환경을 구성

하였다. 제안시스템의 주요 기능인 열차위치 결정과 선로 전환기/건널목 차단기 제어에 대한 다음 두 가지 시험 예시를 통해 모의환경에서 수행되는 ICT기반 차상중심 열차제어시스템의 성능 검증이 수행될 수 있음을 충분히 확인하였다.

- 열차 위치 결정

모형 시험선에 위치한 모형 열차가 기동을 시작하면 열차가 운행되면서 시험선에 설치한 Tag를 지나가게 되고, Tag를 확인한 모형열차는 무선통신을 통해 열차 Simulation Computer로 자신의 위치를 전송하게 된다. 열차의 위치를 수신한 열차 Simulation Computer는 수신한 열차위치를 차상컴퓨터로 전송하게 된다. 이러한 방식으로 차상컴퓨터는 모형 열차가 운행함에 따라 지속적으로 열차위치를 확인하게 되어 실제 현장에서와 동일하게 열차위치를 결정하는 기능에 대한 검증을 수행하였다.

- 선로전환기/건널목 차단기 제어

차상컴퓨터는 열차 위치 정보를 통해 모형 열차가 선로전환기 또는 건널목 차단기에 접근함을 인지하게 된다. 열차가 선로전환기 또는 건널목 차단기에 접근하게 되면 차상컴퓨터는 무선통신을 통해 선로변 제어모듈로 선로전환기 제어 또는 건널목 차단기 제어명령을 전송한다. 제어정보를 수신한 선로변 제어모듈은 모형 시험선에 설치한 선로전환기를 전환 또는 건널목 차단기를 차단/해제한다. 이러한 방식으로 차상컴퓨터와 선로변 제어모듈의 선로전환기/건널목 차단기 제어 명령을 실제 현장과 동일한 방식으로 수행하여 시스템의 성능을 검증할 수 있다.

4. 결론

최근 철도선진국인 유럽 및 일본 등을 중심으로 고가의 지상설비를 최소화하여 적자로 운영되고 있는 저밀도 구간인 지선에 적합한 차상중심의 열차제어시스템이 연구되고 있으며, 이와 마찬가지로 국내에서도 적자노선인 지선구간의 비용 및 효율성 향상을 위한 새로운 열차제어시스템에 대한 개발이 매우 필요한 상황이다. 따라서 본 논문에서는 국내의 앞선 정보통신기술을 기반으로 하는 차상에서 선로변 설비를 직접 제어할 수 있는 ICT기반 차상중심 열차제어시스템을 제안하였다. 본론에서는 이러한 제안시스템에 대한 개념 및 기능사양 도출결과와 설계 구현결과를 구체적으로 서술하였으며, 기능에 대한 확인 및 검증을 위해 현재까지 실험실 수준에서 구축한

모형시험환경을 제시하고 대표적인 기능에 대한 수행사례를 보여주었다. 향후 본 논문의 내용을 바탕으로 시제품 제작 및 현장시험 또한 수행할 수 있도록 계획 중이며, 시제품 제작이 완료된다면 무선통신을 기반으로 하는 방식이지만 기존 시스템과 같이 안전성이 확보되어 있음을 확인하는 기능안전성 시험 수행 및 안전성 활동평가 등의 검증절차를 진행하고자 한다.

우리가 본 논문에서 제안하는 지선구간 운영에 적합한 ICT기반 열차제어시스템 기술 개발이 성공적으로 완료된다면, 선로변 제어설비 최소화로 유지보수 비용 및 운영비용 저감을 통한 철도경영 업무효율성 향상을 기대할 수 있을 것이다. 또한, 철도 선진국에서도 이와 관련된 연구가 현재 진행 중인 단계라는 점과 국내의 앞선 정보통신 기술의 적용을 고려할 때, 제안하는 ICT기반 차상중심 열차제어시스템을 통해 기술 경쟁력 선점도 가능할 것이라 판단된다. 특히 철도의 열차제어 분야와 ICT를 융합하여 열차운행의 효율성 향상을 도모하는 연구는 앞으로 그 의미와 효과가 매우 클 것으로 예상된다.

References

- [1] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Korea Institute of Construction & Transportation Technology Evaluation and Planning, "A Research Report on Development of Automatic Operation & Control System for the Large Train Station with High-Density Operation", final report of the 5th year, 2008.
- [2] Jong-Hyeon Baek, Chang-Goo Lee, "A Study on the Technology of Train Separation Control using Balises to enhance the Speed of Exiting Line", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Volume 10, Issue No. 2, pp.256-263, 2009.
- [3] Hyeong-Seo Gi, Dong-Joo Park, Jong-Bin Choi, Joon-Seup Choo, "A Study on the Calculation of Track Capacity in Consideration of the Enhancement in Train Speed and Diversification", The Korean Society for Railway, Volume 12, Issue No. 5, pp. 623-630, 2009.
- [4] Korea Railroad Corporation, "Electrical Service Data", 2010.
- [5] R. Ganz and H. Materne, "Innovative system solution for cost-effective operations management on lines with light or moderate traffic: The Deutscher Fernverkehrs System, World Congress on Railway Research, 2001.
- [6] Y. Fukuta, G. Kogure, T. Kunifuji, H. Sugahara, R.

Ishima, M. Matsumoto, "Novel Railway Signal Control System Based on the Internet Technology and Its Distributed Control Architecture", IEEE ISADS, March, 2007.

- [7] Nakamura, T. & Ihara, K., "The present situation and problems of train traffic control systems(in Japanese)", IEEJ Journal, vol.124, no.5, pp.279-283, 2004.
- [8] UIC/ERTMS/ETCS Specification, "ERTMS Regional General Technical Requirements Specification, Draft 01.02, 2006.
- [9] Rail Safety and Standard Board, "Impact of the European Rail Traffic Management System on driver workload", Early human factors analysis for UK-ERTMS driving(Final Version). 2004.
- [10] UIC ERTMS Benchmark, Workshop Economic Evaluation of ERTMS Results of the study "ERTMS Benchmark on Costs", 2010.
- [11] A. Mattalia, "The effects on operation and capacity on railways deriving from the switching to continuous signals and tracing systems(ERTMS)", Master thesis, 2008.
- [12] Korea Railroad Research Institute, "Development of Technology to enhance ICT based Safety of Train Operation and Operational Efficiency," final report of the 1st year, 2011.

조 현 정(Hyun-Jeong Jo)

[정회원]



- 2003년 2월 : 한국항공대학교 항공 전자공학과 (공학학사)
- 2005년 2월 : 광주과학기술원 정보통신공학과 (공학석사)
- 2005년 ~ 현재 : 한국철도기술연구원 선임연구원

<관심분야>

열차제어 및 정보통신 기술, 철도 S/W 테스트 기술

백 종 현(Jong-Hyen Baek)

[정회원]



- 1995년 2월 : 전북대학교 제어계측공학과 학사
- 1997년 2월 : 광주과학기술원 메카트로닉스공학과 석사
- 2009년 8월 : 전북대학교 메카트로닉스공학과 박사
- 1997년 1월 ~ 현재 : 한국철도기술연구원 열차제어통신연구실 선임연구원

<관심분야>

현대제어, 지능형시스템, 시스템엔지니어링

김 용 규(Yong-Kyu Kim)

[정회원]



- 1987년 2월 : 단국대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 1993년 9월 : 프랑스 로렌 국립공학원(INPL)제어공학과 (DEA)
- 1997년 7월 : 프랑스 로렌 국립공학원(INPL) 제어공학과 (공학박사)
- 1997년 ~ 현재 : 한국철도기술연구원 수석연구원

<관심분야>

자동열차제어, 무선통신기반 열차제어기술, 철도신호기술

김 건 엽(Gon-Yop Kim)

[정회원]



- 2008년 6월 : Univ. of Toronto, Mechanical Eng. (공학학사)
- 2011년 2월 : 한국과학기술원 로봇공학전공 (공학석사)
- 2011년 ~ 현재 : 한국철도기술연구원 연구원

<관심분야>

열차제어 및 정보통신 기술

이 강 미(Kang-Mi Lee)

[정회원]



- 2003년 2월 : 충북대학교 전기전자공학부 (공학학사)
- 2005년 2월 : 충북대학교 전자공학화 (공학석사)
- 2005년 ~ 현재 : 한국철도기술연구원 선임연구원

<관심분야>

열차제어 및 정보통신, 지능형교통시스템