

Smart열차진로제어시스템 모의장치 개발

윤용기, 황종규, 이재호, 조현정  
한국철도기술연구원

A study on a smart train interlocking system simulator

Yoon Yong-Ki, Hwang Jong-Gyu, Lee Jae-Ho, Jo Hyun-Jeong,  
Korea Railroad Research Institute

**Abstract** - Smart열차진로제어시스템은 기존 전자연동장치에서 사용하고 있는 궤도회로방식의 열차점유정보대신에 열차의 실시간 위치정보를 사용하여 열차의 진로를 제어한다. 이에 smart열차진로제어시스템에 적용되는 새로운 연동논리를 검증하기 위해서 소형전동기의 속도제어를 통하여 생성되는 회전신호를 사용하여 열차의 이동 및 속도를 계산하고, 선로설정, 열차간격 제어, 진로제어, 열차모의장치 및 연동처리를 할 수 있는 모의장치를 구축하였다. 여기에서는 Smart열차진로제어시스템의 진로제어 알고리즘 설계, 장치설계 등의 제반 내용을 확인하였다.

1. 서 론

현재 국내 철도운영기관에서 사용하고 있는 철도신호시스템은 궤도회로를 이용하여 검지한 열차위치정보를 활용하고 있으며, 1990년대부터 무선통신기술을 적용하여 검지한 실시간 열차위치정보를 활용한 새로운 열차제어시스템을 해외에서 개발하고 있다. 미국의 CBTC (Communication Based Train Control), 유럽의 ETCS(European Train Control System) 및 일본의 CARAT(Computer and Radio Aided Train Control)가 대표적인 열차제어시스템이다. 이러한 철도신호시스템은 지상-차상간의 연속적인 양방향 통신, 실시간 열차위치추적 및 무선통신을 이용한 열차속도제어 등 vital기능 수행 등 여러 가지 특징을 갖고 있다. 이러한 특징을 적극적으로 활용하여 선행열차와 후속열차간의 운행시각 단축, 열차수송용량 증대 및 열차운영유지관리비용 절감 등의 장점을 확보할 수 있다. 그렇지만, 위에서 언급된 새로운 열차제어시스템의 장점을 최대한으로 높이기 위해서는 열차간격제어분야뿐만 아니라, 열차진로제어분야에도 무선통신기술을 적용하여 역구내(진로제어구간)의 이용률을 높이는 것이 필요하다.

열차진로제어분야에 무선통신기술을 적용하는 경우, 다음과 같은 몇 가지 기술적인 특징을 구현할 수 있다. 첫 번째는 지상-차상간의 연속적인 양방향통신으로 지상-차상간 폐루프(closed loop)제어가 가능하다. 두 번째는 궤도회로를 이용하여 구현되는 물리적 폐색을 사용하지 않고 가상폐색(세그먼트)을 사용하기 때문에 역구내(진로제어구간)에 다양한 진로를 구성하는 것이 가능하다. 세 번째는 하나의 진로에 2편성 이상의 열차가 진입하는 것이 가능하다. 네 번째는 진로를 설정하면서 진입할 수 있는 열차ID를 동시에 설정한다.

이러한 특징을 갖고 있는 무선통신기반 열차진로제어시스템을 개발하기 위해서는 신뢰성 높은 무선통신망 구성, 열차위치의 실시간 추적 및 가상폐색(세그먼트)을 고려한 연동논리에 대한 깊이 있는 연구가 필요하다.

이에 무선통신기술을 기반으로 하는 Smart열차진로제어시스템을 개발하기 위한 Smart열차제어시스템 모의장치를 제작한다. Smart열차진로제어시스템 모의장치는 열

차진로제어부분, 열차제어부분 및 통신부분으로 구성된다.

2. 본 론

2.1 열차제어시스템

열차제어시스템은 그림 1과 같이 무선통신을 기반으로 열차의 간격 및 진로를 제어하며, 차상신호제어장치와 지상신호제어장치로 구성된다.

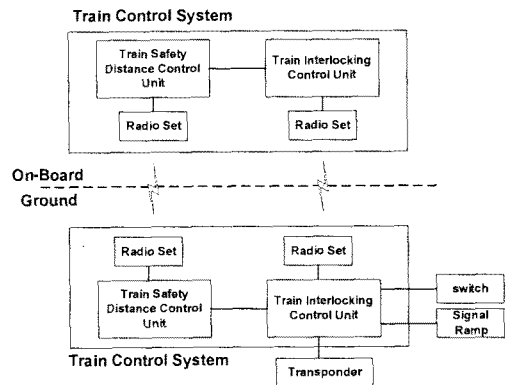


그림 1 Smart열차제어시스템 구성

차상신호제어장치는 기존 철도신호시스템과 달리 열차간격제어부(Train Safety Distance Control Unit)와 열차진로제어부(Train Interlocking Control Unit)가 차상에 설치되며, 각 제어부는 독립적인 무선장치를 갖는다. 열차진로제어부는 열차가 선로에 설치되어 있는 트랜스폰더(고유ID를 갖고 있음) 위를 통과하면, 트랜스폰더의 고유ID를 검지하여 열차가 열차진로제어구간으로 진입·진출한 것을 확인할 수 있다. 또한, 열차진로제어부는 이런 판단정보를 토대로 자동으로 무선장치 운용을 시작하거나 가동을 멈춘다.

지상의 열차진로제어부는 무선통신장치를 경유하여 차상에서 지상으로 전송된 정보를 토대로 열차가 열차진로제어부로 진입·진출한 것을 확인할 수 있다. 지상의 열차간격제어부는 지상-차상간 무선장치를 이용하여 열차의 위치를 실시간으로 추적하고 이러한 열차위치정보를 지상의 열차진로제어부로 전송을 한다. 지상의 열차진로제어부는 열차간격제어부의 열차위치정보와 차상의 열차진로제어부에서 전송한 열차진로제어구간 진입과 진출정보를 토대로 현상설비인 선로전환기 및 신호기를 제어한다.

2.2 모의장치 구성

Smart 열차진로제어시스템 모의장치는 사령설비, 지상

설비 및 차상설비로 구분할 수 있으며, 각 부분별 인터페이스를 통한 연동처리과정은 그림 2와 같다.

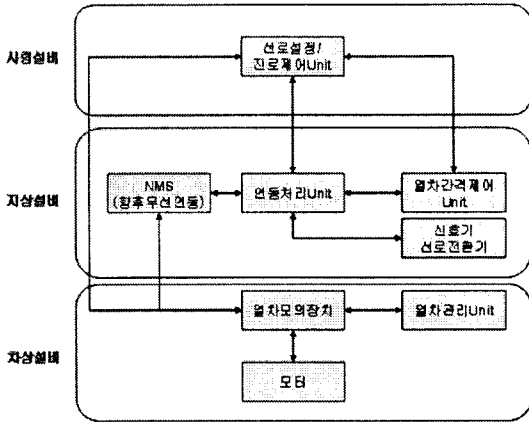


그림 2 Smart열차제어시스템의 연동처리과정

### 2.2.1 지상장치부

모의장치의 지상장치부에서 담당하는 smart 열차제어시스템의 연동처리과정은 그림 3과 같다. 자동진로제어, 원격제어 및 억제어조작반(LCP: Local Control Panel) 조작 등의 기능을 담당하는 진로설정/제어Unit에서 열차진로를 연동처리Unit에 요청한다. 연동처리Unit는 요청진로에 해당하는 진로상태표를 작성하고, 이것을 토대로 연동처리를 수행한다. 요구진로에 선로전환기가 포함되면 선로전환기 상태표를 작성하고, 이곳에 진로제어명령을 등록한다. 등록된 명령에 맞추어 선로전환기 전환을 종료하고 채정이 완료되면, 진로상태표에는 설정된 진로정보와 주행할 열차ID가 등록된다. 열차간격제어Unit에 설정된 진로정보와 열차ID와 같은 진로정보를 전송한다.

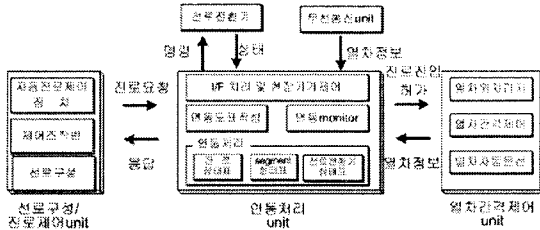


그림 3 연동처리개념도

### 2.2.2 차상장치부

차상장치부는 Smart열차진로제어시스템의 특징을 구현하기 위해서 열차형식, 열차특성을 설정하는 기능을 갖추고 있다. 열차진로제어구간에서의 열차경합·지장, 열차간격제어 및 열차충돌을 검증하기 위해서 진로제어구간에 5편성 정도의 열차를 운행한다. 차상장치부의 열차위치검지 개념은 그림 4와 같다. 지상자에 의한 절대위치보정 및 진로제어구간 진입과 진출을 확인하기 위해서 그림 5와 같이 속도신호 채배/분배기를 사용한다. 선로설정Unit에서 지상자 신호를 발생시켜야 하므로 높은 펄스수를 입력으로 한다. 속도신호를 생성하기 위한 전동기구동장치의 구성도는 그림 6과 같다.

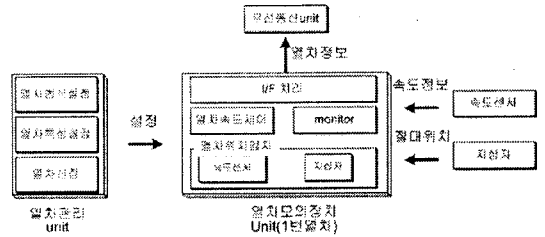


그림 4 열차위치검지 개념도

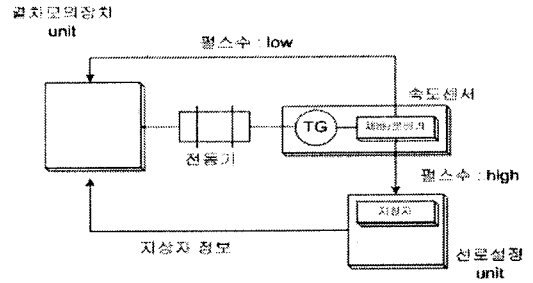


그림 5 지상자 구성

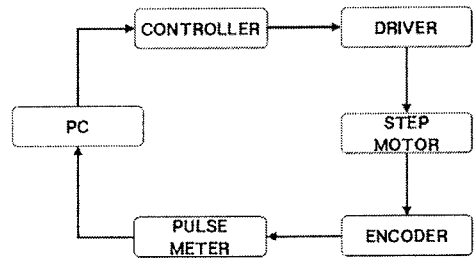


그림 6 전동기 구동장치 구성도

### 2.3 모의장치 데이터 흐름

SMART 모의장치를 구성하는 여러 장치간에 송수신되는 데이터의 흐름을 도식화하고, 이로부터 토대로 각 장치에서 송수신 데이터를 효율적으로 파악하고 및 설계한다. 다음 그림 7은 모의장치 데이터흐름도에서 한 개를 보여주고 있다.

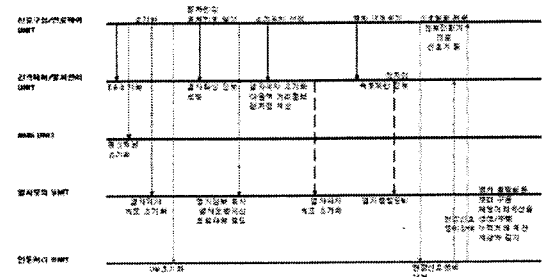


그림 7 모의장치 데이터 흐름도(일부)

### 2.4 모의장치용 대역역 선정

Smart열차진로제어시스템의 기능 및 시스템의 알고리즘을 효과적으로 시험하고 검증하기 위해서 적용할 구간으로 세첸, 옥천 및 이원역을 선정하였다. 이곳 역은 여러 형식의 열차가 운행하고 있는 구간으로서 지하철의 단순한 선로 또는 대형역사의 복잡한 선로가 아니라서

새로운 연동로직을 개발하는데 적절한 것으로 판단된다. 또한, 역구성을 임의로 설정하는 방법도 있지만, 실 상황에 가깝도록 하기 위해서 실제 역을 대상을 하였다. 그림 8은 세천역에 대한 배선도 및 가상폐색(세그먼트)분할내용을 보여주고 있다.

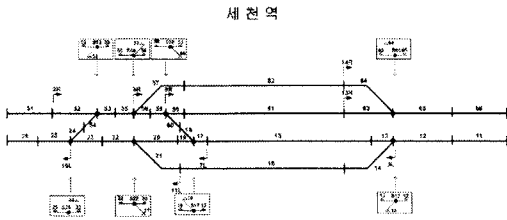


그림 8 세천역 배선약도

### 2.5 모의장치제작

모의장치는 그림 9와 같이 진로제어 및 연동로직을 처리하는 제어모의장치와 모터를 이용하여 모의열차를 실현하는 열차모의장치로 구성되었다.

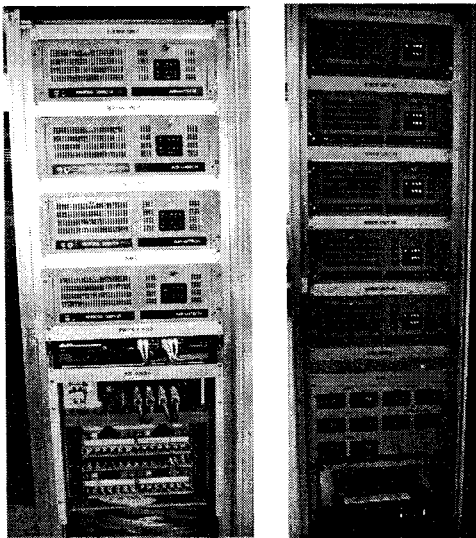


그림 9 모의장치 cabinets  
제어모의장치(좌), 열차모의장치(우)

그림 10은 열차모의장치를 구성하고 있는 스텝전동기와 속도센서를 결합한 사진이다.

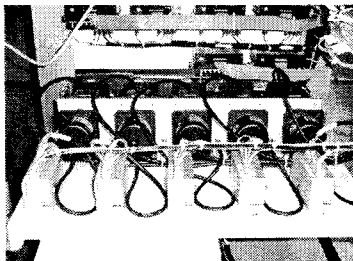


그림 10 step motor+속도센서

스텝전동기에 연결되어 있는 속도센서의 분해능이 매우 높은 40,000[펄스/1회전]이기 때문에 열차속도, 위치 정보생성과 함께 열차모의장치의 위치검지오류를 보정하

기 위한 트랜스폰더 신호생성에도 활용된다.

### 2.6 연동논리

기존 연동장치와 Smart열차진로제어시스템의 특성을 상호 비교하여 기존에 사용중인 여러 종류의 설정 중 진로설정, 철사설정 및 연쇄만을 선정하여 그림 11과 같이 연동논리를 만들었다. 새로운 열차진로제어시스템은 열차의 실시간 위치정보를 사용하기 때문에 열차진로탐색과 열차진입허가과정에 많은 변화가 발생되었다.

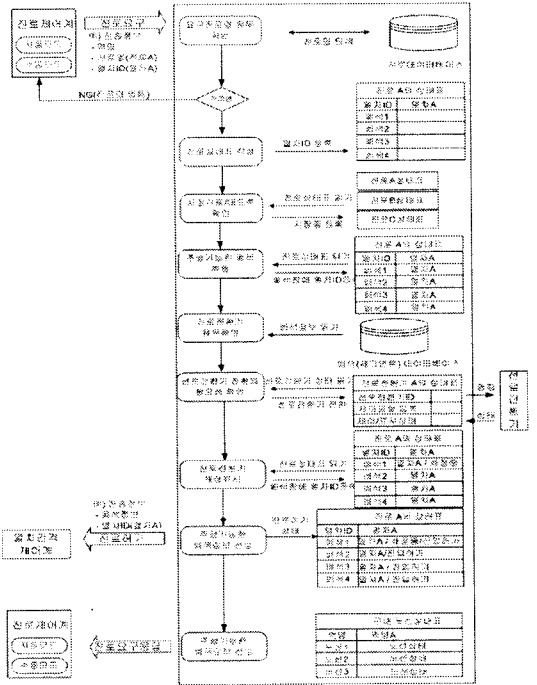


그림 11 Smart열차진로제어시스템의 연동논리

### 3. 결 론

무선통신을 기반으로 하는 새로운 열차진로제어장치인 Smart열차진로제어시스템의 연구개발에 필요한 모의장치의 설계, 모의장치를 구성하는 각 unit의 소프트웨어 및 하드웨어를 제작하였다. 모의장치를 제작하기 위한 모의장치 구성, 제작사양서 작성 및 모의장치-진로제어시스템 상호간 I/F설계 등의 작업을 수행하였다. 그리고 Smart열차진로제어시스템에 들어가는 연동로직을 작성하였으며, 동시에 연동로직 작성에 필요한 새로운 연동도표를 제작하고, 기존 연동장치와의 비교를 통한 설정기능을 선정하였다.

향 후에는 개발한 모의장치의 기능과 성능을 검토·보완한 후 시험계획에 맞추어 새로이 개발된 Smart열차진로제어시스템의 연동로직의 기능구현, 성능 및 안전성 등을 확인하는 것이 필요하다. 또한, 시험계획의 결과물을 분석한 결과를 반영한 Smart열차진로제어시스템의 시스템사양과 시험내용을 개선하는 것이 요구된다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] 이재호, "Smart진로제어시스템기술연구", 철도시스템 Smart 기술연구, 2005
- [2] 윤용기, 황중규, 이재호, "Smart열차진로제어시스템 설계", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 하계학술대회, 1556~1558, 2005
- [3] 中村 英夫의 5인, "CARA용차세대연동장치의 개발", 철도에 있어 국내사이버네틱스이용국내신포지음, 231~235, 1993