

## 철도 선로변 신호설비 유지보수 효율화를 위한 집중형 전자폐색제어장치 개발

백종현<sup>1\*</sup>, 조현정<sup>1</sup>, 김용규<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국철도기술연구원

### The Development of Integration Electronic Block System for Maintenance Efficiency on Railway Wayside Signalling System

Baek Jong Hyen<sup>1\*</sup>, Hyun Jeong Jo<sup>1</sup> and Kim Yong Kyu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Korea Railroad Research Institute

**요 약** 국내 기존선 전 구간의 폐색장치는 전자화 및 통합화가 되어있지 않아 건설과 유지보수 측면에서 많은 보완점을 가지고 있다. 현재 사용되고 있는 ABS(Automatic Block System)와 고속화 노선에 추가 설치된 ATP(Automatic Train Protection) 시스템의 LEU(Lineside Electronic Unit)는 동일한 장소에서 동일한 신호정보에 의해 열차를 제어하고 있음에도 불구하고 별개의 시스템으로 분리되어 설치되어 열차를 제어하고 있다. 따라서 현재의 ABS와 LEU에서는 램프검지부나 전원부 등과 같이 중복 설치된 부품이 많기 때문에 전체적인 제품의 제조 원가가 높아질 뿐만 아니라, 시공비 역시 2중으로 소요되고 유지보수에도 많은 인력과 비용을 투자해야 하는 등의 문제가 있다. 본 논문에서는 기존의 ABS 제어기능을 CPU에 의한 디지털 전자제어방식으로 제어할 수 있도록 하는 집중형 전자폐색제어장치의 시제품 개발과 환경시험 및 기능시험을 수행한 결과를 제시하고 있다. 이러한 집중형 전자폐색제어장치는 LEU와 통합된 형태뿐 아니라 ATP 시스템이 설치되지 않은 노선에서도 전자폐색제어장치를 별도로 사용할 수 있도록 개발되었다.

**Abstract** The conventional block systems for railway signaling currently in operation in Korea have not been electrified or integrated and therefore there have been difficulties in terms of construction and maintenance. Two independent systems have been installed for ABS and LEU of ATP system (for speeded-up lines), although they deal with the same signaling information at the same location in order to control the trains. In these conventional ABS and LEU, a number of duplicate modules are installed in each device including lamp detection units and power supply units and it results increased manufacturing costs and maintenance efforts. This paper deals with the prototype development of integrated electronic block system with CPU-based digital control methods in order to overcome the limitations of the conventional ABS. The suggested system is the integration of the conventional ABS with LEU of ATP and it is also applicable for the non-ATP sections as well.

**Key Words** : Integrated Electronic Block System, ABS(Automatic Block System), ATP(Automatic Train Protection)

#### 1. 서론

녹색 에너지를 사용함에 따라 최근에 재조명되고 있는 전기철도는 친환경적이고 높은 에너지 효율이라는 장점

으로 인해 주요한 교통수단으로 각광을 받고 있다.

열차운행의 안전을 담당하고 있는 신호시스템의 경우 1980년대부터 사용되었던 ATS(Automatic Train Stop) 시스템을 차상제어시스템인 ATP로 개량하고 있으나 기존

\*Corresponding Author : Baek Jong Hyen

Tel: +82-17-650-8467 email: jhbaek@krii.re.kr

접수일 12년 06월 27일

수정일 (1차 12년 07월 20일, 2차 12년 08월 09일)

게재확정일 12년 09월 06일

에 사용되고 있던 선로변 설비인 궤도회로와 계전기 형태의 ABS 또한 여전히 사용되고 있다.

더군다나 이러한 기존 선로변 설비에 ATP 시스템 개량에 따라 차상제어장치로 정보전송을 위한 발리스와 발리스로 정보제공을 위한 LEU라는 선로변 설비가 별도로 설치되었다[1, 2].

철도 선로변에 분산 설치되어 있는 설비들의 유지보수성을 향상시키고 집중화하기 위한 필요성에 따라 본 논문에서 제시하는 바와 같이 집중형 전자폐색제어장치를 개발하였다. 이러한 집중형 전자폐색제어장치는 계전기로직 제어 방식의 ABS 기능을 전자제어방식으로 개선함으로써 역에서 해당 구역 내의 장치들을 집중제어할 수 있다는 장점을 가진다. 또한 LEU를 통합할 수 있는 구조로 개발함으로써 선로변 설비들을 하나로 통합시킬 수 있도록 하였다.[1, 3, 4].

집중형 전자폐색제어장치 개발에 있어서 본 논문에서 제시하는 주요 기능은 다음과 같다.

- 기존 ABS에 통신 및 전자기술의 접목
- 선로변장치들의 통합화 및 양방향 운영 가능
- 해당역 폐색제어장치의 통합감사·관리 가능
- ATP 지상장치인 LEU와 연계 가능
- 광통신 이용 장거리 링네트워크 구성 가능
- 역간 열차 운행정보의 공유 가능
- 열차 추적방식에 의한 폐색 운영 가능

## 2. 폐색장치의 현황 및 분석

열차의 안전운행을 위하여 사용되는 폐색장치는 역간 1폐색으로 운행되는 통표폐색식을 시초로 하여 연동폐색식으로 개발되었으며, 궤도회로를 이용하여 열차에 의해 자동으로 신호를 제어하는 자동폐색식으로 발전되어 현재까지 사용되고 있다[1, 2, 5].

그림 1과 같이 경부선, 호남선, 경춘선, 전라선 등 주요 노선의 경우 궤도회로장치 랙, 정보분석장치 및 자동폐색장치 랙, LEU 랙 등 하나의 폐색당 최소 3개의 선로변 랙이 설치되어 있다. 국내 기존선에 사용되고 있는 ABS는 역과 역 사이를 다수의 폐색구간으로 분할하고, 각 폐색구간별로 궤도회로를 이용하여 폐색신호기를 자동으로 제어함으로써 열차의 운행 밀도를 높일 수 있도록 하는 제어장치이다. 또한 ATP 시스템에는 지상의 신호정보를 차상으로 전송하기 위한 LEU가 필요하며, LEU는 대부분 ABS의 옆에 설치되어 열차의 제어에 필요한 현장의 정보를 차상으로 전송한다. 유사한 기능을 수행하는 ABS와 LEU는 폐색구간을 기점으로 제어가 이루어지

기 때문에 같은 장소에 설치되는 것이 보통이며, 또한 동일한 신호정보 즉, 폐색구간에서의 램프의 신호정보에 의해 제어된다는 공통점이 있다[1, 2, 6].



[그림 1] 기존 시스템 설치 사진[1]  
[Fig. 1] Installation Picture of Conventional System

동일한 장소에서 동일한 열차의 신호정보(램프신호정보)에 의해 열차를 제어하고 있음에도 불구하고, 각각 별개의 시스템으로 분리되어 설치되어 있기 때문에 동일한 정보를 각각 별개로 나누어 송수신하여 열차를 제어하고 있다. 따라서 종래의 ABS와 LEU에서는 램프검지부나 전원부 등과 같이 중복 설치된 부품이 많기 때문에 전체적인 제품의 제조 원가가 높아질 뿐만 아니라, 시공비 역시 2중으로 소요되고 유지보수에도 많은 인력과 비용을 투자해야 하는 등의 문제가 있다. 더군다나 제품을 구성하는 부품 및 구성품의 증가에 따라 장애의 발생 빈도도 증가하고, 발생된 장애의 복구도 늦어지게 된다[1].

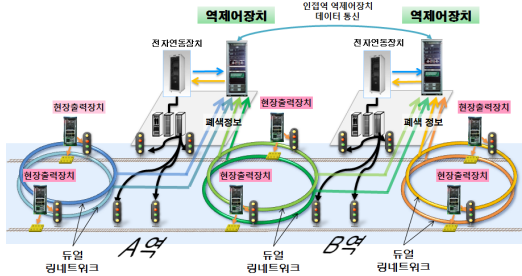
따라서 본 논문에서 개발된 집중형 전자폐색제어장치는 ABS의 제어부를 디지털화한 후, 선로변에 설치된 궤도회로장치 랙, 정보분석장치 및 자동폐색장치 랙, LEU 랙 등을 하나의 장치로 통합하여 구성함으로써 장치구조의 간소화로 제품의 제조원가 절감과 함께 설치 및 유지보수에 소요되는 인력 및 시간의 감소에 따른 비용 절감이 가능하고, 기존의 ABS에서는 불가능하였던 원격집중검사가 가능해짐에 따른 유지보수의 효율성 향상과 동작 상태에 대한 지속적인 감시를 통해 장애분석 및 예방이 가능하다는 기대효과를 가지고 있다[1].

## 3. 집중형 전자폐색제어장치의 개발

### 3.1 집중형 전자폐색제어장치의 구성

집중형 전자폐색제어장치는 다음의 그림 2와 같이 역 제어장치와 현장출력장치간 2중의 광통신 링네트워크로 연결되어 있으며, 정상상태에서는 하나의 역제어장치에

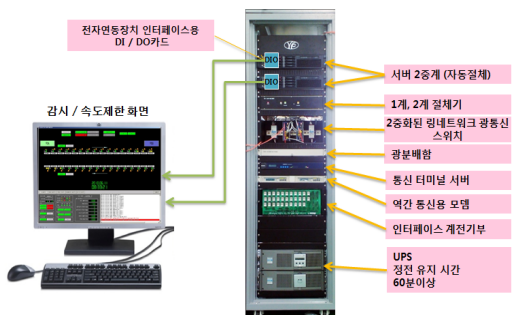
서 32대의 현장출력장치를, 인접역 역제어장치의 고장시에는 최대 64대의 현장출력장치를 제어하도록 구성되어 있다[1].



[그림 2] 집중형 전자폐색제어장치 인터페이스 구성  
[Fig. 2] Interface Configuration of Integration Electronic Block System

전차연동장치와의 인터페이스를 통하여 현장출력장치들을 제어하기 위한 역제어장치는 다음의 그림 3과 같이 CPU는 대기 2중계로 구성되어 사용계에 이상 발생시 대기계로 자동절체되도록 구성되어 있으며, 또한 광통신 스위치 역시 2중계로 구성하였다. 그림 3의 좌측 부분을 확대한 것이 그림 4의 제어콘솔로서 역제어장치와 현장출력장치의 상태를 감시하고, 특이사항이 발생하였을 경우 폐색 통과 속도를 제한할 수 있는 기능을 가지고 있다.

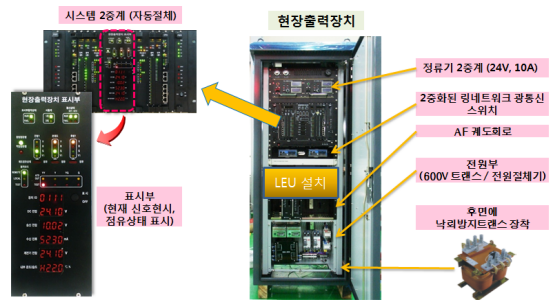
현장출력장치는 그림 5와 같이 역제어장치의 제어 명령에 의해 현장 신호를 출력하고 상태감시정보를 역제어장치로 전송하는 기능을 가지며, 역제어장치와 같이 CPU 및 광통신 스위치는 대기 2중계로 구성되어 사용계에 이상 발생시 대기계로 자동절체 되도록 구성되어 있다. 또한 하나의 선로에서 상선 및 하선 모두 운용될 수 있도록 함으로서 양방향 운영이 가능하고 현장표시부에 장치의 동작 상태 및 전·후방 궤도 점유 상태를 표시하여 유지보수의 용이성을 꾀하였다.



[그림 3] 역제어장치 구성  
[Fig. 3] Configuration of Station Control Unit



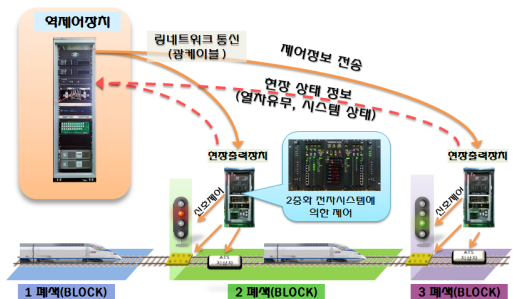
[그림 4] 역제어장치 제어콘솔 화면  
[Fig. 4] Control Console Monitor of Station Control Unit



[그림 5] 현장출력장치 구성  
[Fig. 5] Configuration of Site Output Unit

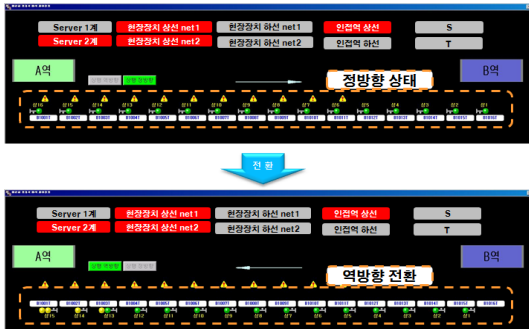
### 3.2 집중형 전자폐색제어장치의 기능

집중형 전자폐색제어장치의 가장 중요한 기능은 열차를 운행시키기 위한 현장 신호제어 기능이며, 그림 6과 같이 선로변 장치인 현장출력장치의 상태정보에 따라 역제어장치에서 통합제어하도록 하고 링네트워크 스위치 및 회선을 2중화하여 1개의 회선에 장애가 발생하여도 통신이 유지되도록 하였다.



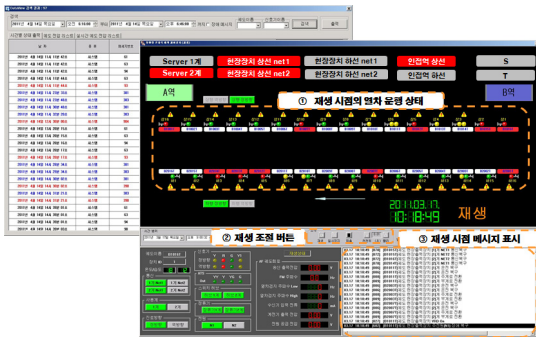
[그림 6] 집중형 전자폐색제어장치 현장 신호제어  
[Fig. 6] Site Signal Control of Integration Electronic Block System

또한 양방향 제어가 가능하도록 평상시에는 상-하선 별도로 단방향 제어가 이루어지나 사용자의 요구에 의해 열차운행을 양방향으로 제어할 수 있도록 하였다. 그림 7 과 같이 정방향에서 역방향으로의 제어 순서는 전자연동 장치에서 역제어장치로 제어명령을 내리거나 제어콘솔에서 역방향 취급을 하면 역제어장치가 현장출력장치를 역 방향으로 순차제어하게 된다.



[그림 7] 집중형 전자폐색제어장치의 양방향 제어  
[Fig. 7] Bi-directional Control of Integration Electronic Block System

이러한 기능들과 함께 현장 유지보수자의 주요 요구사항인 장애발생 지점 및 시간의 검색이 용이하도록 하기 위하여 사용자가 선택한 시간대역의 열차운행상태를 재생하거나 검색할 수 있는 기능을 그림 8과 같이 구현하였다.



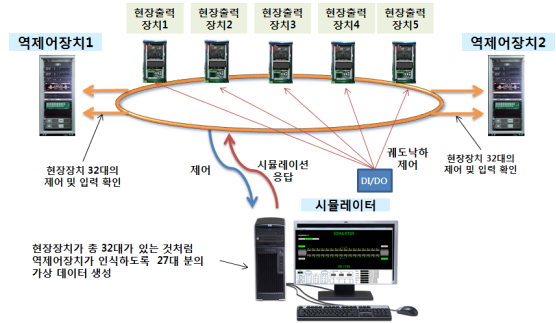
[그림 8] 제어콘솔에서의 재생 및 검색  
[Fig. 8] Control Console Replay & Search

#### 4. 집중형 전자폐색제어장치의 시험

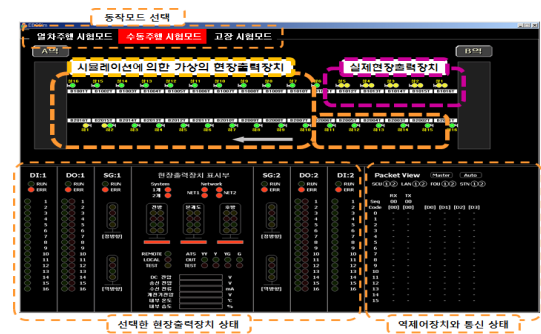
##### 4.1 시뮬레이터를 이용한 기능시험

앞에서 언급된 집중형 전자폐색제어장치의 요구사항에 맞는지, 폐색장치로서의 기능이 적합하게 이루어지는지 확

인하기 위하여 그림 9와 같이 역제어장치 2대와 현장출력장치 5대를 현장설치 상태와 유사하게 구성한 이후, 시뮬레이터에 의하여 32대의 현장출력장치가 있는 것으로 역제어장치가 인식하도록 27대 분의 가상데이터를 생성하여 기능시험을 수행하였다.



[그림 9] 시뮬레이터 구성도  
[Fig. 9] Configuration of Simulator



[그림 10] 시뮬레이터 표시 화면  
[Fig. 10] Screen of Simulator



[그림 11] 가상열차 주행에 따른 표시 화면  
[Fig. 11] Screen of Virtual Train Operation

이러한 시뮬레이터를 이용한 열차의 주행 동작을 모의하기 위하여 27대의 가상캐도는 네트워크 스위치를 통해 캐도 점유 데이터를 역제어장치로 전송하였으며, 5대의 실제계



도는 디지털 입출력과 소형 계전기로 현장출력장치의 궤도 낙하를 구현하였다. 시뮬레이터에서 표시되는 데이터는 그림 10과 같이 시뮬레이터의 동작상태, 궤도낙하상태, 역제어장치로 전송되는 가상의 현장출력장치 상태 및 동작모드 등이다. 시뮬레이터를 이용한 가상열차 주행에 따른 궤도 낙하를 통해서 그림 11과 같이 역제어장치 화면에서 열차가 주행되는 것처럼 모의하여 기능을 확인하였다.

#### 4.2 집중형 전자폐색제어장치 공인시험

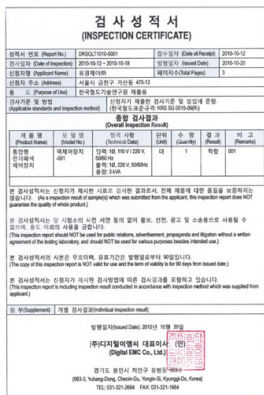
집중형 전자폐색제어장치는 실내 기계실에 설치되는 역제어장치와 현장 선로변에 설치되는 현장출력장치로 구분되며, 이러한 장치들은 실제 현장에 사용가능한 지 확인하기 위한 환경시험을 수행하여 적합성을 확인받아야 한다. 실내에 설치되는 역제어장치는 전자파 적합성 시험과 절연저항/절연내력 시험을 현장 선로변에 설치되는 현장출력장치는 이외에 KSR 9186(철도신호보안부품의 진동시험방법)에 따른 2중 진동 시험 및 외기 온도 -30℃~+70℃, 최대 상대습도 95%에서 12시간 동안 유지한 후 성능시험을 실시하는 온습도 시험을 통과하여야 한다. 이러한 환경시험에 대해 역제어장치에 대해서는 그림 12, 현장출력장치에 대해서는 그림 13에서 시험성적서를 보여주고 있다. 또한 철도전문연구기관인 한국철도기술연구원의 시험인증센터에 의해 수행된 기능시험에 대한 시험성적서는 그림 14에서 보여주고 있다.



[그림 13] 현장출력장치 공인시험 성적서  
[Fig. 13] Authorized Test Certification of Site Output Unit



[그림 14] 공인 기능시험 성적서  
[Fig. 14] Authorized Test Certification of Functional Test



[그림 12] 역제어장치 공인시험 성적서  
[Fig. 12] Authorized Test Certification of Station Control Unit



### 5. 결론

본 논문에서는 집중형 전자폐색제어장치의 개발 및 시험에 대해 연구된 결과를 제시하였으며, 수요기관을 대상으로 하는 시연회를 개최한 후 실제 현장에서의 적합성을 확인하기 위한 현장설치 시험을 수행할 계획이다.

앞에서도 제시하였듯이 역제어장치의 경우 기계실에 위치하여 해당 역 관내의 상, 하선 폐색 구간내의 열차 이동에 대한 신호 제어를 수행하며 현장출력장치의 운영을 감시하는 장치이고, 현장출력장치는 역제어장치로부터 제어명령을 수신하여 이에 따라 신호현시를 하며 ATS 또는 ATP LEU로 정보 전송을 한다.

이러한 집중형 전자폐색제어장치의 개발을 통해 다음과 같은 기대효과를 가질 수 있을 것이다.

- (1) 기존에 선로변에 분산 설치되어 있는 여러 개의 시

스텝 랙을 하나의 랙으로 집중화함으로써 모듈 통합에 따른 장치구조의 간소화로 제품의 제조원가를 약 30% 절감시킬 수 있다.

- (2) 장치 구조의 단순화 및 장치의 원격집중감시가 가능해 짐에 따라 장치의 설치 및 유지보수에 소요되는 비용과 인력 및 시간을 현재의 50M/M에서 5M/M로, 10% 수준으로 현재저 감소시킬 수 있을 것으로 예상된다.
- (3) 장치의 동작 상태에 대한 지속적인 감시에 의해 장애분석 및 예방 등이 가능할 것이다.

### References

- [1] J. H. Baek, et al., "The Study on Centralization & Electronic for Maintenance Efficiency of Ground Signaling System", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol.11, No.8, pp.2983-2988, 2010.
- [2] Y. G. Kim, et al., "Development of the Strategy to Built the Optimized Signalling System for the Conventional Lines" Railway Technology Research & Development Project Final Report, Korea Railroad Research Institute, 2007.
- [3] Y. T. Kim "Signal Control System" Tec-media, pp.446-469, 2003.
- [4] 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.
- [5] 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
- [6] A. Mirabadi, N. Mort, F. Schmid, "Application of Sensor Fusion to Railway Systems", Proceedings of the IEEE/SICE/RSJ International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems, pp.185-192. 1996

### 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

### 조 현 정(Hyun-Jeong Jo)

[정회원]



- 2003년 2월 : 한국항공대학교 항공전자공학과 (공학학사)
- 2005년 2월 : 광주과학기술원 정보통신공학과 (공학석사)
- 2005년 3월 ~ 현재 : 한국철도기술연구원 선임연구원

<관심분야>

열차제어 및 정보통신 기술, 철도 S/W 테스트 기술

### 김 용 규(Yongkyu Kim)

[정회원]



- 1987년 2월 : 단국대학교 전자공학과 석사
- 1993년 9월 : DEA in Control Engineering from Institute National Polytechnique de Lorraine, France
- 1997년 7월 : Ph.D in Control Engineering from Institute National Polytechnique de Lorraine, France
- 1997년 12월 ~ 현재 : 한국철도기술연구원 열차제어통신연구실장

<관심분야>

자동제어, 지능형시스템, 제어계측