

대륙철도 연결 및 기존선 고속화를 위한 CTCS 개발

A Development on CTCS for the Inter-linkage of Trans-Continental Railways and Speed-up on Existing Lines

서정욱*
Seo, Jung-Wook,

안수관*
An, Su-Kwan,

김봉택**
Kim, Bong-Taek

ABSTRACT

Railway is an important transportation tool for nation's industrial development and public daily life. These days the concern about railway has remarkably been rising due to the April 2004 opening of KTX, Korea High Speed Rail, together with Trans-Continental Railways linking North Korea, China, Russia, through European countries. In the meantime, the issues of train safety and efficiency, arising from the different on-board signaling systems installed on different kinds of trains, have been raised incessantly. In this paper CTCS(Continental Train Control System) is suggested, which can accommodate such various signaling functions as ATP, ATC, ATS, etc. into one single type of on-board signaling system and operate without changing ground signaling systems on the junctions of the Trans-Continental Railways. The development of this CTCS would cause speed-up of exiting lines and possession of railway core solutions for establishing Northeast Asia logistics center bases, which could be an important cornerstone for domestic railway improvements and Korea's role of Northeast Hub.

1. 서론

철도교통은 국가산업 및 국민생활의 중요한 교통수단으로서 안전성, 정확성, 수송력 등은 아직도 다른 교통수단의 추종을 불허하며 국민의 발로서 역할을 다하고 있다. 더욱이 2004년 4월 한국형 고속철도인 KTX가 개통되고, 북한, 중국, 러시아를 거쳐 유럽으로 연결되는 대륙횡단철도로 인해 그 어느 때 보다도 철도에 대한 관심이 높아지고 있다.

* 살룸엔지니어링(주) 연구소, 정회원

** 살룸엔지니어링(주) 연구소장, 정회원

최근 국내외 철도 수송의 추세는 열차운전의 고속화, 고밀화 그리고 대륙횡단철도, 유레일(Eurail)같은 여러 국가간 직접 이동 등에 있다. 이와 함께 안전 운행을 위한 열차운전 사고 방지는 필수 불가결한 조건이라 할 수 있는데, 이를 위한 설비가 바로 신호보안 설비이다[1].

우리나라의 신호설비는 각 노선 및 차량 등에 따라 그 종류가 다르며 매우 복잡하다. 예를 들어 KTX가 서울에서 부산까지 운행하기 위해서는 3종류의 다른 신호구간을 최소 5회 거쳐야 한다. KTX 고양기지에서 서울역까지는 ATS(Automatic Train Stop) 3현시 구간으로, 서울역에서 광명역까지는 ATS 5현시 구간, 광명역부터 대전까지는 ATC(Automatic Train Control)구간, 다시 대전에서 옥천까지는 ATS 5현시 구간, 옥천에서 동대구까지는 다시 ATC 구간, 그리고, 동대구부터 부산까지는 ATS 5현시 구간을 지나야만 한다. 또, 현재 경부선, 호남선에서는 또 다른 방식의 ATP(Automatic Train Protection) 사업이 진행되고 있어, 향후 이 구간에서 운행되는 열차는 ATS, ATC, ATP 기능을 모두 수용해야 한다[2,3].

유럽의 경우는 여러 국가간 상이한 신호설비를 통일하여 각 나라간의 직접 연결 운행을 목적으로 ERTMS/ETCS(European Railway Traffic Management System / European Train Control System)을 계획하여 신호설비 통일화 작업에 착수하여 진행 중에 있다[4,5,6].

우리나라도 이에 발맞추어 한국 내의 다양한 신호설비를 통합할 뿐만 아니라, 나아가 북한과 중국 그리고 유럽까지 직접 연결 운행을 할 수 있는 시스템 개발의 필요성은 매우 중요하다고 할 수 있으나 애석하게도 현재 신호설비 분야에는 그 연구 성과가 거의 없다고 할 수 있다. 또, 지금 활발히 진행되고 있는 남북한 철도 연결(Trans-Korean Railway : TKR) 및 시베리아, 중국, 유럽 등 대륙간 횡단철도(Trans-Continental Railway : TCR) 연결 운행을 생각할 때에 여러 가지 기능이 통합된 신호설비 개발의 중요성은 강조해도 지나침이 없다고 할 수 있겠다.

본 논문에서는 이 시스템을 CTCS(Continental Train Control System)라 명명하여 한국의 ATS, 한국 및 중국의 UM71를 이용한 ATC 및 유럽의 ATP 기능을 모두 수용할 수 있고, 향후 대륙철도 연결 등을 대비한 신호설비를 제안하였다.

2. 국내신호설비 현황

국내 일반국철(철도청)에서는 샬롬엔지니어링(주)에서 순수 국산기술을 이용하여 차상철도신호설비를 운영하고 있으나, 국내 도시철도(지하철)에 설치된 신호설비는 대부분이 외국 업체에 의해 설치, 운행되고 있는 실정이다. 철도청은 경부선 및 기타 선로구간과 운행되는 모든 차량에 열차의 안전 운행을 위해서 ATS를 100% 설치하여 운영하고 있으며, 최근 경부·호남선을 ATP로 개량하는 사업이 진행 중에 있다.

1899년 9월 18일 노량진~제물포간에 최초로 철도가 개통된 이래, 현재 국내에서 사용하고 있는 철도신호설비는 150km/h 급의 국철간선용, 100km/h 급의 도시철도용, 300km/h급의 고속철도용 등으로 구분하고 있다.

2.1 ATS

ATS장치는 지상장치로부터의 정보를 받아 실제 열차속도와 비교하여 제한속도 초과 시 열차를 정지시켜야 할 조건에 해당될 때 차상장치의 기능에 의해 동력차의 제동장치인 공기제동 장치를 작동시켜 비상제동이 체결되도록 설계된 장치이다.

국내에서 사용 중인 ATS 장치를 구간별로 기능별로 구분할 수 있다. 먼저 구간별로는 5현시 구간(경부선), 4현시 구간(수도권 전철 구간), 3현시 구간(경부선을 제외한 국철 전구간)이며, 기능별로는 3현시 구간과 5현시구간을 겸용으로 사용하는 디지털 방식(국철 전구간 사용 가능)과 3현

시, 4현시 각각의 구간에서만 사용하는 아날로그 방식으로 나눌 수 있다.

2.2 ATP

ATP는 선행열차의 위치에 따라 후속열차의 속도를 자동으로 제어하는 장치이다. 국내 철도의 경부·호남선에는 선로용량이 포화상태로 기존의 ATS 장치가 설치된 기존선을 개선하고 속도 향상을 위해 ATP로 유럽 열차운영시스템(ERTMS)를 도입하여 설치 준비 중에 있다. 유럽수송관리 시스템인 ERTMS는 유럽 각 구의 서로 다른 열차제어시스템을 상호 접목하기 위하여 여러 신호 전문업체들이 유럽철도망 통합을 위해 개발하고 있는 시스템이다.

이 경우, 국내 철도 구간에 ATP 장치를 설치하고 안정화 하는데 오랜 기간이 소요되므로, 기존의 ATS 장치와 겸용으로 운행할 수 있는 기능이 필연적으로 요구되며, 이에 대한 구체적인 기술 방안으로 본 논문에서는 CTCs를 제안하였다.

2.3 ATC

ATC장치는 선행열차의 위치와 운행진로 및 곡선 등 선로의 제반조건에 딸 열차안전운행에 적합한 속도정보와 폐색구간 거리 등의 정보를 차상장치에 전송하면, 이 정보를 기초로 허용속도가 제시되고 열차의 운행속도가 허용속도를 초과할 경우 자동으로 열차를 제어하는 장치이다. 경부고속철도의 궤도회로방식은 UM71으로써 가청주파수를 사용하는 AF궤도회로 방식으로, ATC장치의 지상장치와 차상장치 간에 위치하여 궤도회로 내부의 열차 유무를 연속적으로 감지한다.

현재 경부고속철도는 기존의 경부선과 일부 구간을 직결운행하게 되는데, 그림 1에서처럼, 경부고속철도는 신호방식 및 운전방식이 상이한 기존 일반선(경부선)과 직결운행이 이루어지고 있음을 알 수 있다.

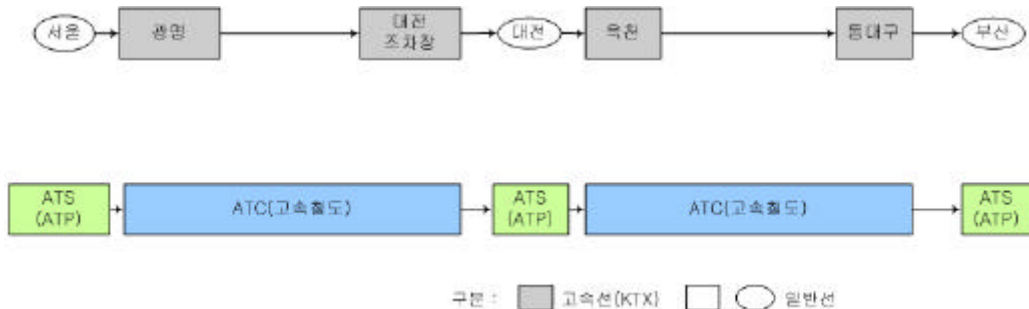


그림 1. 고속철도의 고속선(ATC)과 일반선(ATS)간 직결운행

2.4. 문제제기

이러한 신호방식과 운전방식이 상이한 기존선과 고속철도선인 경우, 즉 ATS 와 ATC 구간이 혼재되어 있는 경우에 더욱더 상호간에 열차의 효율적이고, 안전한 연계운행이 요구되어 진다. 더 나아가, 기존의 ATS장치가 추후 개선될 유럽형 ATP장치로 개량될 경우, 기존 열차 및 고속열차를 막론하고 ATS-ATP-ATC 상호간의 연계운행이 되어야 할 것이며, 이에 따른 열차 운행의 안전성과 속도 향상을 가져올 새로운 시스템 개발이 요구되고 있다.

3. CTCS(Continental Train Control System)

3.1. 개요

본 논문의 CTCS는 대륙철도 구간 및 한국 내 상이한 신호 구간에서 하나의 차상 신호시스템으로 자유롭게 운행할 수 있을 뿐만 아니라, 국철의 서울-수원, 조치원-대전 간 등 특정 구간에서 병목현상을 감소시킬 수 있으며, 신호장치 개량 후 선로용량 증가와 속도향상으로 열차의 운행시간을 단축할 수 있다. 이는 경부선과 호남선 고속전철 운행에 따른 200km/h 속도에도 사용 가능하다. 또한, 개량 중 기존선 전 구간을 겸용으로 운행하면서 정상적인 안전 운행이 보장되며, 기존 동력차에 차상장치 설치가 용이하다. 그리고 사용연한 도래가 되는 국철의 지상 폐색장치를 궤도 회로 방식 등으로 변환할 경우 등에 대비, 시스템 확장이 가능하게 설계되었다. MMI (Man-Machine Interface)를 설치하여 지상신호를 차상에서 확인할 수 있으며, 터치스크린을 이용하여 주요자료 입출력과 제어기능을 수행할 수 있다.

유지보수 측면에서는 현 관리체계에서의 기술 확보 및 국산화가 단시간에 가능해야 하며, 기관사적 측면에서는 사용자와 친화적으로 설계되었다.

신호장치의 기본적인 요소는 차량의 궤도점유에 따라 후속차량의 운행속도를 적합한 수준으로 유지시켜 안전을 확보하는 것이다. 또한 유용한 궤도의 정보를 제공하여 열차의 운행속도를 향상시키는 기능도 가져야 한다. 이를 달성하기 위하여 지상과 차상간의 고 신뢰성의 정보교류, 차량 운전속도의 정밀한 해석, 차량의 운전상황 판단과 적합한 조치를 위한 상태표시와 조작기능을 갖도록 설계되었다.

3.2. 구성과 기능

3.2.1 속도 검출기

속도 검출기는 두 대의 타코미터, 도플러센서 및 GPS를 이용하여 구성된다. 도플러센서 및 GPS는 바퀴의 슬립(slip)과 슬라이드(slide)로 인한 타코미터의 오류를 보정하기 위해 백업(back-up)용으로 사용된다.

두개의 속도 검출기 내의 속도 검지기는 90도 위상차로 설치되어 있어 차량의 진행방향을 알 수 있게 한다. 속도 검지기의 신호출력은 전류 ON/OFF형으로서 상시전류를 감시할 수 있는 구조이다. 속도신호는 ON의 위치에서 14mA 20%의 전류를 출력하고 OFF의 위치에서 7mA 20%의 전류를 출력한다. 속도검출기의 속도 검지기는 각각 회전 당 16펄스를 발생한다.

3.2.2. 차상발진자

발진기용 증폭기와 두개의 코일 및 신호처리 장치의 조합으로 구성된 차상발진자는 종단의 전류증폭기에 부하로 결합된 직렬공진회로의 주파수로 상시발진 조건을 구성한다. 발진조건은 조합된 코일의 상호인덕턴스의 값으로 결정되며 결합도(상호인덕턴스)는 차상발진자의 결합도 조정자를 조정하여 변경시킬 수 있다.

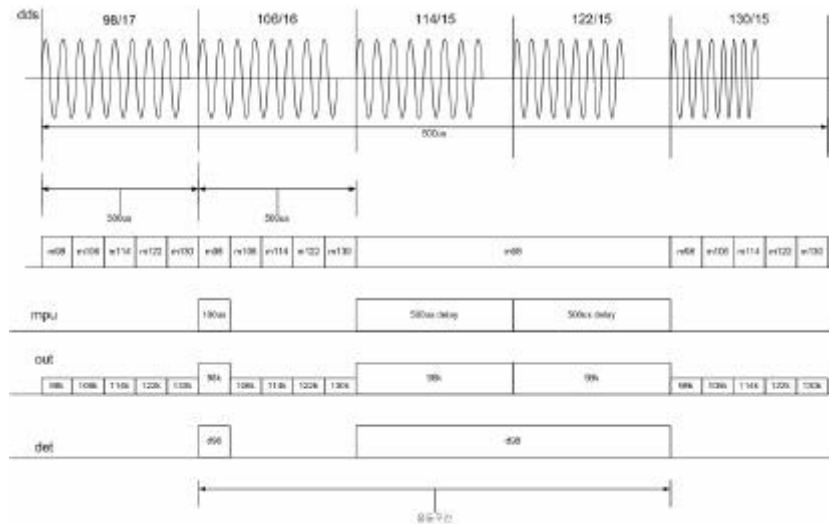


그림 2. 차상발진자 응동신호 검출원리

기존 차상자와의 차이점은 차상발진자와 신호처리 장치의 일체화를 통해 지상 공진주파수를 추적 즉 발진 주파수를 능동적으로 지상 신호로부터 추출하는 방식을 사용함으로써 외부 잡음유기의 최소화 및 무응동을 방지하였다. 또, 디지털 제어에 의한 자체발진으로 외부 도체에 의한 발진 주파수의 변화 방지 및 검지된 응동신호의 위상분석으로 지상자의 정보(공진주파수 및 선택도 Q)를 판단하게 된다. 이를 통해 속도 검출기와 함께 200km/h이상의 속도 분해능을 가질 수 있다.

3.2.3. 주장치

주장치는 표준 3U 랙(rack)을 사용하여 확장성이 용이하게 제작된 차상장치이다. 이중계로 설계되었으며, 지상자의 위치 및 선로의 조건을 차상 메모리 방식(지상자DB)을 사용, 목표거리 제어 방식으로 제어한다. 표준화된 모듈화 방식 및 데이터버스 방식을 채택하여 슬롯의 추가를 통해 발리스의 불연속 정보 및 궤도회로의 연속정보를 수신할 수 있으며, 이를 기초로 열차 제어가 가능하다. 이와 같은 시스템의 확장성 및 호환성으로 인해 슬롯 추가만으로 국철구간, 궤도회로 구간, 고속철도 구간 모두 운행이 가능하게 되며(ATS, ATP, ATC 기능 모두 수용), 향후 대륙간 철도 운행도 차상 시스템의 교체 없이 경제적으로 운영할 수 있다.

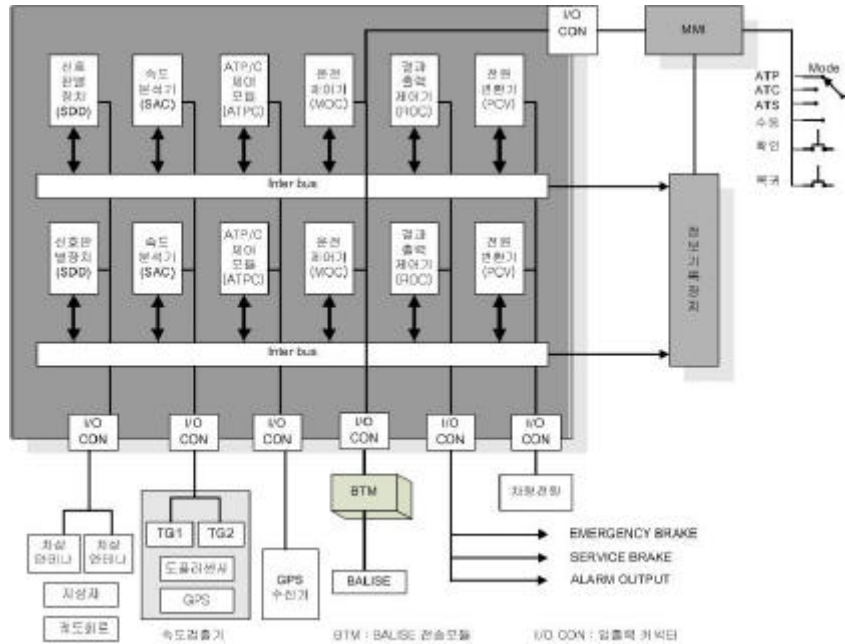


그림 3 CTCS의 구성 다이어그램

3.2.4. MMI

주장차에서 출력된 신호를 제어하고 표시하는 장치로서 운전자의 조작에 따라 열차의 운전에 유용한 차상운전정보(열차속도, 구간 제한속도, 목표거리 등)를 제공하고, 표시 및 경보출력신호를 제공한다.

3.2.5. 정보기록장치

메모리카드에 기록된 차량정보데이터 및 지상정보데이터에 운행정보와 운전기록을 연산하여 운전정보를 제공하고 메모리카드에 기록한다. 기록된 정보는 휴대용컴퓨터에 직접 연결하거나 메모리카드를 취거하여 별도의 분석 장치로 분석, 관리할 수 있다.

4. 결과 및 고찰

국가 기간망인 철도의 주요간선은 선로용량 포화상태로 더 이상 추가 열차 투입이 곤란한 상태이며 경부고속철도가 기존선 일부 구간을 이용하여 개통함에 따라 기존선의 신호개량과 성능개선이 요구되고 있으며, 경부·호남선은 ATP 사업 중이다. 또한, 동북아의 숙원 사업인 한국, 북한과 중국 그리고 유럽까지 직접 연결 운행을 할 수 있는 시스템의 개발도 함께 요구되고 있다.

이런 점을 고려하여 본 논문에서 제안되는 신호장치는 유럽의 ATP(ERTMS)장치와, 중국과 한국 고속철도에서 사용되는 ATC 장치의 수용 및 국내 일반 국철에서 사용 중인 ATS장치를 수용하여 기능과 성능을 향상시키고, 경제성 및 안전성이 뛰어나다.

CTCS는 경부고속철도에서 253km/h까지 시험이 완료된[7] 정보형 ATS에서 슬롯의 추가만으로 Balise의 불연속 신호 및 UM71 궤도회로의 연속 신호의 수신이 가능하게 되어 ATS, ATP, ATC의 기능을 하나의 시스템에서 모두 구현할 수가 있다. 또한 본 장치를 통해 운전 상황 정보 기록 분석이 가능하게 되어, 고장 방지를 위한 예방정비가 가능하다.

따라서 본 논문의 CTCS를 통해 열차는 국내의 국철 구간, 궤도회로 재설치 구간 및 고속철도 구간을 자유롭게 운행할 수 있으며, 현지 중국 신호업체 및 연구기관들과의 지속적인 협력 관계

및 협의를 통해, 향후 한국-북한-중국-러시아-유럽을 잇는 대륙간 철도에서도 운행할 수 있다. 본 개발을 통해 기존선 고속화 및 동북아 물류중심 기지화를 위한 철도 핵심 솔루션(solution)을 확보함으로써 국내 철도 발전뿐 만 아니라 한국이 동북아 허브의 역할을 담당할 수 있는 중요한 초석을 제시하고자 한다.

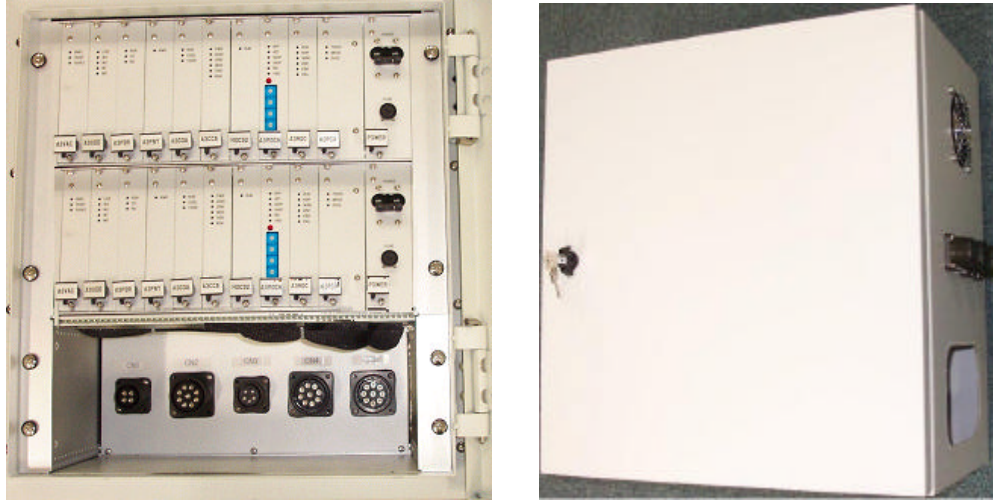


그림 4. On-board Continental Train Control System(CTCS) for Development

참고문헌

1. 어원, “철도신호설비의 현안과 개선방안“, 감사원, 2000.
2. 김봉택, “기존선 속도향상 및 대륙철도 연결을 위한 정보형 ATS/ATPS 연구”, 서울대학교 행정대학원, 2004.
3. 서정욱, 안수관, 김봉택, “기존선 속도향상과 선로용량 증대를 위한 정보형 ATS 차상장치 개량”, 한국철도학회 2003년 춘계학술대회논문집, pp.456-461, 2003.
4. “ATP 시스템 도입을 위한 기술조사”, 철도청, 한국철도기술연구원, 1999.
5. “호남선 전철화 타당성조사 및 기본계획”, 철도청, 한국철도기술연구원, 2001.
6. “2002년도 예비타당성조사 보고서 차상신호(ATP) 시스템 도입사업”, 한국개발연구원, 2002.
7. “한국형 고속차량(G7)을 활용한 경부·호남 기존선 속도향상 검증”, 한국철도기술연구원, 2004.