

한국형 열차제어시스템 기능별 분류에 관한 연구

A Study on the Function Classification for Korean Train Control System

박주훈*, 홍상아*, 장선영*, 김희식**†

Ju Hun Park*, Sang-A Hong*, Sun Young Jang*, Hei Sik Kim**†

Abstract ETCS(European Train Control System) that developed to ensure interoperability is classified Level 1, Level 2, Level 3 according to the function. Train signaling system adapted domestic high speed and main line railway is comprised ATP, ATS, and ATC. Also, KRTCS for conventional railway and high speed railway is developing as national R&D. Therefore, train control system requires a systematic classification because the various signaling system are used in the domestic. In this paper, we analyzed the types and functions of the train control system. And then, we suggest train control system requirements to define the system name. Analysis results are expected to be utilized in the definition of the Korean Train Control System.

Keywords : Interoperability, ETCS, ATP, ATS, ATC, KRTCS

초 록 유럽 국가 간 상호운용성 확보를 위해 개발된 유럽표준열차제어시스템(European Train Control System)은 기능에 따라 Level 1, Level 2, Level 3로 분류된다. 국내 고속 및 간선철도 신호시스템은 2003년 ETCS Level 1과 동일한 기능의 ATP(Automatic Train Protection)을 도입함에 따라 ATS(Automatic Train Stop), ATC(Automatic Train Control)의 3가지 신호시스템을 적용하고 있으며, ETCS Level 2와 동일한 기능의 KRTCS(일반·고속철도)를 개발 중에 있다. 이처럼 다양한 신호시스템이 국내에 운용되므로 체계적인 열차제어시스템 분류(구분)이 필요하다. 본 논문에서는 국내·외 도입된 열차제어시스템의 종류와 그 기능을 분석하고, 열차제어시스템 명칭 부여 시 요건을 제시하였다. 분석 결과는 향후 한국형 열차제어시스템의 용어 정의에 활용 될 것으로 기대된다.

주요어 : 상호운용성, 유럽표준열차제어시스템, ATP, ATS, ATC, KRTCS(일반·고속철도)

1. 서 론

국내 도시철도와 일반 및 고속철도에서 사용되고 있는 열차제어시스템은 지상 신호기를 사용하는 자동열차정지장치(ATC: Automatic Train Stop), 기존선의 운전효율 향상을 위해 지상신호설비와 병행하여 설치된 자동열차방호장치(ATP: Automatic Train Protection), 차상의 속도코드를 이용한 자동열차제어장치(ATC: Automatic Train Control), 지상과 차상의 양방향 통신에 의해 제어되는 무선통신기반 열차제어시스템(CBTC: Communications-based Train Control)로 분류 할 수 있다[1].

† 교신저자: 서울시립대학교 공과대학 전자전기컴퓨터공학부(drhskim@uos.ac.kr)

* 한국철도공사 연구원

** 서울시립대학교 공과대학 전자전기컴퓨터공학부

본 논문에서는 국내·외 운용 중인 열차제어시스템의 명칭을 조사하고, 열차제어시스템 명칭 부여 시 요건사항을 제시하여 국내 환경에 적합한 열차제어시스템을 분류 기준을 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 국내 열차제어시스템 분류

국내 열차제어시스템은 일반 및 광역철도에 열차자동정지장치(Automatic Train Stop), 경부선, 호남선, 경춘선 등 주요 간선 및 고속화 노선에는 열차자동방호장치(Automatic Train Protection), 경부고속선 및 호남고속선에는 자동열차제어장치(Automatic Train Control)와 전동차용 ATC 및 무선통신기반 열차제어시스템(Communications-based Train Control)가 설치되어 운용되고 있다.

2.1.1 자동열차정지장치(ATS)

열차가 정지신호를 현시하고 있는 신호기에 접근할 때, 열차조종자가 신호현시를 오인하거나 무시하고 진행을 계속하려고 할 때, 설정시간 이내에 제동 또는 지정속도로 감속조작을 하지 않으면 제동기를 동작시켜 자동적으로 정지시키는 장치이다[2].

2.1.2 자동열차방호장치(ATP)

궤도회로가 아닌 발리스(Balise) 또는 루프코일과 같은 지상자를 통해 열차운행에 필요한 정보를 차상으로 전송하여 열차검지, 선행열차와 후속열차 사이의 거리 유지, 진로연동 및 속도제한 등에 따라 열차를 보호하는 장치이다. 한국철도공사에서 2003년에 도입한 ATP시스템은 유럽표준열차제어시스템(ETCS) Level 1과 같다.

2.1.3 자동열차제어장치(ATC)

열차가 현재 점유하고 있는 궤도회로부터 선행열차와의 간격, 진로의 상태 등에 따라 열차제어정보를 차상으로 전송하여 열차속도를 자동적으로 제한속도 이하로 감속 제어하는 장치로 Speed step 방식의 ATC(S-ATC)와 Distance to go 방식의 ATC(D-ATC)로 구분된다.

2.1.4 무선통신기반 열차제어시스템(CBTC)

기존 철도신호시스템에서 사용하는 궤도회로를 사용하지 않고 IEEE 1474.1 규격에 따라 지상과 차상 간 양방향 무선통신을 기반으로 열차의 위치 추적 및 선행열차와의 간격을 고려하는 등 열차의 안전을 확보하는 시스템이다.

2.2 국외 열차제어시스템 분류

2.2.1 유럽 표준열차제어시스템(ETCS) 분류

유럽 각국 철도는 서로 상이한 열차제어시스템에 의해 인접 국가들간 연계운행에 어려움이 많아 유럽 표준 열차제어시스템(ETCS: European Train Control System)을 개발하였다.

Table 1 Classification of ETCS Level

ETCS Level	Level 1	Level 2	Level 3
Track Circuit	O	O	X
Signal	O	Option	X
Data Communication	Balise	Radio	Radio
Signaling system	Wayside	On-board	On-board
Block	Fixed	Fixed	Moving

ETCS는 국제철도연합(UIC)를 중심으로 유럽 전역에 적용 가능하도록 표준화된 철도신호시스템으로 개념에 따라 표 1과 같이 3가지의 기능 단계로 분류된다.

Level 1은 LEU에 의해 변환된 지상장치(신호기, 연동장치)의 정보는 발리스를 통해 열차로 전송되며 운전자는 현시되는 신호정보를 확인하여야 한다. 이동권한은 고정폐색원리에 따라 다음의 제한되는 신호기까지 폐색이 부여된다.

Level 2는 무선장치를 통해 열차운행에 필요한 정보를 전송하며 발리스는 위치확인을 위해 사용된다. 이동권한은 고정폐색원리에 따라 선행열차에 점유된 폐색구간의 종단까지 부여된다.

Level 3는 완전한 무선통신에 의한 시스템으로 지상과 차상 사이의 모든 열차제어정보는 무선장치를 통해 전송된다. 이동권한은 이동폐색원리에 따라 안전거리를 포함한 선행열차의 종단까지 부여된다.

2.2.2 중국 열차제어시스템(CTCS) 분류

중국의 고속철도 열차제어시스템은 고속철도 도입초기에 국외의 열차제어시스템을 도입하여 운행하였으나 ETCS와 유사한 CTCS(Chinese Train Control System)에 대한 표준사양을 표 2와 같이 4단계로 정의하여 운영하고 있다. CTCS의 차상장치는 코드화된 궤도회로와 유로발리스(Eurobalise)를 동시에 인터페이스 하는 것이 특징이다.

Table 2 Characteristic of CTCS

CTCS Level	Composition
Level 0	기존 궤도회로 + 통합 기관사실 신호 및 열차운행감시장치, 지상신호
Level 1	기존 궤도회로 + 자동무선(발리스) 및 ATP 장치
Level 2	디지털궤도회로(또는 다중정보가 포함된 아날로그 궤도회로) + 자동무선(발리스) 및 ATP 장치
Level 3	궤도회로 + 자동무선(발리스) 및 GSM-R이 장착된 ATP 장치
Level 4	자동무선(발리스) 및 GSM-R이 장착된 ATP 장치

2.3 열차제어시스템 분류 요건

2.2절에 나타난 것처럼 열차제어시스템의 명칭은 사람의 이름과 같아 누구나 잘 알 수 있도록 특징이 드러나야 한다. 따라서 열차제어시스템의 명칭 부여 시 다음과 같은 사항을 고려하여야 한다.

첫째, 열차제어시스템의 특징이 잘 반영되어야 한다.

둘째, 열차제어시스템은 수십 년 동안 사용되므로 기 운용 중인 시스템과 조화로운 명칭이 필요하다.

셋째, 최근 열차제어시스템의 국가R&D 개발이 활발하고 해외 열차제어시스템 도입에 대한 수용이 필요함에 따라 용어의 확장성이 있어야 한다.

넷째, 해외 열차제어시스템과 대응할 수 있는 구조로 분류되어야 한다.

다섯째, 국내 열차제어시스템의 최종 목표에 따라 전체 시스템에 대해 설계하여야 한다.

2.4 한국형 열차제어시스템 분류

2.1절과 2.2절에 언급된 열차제어시스템을 제어방식에 따라 분류하면 표 3과 같다.

Table 3 Classification of Train Control System

		Beacon/Loop	Track circuit	Radio Communication
Speed Step		ATS	S-ATC	-
Distance to go	Fixed block	ATP (ETCS Level 1)	D-ATC	ETCS Level 2
	Moving block	-	-	ETCS Level 3 CBTC

국내 열차제어시스템은 구현 수준(Level)과 관계없이 기능에 따라 용어를 정의하고 있어 운용 중인 시스템과 새로 적용되는 시스템 간 구분이 어렵다. 따라서 본 논문에서는 2.3의 열차제어시스템 분류 요건에 따라 한국형 열차제어시스템의 분류 방안을 다음과 같이 제시하고자 한다.

KTCS(Korean Train Control System) 1 단계는 현재 한국철도공사에서 운용 중인 ATP 시스

템으로 분류한다. ATP 시스템의 지상장치는 지상신호기, 고정 및 가변발리스, 선로변 제어 유니트로 구성되며 차상장치는 바이탈컴퓨터, 입출력장치, 운전표시장치, 자료기록장치, 차상안테나 및 정보변환모듈 등으로 구성된다.

KTCS 2 단계는 국가R&D로 수행 중인 KRTCS(일반·고속철도)로 분류한다. ETCS Level 2를 국내 환경에 맞게 적용한 시스템으로 지상장치는 무선폐색센터, 연동장치, 발리스와 차상장치는 KTCS 1단계와 동일하게 구성되며 지상, 차상 간 무선통신 시 안전성 및 보안성 확보를 위하여 암호·복호를 위한 안전전송모듈을 거쳐 통신하게 된다.

KTCS 3 단계는 ETCS Level 3와 동일한 시스템으로 완전한 무선통신에 의한 시스템이다.

그 외 CBTC는 IEEE 1474에 규정되어 있어 별도 명칭으로 분류하고 ATC, ATS는 상위시스템인 KTCS의 STM(Specific Transmission Module)으로 분류한다.

3. 결론

본 논문은 국내·외 열차제어시스템을 분석하고 열차제어시스템 명칭에 대한 요건을 제시하였다. 본문에 제시한 바와 같이 열차제어시스템의 명칭은 확장성 및 고유의 특성을 반영하여 결정하는 것이 필요하다. 국가 R&D로 수행하고 있는 『KRTCS(일반·고속철도)』는 Radio-based 로 기능을 한정하고 있어 현재 국내 운용되고 있는 ETCS Level 1(ATP)에 대한 고려가 되어 있지 않아 새로운 명칭이 필요할 것으로 보인다.

후 기

본 연구는 국토교통부에서 지원하는 “일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화” 연구 과제의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Ju-Hun Park, Hui Sik Kim, Sang-A Hong, Sun Young Jang (2015) A Study on the Definition of Terms for Domestic Train Control System, *Journal of the Korean Society for Railway*, KSR2015A114, pp. 601-606.
- [2] 한국철도시설공단 (2013), 철도설계기준(시스템편), pp.47.