

차상중심 열차제어시스템의 현장시험을 통한 성능검증

백종현*

¹한국철도기술연구원

Field Test and Performance Verification of On-board Oriented Train Control System

Jong-Hyen Baek^{1*}

¹Korea Railroad Research Institute

요약 국내의 저밀도 지선 구간에 적용되고 있는 지상 설비들은 주요 노선과 유사하게 설치되고 운영됨에 따라 운영 효율성 측면에서 적합하지 않은 문제를 가지고 있다. 이에 따라 열차의 안전과 운영 효율성을 도모하기 위해 개발된 차상중심 열차 제어시스템은 고가의 지상신호 제어장치 없이 안전한 운행이 가능하도록 한다. 이러한 차상중심 열차제어시스템은 차상제어 시스템, 선로변제어시스템, 운행관리시스템으로 구성된다. 본 논문에서는 현장에 차상제어장치와 선로변제어장치를 설치하여 적합성 시험을 비롯하여 통신 및 인터페이스 시험 수행 내용을 기술한다. 설치 검사는 전원, 전압, 케이블 연결, LED 상태 확인 등을 포함한다. 이를 바탕으로 실제와 유사하게 선로전환기, 건널목차단기를 포함한 가상노선에서 다양한 시나리오에 따른 동적 운영 시험을 통해 개발된 시스템의 현장 적용성을 검증한다. 총 7가지 시나리오에 대하여 동적 운영 시험이 수행되었고, 각 시나리오별로 여러 번 시험을 반복하였다. 메인 프로세스 로그를 분석하여 동작별 경과 시간을 계산하였으며, 대부분 수 초 이내에 동작이 이루어짐을 확인하였다. 또한 공인기관 입회하의 현장시험을 통하여 개발된 시스템을 검증하였고 시험성적서를 발급받았다.

Abstract There is an operational efficiency problem about wayside equipment applied to the domestic low-density branch as the equipment has been installed and operated similarly in the mainline. On-board oriented train control system, which has been developed for train safety and operation efficiency, ensures safe train operation without expensive ground control signal devices. Such system consists of on-board control system, wayside control system, and local control system. In this paper, the details of tests such as suitability test, communication test, and interface test are described by installing the on-board control system and wayside control system in field. Installation tests include checking power, voltage, cable connection, LED status, etc. Field applicability of the developed system is also verified through the dynamic operation tests with diverse scenarios, which are performed on the virtual line similar to the real environment including switch machine and level crossing gate. Dynamic operation tests were conducted for total 7 scenarios, and several tests were repeated for each scenario. The elapsed time for each operation was computed by analyzing main process log, and we could check that each operation was accomplished within several seconds. Furthermore, the developed system was verified through field test with an accredited institute, and testing certificates were issued.

Keywords : Field Installation, Field Test, On-Board, Train Control

1. 서론

국내 철도시스템은 현재 ATS(Automatic Train Stop)

방식과 ATP(Automatic Train Protection) 방식을 사용하고 있다. ATS 방식은 운영 환경에 따른 오동작 발생 문제가 있으며, ATP 방식은 고가의 제어시스템으로 인하

본 논문은 한국철도기술연구원 주요사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

*Corresponding Author : Jong-Hyen Baek(Korea Railroad Research Institute)

Tel: +82-31-460-5441 email: jhbaek@krii.re.kr

Received May 6, 2015

Revised (1st June 23, 2015, 2nd July 2, 2015)

Accepted August 6, 2015

Published August 31, 2015

여 저밀도 지선 구간에서는 운용 효율성 측면에서 적합하지 못하다. 이를 해결하기 위해 고가의 지상 신호제어 장치 없이 안전한 열차운행이 가능하도록 하는, 저밀도 지선구간에 적합한 차상중심 열차제어시스템 기술 개발이 필요하게 되었다[1,2]. 이러한 필요성에 따라 운행 및 유지보수 인력과 비용을 최소화하며, 열차 기반의 선로변 신호설비 제어 및 운영이 가능한 차상중심 열차제어 시스템을 개발하는 연구가 진행되고 있다. 이러한 차상중심 열차제어시스템은 차상제어시스템, 선로변제어시스템, 운행관리시스템으로 구성된다. 차상제어시스템은 열차 내부에 탑재되어 열차를 제어하고, 선로변제어시스템은 선로전환기와 건널목 차단기 등과 같은 선로변 시설물을 차상제어시스템의 명령에 따라 제어하며, 운행관리시스템은 열차의 주행로 설정 및 승인, 스케줄 관리 등과 같은 기능을 수행한다. 따라서 본 논문에서는 [3,4,5]의 앞서 수행된 차상중심 열차제어시스템의 시뮬레이션 및 예비 현장시험 등의 결과를 토대로 실제 열차를 이용하여 차상중심 열차제어시스템의 설치시험 및 인터페이스 시험 결과에 대해 기술하였다. 이러한 설치시험 결과를 바탕으로 동적 운영 시험을 수행함으로써 차상중심 열차제어시스템의 현장 적용성을 검증하였다.

2. 현장설치

현장설치 시험을 위한 전체 구성은 Fig. 1과 같다.

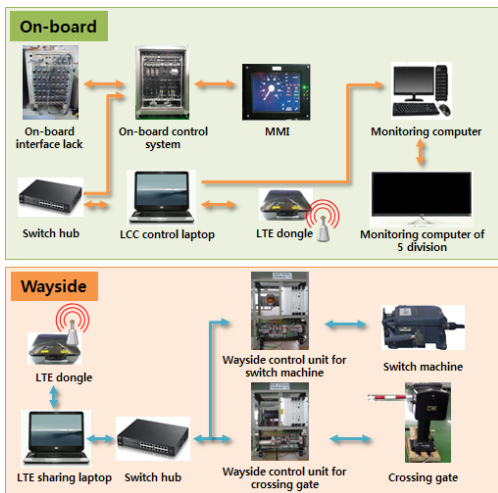


Fig. 1. Field test configuration of the on-board oriented train control system

2.1 현장 설치 장치 검사

2.1.1 차상제어장치

차상제어장치는 열차 운전실 뒤쪽 객실에 차량과의 인터페이스를 위한 TCS(Train Control System)랙 장치가 설치된 위치로부터 약 4.2m 떨어진 위치에 Fig. 2(a)와 같이 설치하였다. 그리고 운전실 전방에 DMI(Driver Machine Interface)를 Fig. 2(b)와 같이 설치하였다.

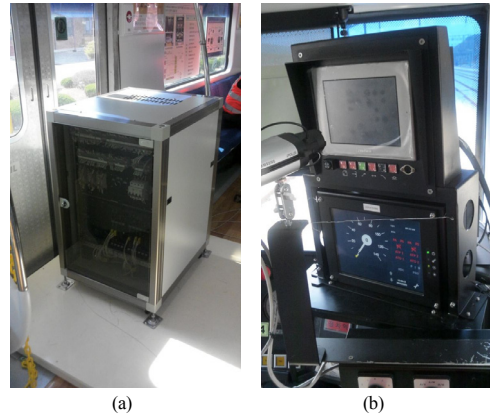


Fig. 2. Installation of on-board control system (OBCS)
(a) OBCS rack (b) DMI

설치한 차상제어장치에 대하여 전원케이블 결선 확인, 신호선 결선 확인, 입력전압 측정, 전원 인가 등의 항목들을 시험하였다. 각 항목의 자세한 시험 방법은 [6]에 기술되어 있으며, 적합성 시험 결과 모두 양호함을 확인하였다.

2.1.2 선로전환기 및 건널목차단기용 선로변제어장치

지상설비는 선로변제어장치 2식, 건널목차단기 1식, 선로전환기 1식으로 구성되어 있다. Fig. 3은 선로전환기 및 선로변제어장치, Fig. 4는 건널목차단기 및 선로변제어장치 설치 모습이다. 선로전환기 및 건널목 차단기용 선로변제어장치 설치시험은 결선상태 확인, 입력전원 확인, 전원인가시험 등으로 구성된다. 각 시험들의 적합성을 확인한 결과 모두 양호하였다.



Fig. 3. Installation of switch machine and wayside control unit



Fig. 4. Installation of crossing gate and wayside control unit

2.2 통신 및 인터페이스 시험

2.2.1 차상제어장치

차상제어장치와 TCS랙 간에 연결이 완료된 상태에서 차상제어장치와 노트북을 연결하여 차상장치로 입력되는 정보와 출력정보를 제공하여 기능별 동작을 확인하였다. 디지털 입력, 디지털 출력, 타코미터 입력정보, 태그 리더기 입력 등에 대하여 시험을 수행하였다.

2.2.2 선로전환기 및 건널목차단기용 선로변제어 장치

휴대용컴퓨터로 이더넷을 통하여 선로전환기 또는 건널목차단기의 상태요청, 제어요청의 메시지를 전송하여 제어한 후 LED 상태를 확인하였다. Table 1과 Table 2가 각각 선로전환기와 건널목차단기의 동작에 따른 LED 상태표시 조건이다. Fallback 기능 구현은 지역제어센터(LCC: local control center) 시뮬레이터를 통하여 우선으로 제어하도록 시험하였다.

Table 1. LED status of the switch machine

Type of board	Type of LED indicator	LED status according to the operation of the switch machine			
		Normal	Normal→Reverse	Reverse→Normal	Reverse
DIU board	NWR-CHK	ON	ON	ON	OFF
	RWR-CHK	ON	OFF	ON	ON
	N-KR	ON	OFF	OFF	OFF
	R_KR	OFF	OFF	ON	OFF
DOU board	N-WR	OFF	OFF	OFF	ON
	R-WR	OFF	ON	OFF	OFF

Table 2. LED status of the crossing gate

Type of board	Type of LED indicator	LED status according to the operation of the crossing gate			
		Up	Up→Down (1)	Down→Up (2)	Down
DIU board	R1-CHK	OFF	ON	ON	ON
	R2-CHK	OFF	OFF	ON	ON
	CR-DN	OFF	OFF	OFF	ON
	CR-UP	ON	ON	OFF	OFF
DOU board	R1	ON	OFF	OFF	OFF
	R2	ON	ON	OFF	OFF



Fig. 5. Crossing gate control via Ethernet



Fig. 6. Fallback control of the crossing gate via LCC simulator

Fig. 5는 이더넷을 통한 건널목차단기 제어, Fig. 6은 LCC 시뮬레이터를 통한 건널목차단기 Fallback 제어 모습이다.

Fig. 11은 동적 운영 시험 중인 현장 모습으로 차상 내 시험 모니터 화면과 시험 로그 확인 중인 모습이다.



Fig. 11. Picture of dynamic operation test

3.2 운영 시험 시나리오

동적 운영 시험은 Table 3의 총 7가지의 시나리오에 대하여 수행하였다. 각 시나리오에 대한 상세 시험 내용은 다음과 같다.

Table 3. Test scenarios of dynamic operation test

No.	Test Scenarios
1	Normal drive on the track including switch machine
2	Normal drive on the track including crossing gate
3	Applying full service brakes(FSB) or emergency brakes(EB) based on speed monitoring
4	Control failure of the switch machine (Fallback status)
5	Control failure of the crossing gate (Fallback status)
6	Reentry after the failure of ICT section entry
7	Route cancellation by the operator

3.2.1 선로전환기 포함 노선 정상 주행

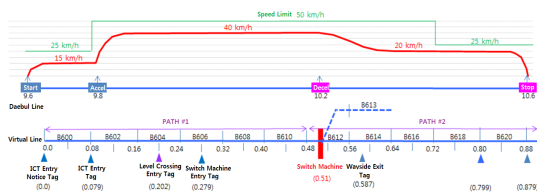


Fig. 12. Speed profile of dynamic operation test #1

열차는 선로전환기 포함 노선을 Fig. 12와 같은 속도로 주행한다. 선로전환기 진입 Tag를 인식 후 선로전환기를 정위로 제어한다.

3.2.2 건널목차단기 포함 노선 정상 주행

주행 속도 프로파일은 앞의 경우와 동일하다. 건널목 진입 Tag를 인식한 후에 개방 상태인 건널목차단기를 차단으로 제어한다. 건널목차단기를 지나 선로변 진출 Tag를 인식한 후에는 건널목차단기를 다시 개방으로 제어한다.

3.2.3 속도감시에 의한 FSB/EB 체결

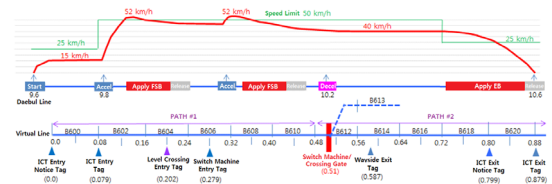


Fig. 13. Speed profile of dynamic operation test #3

열차는 선로전환기 포함 노선을 Fig. 13과 같은 속도로 주행한다. 현재속도가 ICT구간의 제한속도인 50km/h를 초과 시 상용제동(FSB: full service brake)이 체결되고 제한속도의 3% 이내로 감소 시 FSB가 해제된다. 제한속도 25km/h 구간에서 현재속도가 10km/h 이상 초과하는 경우 비상제동(EB: emergency brake)이 체결된다.

3.2.4 선로전환기 제어 실패 (Fallback 상황)

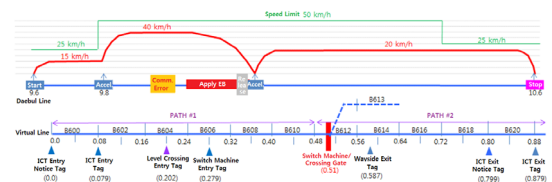


Fig. 14. Speed profile of dynamic operation test #4

열차는 선로전환기 포함 노선을 Fig. 14과 같은 속도로 주행한다. 차상제어장치가 선로전환기 진입 Tag 인식 후 통신을 개시하나 선로변제어장치와 통신 단절로 인해 EB가 체결된다. 지상용 운행관리컴퓨터에 의해 선로전환기가 정위로 제어되고, 차량은 Override 모드로 진행한다.

3.2.5 건널목차단기 제어 실패 (Fallback 상황)

시험 방식은 앞의 선로전환기 경우와 동일하다.

3.2.6 구간 진입 실패 후 재진입

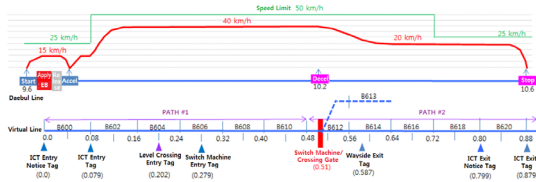


Fig. 15. Speed profile of dynamic operation test #6

열차는 선로전환기 포함 노선을 Fig. 15와 같은 속도로 주행한다. 운행관리컴퓨터의 통신 기능을 고장으로 설정한다. 차상제어장치가 ICT 진입 예고 Tag를 인식 후 운행관리컴퓨터와 통신을 개시하나 통신 단절로 인해 EB가 체결된다. 운행관리컴퓨터의 통신 기능을 정상으로 설정하고 DMI를 통해 운행관리컴퓨터와 통신을 개하여 Non-ICT 모드에서 ICT 모드로 전환한다.

3.2.7 운영자에 의한 주행로 취소

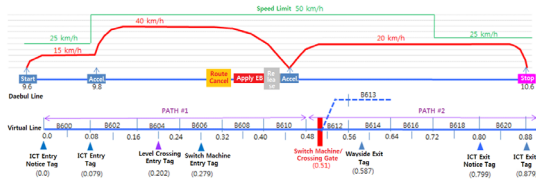


Fig. 16. Speed profile of dynamic operation test #7

열차는 선로전환기 포함 노선을 Fig. 16과 같은 속도로 주행한다. 주행로1은 B602 ~ B610이고 주행로2는 B612~B620이다. 차상제어장치에 주행로2가 승인된 상태에서 선로변제어장치로 선로변 설비를 제어 후 주행로 2를 운행관리컴퓨터에서 취소하여 DTG(Distance to Go)에 의해 EB가 체결된다.

3.3 시험 결과

동적 운영 시험은 시나리오에 따라 최소 2번 이상 반복 수행하였으며, 단계별로 정상 동작 여부를 검증한 결과 모두 이상 없음을 확인하였다. 다음에 각 시나리오별 주요 동작에 해당하는 결과와, 메인 프로세스 로그로부터 분석한 동작별 결과 시간을 표로 정리하였다.

3.3.1 선로전환기 포함 노선 정상 주행

- 1) 차상제어장치가 ICT 진입 예고 Tag 인식 후 Non-ICT모드에서 ICT 모드로 전환
- 2) 선로전환기 진입 Tag 인식 후 선로전환기용 선로변 제어장치와 통신을 개시하고 반위 상태인 선로 전환기를 정위 상태로 전환
- 3) ICT 진출 예고 Tag 인식 후 열차 등록 해제하여 ICT모드에서 Non-ICT모드로 전환

Table 4. Result of dynamic operation test #1

Operation Classification	Elapsed Time
1) After recognizing the ICT zone entry notice tag, mode changes from Non-ICT to ICT	9.25 s
2) After recognizing the switch machine entry tag, start of communication with the WOCU and control of switch machine from reverse state to normal state	13 s
3) After recognizing the ICT zone exit notice tag, mode changes from ICT to Non-ICT	1.75 s

3.3.2 건널목차단기 포함 노선 정상 주행

- 1) 차상제어장치가 ICT 진입 예고 Tag 인식 후 Non-ICT모드에서 ICT 모드로 전환
- 2) 건널목 진입 Tag 인식 후 건널목차단기용 선로변 제어장치와 통신을 개시하고 개방 상태인 건널목 차단기를 차단 상태로 전환
- 3) 선로변 진출 Tag 인식 후 건널목차단기를 개방 상태로 전환
- 4) ICT 진출 예고 Tag 인식 후 열차 등록 해제하여 ICT모드에서 Non-ICT모드로 전환

Table 5. Result of dynamic operation test #2

Operation Classification	Elapsed Time
1) After recognizing the ICT zone entry notice tag, mode changes from Non-ICT to ICT	8.33 s
2) After recognizing the level crossing entry tag, start of communication with the WOCU and control of crossing gate from an open to closed state	17 s
3) After recognizing the wayside exit tag, control of crossing gate from a close to an open state	5 s
4) After recognizing the ICT zone exit notice tag, mode changes from ICT to Non-ICT	1.67 s

3.3.3 속도감시에 의한 FSB/EB 체결

- 1) 차상제어장치가 ICT 진입 예고 Tag 인식 후 Non-ICT모드에서 ICT 모드로 전환

- 2) 차상제어장치는 현재 속도가 제한속도 초과 시 FSB 체결 신호를 출력하고 열차는 제동 인가
- 3) 차상제어장치는 현재 속도가 제한속도의 3%인 48km/h 이내로 감소 시 FSB가 해제
- 4) 제한속도가 50km/h에서 25km/h로 전환되는 구간에서 40km/h로 통과 시 제한속도 25km/h를 10km/h 이상 초과하여 차상제어장치는 EB 체결 신호를 출력하고 열차는 제동이 인가됨
- 5) 열차가 정지하여 차상제어장치에 ZVR 신호가 입력되고 DMI의 해제 버튼 취급이 입력되면 EB를 해제된다.
- 6) ICT 진출 예고 Tag 인식 후 열차 등록 해제하여 ICT모드에서 Non-ICT모드로 전환 정상

Table 6. Result of dynamic operation test #3

Operation Classification	Elapsed Time
1) After recognizing the ICT zone entry notice tag, mode changes from Non-ICT to ICT	9.75 s
2) When the current speed exceeds the speed limit, FSB signal is generated and the brakes are applied to the train	3.44 s
3) When the current speed is lower than 3% of the speed limit (48km/h), FSB is released	3.48 s
4) When the train speed exceeds the speed limit of 25km/h more than 10km/h, EB signal is generated and the brakes are applied to the train	3.65 s
5) When the train stops and ZVR signal is entered to the OBC, and the release button of DMI is pressed, EB is released	9.67 s
6) After recognizing the ICT zone exit notice tag, mode changes from ICT to Non-ICT	1.58 s

이 시험의 경우 시험 차량을 Manual Mode로 운행하였고, 타 업체의 차상제어장치와 TCS 연결 케이블을 분리하였다. 회생 제동 차단을 설정하여 공기 제동만 사용하도록 하여 공주시간은 약 3~4초가 되었다. 이러한 공주시간을 고려하여 FSB에서 EB로 전환되는 제한 시간을 3초에서 10초로 수정하여 시험을 진행하였다.

3.3.4 선로전환기 제어 실패 (Fallback 상황)

- 1) 차상제어장치가 ICT 진입 예고 Tag 인식 후 Non-ICT모드에서 ICT 모드로 전환
- 2) 선로전환기 진입 Tag 인식 후 선로전환기용 선로변제어장치와 통신 개시 실패가 3회 발생하여 EB 체결
- 3) 지상의 운행관리컴퓨터가 시리얼 통신을 통해 선

- 로변제어장치로 정위 명령 전송 및 상태 제어
- 4) 차상제어장치는 Override 모드로 진행하여 선로변 진출 Tag를 인식 시 Override 모드 해제
- 5) ICT 진출 예고 Tag 인식 후 열차 등록 해제하여 ICT모드에서 Non-ICT모드로 전환

Table 7. Result of dynamic operation test #4

Operation Classification	Elapsed Time
1) After recognizing the ICT zone entry notice tag, mode changes from Non-ICT to ICT	8 s
2) After recognizing the switch machine entry tag and three times of communication failure, EB is applied	5.67 s
3) Operation management computer on wayside controls the switch machine via serial communication	N/A
4) OBCS operates with override mode, then quit the override mode when recognizing WOCU exit tag	4.67 s
5) After recognizing the ICT zone exit notice tag, mode changes from ICT to Non-ICT	1.33 s

3.3.5 건널목차단기 제어 실패 (Fallback 상황)

앞의 선로전환기 대신 건널목차단기가 제어되는 것 외에는 동일하다.

Table 8. Result of dynamic operation test #5

Operation Classification	Elapsed Time
1) After recognizing the ICT zone entry notice tag, mode changes from Non-ICT to ICT	9.67 s
2) After recognizing the crossing gate entry tag and three times of communication failure, EB is applied	6 s
3) Operation management computer on wayside controls the crossing gate via serial communication	N/A
4) OBCS operates with override mode, then quit the override mode when recognizing WOCU exit tag	4 s
5) After recognizing the ICT zone exit notice tag, mode changes from ICT to Non-ICT	1.67 s

3.3.6 구간 진입 실패 후 재진입

- 1) 차상제어장치가 ICT 진입 예고 Tag 인식 후 운행관리컴퓨터로 통신을 개시하나 통신 실패 3회가 발생하여 23m 지점에서 EB 체결
- 2) 차상제어장치에 ZVR 체결 신호와 DMI의 EB 해제 버튼 취급에 의해 EB 해제
- 3) DMI의 주메뉴에서 'LCC Connection Request' 취급 시 차상제어장치는 운행관리컴퓨터로 통신을 재개하고 통신이 확립
- 4) 차상제어장치는 통신 연결로 인해 ICT 모드로 전

환되어 ICT 구간 진입

- 5) ICT 진출 예고 Tag 인식 후 열차 등록 해제하여 ICT모드에서 Non-ICT모드로 전환

Table 9. Result of dynamic operation test #6

	Operation Classification	Elapsed Time
1)	After recognizing the ICT zone entry notice tag and three times of communication failure, EB is applied	6.33 s
2)	EB is released via the ZVR signal and release button of DMI	10 s
3)	Restart of communication via 'LCC Connection Request' button of DMI	N/A
4)	After the success of connection, mode changes from ICT to Non-ICT and normal ICT zone entry starts	4 s
5)	After recognizing the ICT zone exit notice tag, mode changes from ICT to Non-ICT	2 s

3.3.7 운영자에 의한 주행로 취소

- 1) 차상제어장치가 ICT 진입 예고 Tag 인식 후 Non-ICT모드에서 ICT 모드로 전환 정상, 주행로 1 승인 정상.
- 2) B602에서 주행로2 승인 정상
- 3) 운행관리컴퓨터에서 주행로2 취소로 목포거리 880m에서 480m로 변경
- 4) 현재 속도에 대해 DTG 한계 거리 내에 진입하게 되어 EB 체결

Table 10. Result of dynamic operation test #7

	Operation Classification	Elapsed Time
1)	After recognizing the ICT zone entry notice tag, mode changes from Non-ICT to ICT and Line #1 is approved	9.25 s
2)	Line #2 is approved	1.5 s
3)	DTG changes from 880m to 480m due to the cancellation of Line #2 by manually	N/A
4)	EB is applied with the consideration of the current speed and DTG limit	5.71 s

3.4 공인기관 현장시험 결과

동적 운영 시험에 대해서도 공인기관 입회하 현장시험이 이루어졌으며, Fig. 17에 시험성적서 일부를 보였 다. 그림에서 알 수 있듯이 각 시험항목의 세부 시험기준 을 모두 만족하였다.

시험 항목 (Test List)	시험 기준 (Test Standard)	시험 결과 (Test Result)
ICT 구간 진입	초기에 Non-ICT 모드로 기동할 것	양호
	15 km/h 속도 범위 내에서 운전하여, DMI 화면에 속도가 표시될 것	양호
	ICT 구간 진입 태그를 인식한 후, 열차가 등록될 것	양호
	차상제어장치에서 주행로 지정을 승인하고, 목표거리 및 주행로 지정이 이루어질 것	양호
	LCC 화면에 등록 열차 점유가 표시되며, ICT 모드 화면이 나타날 것	양호
FSB 체결	허용속도 50 km/h 구간에서 허용속도를 초과하여 FSB가 체결될 것	양호
	DMI 화면에 속도초과 및 FSB 체결이 표시될 것	양호
	FSB 체결로 속도가 감속하고, DMI 화면에 속도감소가 표시될 것	양호
	차상제어장치에서 48 km/h 미만으로 감속하여 FSB 체결이 해제될 것	양호
	DMI 화면에 속도감소 및 FSB 체결 해제가 표시될 것	양호
EB 체결	40 km/h 속도 범위 내에서 운전하여, DMI 화면에 속도가 표시될 것	양호
	허용속도 25 km/h 구간에서 허용속도를 초과하여 EB가 체결될 것	양호
	DMI 화면에 EB 체결 표시될 것	양호
	열차가 정차할 것	양호
	차상제어장치 DMI 화면에서 EB 체결을 해제할 것	양호

시험 항목 (Test List)	시험 기준 (Test Standard)	시험 결과 (Test Result)
ICT 구간 진입	초기에 Non-ICT 모드로 기동할 것	양호
	15 km/h 속도 범위 내에서 운전하여, DMI 화면에 속도가 표시될 것	양호
	ICT 구간 진입 태그를 인식한 후, 열차가 등록될 것	양호
	차상제어장치에서 주행로 지정을 승인하고, 목표거리 및 주행로 지정이 이루어질 것	양호
	LCC 화면에 등록 열차 점유가 표시되며, ICT 모드 화면이 나타날 것	양호
ICT 구간 간널목차단기 제어 실패	40 km/h 속도 범위 내에서 운전하여, DMI 화면에 속도가 표시될 것	양호
	차상제어장치에서 주행로 지정을 승인하고, 목표거리 및 주행로 지정이 이루어질 것	양호
	차상제어장치에서 간널목차단기 제어 태그를 인식하였으나, 상태 보고가 없어 EB 체결될 것	양호
	열차가 정차할 것	양호
	차상제어장치 DMI 화면에서 EB 체결을 해제할 것	양호
LCC 시뮬레이터 유선 제어	지상 LCC 시뮬레이터에서 유선으로 간널목차단기 상송상태 확인될 것	양호
	지상 LCC 시뮬레이터에서 유선으로 간널목차단기 하강상태 변환 수행될 것	양호
	지상 LCC 시뮬레이터에서 간널목차단기 포함 주행로를 확정하여 열차 주행을 통보할 것	양호
ICT 구간 간널목차단기 진출	20 km/h 속도 범위 내에서 운전하여, DMI 화면에 속도가 표시될 것	양호
	차상제어장치 ICT 구간 선로전환기 진출 태그를 인식할 것	양호
	DMI 화면 오버라이드 표시 제거 및 선로변 제어가 가능할 것	양호
	ICT 구간을 ICT 모드로 정상운행하며, DMI 화면에 정상적으로 표시될 것	양호

Fig. 17. Excerpt from testing certificate of dynamic operation test

4. 결론

저밀도 지선구간을 중심으로 열차의 안전성 및 운영 효율성을 위한 차상중심 열차제어시스템이 연구되고 있

다. 이러한 차상중심 열차제어시스템의 기술적 검증을 위해서는 실제 열차를 이용한 현장시험이 요구된다. 따라서 본 논문에서는 현장시험을 위해 열차에 차상중심 열차제어시스템을, 선로변에 선로변제어장치 및 제어대상을 설치하고 적합성을 확인하였다. 다양한 시나리오에 따른 동적 운영 시험 결과 또한 모두 양호하다는 것을 공인기관을 통해 검증받고 시험성적서를 취득하였다.

본 연구에서는 ICT구간이 포함된 비교적 간단한 가상노선 상에서 운영 시험이 이루어졌다. 실제 현장에 개발 시스템을 도입할 경우에는 차상중심 열차제어시스템이 동작하는 ICT구간과 기존 CTC노선과의 연계운행을 고려해야 한다. 이와 관련하여 지역제어센터의 개발과 운영 시나리오에 대한 연구 또한 진행되었다[7]. 향후 이러한 상황을 반영하여 보다 다양한 환경에서의 운영 시험을 수행할 계획이다. 더 나아가 일반철도 지선 구간뿐만 아니라, 트램 운행 구간 또는 일반철도와 트램이 연계되는 트레인-트램 등 다양한 철도 환경에서 차상중심 열차제어시스템의 적용가능성도 검토할 예정이다.

References

- [1] H.-J. Jo, J.-H. Baek, Y.-G. Kim, K.-M. Lee, "A study on the on-board centered train control system to enhance efficiency of low-density railway line", *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, vol. 13, no. 11, pp. 5434-5441, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.11.5434>
- [2] J.-H. Baek, H.-J. Jo, E.-K. Chae, H.-Y. Choi, Y.-G. Kim, "Feasibility Study of Improved Train Control System Using On-board Controller for Intelligent Control of Trackside Facilities", *Journal of the Korean Society for Railway*, vol. 16, no. 6, pp. 528-533, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7782/JKSR.2013.16.6.528>
- [3] J.-H. Baek, J.-G. Hwang, H.-J. Jo, J.-T. Kim, K.-M. Lee, "A study on the operation scenario of onboard oriented train control system of low-density branch railway lines", *Proceedings of the 2013 KICS Winter Conference*, pp.140-141, 2013.
- [4] C.-H. Park, H.-Y. Choi, J.-H. Baek, "Preliminary Field Trial of Improved Train Control System Using On-board Control", *The Journal of Korea Information and Communications Society*, vol. 39C, no. 3, pp. 298-306, 2014.

DOI: <http://dx.doi.org/10.7840/kics.2014.39C.3.298>

- [5] J.-H. Baek, "Communication Consecutive Test of Train Oriented Control System for Wayside Equipment Control", *Journal of the Korean Institute of Electrical Engineers*, vol. 63, no. 5, pp. 703-712, 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5370/KIEE.2014.63.5.703>
- [6] Korea Railroad Research Institute, "Development of Technology to enhance ICT based Safety of Train Operation and Operational Efficiency", Final Report of the 4th year, 2014.
- [7] C.-H. Park, J.-W. Jeon, G. Kim, Y.-S. Sung, J.-Y. Heo, "A study on linkages of improved train control system using on-board control and conventional railway system", *Proceedings of the 2015 KICS Winter Conference*, pp. 617-618, 2015.

백 종 현(Jong-Hyen Baek)

[정회원]



- 1995년 2월 : 전북대학교 제어계측 공학과 학사
- 1997년 2월 : 광주과학기술원 메카트로닉스공학과 석사
- 2009년 8월 : 전북대학교 메카트로닉스공학과 박사
- 1997년 1월 ~ 현재 : 한국철도기술연구원 ICT융합연구팀 책임연구원

<관심분야>

열차제어, 현대제어, 지능형시스템, 시스템엔지니어링