

ETCS 신호시스템 BTM장치 개발 및 기능 검증에 관한 연구

A Study on development and function verification of BTM equipment at ETCS signaling system

박주연*[†], 주영복*, 정경장*, 이종성*

Ju Yeon Park*[†], Young Bhok Joo*, Gyung Jang Jung*, Jong Seong Lee*

Abstract ETCS signaling system is in commercial operation on main-line railway since its introduction in the early year 2000. And it is developing ATP equipment which is a core technology of ETCS signaling system for applying the domestic. The BTM unit which is a sub-system of the ETCS Signaling system that is designed to meet the requirement of the subset-036 standard for the first time in Korea. The developed BTM unit was tested for the BTM module with BTM antenna using ATP simulator. In this paper, we will present results that BTM unit development result and satisfies the required functions through functional test. Furthermore, the functions and performance of BTM unit will be tested on site using the on-track test.

Keywords : ETCS, signaling System, High Speed Train, Balise Transmission Module, Balise Antenna

초 록 ETCS(European Train Control System) 신호시스템은 2000년 초부터 국내 간선철도에 도입되어 영업 운행 중에 있으며, 향후 ETCS 신호시스템의 국산화 적용을 위해 핵심기술인 차상신호장치 개발을 진행 중에 있다.

ETCS 차상신호장치의 서브 시스템인 BTM 장치를 국내 최초로 subset-036 규격에서 요구하는 기능을 만족하도록 개발하였다. 개발한 BTM 장치는 ATP 시뮬레이터를 이용하여 BTM 모듈과 BTM 안테나에 대한 시험을 실시하였다.

본 논문에서는 BTM 장치에 대한 개발 결과와 기능 시험을 통해 요구되는 기능을 만족함을 도출하였고, 그 결과를 제시할 것이다. 이후 BTM 장치의 기능 확인 및 성능 입증을 위해 차량에 탑재하여 현차 시험을 통해 확인할 것이다.

주요어 : ETCS, 신호시스템, 고속열차, 발리스 전송 모듈, 발리스

1. 서 론

ETCS 차상신호장치의 서브시스템인 BTM 장치는 크게 BTM Module, BTM Antenna, 그리고 Balise로 구성된다. 가변/고정정보를 Balise에 의해 전송하는 ETCS-L1과 달리 ETCS-L2는 RBC(Radio Block Centre)에서 생성된 이동권한을 무선통신을 이용하여 연속적으로 전송하여 열차를 제어하며, 지상 Balise는 고정정보를 열차에 전송하는 방식이다.

[†] 교신저자: 현대로템(주) 기술연구소 신호통신팀(yahwue@hyundai-rotem.co.kr)

* 현대로템(주) 기술연구소 신호통신팀

본 논문은 지상 Balise의 고정정보를 수신하는 역할을 담당하는 BTM Antenna 및 BTM Module 장치의 국산화 개발 현황을 소개하고, 차상 시뮬레이터를 이용한 기능 검증 시험을 통해 BTM 장치의 성능을 입증하였다.

2. 본론

2.1 BTM 장치 개요

BTM 장치는 지상의 Euro Balise를 구동하기 위한 tele-powering을 생성하여 BTM antenna를 통해 송신하고, BTM antenna를 통해 수신한 지상 Euro Balise의 정보를 해석하여 차상 신호장치로 전송하는 기능을 수행하는 장치이다. Subset-091 규격에서 요구하는 BTM 장치의 안전 무결성 수준은 SIL (Safety Integrity Level) 4이며, 이를 만족할 수 있도록 기능에 대한 분석과 장치에 대한 설계를 하여야 한다.

2.1 BTM 장치 구성

ETCS 차상 신호장치와 각 서브시스템 간 구성도는 Fig. 1과 같고, BTM 장치 구성은 Fig. 2와 같다.

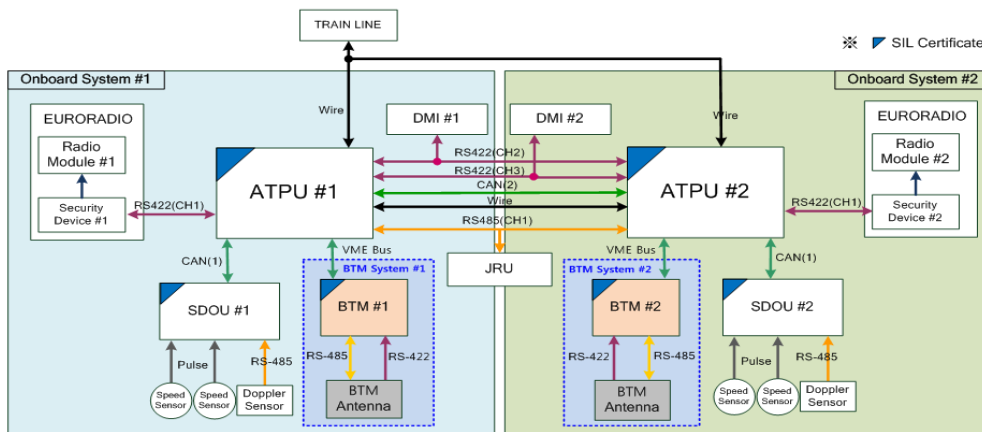


Fig. 1 On-board System and Sub-Systems Configuration

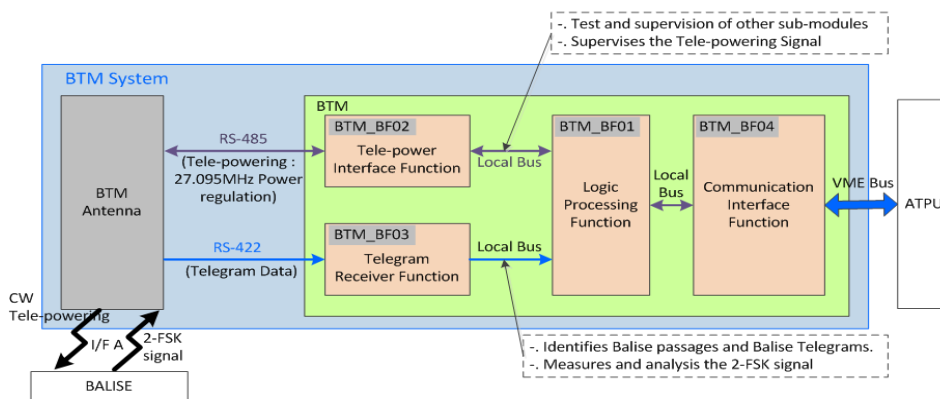

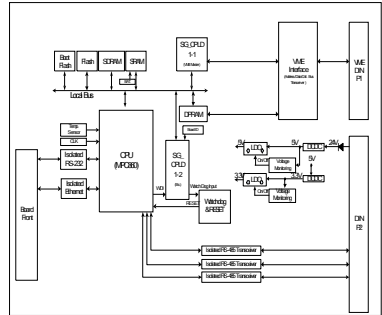
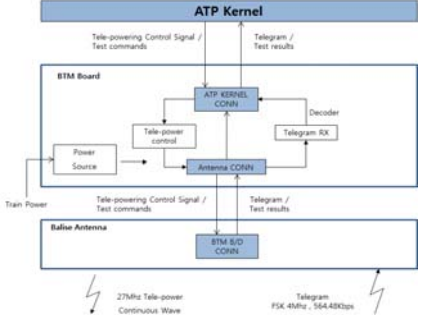


Fig. 2 BTM Configuration

2.2.1 BTM 장치 설계

BTM 보드는 차상 ATP kernel과 BTM antenna 간의 인터페이스를 위해 사용된다.

<p>형상 및 기능</p>		<ul style="list-style-type: none"> - ATP Kernel과의 통신 기능: ATP Kernel로부터 Tele-Powering 명령을 수신하고, Telegram을 ATP Kernel로 전송하는 기능 - BTM Antenna와의 통신 기능: BTM Antenna로 Tele-Powering 명령을 전송하고, Telegram을 수신하는 기능 - Telegram 복호화(Decode) 기능: BTM Antenna에서 복조되어(Demodulate) 전달된 Telegram을 복호화(Decode)하는 기능 - BTM Antenna의 정보 저장 기능: BTM Antenna로부터 수신된 정보를 저장하는 기능
<p>HW/SW 구성도</p>		 <p>27MHz Tele-power Continuous Wave Telegram FSK 4MHz, 564.48Kbps</p>

BTM Antenna 형상은 Fig. 3과 같다.

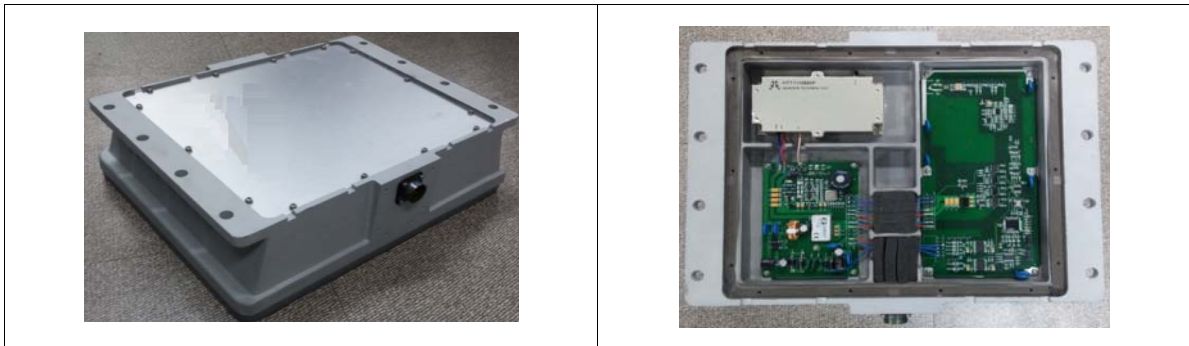


Fig. 3 BTM antenna

2.3 BTM 장치 기능 검증 시험 구성

BTM 장치의 기능은 Subset-036의 요구사항을 만족해야 하며, 이를 시험하기 위해 Fig. 4와 같이 구성하여 시험을 수행하였다.

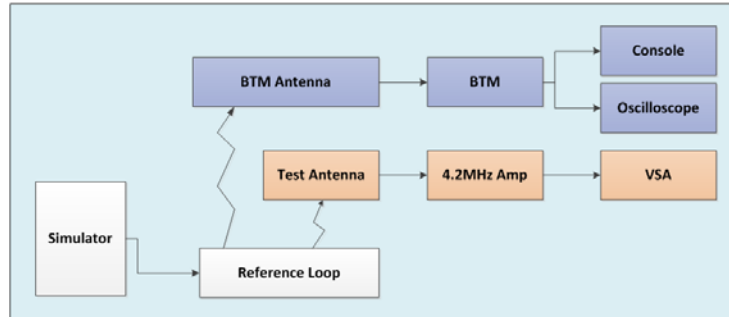


Fig. 4 Block Diagram for Verification Test of Balise Telegram Data

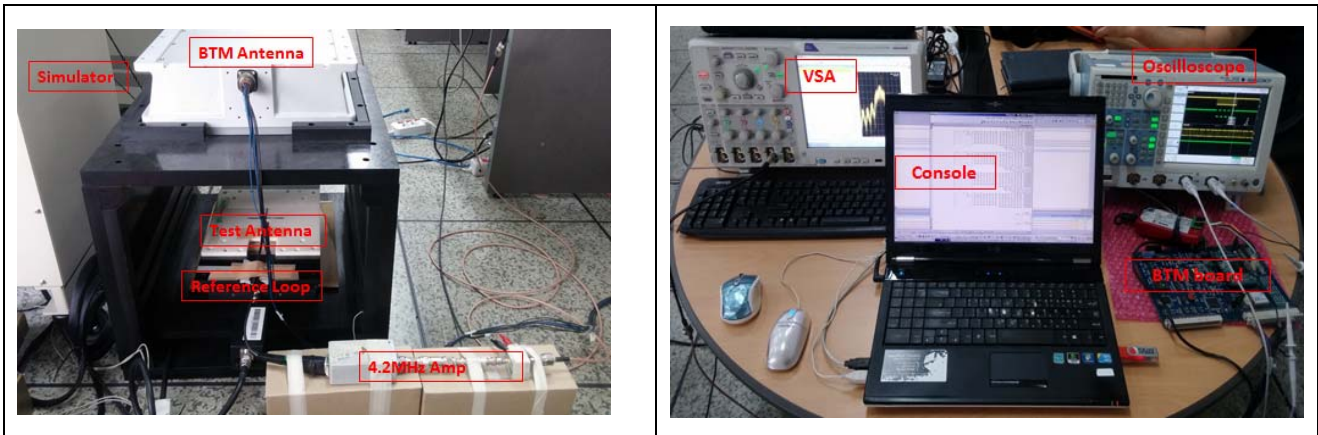


Fig. 5 Verification Test of Balise Telegram Data



Fig. 6 On-board ATP Simulator and Balise Data Input

차상 ATP 시뮬레이터에 의해 Balise 데이터를 입력하여 BTM 기능 검증 시험을 실시하였다. 시험 항목은 Subset-085 Test Telegram 항목을 시험하였다.

2.4 BTM 장치 기능 검증 시험 결과

2.3절에서 구성한 시험구성을 기준으로 시험 결과는 다음과 같다.

- 발리스에서 올라오는 신호의 디코딩 여부를 Oscilloscope로 확인하고 그때의 신호를 VSA(Vector Signal Analyzer)의 FSK demodulator를 사용하여 검출한 후, 검출된 값을 시뮬레이터 상의 송신 데이터와 비교하여 데이터를 검증한다.
- 디코딩 후 측정된 값들은 Fig. 7과 같다

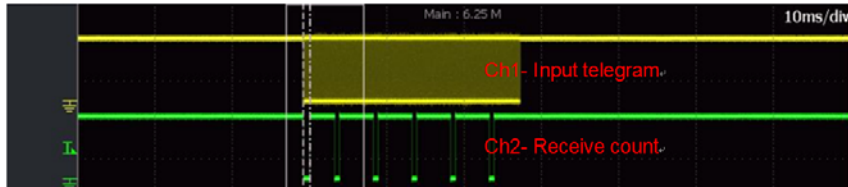


Fig. 7 Oscilloscope Waveform of Decoding Telegram Data

Fig. 7의 Ch1은 BTM Decoder에 입력되는 Telegram 신호이며, Ch2는 BTM Decoder의 수신 카운트 신호이다.

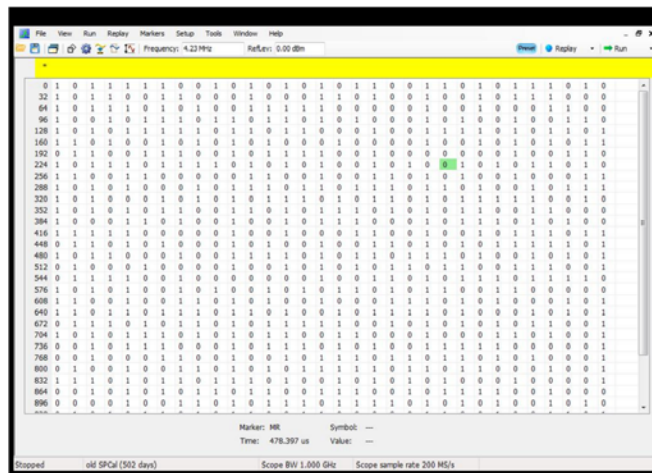


Fig. 8 Simulator Result of Decoding Telegram Data

열차 최대속도 500[km/h]에서 발리스 최소 간격 5[m] 일 때, Telegram 간격은 36[m/s]이다.

본 시험은 13[m/s] 간격까지 총 400회 시험을 실시하였고, 100% 정상적인 Telegram 데이터를 수신함을 확인하였다.

BTM 장치의 성능 검증을 위한 추가 시험으로 ETCS-L2 차상 ATP 장치와 통합시험 환경을 구축하여 하기 Table 1 차상 신호장치의 주요 시험항목을 시험하였으며, 모두 정상적으로 수행됨을 확인하였다. Fig. 9는 그 시험 결과 중 2번, 9번 시험 결과를 나타낸다.

Table 1 Major Test List of On-board ATP and BTM system

순	주요 시험 항목
1	자가진단/기관사 입력/임무시작/책임(SR)모드 전환

2	이동권한 수신(지상 발리스) 및 해석/모드 전환(FS)
3	레벨전환/이동권한, 선로정보 수신 및 해석(RBC)
4	RBC 경계구간에서의 Hand-Over 처리
5	Track Condition 수신 및 처리
6	모드전환(FS→SH, SH→SB, SB→FS)
7	임시제한속도 수신 및 처리
8	이동권한 축소
9	과속에 따른 경고 표시 및 제동(상용/비상) 체결
10	비상정지 명령 수신 및 처리
11	Override 기능

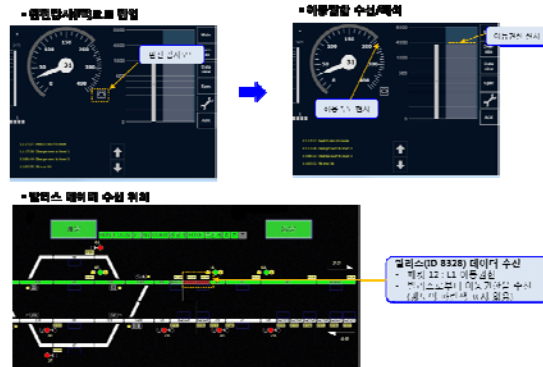


Fig. 9 Result of Test No. 2

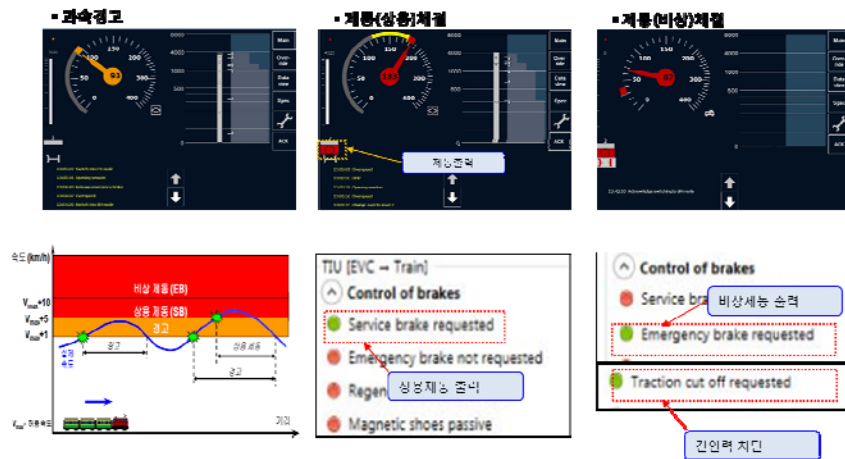


Fig. 10 Result of Test No. 9

3. 결 론

ETCS 신호시스템의 서브시스템인 BTM 장치의 기능 및 성능을 subset에서 요구하는 사항을 분석하여 설계 및 제작하여 기능시험을 수행한 결과 고속에서도 지상 Balise에서 전송하는 Telegram 데이터를 정상적으로 수신하여 해석함을 확인하였다.

본 논문에서 시뮬레이터를 이용하여 제작한 BTM 장치가 정상적으로 동작하는 것을 확인한 결과를 기준으로 실제 차량에서 현차시험을 수행하여 차량에서 발생할 수 있는 영향을 분석하여 기능적인 신뢰성 확보와 성능확인을 수행할 필요가 있다.

참고문헌

- [1] Hyundai Rotem R&D center, *ETCS-L2 On-board EVCU System Requirements Specification(SRS)*, (2014)
- [2] Hyundai Rotem R&D center, *ETCS-L2 On-board EVCU System Architecture Specification(SAS)*, (2014)
- [3] Hyundai Rotem R&D center, *ETCS-L2 On-board EVCU Hardware Design Specification(HwDS)*, (2014)
- [4] ERTMS/ETCS - (2006) *System Requirements Specification*, REF SUBSET-026, ISSUE 2.3.0
- [5] ERTMS/ETCS - (2007) *FFFIS for Eurobalise*, REF SUBSET-036, ISSUE 2.4.1
- [6] ERTMS/ETCS - (2009) *Test Sequence*, REF SUBSET-076-6-3, ISSUE 2.3.1
- [7] ERTMS/ETCS - (2007) *Test Specification for Eurobalise FFFIS*, REF SUBSET-085, ISSUE 2.2.2
- [8] ERTMS/ETCS - (2009) *Safety Requirements for the Technical Interoperability of ETCS in Levels 1 & 2*, REF SUBSET-091, ISSUE 2.5.0