

CBTC 차상장치 시스템 구성 설계

Design of CBTC On-board System Architecture

유성호†
Sung-Ho Yoo

이태규*
Tae-Gyu Lee

이성훈*
Sung-Hoon Lee

박기수*
Gie-Soo Park

류명선*
Myoung-Seon Ryou

ABSTRACT

With the rapid development of information and communication technology, CBTC system based on the wireless communication is widely applied in the railway signal system recently. CBTC system has advantages of lower installation space and maintenance fee than existing systems and the increase of transportation capacity and improvement of operating efficiency etc. due to the short headway.

Based on the continuous wireless data communication between onboard and wayside equipment, CBTC system not only locates the train and transmits the information required for the train control, but also implements the moving block function by calculating the brake curves continuously according to distance from the preceding train.

CBTC system can use either inductive loop (IL-CBTC) or radio frequency transmissions (RF-CBTC).

In this paper, we propose RF-CBTC system architecture based on the functional modules, in which the CAN bus network is applied for the interfaces between the modules.

1. 서론

급격한 정보통신기술의 발전에 따라 철도신호시스템에도 통신 기반의 신호시스템 기술이 확대되고 있다. CBTC는 Communication Based Train Control 시스템의 약어로 기존의 철도신호시스템은 차상과 지상의 통신이 특정적으로 지정된 TWC(Train Wayside Communication)영역에서 통신이 가능한 반면, CBTC 시스템은 전선로 구간에서 지상과 차상사이의 연속된 양방향 통신이 가능하도록 설계된 시스템이다.[1]

CBTC 기술을 이용하여 열차를 제어할 경우 열차의 속도향상 및 운행 시격의 단축으로 인한 운송 수송 능력의 확대 및 운행 효율의 개선, 설치 공간 감소, 저렴한 유지보수비용으로 인한 비용 절감 효과 등의 많은 장점이 있다.[2] 이러한 이점으로 인하여 CBTC 시스템은 1980년 중반부터 사용되기 시작하여 세계적으로 20여개의 라인이 상용운전을 하고 있다.[1] CBTC 시스템은 무선 데이터 링크 방식 및 송수신 방법에 따라 IL-CBTC(Inductive Loop CBTC)와 RF-CBTC(Radio Frequency CBTC) 방식으로 나눌 수 있다.

본 논문에서는 CBTC 시스템 중 Radio Frequency를 이용한 차상 RF-CBTC 시스템의 구조 설계에 관하여 제안한다.

† 유성호, (주)포스코ICT 정보제어기술연구소
E-mail : shyoo11@poscoict.com

* (주)포스코ICT 정보제어기술연구소

2. CBTC 시스템

2.1 IL-CBTC 및 RF-CBTC 시스템

초기 CBTC 시스템은 Inductive loop를 사용하는 IL-CBTC(Inductive Loop CBTC) 시스템이었다. IL-CBTC 시스템은 전 선로의 가운데 Inductive loop를 25m 간격으로 설치하고 이 설치된 inductive loop를 이용하여 열차와 지상간의 통신을 하고 동시에 각 구간의 Inductive loop의 위상 변화를 이용하여 열차의 위치를 감지하였다.

그러나 IL-CBTC는 선로가 자갈도상일 경우 정기적인 선로 정지 작업에 불편함이 초래되고 또한 유지보수 작업 시 Inductive loop가 단락될 위험이 존재한다.[1] 그리고 통신밴드의 저밀도로 인하여 많은 정보를 송수신할 수 없어 사령 설비에 다양한 열차 상태를 표시하는데 어려움이 있다.

이러한 단점으로 인하여 Inductive loop 대신 Radio Frequency를 이용한 RF-CBTC(Radio Frequency CBTC) 시스템이 제안되었다. RF-CBTC 시스템은 Radio Frequency를 사용하여 지상과 차상의 통신을 수행하고 지상에 일정 간격으로 트랜스 폰더 또는 Tag를 설치하여 열차가 절대 위치를 인식하도록 한다. 또한 트랜스 폰더나 Tag 사이의 열차 위치는 타코미터나 속도센서를 열차에 설치, 이를 이용하여 연속적으로 자신의 위치를 산출한다.

따라서 RF-CBTC 시스템은 기존 궤도회로를 이용하지 않고도 열차의 위치를 안전하게 추적할 수 있으므로 궤도 회로의 유지보수 비용이 감소하고 선로 시설의 단순화로 인하여 유지보수 발생의 원천을 감소시켜, 시스템의 신뢰도 및 **안전성**을 높일 수 있다.

2.2 국내외 CBTC 신호 시스템의 현황

국내외 설치 및 시험되고 있는 RF-CBTC 시스템의 적용 현황을 조사하여 다음 표에 나타내었다.[3-5]

표 1. RF-CBTC 시스템의 현황

지역	노선(계약자)	진행상태
NewYork	NYC Transit Canarsie Line(siemens)	In service
Sanfrancisco	San Francisco BART (General Electric)	Under development
	San Francisco Airport(Bombardier)	In service
Other North America	Las Vegas Monorail(Alcatel)	In service
	Philadelphia Subway Surface Line(Bombardier)	Nearing deployment
	Dallas Ft. Worth Airport	Recent award
	Seattle Airport	Being deployed
	Washington DC APM at Dulles	Being deployed
UK	London Heathrow Airport	Recent award
Europe	Paris Line 13(Alcatel)	Under development
	Barcelona	Recent award
	Madrid	Recent award
Asia	Singapore North East Line(Alstom)	In service
	Hong Kong Penny's Bay	In service
	Taipei Neihu Line	Awarded
	Seoul, Korea Bundang Line	Under development
	Incheon, Wolmido Unha Monorail	Being deployed

위의 표와 같이 많은 국가에서 RF-CBTC 시스템에 관심을 가지고 연구 개발되고 서비스되어 운영되고 있다. NYC Transit, San Francisco BART, Paris Line 13, Singapore North East Line은 중전철 시스템, Philadelphia Subway Surface Line은 경전철 시스템, Las Vegas Monorail은 모노레일 시스템, San Francisco Airport 는 승합열차 등에 적용되고 있다.

3. RF-CBTC 차상장치 시스템 개발

3.1 RF-CBTC 차상장치 시스템 구성

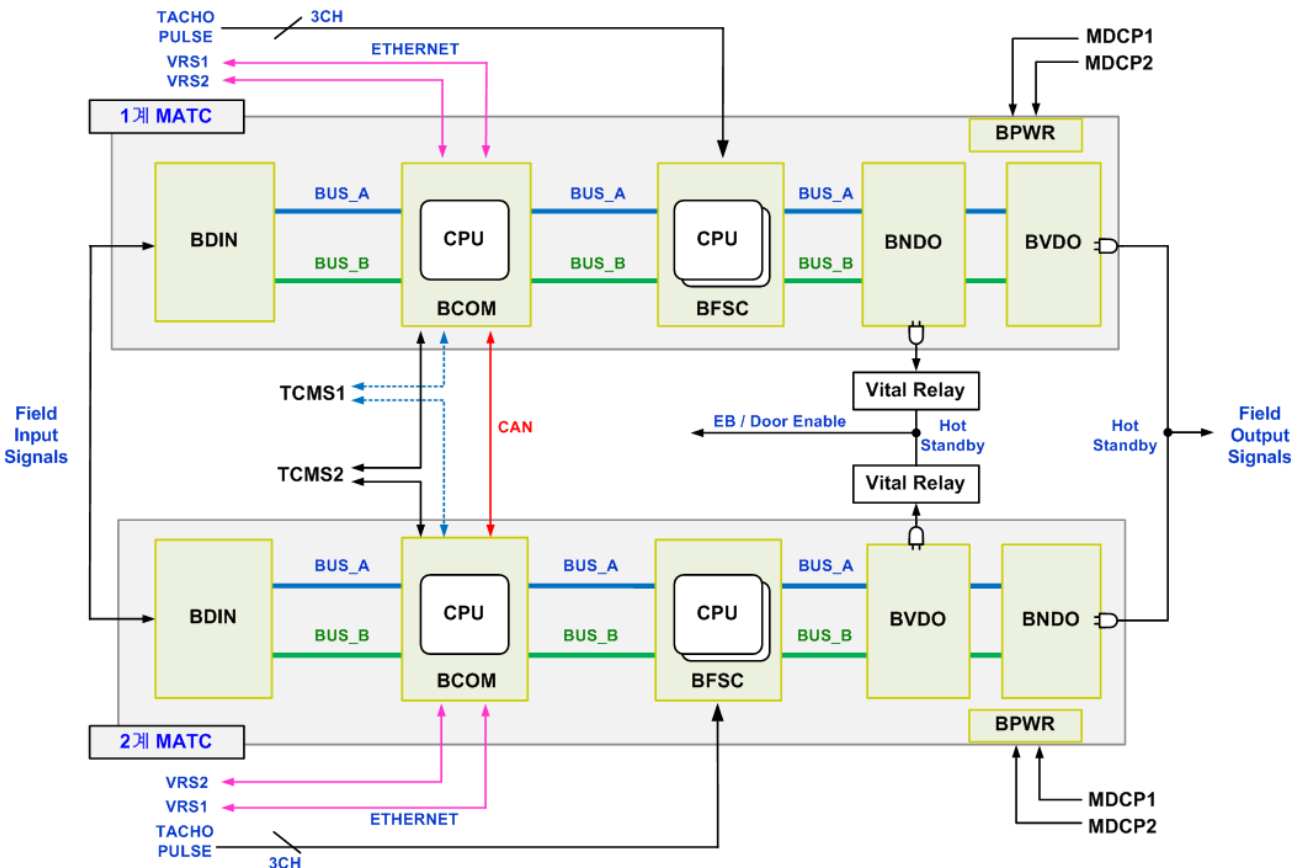


그림 1. RF-CBTC 차상장치 시스템 구성

본 논문에서 제안하는 RF-CBTC 차상 장치는 위의 그림 1과 같이 이중계(Redundancy)로 구성되며, MATC간 정보의 교환은 BCOM 보드를 통하여 이루어진다. BCOM 보드간 통신은 전기적인 노이즈에 강건한 CAN(Controller Area Network) 통신을 사용한다. 각 MATC는 2개의 독립적인 BUS 통신을 사용하여 각 상태 및 제어 정보를 송수신하며, 독립적인 BUS의 데이터를 서로 비교하여 일치할 경우에만 동작을 수행함으로써 안전을 확보할 수 있다.

VRS(Vehicle Radio Set)는 각각 MATC의 BCOM 보드에 연결 되어 안정적인 차상/지상 인터페이스를 구현한다. 또한 MATC의 전원 공급을 위한 MDCP(DC Power supply Module)는 2개가 장착되어, 하나의 장치에서 Fault가 발생할지라도 이중계로 구성된 MATC에 모두 전원을 공급할 수 있도록 설계하여 운용 효율을 증대시켰다.

또한 열차가 운행 중 Master MATC가 정상적인 동작 수행이 불가능할 경우에는 SLAVE MATC가 열차를 제어하는 Fail-Safe 구조로 설계하였다.

3.2 MATC(Automatic Train Control Module) 구성

기존 시스템의 경우 자동 열차 운행 기능의 ATO(Automatic Train Operation) 서브시스템과 자동 열차 제어 및 보호 기능의 ATP(Automatic Train Protection) 서브시스템을 분리하여 각각의 보드로 구성하였다.[3] 그러나 본 논문에서는 분리된 ATP 서브시스템과 ATO 서브시스템을 MATC(Automatic Train Control Module) 하나로 통합하였다.

MATC는 속도조사기능, 열차 정지 상태 검지기능, 출입문 자동제어기능, 역전기 선택과 열차운행방향 감지기능 등을 가지는 장치로 열차안전 및 운행에 관한 기능을 수행한다. 또한 각 기능을 크게 전원공급, 통신, 논리연산, 입력, 출력으로 분류하여 보드 단위로 모듈화 시켰다. 출력보드의 경우에는 Vital 출력 신호와 Non-Vital 출력 신호를 분리하여 각각 보드를 구성하였다. 각 모듈화 된 보드의 기능 및 구성은 다음 표와 같다.

표 2 . MATC 보드별 구성 및 기능

보드 종류	기능	비고
BDCP (DC Power supply Board)	각 보드 전원 공급	
BFSC (Fail-Safe CPU Board)	속도제한 수신/해독 열차 과속보호 열차 출발/정지/자동 운행 및 검지 정위치 정차 속도 감지 BDCP 보드 출력 ON/OFF 신호 발생	
BCOM (Communication Board)	차상/지상간의 데이터 송/수신 열차의 이동권한 수신 출입문 및 열차 제어정보 수신 속도 펄스 모의 신호 발생	
BVDO (Vital Digital Output Board)	출입문(EDL, EDR) 활성화 명령 출력 비상제동(EB) 체결	
BNDO (Non-vital Digital Output Board)	출입문 개폐명령 출력 열차 추진/제동 명령 출력	
BDIN (Digital Input Board)	운전대 정보 입력 출입문 상태정보 입력 Fail-Safe Relay 상태 확인	
Back Plane Board	보드간 Interface : Parallel bus MATC간 Interface : CAN bus	

위와 같이 MATC는 내부 전원 공급을 위한 BDCP 보드, ATP/ATO 로직 수행 및 속도 감지를 위한 BFSC 보드, TCMS 및 VRS를 통한 차상/지상 송수신 기능을 수행하는 BCOM 보드, 출입문 활성화 명령 및 비상제동 체결을 위한 BVDO 보드, 출입문 개폐명령 및 추진/제동 명령을 위한 BNDO 보드, 출

입문 상태정보 및 운전대 정보의 입력을 위한 BDIN 보드 그리고 이 6종의 보드를 Interface 하는 Back Plane 보드로 구성된다.

BCOM 보드의 속도 펄스 모의 신호 발생 기능은 열차가 정지 중 Tachometer에서 발생하는 속도 펄스 신호를 모의적으로 발생시켜 BFSC 보드의 속도감지기능을 자가 진단한다.

또한 이중계로 구성된 MATC 시스템에서 출력은 기본적으로 Master MATC에서 출력된다.

운행 중에 Master MATC가 정상 동작이 불가능할 경우, 대기 중인 Slave MATC로 자동 절체되어 출력 보드(BNDO/BVDO)에 전원이 공급된다. 최종단의 데이터 출력을 비교하여 일치할 경우 출력을 내보내도록 설계하여 안전성을 확보한다.

MATC의 입출력 구조를 다음 그림 2와 같이 블록도로 나타내었다. 필드에서 BDIN 보드로 입력된 데이터는 2개로 분배되어 각각 Input Circuit 에 입력되고, BUS를 통하여 BFSC의 각 CPU에 입력 결과를 전송한다. BFSC 보드에 있는 2개의 CPU는 BUS를 통하여 입력된 데이터를 서로 비교하여 동일한 경우에만 올바른 데이터로 인식한다.

또한 출력의 경우에도 CPU가 BUS 통신을 사용하여 Output Circuit에 출력을 지시하면, 출력보드 (BVDO/BNDO)는 Output Circuit 내부 최종단의 데이터가 동일한지 비교하여 동일한 경우에만 출력신호를 내보낸다.

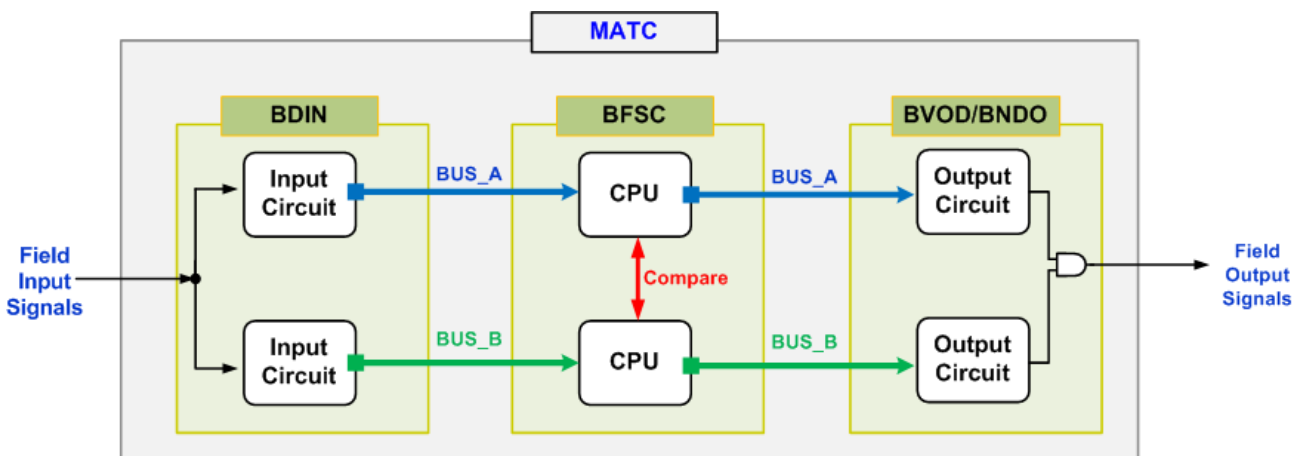


그림 2. MATC 입출력 구조

위와 같이 MATC 시스템은 2개의 데이터를 비교하여 동일한 경우에만 정상적인 동작을 수행하는 2 Out of 2 시스템 구조를 사용하여 안정성을 보장한다. 또한 Master MATC가 정상 동작이 불가능할 경우에는 대기 중인 Slave MATC로 자동 절체되어, Master MATC의 역할을 대체하는 Hot Standby 구조로 구현하여 안전 및 운용 효율을 증대시킨다.

4. 결론

RF-CBTC 신호 시스템은 무선을 이용한 열차 제어 시스템으로 기존 방식보다 설치비용과 유지보수 비용을 절감하고 열차의 운용효율을 높일 수 있다.

본 연구에서는 RF-CBTC 차상장치의 구조 설계 방안을 제안하였다. 2 out of 2 시스템 구조를 사용하여 안정성을 높였으며, 자동 절체를 통한 Hot Standby 구조를 적용하여 신뢰성 및 가용성을 확보하였다. 또한 ATO와 ATP 기능을 MATC로 통합함으로써 장비의 소형화는 물론 생산 비용이 절감되고, 각 기능별 보드를 분리, 모듈화시킴으로써 유지보수가 용이하다. 그러나 본 논문에서 제안한 RF-CBTC 구조 설계의 상용화를 위해서는 향후 실제 필드 시험을 통한 안전성과 신뢰성의 검증이 뒤따라야 할 것이다.

참고 문헌

1. Y. B. Kim and H. S. Yoon, "Study for Developing Solution of CBTC localization" Proc. 2008 추계 학술대회. 한국철도학회, pp.1106-1112, 2008.
2. 윤용기, 김용규, 신덕호, "무선통신을 이용한 열차제어시스템," 한국철도학회 철도저널, 제7권, 2호, pp.22-28, 2004.
3. S. H. Yoo and C. C. Park, J. S. Lee, D. W. Kang, J. K. Kim, "A Study on the Development of CBTC Onboard Signaling System for Urban Railway" Proc. 2005 추계학술대회. 한국철도학회, pp.39-44, 2005.
4. 이재호, 황종규 "통신기술 기반으로 하는 열차제어시스템 기술동향" 한국철도기술, 제38호 2002.11.12. pp.27-30, 2002.
5. S. H. Yoo and M. S. Ryou, G. S. Park, D. R. Cho, H. R. Choi, J. Y. Kim, "A Study on the Development of CBTC Onboard Signaling System for Urban Railway" Proc. 2009 정보 및 제어 심포지엄 논문집. 대한전기학회, pp.67-68, 2009.