궤도회로기반 시스템에서 통신기반 시스템으로의 개량사업에 대한 장점

The Advantage of renovation from Track Circuit Based Train Control to Communication Based Train Control

민준성*· 이진행** · 강리택*** 유영준****

Min, Jun-Sung · Lee, Jin-haeng · Kang, Lee-Teag - Yoo, Young-Jun

ABSTRACT

Nowadays, the technology development of communication and system engineering should impact on the Train Control System(TCS). The one of main developments in TCS is the Communication Based Train Control(CBTC), which does not depend on the track circuit. Currently, there are the project to modernize TCS as CBTC system from the track circuit system around the world.

In Korea, there are the new CBTC system revenue projects such as Busan-Gimhae LRT, Sin-Bundang Line, and so on. There is also Government project called Maglev Line in Daejeon, which is applied CBTC system. Through the examples of world TCS renovation, it is expected to modernize the track circuit TCS system as CBTC system in Korea. Therefore, we would express the advantage of developing from the traditional TCS system to CBTC TCS system.

Keywords **:** Train Control System(열차제어시스템), Track Circuit Based Train Control(궤도회로기반 열차제어), Communication Based Train Control(통신기반 열차제어), Maglev(자기부상열차)

1. 서 론

최근의 통신 및 시스템 엔지니어링분야의 기술적인 발전은 산업분야 전반에 비약적 진보를 하게하였고, 열차제어시스템분야에서도 최신 기술발전의 영향으로 두드러진 기술적인 변화를 촉진시켰다. 기존의 전기적인 궤도회로 검지에 의한 열차제어를 궤도회로를 사용하지 않고, 최근 진보된 통신기술을 기반으로 열차제어 기술을 향상시켰다. 또한, 해외 사례를 통해서, 기존의 궤도회로 기반의 상용노선 열차제어시스템을 통신기반의 열차제어 시스템으로 개량하는 사업이 활발하게 추진 및 구축이 되고 있다. 이 같은 개량사업 추진배경은 기존의 궤도회로에서의 한계를 통신기반의 열차제어 시스템을 적용하면서, 열차의 운전시격을 줄이고, 열차운행을 효율적으로 증대가 가능하기 때문이다.

현재, 국내에도 통신기반의 열차제어 시스템을 사용하는 신설상용노선 및 국책사업이 추진되고 있다. 예를 들면, 부산-김해경량전철, 신분당선 등의 신설상용노선 구축사업과 국책사업으로 구축된 대전과학관 자기부상열차 노선이다. 또한, 기존의 궤도회로기반의 시스템에서 통신기반의 열차제어 시스템으로 개량사업이 본격적으로 활성화되면, 신호개조사업의 주류가 될 것이다.

이 논문에서는 기존 궤도회로 기반의 열차제어시스템을 통신기반의 열차제어시스템으로 개량사업을 통해 예상되는 장점에 대한 고찰을 다루고자 한다.

* 민준성, (주)현대로템, 부서 신호팀, 비회원
E-mail : jsmin@hyundai-rotem.co.kr
TEL : (031)460-1910 FAX : (031)460-1787
** (주)현대로템, 신호팀
*** (주)현대로템, 신호팀
****(주)현대로템, 신호팀

2. TC기반 시스템과 CBTC 시스템 비교

열차제어 방식에는 기존의 궤도회로 기반과 무선통신기반의 방식으로 시스템을 구분할 수 있다. 열차제어 방식의 근본적인 의미는 열차 검지방식을 통해 열차의 위치를 파악하는 것이다. 위치를 파악하는 방법에는 궤도점유를 통한 검지방식과 무선통신을 통한 검지방식으로 구분할 수 있다. 기본적인 TC(Track Circuit)기반 시스템과 CBTC(Communication Based Train Control) 시스템의 기계실설비 구성과 현장설비 구성에 대하여 확인하고자 한다.

2.1 시스템 및 기계실 구성

기존의 TC기반 시스템 구성방식과 CBTC 시스템 구성방식에서, 양쪽 시스템 및 기계실 구성 원리는 그림 2.1.1과 같이 구성된다. 시스템 구성은 종합관제를 위한 종합사령실 설비와 현장설비를 제어하기 위한 기계실설비로 구분되어진다.

종합사령실 설비구성에는 사령원에게 현시를 위한 장비인 디스플레이 장비와 디스플레이 장비화면을 표출해주는 컴퓨터로 구성이 된다. 여기에는 사령원에게 현시를 위한 장비를 ATS(Automatic Train Supervision)에 연결된 콘솔장비에 연결하여 열차운행 및 노선상태를 표출한다. 현장설비를 제어하기 위한 기계실설비는 역사의 기계실에 설치되어, 해당되는 지역의 현장설비의 상태 및 제어를 사령원에게 제공한다. 기계실에 현장설비를 제어할 수 있는 릴레이 랙 및 연동장치를 설치하여 이를 CTF(Cable Termination Frame)를 통해 현장설비와 연결을 한다.

그림 2.1.1 시스템 및 기계실 구성

따라서, 시스템 및 기계실 구성에는 TC기반 시스템 구성이거나 CBTC 시스템 구성이던지, 거의 비슷한 구성으로 구축되어 있다.

2.2 현장설비 구성

현장설비는 열차를 검지하는 방식에 따라서, 시스템 및 기계실 설비구성과는 다르게 시스템 구성방식에 따라 차이를 나타낸다. 기존 TC기반의 시스템 구성방식은 궤도를 따라서 구성된 궤도회로를 통하여, 궤도를 분할하여, 열차의 위치를 파악하는 방식이다. 그림 2.2.1은 궤도회로 설비의 일반적인 구성이다.

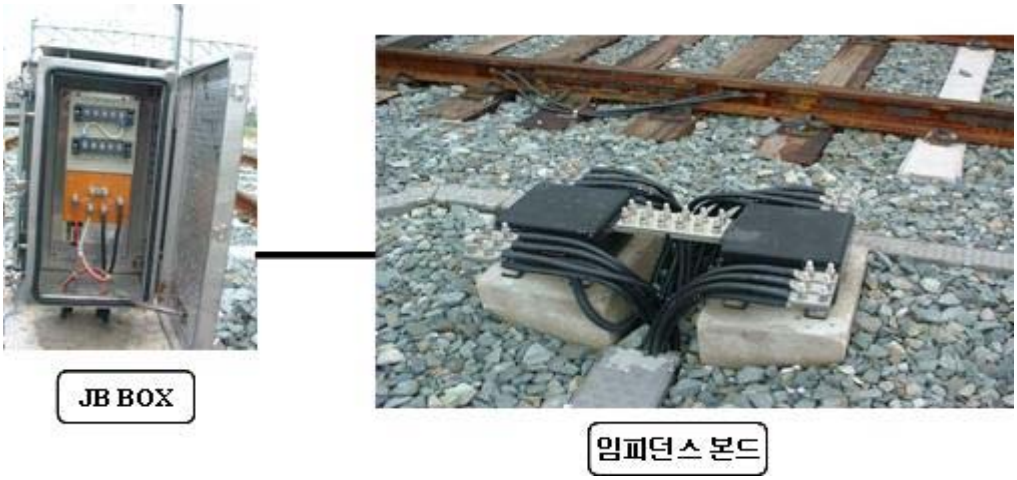

그림 2.2.1 궤도회로 구성 (Power Frequency - 차량기지)

그림에서 보여주듯이, 궤도에 연결된 케이블은 임피던스 본드에 연결이 되고, 이 케이블은 정션 박스에 연결이 되어, 기계실 설비로 연결이 된다.

CBTC 시스템 구성방식은 궤도에 무선망을 구성해야 하므로, 궤도를 따라서 AP(Access Point) 폴 및 함체를 설치하고, 함체에 연결된 케이블을 기계실 설비에 연결하여 구성한다. 그림 2.2.2 CBTC 현장설비이다.

그림 2.2.2 AP 폴 및 함체 구성

그림과 같이, 궤도를 따라서, AP 폴 및 함체를 설치를 한다. 폴에는 열차와 무선통신을 위한 안테나를 설치하고, 함체에는 안테나에 공급할 전원공급장치와 시리얼 통신의 정보를 광케이블을 이용하여 기계실로 보내기 위해, 시리얼 통신을 광통신으로 변환하기 위한 미디어 컨버터(Media Converter)를 설치한다.

이와 같이, 현장설비는 열차제어 방식의 선택에 따라서, 차이를 나타낸다. 다시 정리를 하면, TC기반의 시스템은 궤도회로를 구성하여 구축하고, 통신기반의 시스템은 궤도를 따라 AP 폴 및 함체를 구성하여 구축한다.

3. CBTC 시스템 신설구축 및 개량사업의 실례

현재, 신설상용노선 구축에 기존의 TC기반의 시스템 구성방식을 지향하고 있다. 대신에 CBTC 시스템 구성방식의 시스템 구축적용이 국내에서도 활발하게 진행 중이다. 예를 들면, 부산과 김해를 연결하는 부산-김해경량전철사업과 강남과 분당을 연결하는 신분당선 전철사업이 통신기반의 시스템 구성으로 진행 중이다. 그리고, 국책사업인 자기부상열차에 사용되는 열차제어방식이 CBTC 시스템 구성방식으로 구현을 했다. 이 같은 추세는, 기존의 TC기반 시스템 개량사업에 영향을 미칠 것으로 예상이 된다.

기존 TC기반 시스템에서 CBTC 시스템으로 개량사업이 해외에서 추진이 되고 있고, 국내에 까지 영향을 줄 것으로 예상이 된다.

해외에서는 신설상용노선의 CBTC 시스템 구성방식 적용이 보편화 되어있다. 다음 표 3.1은 CBTC 시스템 구성방식을 적용한 신설노선에 대한 자료이다.

프로젝트	상용서비스	노선거리 (Km)	역 수	차량편성	운전시격	비 고
스카브로 RT	1985	6.4	6	28	90	
밴쿠버 1단계	1986	29	16	150	75	
디트로이트 DPM	1987	4.7	13	11	150	
런던-덕랜드 경전철	1995	20	27	70	120	
앤카라 Rapid Transit	1997	14.6	12	36	90	
샌프란시스코 Municipal 철도	1997	10	9	128	60	
쿠알라 룸프 경전철 2호선	1998	29	24	35	90	
뉴욕 JFK APM	2003	13	10	32	90	
홍콩 -KCRC 서부선	2003	30.5	9	22	105	
홍콩 -KCRC MOS 철도	2004	11.4	9	18	90	
디트로이트 DPM 2호선	2004	4.7	13	11	150	
우환 경전철	2004	10.2	10	12	120	
광조우 3호선	2005	36	18	34	90	

표 3.1 CBTC 시스템 적용노선(신설노선)

표와 같이, 신설상용노선의 CBTC 시스템 구성방식의 적용이 보편화 되면서, 열차제어 시스템의 개량사업에도 CBTC 시스템 구성방식 적용이 활발하게 추진되고 있다. 다음 표 3.2는 CBTC 시스템 개량사업에 대한 내용이다.

프로젝트	사업년도	노선거리(Km)	운전시격(초)
매드리드 메트로 1호선	2005	16	148~156 -> 40
매드리드 메트로 6호선	2005	23.5	143~174 -> 40
베이징 메트로 2호선	2006	23	자료 없음
부다페스트 메트로 2호선	2005	10	135 -> 100

표 3.2 기존 TC기반 시스템에서 CBTC 시스템으로 개량사업

예를 들면, 개량사업 중인, 매드리드 메트로(Madrid Metro)는 기존 메트로 1호선, 16.km 길이 노선의 27개 역사, 과 6호선, 23.5km 길이 노선의 27개 역사, 을 크게 변경하지 않고, 개량사업을 CBTC 방식으로 구축하고 있다. 이 같은 결정의 배경에는 CBTC 방식으로 개량사업을 추진하면, 기존의 궤도회로를 대체운영(Fall Back Mode) 목적으로 사용하고, CBTC 방식은 운전시격(Headway)이 향상된 정상적인 운행에 사용하기 때문이다. 기존의 매드리드 메트로의 운행시격은 1호선이 148에서 156초 사이의 운전시격과 메트로 6호선이 143에서 174초 사이에 운전시격으로 운행되고 있다. 매드리드 메트로는 기존의 1호선 및 6호선 운전시격을 모두 40초로 적용하여 개량사업을 추진하고 있다.

이와 같이, CBTC 시스템으로 신설노선 및 개량사업에 대한 적용이 활발하게 진행될 것으로 예상된다.

4. TC기반 시스템에서 CBTC기반 시스템으로 개량사업에 대한 장점

기존의 구축된 TC기반 시스템 구성방식은 궤도를 열차의 길이 및 성능에 맞추어, 궤도를 분할하는 방법으로 궤도를 구분한다. 이런 방식으로 궤도를 분할하므로, 궤도의 효율성 및 열차운행 효율성의 한계에 직면하게 되었다. 이런 기술적인 한계에 직면은 증대된 승객수송량의 요구에 대응이 불가하게 되었다. 이러한 승객수송량 증대요구에 따라서, 효율성의 증대에 대한 연구가 활발하게 진행되었고, 이 같은 연구는 통신기반의 열차제어 시스템 개발을 촉진하게 되었다.

통신기반 시스템개발은 신설상용노선 구축에 적용이 먼저 되었고, 시스템에 대한 효율성이 구축된 설비를 통해 입증되었다.

입증을 통한 CBTC 시스템의 효율성은 기존의 TC기반 시스템 구성방식의 개량사업에 추가적인 선택권을 제공하였다. 이와 같은 결과는 CBTC 시스템을 적용하는 시스템 개량사업에 영향을 주게 되었다.

TC기반 시스템의 CBTC 시스템 개량사업은 추진범위에 따라 다음과 같이 분류가 되어 추진이 된다. 기존 시스템의 노후화로 인한 개량사업은 전면적인 시스템 변경이 불가피하므로, 이에 대한 검토는 이 논문에서 제외하고, 기존 TC기반 시스템의 효율성 증대 목적으로 하는 개량사업으로 한정을 한다.

CBTC 시스템은 기존 TC기반 시스템에 대해 열차 운전시격(Headway) 및 열차운행 효율성이 증대되는 장점이 있다. 물론, 통신장애 시, 통신장애로 열차제어시스템 기능이 안 되는 단점도 있다. 이와 같이, CBTC 시스템의 장점인 열차 운전시격 및 열차운행 효율성의 극대화를 하면서, 단점인 통신장애 시, 열차제어 기능 제한을 기존 TC기반 시스템의 CBTC 방식으로 개량사업을 추진하면서 보완을 할 수있다. CBTC 시스템을 보완하는 개량사업의 업무범위는 기존 TC기반 시스템을 적용분류에 따라서, 다음과 같이 분류할 수 있다. 첫째, 기존의 궤도회로 방식의 시스템을 대체운영(Fall Back Mode)에 사용하는 경우이다. 이 경우에는 시스템 및 차상장치에 대한 전반적인 검토사항이 요구된다. 시스템의 경우, 기존의 궤도회로 시스템을 CBTC 방식의 개량시스템과 호환성이 있는 궤도회로 시스템으로 개량을 해야 한다. 그리고, 차상장치에는 기존의 궤도회로 시스템 및 CBTC 시스템을 인식을 할 수 있는 모듈장치를 설치해야 한다. 둘째, 기존의 궤도회로 방식의 시스템을 열차의 검지를 위한 목적으로 사용하는 경우이다. 이 경우, 첫 번째의 경우와 같은 방법으로 시스템을 개량하지만, 차상장치가 기존의 궤도회로를 인식할 필요성이 없기에, 차상장치에 CBTC 시스템을 위한 추가적인 모듈 설치가 필요하지는 않다. 셋째, 기존의 궤도회로 시스템을 궤도의 절손정보만을 표시하는 장비로 사용할 경우이다. 이런 경우의 개량사업은 다른 선택에 비해서, 비용 및 시스템 변경이 간소하다. 우선, 시스템 면에서, CBTC 시스템과의 호환성이 반드시 필요하지 않고, 차상장치가 기존의 궤도회로를 인식 할 필요는 없다.

상기 내용을 분류별로 정리하면 표 4.1와 같다. 개량사업의 업무범위에 따라서, 시스템 개량에 대한 비용 및 기간의 산정이 예상된다. 개량사업에 대한 연구 및 논문이 활성화되면, 이 부분에 충분한 정보가 제공될 것이다.

TC 시스템 적용에 따른 분류	시스템 설비	차상 설비	비 고
대체운영	개량 필요	개량 필요	선로변 AP 설치
열차검지	개량 필요	필요 없음	선로변 AP 설치
절손정보	필요 없음	필요 없음	선로변 AP 설치

표 4.1 개량범위에 따른 시스템 개량범위

이와 같이, 궤도회로 시스템을 접목한 CBTC 시스템은 다음과 같은 장점을 제공한다. 첫째, CBTC 장점인 열차의 운행시격 및 열차운행의 효율성이 증대되어, 승객수송량의 증대를 가져올 수 있다. 상기 표 3.2 기존 TC기반 시스템에서 CBTC 시스템으로 개량사업 참조. 승객수송량 증대를 기존의 TC기반의 시스템에서는 궤도회로의 추가적인 설치로, 궤도분할 추가로 인한 효율성 증가는 비용 대비 효율성이 낮으므로, CBTC 시스템에서 효율적으로 향상된 열차의 운전시격 및 열차운행은 개량사업에 대한 충분한 비용 대비 효율성을 제공할 것이다. 둘째, 기존 TC기반 시스템의 열차검지로, 통신기반의 열차시스템의 단점인 통신장애에 대한 시스템장애를 보완할 수 있다. 업무범위에 따른 개량설비는 표 4.1 TC 시

스템 적용에 따른 시스템 및 차상 설비 개량범위 참조.

이와 같이, TC기반 시스템과 CBTC 시스템의 접목으로 상호간의 장단점을 보완할 수있는 시스템으로 개량사업을 추진할 수 있으므로, 국내에서도 기존TC기반 시스템에서 CBTC기반 시스템으로 개량사업이 예상이 된다.

5. 결 론

시스템의 개량사업은 시스템 내구연한에 따라 주기적으로 추진이 되고 있다. 물론, 시스템 개량사업에는 노후화된 시스템의 전면적인 교체도 포함되어 있지만, 이 논문에서는 다루지 않는다. 이 논문에서는 CBTC 시스템의 장점인 열차운전시격 및 열차운행의 효율성을 승객수송량의 증대로 열차수송량의 효율성증대와 기존TC기반 시스템을 적용하여 CBTC 시스템의 단점을 보완하는 개량사업에 한정할 것이다.

기존의 TC기반 시스템 개량사업 범위에 따른 설비 및 기능을 분류하였다. 첫째는 기존의 TC기반 시스템 구성방식을 CBTC 시스템의 대체운영에 적용하는 경우이다. 둘째는 기존의 TC기반 시스템 구성방식을 CBTC 시스템에서 열차검지 목적으로 사용하는 경우이다. 셋째는 기존의 궤도회로 시스템 구성방식을 CBTC 시스템에서 궤도절손 정보만을 위해 사용하는 경우이다.

이와 같이, CBTC 시스템 개량사업은 열차 운전시격 및 열차운행의 효율성으로 향상된 승객수송량의 증대를 예상할 수 있고, 기존 TC기반 시스템의 재사용으로 CBTC 시스템의 단점인 통신장애에로 인한 열차검지에 대한 보완으로 국내에서도 추후에 기존TC기반 시스템에서 CBTC 시스템으로 개량사업이 추진될 것으로 예상이 된다.

참 고 문 헌

1. http://www.railway-technology.com
2. http://ieeexplore.ieee.org
3. http://www.nyctransitforums.com