

도시철도 무인운전 적용을 위한 무인운전 특화기능에 대한 연구

Study on the specific Driverless operation features for the Metro Driverless operation

박종문*, 오세화*, 이재호*†

Jong Moon Park*, Sea Hwa Oh*, Jae Ho lee*†

Abstract Recently Metro is applied to Driverless method, Driverless train control system is applied to abroad for operation. Further KRTCS(Korean radio based train control system) Research that is being actively made for practical. For the driverless operation by Metro, features of line and domestic culture acceptance is required. Especially It is necessary to replace the person who is train driver through the system function. So that our study show that analysis of domestic metro driverless system and present the features it need to reflect on driverless system

Keywords : Urban Railway, Driverless, Train Control System

초 록 최근 국내 도시철도에는 무인운전방식 적용되는 추세이며, 이러한 무인운전 열차제어시스템은 주로 해외 시스템이 설치되어 운행하고 있다. 또한 국내에서도 한국형 무선통신 열차제어 시스템(KRTCS) 개발 및 실용화를 위한 연구활동이 활발히 이루지고 있다. 도시철도에 무인운전 적용 위해서는 노선의 특징 및 국내 여건(문화)을 수용할 수 있는 기능과 특히 사람(기관사)의 역할이 시스템 기능으로 대체가 반드시 필요하다. 따라서 본 연구에서는 국내 도시철도에 무인운전을 적용하기 위해 필요한 기능들에 대하여 분석하고 무인운전 시스템에 반영이 필요한 기능을 제시하고자 한다.

주요어 : 도시철도, 무인운전, 열차제어시스템

1. 서 론

최근 국내 도시철도는 무선통신기반 열차제어시스템이 도입되어 무인운전 방식으로 운영 중이며 도시철도 신설 노선 등에 적용이 가속화되고 있다. 대표적으로 신분당선, 부산김해경전철, 의정부경전철, 용인경전철이 무인운전 방식으로 운영 중이며, 신분당선 연장구간과 인천2호선 등에 추가 설치 중이다. 또한, 국산화를 위한 한국형 무선기반 열차제어시스템에 대한 연구활동도 활발히 진행되고 있다[1]. 이 무인운전 방식은 기관사 없이 열차를 운행할 수 있는 장점이 있으나, 이례사항 발생시 기관사가 처리하던 상태파악, 관제보고, 수동조치 등의 역할이 시스템 기능으로 대체되지 않으면 단순한 장애 발생에도 열차 운행 지연

† 교신저자: 네오트랜스㈜ 기술본부 (jaeho1.lee@shinbundang.co.kr)

* 네오트랜스 주식회사 기술본부

또는 역간 정차 등으로 열차운행에 영향을 미치며 승객불안 및 기본 서비스 제공에 제한적일 수 있다. 따라서 국내 도시철도에 무인운전 방식 적용을 위해서는 차량 상태 감시 및 제어, 객실감시, 선로환경에 대응 할 수 있는 기능이 시스템에 반영되어야 한다.

신분당선 열차제어시스템은 캐나다 탈레스사의 열차제어시스템이 설치 되었으나, 운영요구 사항 및 운행 중 발생된 사항에 준하여 기능의 추가와 변경이 이루어졌다. 따라서 본 논문에서는 신분당선 무인운전 방식 적용 사례를 기준으로 무인운전 적용에 필요한 기능을 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 열차 유인/무인운전 비교

신분당선에서 기관사의 업무는 열차제어시스템 및 종합관제센터(관제사)에 의해 처리되고, 원격제어가 불가능한 경우에만 인력이 투입 된다. 따라서 향상된 무인운전 시스템 구축은 다양한 기관사의 역할을 시스템에서 수행 할 수 있어야 한다.

Table 1 Manned/Unmanned compare

역 할	유인운전	무인운전
차량장치 감시/제어	기관사	종합관제, 기동검수(감시)
냉난방/환기 제어	기관사	종합관제
비상탈출문 개방	기관사 또는 없음	종합관제
객실감시	기관사 또는 없음	CCTV에 의한 종합관제
열차운행	기관사	열차제어시스템
출입문 취급	기관사 또는 자동	열차제어시스템, 종합관제
기동 및 주박	기관사	열차제어시스템
PDT 시험	기관사	열차제어시스템

2.2 RF-CBTC 시스템

무선통신기반 열차제어시스템(RF-CBTC)은 무인운전·이동폐색 시스템을 구현하는 가장 현실적인 방법으로 열차의 위치를 궤도회로가 아닌 무선통신을 이용해 수신하고 열차의 목적지, 속도, 방향 등을 전송하여 열차를 통제한다. 지·차상간의 양방향 무선통신으로 궤도회로 보다 더 정밀하게 열차의 위치를 파악할 수 있으며, 무인운전을 위한 차량장치 감시와 제어가 가능하다. 신분당선 RF-CBTC의 기본 구성도는 Fig. 1과 같다[2].

2.3 종합관제 원격제어 및 감시 기능

2.3.1 TCMS Console

열차가 무인운전모드로 운행 중 차량주요장치의 감시와 제어(응급조치)를 기관사를 대신하여 관제사가 수행할 수 있도록 신분당선에는 TCMS(Train Control Monitoring System) Console

이 있다. TCMS Console은 열차들의 운행상태와 고장정보를 표시하고 주요장치의 원격제어가 가능하다.

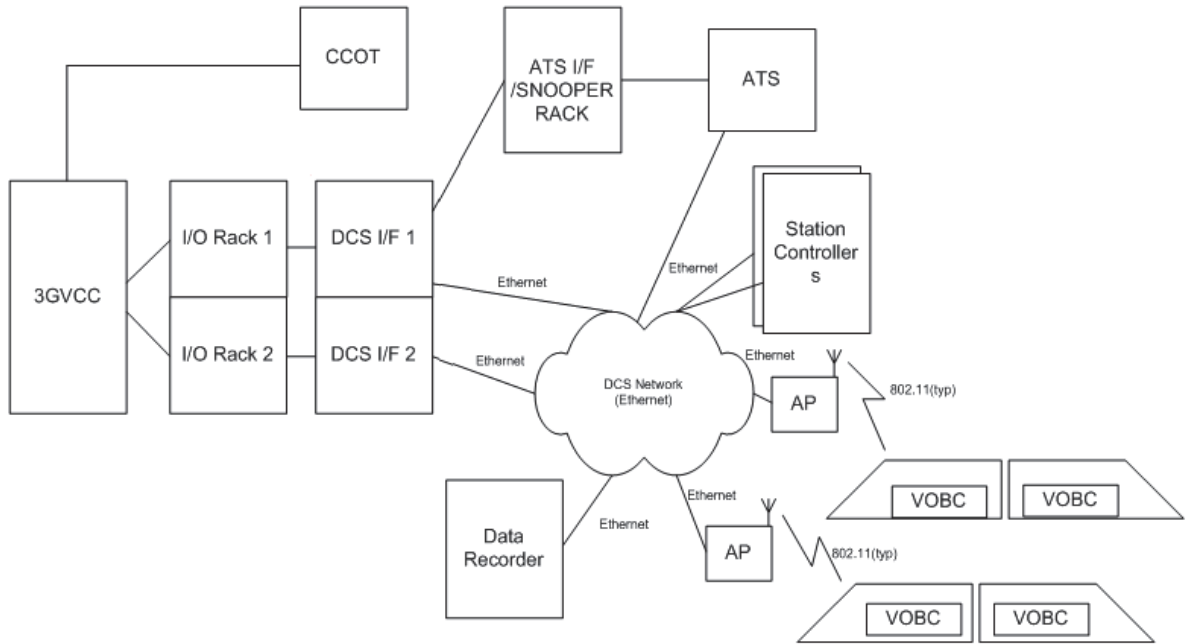


Fig. 1 Shinbundang Line RF-CBTC System Basic Configuration

차량의 상태정보는 TCMS로부터 차상신호장치(VOBC)와 CBTC무선통신망 및 ATS(Automatic Train Supervision)를 거쳐 TCMS Console로 전달되며, 고장코드는 경영정보시스템(Management Information System)에 전달되어 차량 유지보수 활동에도 활용된다. 원격제어명령은 운행 중 실행 가능한 명령과 정차 중일 때 실행되는 명령으로 구분된다. 객실온도 조정, 경적, 전조등 제어 등의 명령은 운행 중 수행되며, 주요장치의 Reset/Cut-out 명령은 정차 중일 때 수행된다.

Table 2 Remote monitoring and control items

Reset/Cut-out	동작제어	상태 모니터링
전기추진장치	냉난방장치 운전모드	열차운행정보
제동장치	냉난방 온도 설정	화재감지기 상태
보조전원장치	원격자가진단 실시	Self Test 결과
출입문장치	전조등 On/off	개별도어 상태
냉난방장치	제동장치 강제완해	TCMS MVB 통신 상태
승객안내 시스템	비상끝단 출입문 개방	승객 취급 정보(비상 해머 등)
	판토타그래프 상승/하강	MCB 투입/차단 상태
	주회로차단기 투입/차단	판토타그래프 상태
	경적 On/Off	내부 전등 및 경적

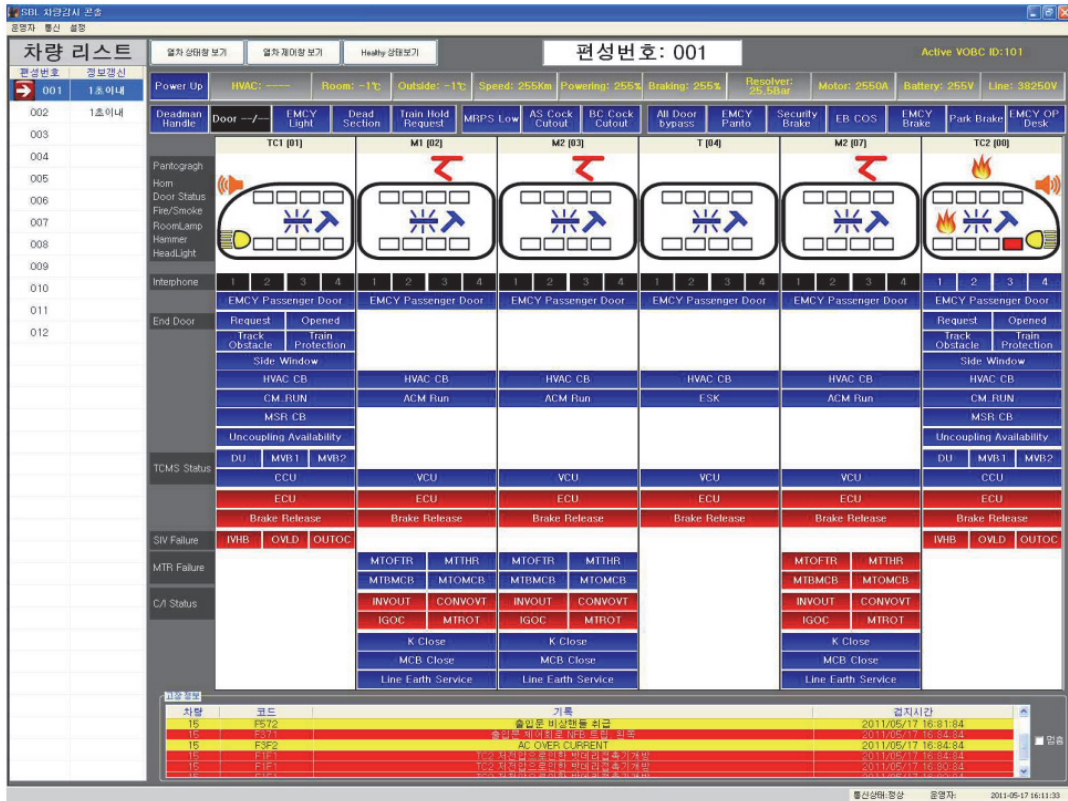


Fig. 2 TCMS Console

2.3.2 검수정보컴퓨터

일반적으로 검수정보컴퓨터는 차량기지에 설치하여 활용되고 있으나, 신분당선 검수정보컴퓨터는 관제실의 TCMS Console에서 수집하여 열차의 고장상태를 신속하게 진단하고 조치할 수 있도록 운행중인 열차의 검수정보를 실시간으로 확인 할 수 있다. 운행 중인 열차에 고장 발생시 종합관제는 TCMS Console을 통하여 열차의 운행을 통제하고, 기동검수반에서는 검수정보컴퓨터를 활용하여 신속하게 고장 개선 진단이 가능하다. 검수정보는 필요 시 차내화상 정보 전송 장치를 통하여 해당열차의 검수정보를 실시간으로 수집 가능하고, 불필요한 트래픽 발생을 억제하기 위해 검수정보 컴퓨터가 열차에 접속하여 검수정보를 수집한다. 수집된 정보는 화면상에 표시되어 신속한 고장 조치에 활용된다.

2.3.3 차상신호장치 원격 Reset 및 절체기능

국내 도시철도의 경우 운행중인 열차의 차상신호장치 에러 발생시 기관사가 해당 시스템을 Reset 또는 절체를 통해 정상운행을 한다면 무인운전 방식에서는 이를 원격으로 Reset 및 절체 할수 있는 기능이 필요하다. 무인으로 운행중인 열차의 고장 및 이례사항에 대비하여 차상신호장치는(VOBC)는 이중계로 구성되어 있다. 고장발생시 예비계로 자동 절체되지만, 운영상 필요에 따라 수동 절체 또는 재기동이 필요하다. 수동 절체는 차상신호장치의 잠재적인 장애를 확인하기 위한 것으로 정상 동작하는 예비계를 가진 열차가 승강장에 정차한 경우 이루어지며, 재기동 명령은 예비계에 적용된다.

2.3.4 차내 모니터링 기능

국내 도시철도의 경우 전방 지장물 감시 및 열차내 화재 또는 Event(비상상황) 발생시 기관사에 의한 관제통보 및 해당조치가 이루어진다. 무인운전인 신분당선에서는 차내화상 장치를 통해 이 역할을 대신 수행한다. 각 객실당 2개의 CCTV가 설치되어 객실내 Event를 감시하고 열차의 전후방 실외에 CCTV를 설치하여 전방 지장물 감시 및 선로변 이상유무를 감시하며, CCTV로 촬영된 영상은 무선 통신망을 이용하여 실시간으로 종합관제센터에 전송되는 시스템으로 되어 있다. 또한, 신분당선에서는 운행중인 열차 내부의 비상인터폰, 비상핸들, 화재신호 등 편성당(1편성 6량기준) 총 160개의 Event 신호를 모니터링하고, Event 발생시 해당화면 알람과 함께 표출되는 기능이 있다.



Fig. 3 Event control display

2.3.5 열차와 PSD간 재 정렬 기능

PSD가 설치된 노선에서는 미주/과주가 발생 시, 승객의 승하차를 위해 열차와 PSD간 재 정렬이 불가피 하다. 일반적인 국내 도시철도의 경우 기관사에 의해 이를 해결 하지만, 무인운전 방식에서는 인력 투입이 필요하며 상대적으로 열차 재 정렬은 상당 시간이 발생되어 열차 운행 지연을 초래할 수 있다. 신분당선 열차제어시스템에서는 열차지연 최소화 및 최소 고객 하차 공간(휠체어 통과가능 공간 65cm) 확보를 위해 인칭제어(Auto Jog) 기능을 적용하였으며, 이 기능은 관제사의 개입없이 열차제어시스템에 의해 자동으로 3회 수행된다. 또한, 자동 수행 실패시 관제사는 수동 인칭제어 및 시스템사에서 정한 제한된 범위($\pm 3.125m$)내에서 출입문을 원격 개폐 할 수 있다. 제한된 범위($\pm 3.125m$)를 넘으면 차상신호장치(VOBC)는 열차의 과주로 인한 사고를 방지하기 위하여 EB를 체결하고 Passive 상태로 들어가 관제사의 진로 부여를 통해 열차운행을 재개하게 된다.

2.3.6 차내 비상핸들 Reset 기능

일반적으로 열차 객실에 설치된 비상핸들 취급 시 열차는 정지 하게되는데, 이러한 상황 발생시 유인 운전에는 기관사가 안전조치 후 열차 재출발 가능하나, 무인운전시스템에서는 상대적으로 재 출발까지는 많은 시간이 소요된다. 따라서 신분당선에는 운행 중 승객이 비상핸들을 취급하면, 열차는 해당 출입문을 닫고(Reset) 계속 운행할 수 있으며, 비상핸들 취급 시에는 관제에 설치된 TCMS콘솔과 차내 CCTV를 통해 해당 상황을 확인하고 조치 할 수 있다.

2.3.7 제동레벨 변경

선로환경에 따라 발생할 수 있는 열차의 슬립 및 슬라이드의 억제와 열차의 과속 운행 또는 Target Point를 지나쳐서 운행하는 것을 방지하기 위해 신분당선 열차제어시스템에서는 원격제어명령을 통해 한대의 열차 또는 모든 열차의 제동률을 VCC의 관제사의 명령을 통해 변경 할 수 있다. ATC 시스템에 의해 제공되는 4단계 제동 레벨(레벨 0, 1, 2 & 3)과 관련된 2가지 감속률 타입(k & non-k)이 있다. 각 제동율에서 k-타입 제동률은 non-k 타입 제동률 이하 값을 갖는다. 제동 레벨 0은 제동 레벨의 초기 값이지만, 관제사는 ATC시스템의 요구에 따른 열차제동 능력을 감소시키기 위해 더 낮은 레벨(1, 2, 3)의 제동률을 연속적으로 지시할 수 있다.

3. 결론

무인열차운영을 위해서는 이례상황에 대응 할 수 있는 기능이 필요 하다. 이러한 상황은 장치의 고장(성능저하), 환경(선로)조건 그리고 승객에 의해 유발되며, 발생 시 사람의 개입이 필요하다. 인력을 현장 투입하는 경우는 원격으로 제어하는 경우 보다 열차지연 시간이 길어진다. 따라서 안전하고 효율적인 무인열차운영을 위해서는 완벽한 정위치 정차기능, 차량장치 원격감시 및 제어 기능이 필요하며, 차내 비상상황 등을 신속하게 파악할 수 있어야 한다. 따라서 본 논문은 직접적인 사람의 개입을 최소화시키기 위해 신분당선에 적용된 기능을 제시 하였으며, 향후 이러한 기능들의 추가적인 발전과 이와 연계된 열차통신두절, 출입문 장애 발생에 대한 복구방안 등의 지속적인 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] kim Young Tae(2003) *Railroad Signalling Control System*, Tech Media, pp.70
- [2] Su Ho Lee (2012), A study on Function Realization of RF-CBTC Manless System, *Journal of the Korean Society for Railway*
- [3] FAHEEM AHMED(2009) System Design Description, Thales Canada System design team.