

열차운행밀도에 따른 열차제어시스템 적용방안

이재호, 황종규, 윤용기

한국철도기술연구원

이영수, 안진

경봉기술(주)

An application of Train Control System according to Traffic Density

*Jae-Ho Lee, Jong-Kyu Hwang, Yong-Ki Yoon

*The Korea Railroad Research Institute

**Young-Soo Lee, Jin Ahn

**Kyong Bong Technology Co., Ltd

Abstract - 철도의 중장기 발전계획과 구조개혁에 따라 열차운행 및 유지보수의 효율화가 대두되고 있다. 특히, 운행자측면에서는 저밀도 선구에 대하여 비용의 증대에 따른 많은 어려움이 존재하여 이에 대한 적절한 방안이 요구되고 있다. 따라서 본 연구에서는 국외의 철도운영 사례조사를 통하여 저밀도 선구에서의 운영환경을 고려한, 기술적인 측면에서 국내의 철도환경에 적합하고 선로변 설비의 최소화와 업무의 효율화를 추구할 수 있는 새로운 열차제어시스템을 제안하였다.

1. 서 론

국가 기간 도로망 체계의 관점에서 국가 간선 철도망 체계는 선진형 철도망, 개방형 철도망, 대도시권 연계 광역 철도망 등과 같은 형태로 구축될 예정이며, 이는 국가 경쟁력 강화를 위한 효율적 교통체계를 확립하는 것으로 정의될 수 있다. 이와 더불어 선로사용율의 최적화는 새로운 노선의 건설을 효과적으로 계획할 수 있으며, 현재 운용중인 선구에 대한 선로용량의 증대뿐만 아니라 철도경영 개선에 기여할 수 있다.

또한 철도구조개혁에 의한 철도운영 및 건설의 상하분리에 따라 수익성이 보장된 운행밀도가 높은 노선에 대해서는 철도운영회사(TOC : Train Operation Company)로부터 합당한 시설사용료를 기대할 수 있지만, 운행밀도가 낮은 저밀도 노선에 대해서는 현재 구축된 운영 시스템으로는 열차 충돌을 고려할 수 없고 철도운영회사도 수익성은 향상시킬 수 없으므로 이에 대한 운영시스템의 대안이 절실히 요구된다. 특히 국내 저밀도 노선은 대부분 적자로 운영되고 있으며, 이는 철도운영회사의 부담과 경영적자의 중요한 요소로 작용되고 있으며, 이에 대한 합리화 방안이 강구되어야 한다.

저밀도 선구에 대한 운영시스템, 특히 열차제어시스템을 개량함으로써 유지보수 비용과 인력의 최소화로 경쟁력을 향상시켜 철도 경영개선에 이바지하고, 이익 창출의 극대화로 대 고객 서비스 품질 및 만족감을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

2. 본 론

2.1 해외 사례

저밀도 선구 (주로 적자선, 한산 선구, Light Traffic Line)에 적용될 수 있는 시스템은 현재 상용화되어 운행 중인 독일의 FFB(FunkFahrBetrieb), 기능시험과 안정성 검증이 완료된 일본의 COMBAT(COmputer and Microwave Balise Aided Train Detection)를 예로 들 수 있다.

FFB는 무선기반 열차운영 (Radio-based train operation) 시스템으로, FFB를 장착한 열차는 무선에 의해 해서만 방호되고 세어되며, 지상의 고정 신호기와 기타

선로변 장치들을 필요로 하지 않는다. 즉 시설물의 최소화와 이를 관리하는 인원이 필요하지 않는 시스템 구성으로 지역 노선의 효과적이고 경제적인 운영을 이를 수 있다. 또한, 노선 상에 존재하는 모든 건널목 차단기의 차단은 무선을 이용한 차상장치에 의해 원격으로 제어된다.

COMBAT은 궤도회로를 통하여 열차를 검지한 기존의 방식과 다르게, 발리스를 이용한 열차검지 방식을 선택하였다. 발리스식 열차검지형 폐쇄장치인 COMBAT은 열차검지에 무선을 이용하고, 선구 전체에 대해서는 중앙에 설치되는 기동분산형 집중연동장치의 연동중앙장치와 PRC(Programmable Route Control, 자동진로제어장치) 그리고 각 역에 설치되는 연동역 장치로 구성된다.

2.2 국내 적용방안

FFB는 무선을 기반으로 하는 열차운행제어시스템으로서, 차량에 의한 현장설비의 제어가 가능하고 고정된 시설물의 최소화, 건널목 차단기의 열차에 의한 원격 개폐제어를 구현하는 장점을 가지고 있다. 반면에 열차운행이 증가할 경우 열차의 방호를 위한 장치가 필요하고, 열차와 관제설비간, 열차와 지상설비간 무선통신에 대한 적용, 차상장치가 복잡하여 설치 비용이 비교적 크다는 점이 고려되어야 한다.

그리고 저밀도 노선의 운영 합리화를 위한 체계적이고 첨진적인 계획에 의해 상용하는 신호시스템의 구축이 필요하며, 모든 시스템은 상호 연계운영 및 인터페이스가 이루어질 수 있도록 하고, 향후 기술 발전추세 고려와 상호 운영성을 보장하도록 하기 위하여 완벽한 로드맵을 수립하여 추진되어야 할 것이다.

또한 열차운행 밀도별 시스템을 구축하기 위해서는 우리나라 노선별 운행현황을 바탕으로 각 노선별 수송실적, 즉 열차운행 횟수 대비 이용객의 수 또는 화물량, Km당 승객 1인당 평균통행거리, 현재 시설물의 현황, 향후 여객/화물 증가 및 시설물 개량 등을 종합적으로 고려하여야 한다.

이와 같은 우리나라의 여건과 해외 구축사례를 통하여 저밀도 노선에 적용하는 차세대 열차운행제어시스템은 일일 열차운행 횟수를 30회 전후로 가정한다면, 영동선, 동해남부선, 경북선, 군산선, 경춘선, 경의선 등의 노선에 적용이 가능할 것이다.

2.2.1 새로운 개념의 열차제어시스템(ARTCS)

국내 저밀도 선구에 적용하기 위한 새로운 개념의 열차제어시스템 (가칭 ARTCS : Advanced Radio-based Train Control System)의 개념도는 다음 그림 1과 같이 구성된다.

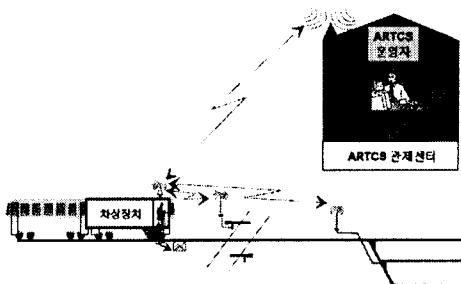


그림 1. ARTCS 개념도

주요 특징으로 아래와 같이 규정한다.

- 연동을 위한 최소의 고정 설비(선로전환기)로 구현
- 다른 기능 요구사항에 대한 유연성을 가짐
- 허용된 열차속도의 연속적인 모니터링이 차상장치에 의해 수행
- 보다 경제적으로 선구를 운영하기 위한 수단과 기회를 제공
- 지역노선에서의 첫 번째 "Minimal Concept"를 목표

2.2.2 차상장치의 구성

ARTCS의 차상장치는 운전자 인터페이스를 위한 MMI, 위치 확인용 보드, 비상제동과 열차무결성을 위한 Fail-safe 인터페이스 보드, 상용제동과 경보를 위한 Non-Failsafe 인터페이스 보드, 무선통신을 위한 무선 인터페이스 보드, 차상장치의 모든 상태와 경보를 저장하기 위한 저장 Module 및 차상장치의 핵심인 차상 컴퓨터 등으로 구성한다.

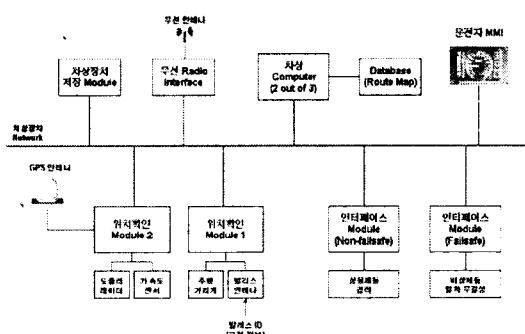


그림 2. 차상장치의 구성도

차상장치는 지상 밸리스로부터의 위치정보, GPS에 의한 위치 정보, 주행거리계에 의한 열차 이동거리 및 도플러 레이더에 의한 정보로 정확한 열차의 위치 검지와 보정을 구현하며, 주요 동작은 다음과 같다.

- 자신의 위치를 스스로 검지
- 관제센터에 위치정보 전송
- 진로 Element를 설정
- 건널목 차단기의 개폐 제어
- 진로불에 대한 상태를 감시
- 허용된 속도를 감시

2.2.3 관제센터의 구성

저밀도 선구를 관리하는 관제센터는 노선에 운행 중인 모든 열차들에 대한 위치를 관리하고, 무선을 통하여 수신된 열차의 진로활당요구 정보에 의해 해당 진로를 열차에게 할당하고 입환 요청에 대한 허용을 승인한다. 관제센터에서는 진로 element에 대한 할당만을 하며 직접적인 진로제어는 수행하지 않는다. (진로제어는 열차에 의해 수행됨)

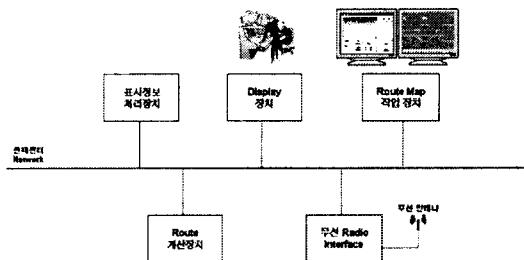


그림 3. ARTCS 관제센터 구성도

2.2.4 건널목 구간에서의 열차진행

열차는 진행하는 선로의 지상장치인 고정 밸리스 (전위를 사용하지 않으며 열차가 지나감에 따른 유도 기전력에 의해 활성화)로부터 건널목 차단기의 위치정보를 수신한다. 수신된 차단기 위치정보에 의해 열차의 차상장치는 지상에 위치한 건널목 차단기에 “차단” 명령을 무선으로 전송하게 되며, 이 “차단” 명령에 의해 건널목 차단기는 차단이 실시된다. 건널목 차단기는 차단기가 완전히 내려지면 차단 상태정보를 열차에게 무선으로 전송하게 된다.

건널목 차단기 세어를 위한 지상의 밸리스 위치는 해당 구간에서의 열차 평균속도와 비상시의 제동거리 등을 감안하여 최적 차단시간을 위한 가변거리를 확보한 곳에 설치된다.

2.3 시스템 운영 원칙

저밀도 선구에 대한 차세대 무선기반 열차제어시스템을 적용하기 위해서는 다음과 같은 시스템 운영원칙을 세워야 한다.

- (1) 열차는 Route Map (작용선구의 모든 진로에 대한 선형 지도)과 지상설비인 밸리스로부터 수신된 정보 (밸리스 ID, 출발점으로부터의 거리, 구매, 경사, 허용 최고속도 등과 같은 고정정보)에 의한 자율적인 열차위치를 인식하여 운행
- (2) 해당 선구에서 운행하는 모든 열차들은 자신들의 열차 무결성을 검사하고 ARTCS 관제센터로 관제 정보를 전송
- (3) 열차들은 관제센터에 자신의 위치 정보를 주기적으로 전송하여 보고를 수행
- (4) 관제센터는 열차로부터 위치정보를 수신하여 전체 열차들에 대한 위치를 관리하고, 열차의 진로요구에 의한 진로 구분을 할당
- (5) 관제센터는 열차위치 추적에 의해 열차들에게 진로의 할당과 입환 허용을 부여
- (6) 열차는 밸리스로부터 수신된 허용된 속도와 관제 센터로부터 수신된 이동 권한을 준수함
- (7) ARTCS 관제센터는 통합관제실로부터 열차운행에 대한 스케줄을 수신하여 열차운행에 대한 실적 작성에 참조하고, 작성된 열차실적은 통합관제실로 전송
- (8) 관제센터의 관제사는 모든 열차들에 대한 운행상

태를 감시하고, 시설물에 대한 동작상태 (선로전환기, 건널목 차단기 등)를 확인하고, 필요시 통합관제실의 관제사와 상호 교신을 수행

2.4 시스템 구성 원칙

차세대 무선기반 열차제어시스템의 핵심인 차상장치의 각 구성품은 다음과 같은 기능을 가지도록 구성되어야 한다.

- 운전자에게 열차운행에 관한 모든 정보를 제공하거나 운전자의 입력정보를 처리하기 위한 MMI가 있어야 하며, MMI의 표시 패널은 진동이나 온도등에 대한 내구성이 높은 것을 고려
- GPS를 통하여 수신된 위치정보, 주행거리계로부터 수신된 열차위치 정보와 도플라 레이더에 의한 위치보정 정보등을 비교하여 열차의 정확한 위치를 계산하는 기능
- 지상의 발리스로부터 수신된 발리스 ID, 주행거리계로부터 수신된 주행거리를 비교하여 열차의 위치를 추적하는 기능
- 비상제동과 열차의 무결성을 위한 인터페이스를 제공하는 기능
- 상용제동과 경적등을 위한 인터페이스를 제공하는 기능
- Route Map의 데이터, 차상의 각 장치로부터 수신된 정보와 관제센터로부터 수신된 정보를 이용하여 열차운행에 관련된 바이탈 처리를 수행하는 기능
- 지상의 진로 Element, 건널목 차단기와 관제센터 설비와의 무선통신 인터페이스를 제공하는 기능
- 열차의 주행거리 측정과 주행거리를 보정하는 장치의 기능

관제설비는 다음과 같은 기능을 가지도록 구성한다.

- 모든 열차들의 위치를 추적하고 진로 Element를 할당하기 위한 기능
- 무선을 이용하여 해당 노선에 운행하는 모든 열차와의 통신 기능
- 열차위치와 시설물의 상태를 표시하고, 각종 장표의 작성 및 출력을 위한 기능
- 진로에 대한 선형지도 (Route Map)를 그리기 위한 기능
- 모든 정보들을 관리하고 처리하기 위한 기능

3. 결 론

현재 저밀도 노선에 대한 새로운 시스템 개발은 유럽과 일본을 중심으로 활발히 진행되고 있다.

독일의 경우 Brackwede - Dissen/Bad Rothenfelde 사이의 지역 선구에 적용되어 상업운전을 하고 있으며, 일본의 경우 발리스식 열차검지형 폐색장치(COMBAT)를 열차의 운행밀도가 낮은 한선선구에 적용하는 방안을 연구하고 있다. 또한 대부분 국가와 우리나라의 저밀도 선구는 적자노선이며, 국가의 보조금에 의해 기간 인프라로서의 역할을 하고 있기 때문에 장기적인 측면에서의 경영합리화를 위하여 차별적인 열차제어시스템 적용이 고려되어야 한다.

특히, FFR와 같이 열차의 차상시스템에서 선로변 시설물에 대한 제어를 수행할 경우, 입환시를 제외한 모든 열차운행에 있어서 현장 인력이 불필요하고 각종 시설물에 대한 유지보수 인력을 줄일 수 있다.

COMBAT은 현재 각종 기능시험 및 안정성시험에 의한 검증을 거쳐 모니터링 시스템을 통하여 실용화에는 문제가 없는 것으로 확인되었다.

이와 같은 차세대 열차제어시스템을 국내에 적용하기

위해서는 다음과 같은 사항들을 고려하여야 한다.

- (1) 무선통신 방식에 대한 연구 : 차상장치와 지상 설비(선로전환기, 건널목 차단기 등)간, 차상장치와 관제센터간 인터페이스
- (2) 향후 ERTMS/ETCS 구간의 열차와 병행운전이 가능하도록 시스템을 구성
- (3) 운행밀도가 증가할 경우를 대비하여 열차방호장치(ATP) 기능의 수용
- (4) 열차의 운행밀도 (고밀도, 중밀도, 저밀도)에 따른 각각의 차별적인 열차제어시스템 및 관제설비의 정립
- (5) 통합관제설비와의 상호 연계방안, 역할 및 관련 정보의 인터페이스 정의
- (6) 건널목의 상태를 관제센터에서 감시하기 위하여 CCTV 설치와 해당 영상정보를 관제센터로 전송하기 위한 보안설비의 고려
- (7) 입환을 수행하기 위한 현장과 관제센터사이의 유선통신라인 설치의 고려

[참 고 문 헌]

- [1] DB Network, "Operational Requirement Specification DB AG, NGL1", 2001년
- [2] 이재호외, "철도교통관제 업무효율화방안", 한국철도기술연구원, 2004년
- [3] 西畠 典幸외, "閉散線區の新しい列車制御システム", 2001년
- [4] Tatsuya Sasaki외, "列車検知に無線を用いた閉そく(COMBAT)の開発", 2002년, RTRI Report Vol.16