21C를 향한 철도의 통합연결 운전과 열차제어 시스템

A Study on the Interoperability of Railway across a Border and the Train Control System towards 21C

This paper gives an overview of the recent changes of global strategy that was put in place to support the development of a railway command / control system for the railway interoperability.

The paper also outlines current projects regarding the future extension of railway management system and compares the train control system.

This should enable the integration of operational, train command / control, traffic management, infrastructure and fleet management, and customer value-added services providing relevant information.

글 | 柳 洸 均

(Yoo, Kawang Kiun)
철도신호기술사, 공학박사,
한국철도대학 전기제어과 교수.
E-mail:kkyoo@chuldo.krc.ac.kr

목 차

1. 서론
2. 무선통신을 이용한 열차제어시스템의 개발과 그 동향
3. 각 시스템의 비교
4. 열차제어시스템의 안전성규격
5. 결론

1. 서론

열차 제어를 담당하는 철도신호에 무선통신을 결합하여 새로운 기술도약을 꾀하면서 이로부터 철도를 새롭게 변화시키려는 계획들이 세계 각국에서 진행되고 있다. 특히 남북 철도의 연결과 나아가 TCR (Trans China Railway : 중국횡단철도), TSR(Trans Siberia Railway : 시베리아 횡단철도), TAR(Trans Asia Railway : 아시아 횡단철도) 등 서로 다른 철도와 통합된 연결운전과 운영이 21C 벽두에서부터 다가오고 있는 현 시점에서 열차제어 기술을 살펴보는 것은 매우 의미 있는 일이라 하겠다.

열차의 안전과 직결되는 철도신호부문에 무선통신기술을 적용하는 데에는 안전성과 신뢰성 확보에 어려움이 있었으나 이제 유럽에서는 컴퓨터 기술과 통신기술의 비약적 발전에 따라 이를 적용하고, 나아가 철도신호와 결합된 컴퓨터와 정보통신망을 바탕으로 하여 철도교통 이용자에게 신속하고 다양한 정보의 제공을 통해 새로운 철도교통 이용문화와 생활문화를 창출하겠다는 야심찬 계획이 진행되고 있다. 이러한 철도교통기관의 이용과 생활문화는 장래 철도운영과 경영에 커다란 변화를 예측할 수 있게 하고 있다. 본고에서는 이러한 변화의 배경과 무선통신을 이용한 세계 각국의 열차제어시스템의 개발과 그 동향을 살펴보고 각 시스템을 비교해 보도록 한다.

1) 변화의 배경

1989년에 유럽국가간에는 상호열차운전과 관리를 위한 연구개발프로그램을 설정하였다. 이 프로그램에서는,

(1) 유럽 열차제어시템의 조화와 통합을 통한 유럽철도망의 상호열차운전시스템을 개발하고,
(2) 이를 통해 설비비용최소화와 세계철도산업에서의 경쟁력을 확보하여,
(3) 철도교통부문을 통한 새로운 생활문화와 기술혁신을 겨냥하고 있다.

유럽통합에 따라 국제간 열차운전을 가능케 하기 위한 유럽철도 운영관리시스템(ERTMS: European Rail Traffic Management System)은 운행관리를 포함한 광범위한 기능을 담고 있으며, 그중 열차제어부문은 열차제어시스템의 안전확보와 운전관리능력을 강화시키려는 중요한 기능을 담당하고 있다. 서로 다른 각국의 철도교통기반시설에서 철도망을 안전하게 연결하여 운영하고 선로용량과 철도교통의 활용도를 높여 철도운전비용을 절감시키면서 효율적으로 열차를 운용하도록 하는 것이다. 이를 위하여 유럽에서는 유럽통합열차제어시스템(ETCS : European Train Control System)을 개발하여 각국의 서로 다른 기존의 신호설비에 적응할 수 있으면서, 마지막단계에서는 무선에 의한 열차제어가 가능하도록 하는 단계적 개발계획을 수립, 실현해 나가고 있다. 이와 함께 열차제어시스템과 결합된 컴퓨터와 정보통신망을 확장하여 지구규모 이동통신시스템(GSM : Global System For Mobile Communication)을 통해 공중정보망을 확보하며 궁극적으로는 철도교통망을 이용한 새로운 서비스를 개발, 하는 계획을 추진하고 있다.

이 계획은 타 교통기관에서는 할 수 없는 철도를 이용하는 여객에게 통신문화에 있어 새로운 형태의 정보제공을 위한 이동통신망을 구축하는 것으로서, 개인휴대통신에 의해 철도정보와 열차정보를 획득하는 수준의 것이 아니고 통근이나 여행중에, 또 집이나 사무실에서 각종 업무처리 등을 철도통신망에 의해 이루어지도록 하여 철도를 이용하는 새로운 형태의 생활패턴을 만들어 내겠다는 시도이다. 이것은 지금의 정보통신의 질이나 정보량의 수준과 비교하여 엄청난 변화를 일으키려는 것으로 이를 위한 주요 기술적인 검토내용은,

(1) 여객정보서비스의 우선권 할당,

(2) 엄청난 양의 다수와 동시에 정보접속을 위한 다중기술,

(3) 열차에서의 정보접속과 정보제공의 질을 확보하는 것이다.

이러한 계획을 배경으로 하면서 선행되고 있는 것이 무선통신을 이용한 열차제어시스템의 개발이다.

2. 무선통신을 이용한 열차제어시스템의 개발과 그 동향

1) ETCS

무선을 이용한 열차제어시스템의 개발목적은 국제직통철도망용의 통일된 신호시스템으로 고밀도, 운전시격단축 그리고 기존신호설비의 고속화에도 적용하며 지방선로의 단선 폐색시스템에도 사용할 수 있도록 하자는 것이다. ETCS는 UIC(유럽철도연맹)에 의해 1991년부터 검토가 이루어졌다. 그 특징은 각국마다 다른 기존의 신호설비에 단계적으로 도입될 수 있도록 열차제어시스템에 가능한 옵션기능을 준비하는 것이다. ETCS의 적용단계는 선구의 조건에 따라, 1단계에서는 지상신호기를 이용하며 궤도회로와 지상에 설비된 ATS에 적응하는 ETCS를 개발하며, 2단계에서는 궤도회로는 그대로 남아있지만 차상신호를 사용하며, 3단계에서는 열차위치검지를 차상에서 수행하도록 하고 있다. 이를 위하여 Euro Balise, Euro loop, Euro Radio가 서브시스템으로 공동 개발되고 있다.

당초 1980년대 후반부터 유럽철도연합연구소(ERRI)를 중심으로 검토된 ETCS는 유럽통합의 조류에 따라 국제고속직통철도망구축을 위해 각국의 다양한 신호설비를 통일시킬 필요성이 대두되어 시작된 것이다. 여기에 수송량이 적지 않은 지방선에도 적용 가능하도록 3개의 단계로 나누어 마지막 3단계에서는 무선에 의한 열차제어시스템이 검토된 것이다. 이를 실용화하기 위한 계

획으로 추진되고 있는 것은 우선, 금년에 프랑스 TGV동선(신선)에 실용화하는 계획과 영국 Railtrack의 서해안 재래간선(West Coast Main Line)을 무선에 의한 ETCS 3단계 개량계획으로 200Km/h로 속도를 증가시켜 런던-맨체스터간의 여객·화물수송시장을 개발하려는 것이다. 이 계획은 3단계로 나뉘어 최종3단계에서는 Full Moving Block System으로 실현하는 것을 목표로 하고 있다.

독일에서는 쾰른-프랑크푸르트간의 고속신선에 역시 계획을 수립하고 있다.

스웨덴과 덴마크에서는 서로 다른 철도시스템, 언어, 신호제어방식에도 불구하고 이미 양국을 연결하는 철도건설사업이 진행되고 있으며 두 시스템간의 경계에서 ATP시스템의 전환과 폐색방식, 연동장치를 상호 사용하도록 하는 방법이 합의되고 시험되었다. 과거 유로터널에서 같은 여러 가지 문제가 있었으나 이를 극복하고 중간에 인공섬을 이용하여 양국을 연결하는 철도를 건설중이며 양국의 승인을 도출하는데는 먼저 공동의 규격을 제정하고 속도와 제어체계를 결정하였다.

오스트리아와 헝가리는 비엔나와 부다페스트간을 연결하기 위한 사업으로 ETCS도입을 위해 오스트리아 Alcatel, 독일 SEL Alcatel, 이태리 Ansaldo, 프랑스 CS Transport, GEC-Alsthom, 벨기에 ACEC로 구성되는 각국의 제작자 컨소시엄을 만들었다. 이 계획은 열차속도를 160km/h로 높이면서 유럽철도통합운전을 위한 또 다른 유럽내의 시험선로가 되고 있으며, 헝가리는 이를 통해 ETCS/ERTMS가 실현되기를 기대하고 있는데 이러한 투자가 보수운영측면에서 기존의 제어시스템을 사용하는 것보다 ETCS/ERTMS로 구축하는 것이 경제적이며, 향후 통합된 열차가 연결 운영되기를 희망한다는 것을 배경으로 하고 있다.

2) RBS

런던지하철은 Jubilee선을 연장하는 신선을 건설함에 있어 LCX(Leaky Coaxial Cable)에 의한 무선을 이용한 이동폐색을 계획하고 있다. 이 시스템의 특징은 구선에 이동폐색장치를 탑재하지 않은 타선의 열차가 들어오도록 하며 (기존의 고정폐색을 남기고), 이동폐색 탑재차량은 전선에 걸쳐 이동폐색에 의해 운전하도록 구선의 고정폐색에 이동폐색을 중첩시킨다는 것이다.

안전성을 요구하는 무선을 이용한 이동폐색설비(ATP)와 그렇지 않은 자동운전설비(ATO)를 분리시켜 ATP에 무선안테나, 속도계, 절대위치검지용 트랜스폰더 등을 설비하고 홈·도어제어를 자동운전하는 별도의 계획을 가지고 있다. 이를 통해 고밀도 운전을 요구하는 Jubilee선은 100초 운전시격을 실현하게 되는 무선통신을 본격적으로 이용한 최초의 이동폐색 철도시스템으로 기록될 것이다. 무선방식에 의한 폐색시스템으로 스웨덴의 Adtranz가 개발한 RBS(Radio Block System)는 현장에 신호기나 궤도회로를 설비하지 않는 방식으로 열차제어는 집중연동장치에서 관리하고 무선에 의해 ATP차상장치를 제어하는 것이다.

ATP차상장치는 발리스(지상자)를 통과하며 통과지점의 위치와 다음의 발리스까지의 거리정보를 얻게된다. 차상장치는 이러한 통과지점 정보와 다음의 발리스 통과 허가요청을 무선을 통하여 집중 연동장치에 전송한다. 일정시간이 경과되어도 허가 신호를 얻지 못하면 제동 패턴을 발생시켜 발리스 전방에 정차한다. 집중연동장치에 통과허가 요청된 진로가 확보되면 다음의 발리스 통과 허가 신호를 무선을 통해 ATP차상장치에 전송하여 열차는 그 허가 신호에 따라 운전할 수 있는 방식이다. 스웨덴 국철은 스톡홀름의 남서부 115km, 7개 역의 선구에 이를 실용화하여 장래에 선로전환기 제어도 부가하는 계획을 가지고 있

으며 이것은 ETCS 3단계에 상당하는 계획이다.

3) AATC

AATC(Advanced Automatic Train Control) 시스템은 1992년부터 미국의 샌프란시스코만 지역철도 BART(Bay Area Rapid Transit)와 휴즈항공회사(Hughes Aircraft Company)에서 개발을 진행시킨 무선에 의한 열차제어 시스템이다. AATC시스템은 미국의 해안전투에서 위력을 입증한 고도위치표정검지시스템 EPLRS(Enhanced Position Location Reporting System)를 열차추적에 이용한 것이다. EPLRS는 전장에서 부대, 차량, 항공기의 위치를 3차원으로 자동추적하여 사령관에게 보고하는 시스템으로 열차추적의 알고리즘은 이러한 다차원 전쟁문제의 선형패턴에 속한다. AATC시스템의 열차검지는 각 열차의 선두와 후부에 탑재된 차상무선기와 선로변에 설치된 지상무선기간에 이루어지며, 지상과 주변 역의 Intelligence를 갖추는 시스템이다. 역에는 복수의 열차진행상황을 감시하고 이들 정보를 활용하여 열차조정을 통해 운전전력을 절감하도록 하고있다.

4) ITCS

ITCS(Incremental Train Control System)는 1995년부터 미국의 하몬(Harmon Industries Company)이 개발한 것으로 1980년대부터 개발시킨 AATC의 충분하지 않은 열차제어기능을 확충시킨 시스템으로 지상과 열차간에 무선정보전송은 900MHz의 AATC링크를 사용하고 있다. 이 시스템의 개발 목적은 미국 AMTRAK 여객열차의 고속화를 위한 것으로, 디트로이트와 시카고간의 속도향상을 위해 이 ITCS를 이용하여 현재 5시간 35분을 요하는 운전시분을 3시간으로 단축하는 계획을 하고 있다. ITCS의 특징은 그 첫 번째 개념으로 ATP에 의한 신호설비를 활용하여 여객열차의 고속신호를 ITCS에 의해 차내신호화하는 점이다. 두 번째는 열차위치 검지를 인공위성을 이용한 위치검지시스템 GPS(Global Position System)를 이용한다는 것이다. 지상에는 WIU(Wayside Interface Unit)를 거점으로 배치한 분산제어방식으로 고속열차에 대해 건널목의 정시간 제어도 하고 있다. 현재 미국 운수성과 미시간주의 연방 운수국의 지원으로 118km의 시험선 에서 시험 중에 있다.

3. 각 시스템의 비교

〈표 1〉에 각국의 무선을 이용한 열차제어시스템의 대표적 예를 비교하여 나타내었다. 〈표 1〉에서 각국의 무선을 이용한 열차제어시스템은 고속철도부터 지방선로까지 다양하게 적용되고 있음을 알 수 있다.

4. 열차제어시스템의 안전성규격

신호시스템의 안전성기술규격이 CENELEC(유럽전기 표준회의)에서 심의되고 있다. 그 배경에는 유럽통합에 따라 국적을 묻는 신호시스템을 도입할 수 있도록 하기 위해 시작되어, IEC(국제전기표준회의)의 안전성 시스템 국제규격 IEC 1508을 제정하려하고 있다. IEC 1508(초안)은 일반산업분야의 기기를 대상으로 한 안전성규격인데, 각각의 전문 분야의 안전성 기술에 대해 포괄적인 표준이 될 가능성이 있는 것이다. 신호시스템의 안전성규격은 IEC 1508을 기초로 그 위에 UIC의 기술지침이나 각국의 열차제어시스템의 기술요건을 부가시키는 것이다. 최종적으로는 EU에 의해 법적 구속력을 갖는 것으로 유럽내의 신호시스템의 안전성규격이 된다. 또 현시점에서 각국별로 다른 안전성 심사에 관해서도, 이 안전성규격에 따라 EU내의 1국에서 승인되는 경우

〈표 1〉

시스템	ETCS	Jubilee연장	RBS	AATC	ITCS
국 명	EU	영국	스웨덴	미국	미국
도시명	런던-글래스고	런던지하철	Linkoping	샌프란시스코, BART	디트로이트, AMTRAK
제작사	GEC-Alsthom등	Wesing House	ADTRANZ	Hughes, Aircraft	Harmon, Industries
개발목적	-국제직통화 -생산성향상 -신기술 이용	-시격단축 -자동운전 -현장설비증첩 가능	-단선근대화 -코스트 절감 -차상지능화	-시격단축 -군사기술이용 -현설비중첩가능	-열차고속화 -차상지능화 -GPS이용
무선방식	GSM 900MHz Ballise(지상자)	LCX 180MHz 루프전송(정자시)	무선전송속도 1.2~ 9.6KBPS Ballise(지상자) 고정 정보전송	스펙트럼확산 2.4~2.48GHz EPLRS(무선위치검지)	스펙트럼확산 900MHz GPS이용 열차위치검지
열차제어	차상Intelligence	차상Intelligence	차상Intelligence ATP+집중연동	역Intelligence ATC Base OR Wireless	차상Intelligence ATP Base
특 징	(3단계) 1단계:ATP 2단계:ATC, 3단계:무선	연장신선, 완전자동화 철도에 본격적 적용은 처음	건설비 절감 보수비 절감 스프링포인트, Ballise	다정보이용, 전력절감 회생전력효과 MAP수정 용이	현설비 활용 고속차내신호 ATCS무선활용
현행 및 개량성능	(신호방식) 각국별 상이 → 각국통일	(운전시격) 140초 → 100초	(폐색취급)각 역 수동취급→집중자동제어	(운전시격) 150초 → 80초	(도달시분) 5시간35분 → 3시간
개발경위	ASTREE시스템의 기술투입	—	영국의 RETB는 1980년대에 실용화	현장시험 중	ATCS무선링크의 활용 118Km시험선에서 1997년 시험
실용화계획	영국서해안 간선 개량2002년 TGV-East선 등 2002년경	런던지하철 Jubilee 연장 신선 1998년 개통	Linkoping-Vastervik 간 1995년 실용화	샌프란시스코만 지역 BART의 개량	AMTRAK 디트로이트-시카고간 고속화

* RETB(Radio Electronic Token Block)

타국에서도 이를 받아들이는 안전성 심사의 상호 승인이 인정될 예정이다.

5. 결론

오늘날 무선통신기술은 열차제어시스템에 적극 적용되어 실용화되어가고 있다. 유럽 내에서의 움직임도 제작사의 연합과 유럽철도의 연합으로 그 규격을 국제화시키고 이에 따라 철도기술혁신과 세계시장점유에 나서고 있다. 한편, 유럽의 광범한 철도망을 통해 유럽 각국간에 열차이동이 이루어질 때, 이를 기반으로 하여 철도망을 통한 철도이용자의 정보서비스 계획은 철도경영에 변화를 예상할 수 있게 하며 다시 이것이 철도교통망을 발전시킬 것으로 예상된다. 우리나라에서도 국내의 서로 다른 선구의 통합 또는 혼용운전이나 특히 남북철도의 통합연결운전, 나아가 아시아·중국·러시아 등의 연결운전에 있어서도 이와 같은 기술체계의 검토와 연구가 필요하다 하겠다.

(원고 접수일 2000. 7. 6)

참고문헌

1. Rod Muttram, "Update on recent developments in the EC's plan for harmonising europe's rail networks-progress of ERTMS" Signalling and communications for modern railways, Int'l conforence proceeding, London, 1998
2. Holger Schulze-Halberg, "Deutsche bahn's plans for implementing commercially viable ERTMS compatible lines in Germany"
3. Konrad Hove, "Meeting the technical demands of integrating danish and swedish signalling, ATP, Radio, and management systems in the oresund fixed link"
4. John Cowie, "Update on the resignalling of the UK's west coast mainline"
5. Mark Honinckx, "Adoption of the ERTMS system in central and eastern europe to achieve progressive inter-operability with the EU networks"
6. Laszlo Mosoczi, "Overlaying a complete ERTMS level I system onto the existing signalling infrastructure on the viennabudapest line"
7. 奥村幾正, "海外の 無線を利用した列車制御 システムの動向", 鐵道と電氣技術, Vol. 8, No, 10, 1997.
8. 유광균 "무선통신·컴퓨터 기술을 결합한 AATC," 鐵道信號, Vol 20, No, 20, 1994