

일반 및 고속철도용 한국형열차제어시스템 확대적용 방안 연구

Expanding Plan Study of KRTCS-2 (Korean Radio Train Control System for Conventional & High Speed Railway)

이강규* · 최종관* · 성동일* · 윤학선* · 박종원* · 김유호** · 이남형** · 유종천†

(Kang-Gyoo Lee · Jong-gwoan Choi · Dong-Il Sung · Hak-Sun Yun · Jong-Won Park · You-Ho Kim · Nam-Hyoung Lee · Jong-Cheon Yoo)

Abstract - ERTMS/ETCS Level 2 is currently planning, making contract, constructing and operating at several lines in European well-developed railway countries different from past ten years ago, and applying extensively for purpose of its interoperability and operational efficiency, and economic feasibility. On the other hand, ATP system correspond to ETCS Level 1, which was domestically introduced in early 2000, has introduced, operated, and planned or constructed in national railwaynetwork, but the lines, which its improvement period is come, are being occurred starting Gyeongbu Line. Therefore, we study the consideration and construction plan by stages if LTE-R Korean Radio-based Train Control System for conventional & high-speed railway under domestic development is extensively applied as the third National Railway Network Construction Plan was announced.

Key Words : Korean railway train control system, KRTCS-2, ETCS Level 2, LET-R

1. 서 론

유럽의 철도선진국에서는 2000년대 초에 일반철도용 무선통신망(GSM-R, Global System for Mobile Communications - Railway) 기반의 ETCS(European Train Control System) Level 2가 개발되어 유럽 전역에 확대 적용되어 운용되고 있으며, 국내에서는 무선통신을 기반으로 한 신호제어시스템 적용노선은 도시철도용으로 일부 노선에 해외 제품이 적용되어 운용 중에 있으나 일반철도 및 고속철도에는 아직 적용사례가 없다. 유럽이나 중국 보다 늦은 감이 있으나 현재 국내에서도 국토부 연구과제로 일반·고속철도용 LTE-R(Long Term Evolution - Railway) 기반 한국형열차제어시스템(이하 "KRTCS-2")을 개발 중에 있어 해외로부터 기술의존으로부터 독립하기 위한 노력을 진행 중에 있다. 이와 관련하여 본 논문은 해외/국내 ETCS 적용현황 및 국내 열차제어시스템의 발전방향과 KRTCS-2를 국내 철도 네트워크에 적용할 경우 고려사항과 제3차 국가철도망구축계획과 전국 철도의 신호제어시스템의 개량 시기에 따른 단계별 적용방안에 대해서 기술하였다.

2. 본 론

2.1 ETCS 적용현황 및 발전방향

2.1.1 해외 적용 현황

유럽 주요 철도 선진국의 약 10년 동안 ETCS 철도신호시스템 적용에 대한 변화과정을 보면, 유럽은 이 기간 동안 ETCS Level 1과 ETCS Level 2의 적용을 병행 추진하는 것으로 검토되었다. 표 1에서 보는 바와 같이 유럽의 ETCS 적용현황은 계획, 계약 및 영업운영 노선에 있어 2007년 당시 기준으로 Level 1 (12,314km) 보다 Level 2(14,633km)가 다소 많은 노선 연장을 확보하고 있으며, 2016년 자료 역시 Level 1(19,606km) 보다 Level 2 (23,950km)가 많은 계획과 영업운영 노선을 확보 운영 중에 있는 것으로 참고문헌 [1], [2]에 기반하여 분석되었다.

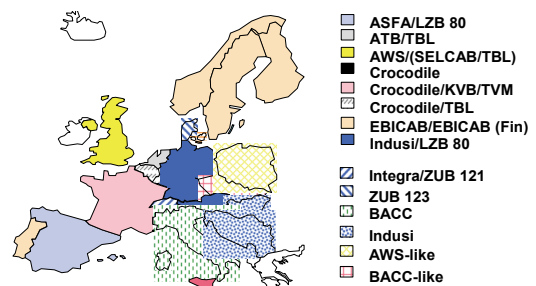


그림 1 유럽의 다양한 열차제어시스템

Fig. 1 Existing Signalling Control System of Europe

† Corresponding Author : Dept. Railway Signalling System Engineering, ARTech Co. Ltd., Korea.
 E-mail: bell10e3@naver.com

* Dept. Signalling System, Korea Rail Network Authority, Korea.

** Dept. Railway Signalling System Engineering ARTech Co., Ltd., Korea.

Received : November 16, 2016; Accepted : January 26, 2017

표 1 유럽의 ETCS 적용현황 비교표

Table 1 Comparison of ETCS application status in Europe

Status	ETCS Level	2007 year		2016 year	
		Length (km)	Ratio (%)	Length (km)	Ratio (%)
Planned	L1	11,025	44.9%	9,261	32.4%
	L2	12,592	51.3%	15,938	55.7%
	L1&2	-	-	2,943	10.3%
	Regional	931	3.8%	450	1.6%
	Sub-total	24,548	100%	28,592	100%
Contracted	L1	866	33.9%	3,038	56.5%
	L2	1,096	43.0%	2,335	43.5%
	L1&2	399	15.6%	-	-
	Regional	190	7.4%	-	-
	Sub-total	2,551	100%	5,373	100%
Under Construction	L1	-	-	5,150	47.7%
	L2	-	-	3,178	29.4%
	L1&2	-	-	2,468	22.9%
	Regional	-	-	-	-
	Sub-total	-	-	10,796	100%
Commercial operation	L1	423	20.7%	2,157	31.9%
	L2	945	46.3%	2,499	37.0%
	L1&2	671	32.9%	1,971	29.2%
	Regional	-	-	134	2.0%
	Sub-total	2,039	100%	6,761	100%
Total		29,138	-	51,522	-

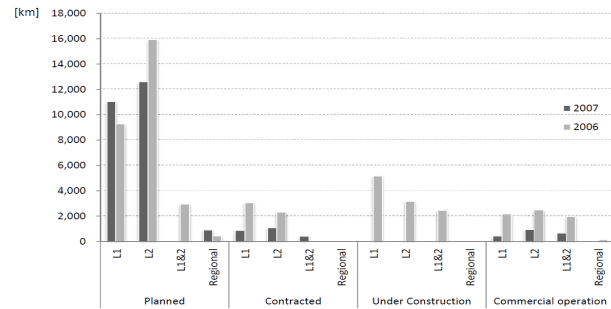


그림 2 유럽의 ETCS 적용현황
Fig. 2 ETCS application status in Europe

이러한 유럽 철도신호시스템은 그림 1에서 보는 바와 같이 개별 국가별 자체 신호시스템을 배제하고 유럽표준사양인 ETCS를 확대 적용하고 있으며, 이와 더불어 GSM-R을 이용한 ETCS Level 2의 확대 적용은 더욱 가속화 될 것으로 예상되고 있다. 또한, 동유럽 국가(체코, 헝거리 등)들도 활발하게 ETCS Level 2 적용을 적극 추진하고 있는 것으로 참고문헌 [1], [2]을 기반으로 분석되었다.

아시아 철도신호시스템 시장의 약 80% 차지하고 있는 중국은 유럽의 ETCS level 2 표준사양을 기반으로 CTCS-3 개발을 완료하여 약 4,180km 영업노선에서 운영 중에 있다.

또한, ETCS의 전 세계 적용현황 검토 했을 때에도 유럽의 현황과 다른 점이 없는 것으로 검토되었다. 이러한 변화의 이유는

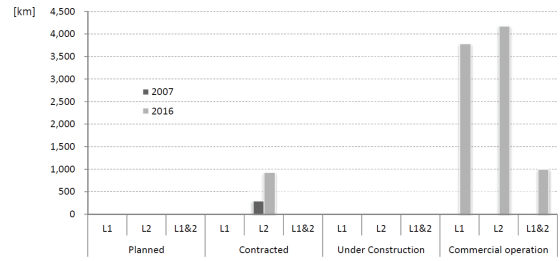


그림 3 중국의 ETCS 적용현황
Fig. 3 ETCS Status in China

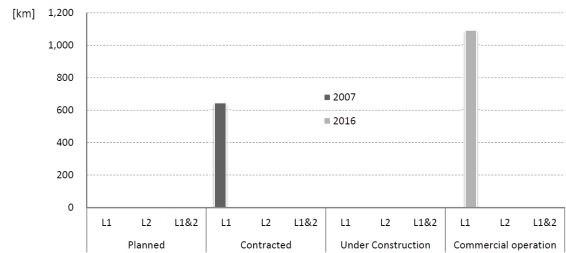


그림 4 국내 ETCS 현황
Fig. 4 ETCS Status of Domestic

ETCS Level 1로 시스템을 운영 및 유지보수 하는 것보다 더욱 스마트해진 시스템으로 신뢰성, 안전성, 경제성 및 설비의 간소화로 유지보수성이 향상되었음을 증명하는 것이며, 이에 따라 ETCS Level 2 시스템은 더욱 확대 적용될 것으로 참고문헌 [1], [2]을 기반으로 분석 되었다.

2.1.2 국내 적용 현황

국내 철도신호시스템의 ATP 시스템(ETCS Level 1) 적용은 2010년에 경부선, 호남선 사용개시를 시작으로 전라선, 경춘선 등 국내 주요 간선철도에 적용되고 있으며, 신설노선에도 지속적으로 확대 적용하고 있다. 그림 4에서 보는 바와 같이 2016년도 기준으로 ETCS Level 1 적용된 운영 노선은 약 1,090km로 검토 되고 있으나, 현재 원주강릉선, 평창올림픽지원선 등의 노선에서 시공 중에 있으며, 설계 중인 다수의 노선에도 적용되고 있는 것으로 정부산하기관의 입찰정보를 통해 조사되었다.

2.1.3 국내 열차제어시스템 발전방향

유럽의 여러 철도선진국과 중국은 ETCS Level 2를 적극 적용하고 있는 반면, ETCS Level 1을 확대 적용하고 있는 실정이나 다행히 최근 3년 전 부터 국내는 ETCS Level 2와 동등 수준의 시스템인 KRTCS-2가 개발 중에 있다. 현재 국내에 운용중인 ATP 시스템의 차상장치는 해외사의 시스템을 도입하여 운용중에 있고, 지상장치는 모두 국산화되어 현장에 시설되어 운영되고 있다. 이러한 기존 시스템을 응용하여 유럽표준사양을 만족하는 순수 국내 기술로 KRTCS-2를 개발하기 위해서는, 우선 외국기술

에 의존하지 않은 기술의 차상장치의 개발이 필요하며, 지상장치 부분에서는 기존 폐색정보를 연동하여 열차의 이동권한(MA, Movement Authority)을 차량으로 제공해 주는 선로변제어유닛(LEU, Line-side Electronic Unit)의 기능을 구현한 무선폐색센터(RBC, Radio Block Center)의 개발이 필요하다.

이와 같은 차상 및 지상설비가 개발이 완료된다면 기존 해외 시스템사의 기술 종속으로부터 완전히 자립할 수 있는 계기가 될 수 있을 것으로 판단되며, 기존 ATP 시스템을 해외 제작사의 제품으로 개량할 경우에 해외사는 기술의 독점적 지위를 이용하여 시스템 비용을 과다하게 요구할 것으로 예상되는데, 이를 수용할 경우 해외 시스템사로 부터 기술적인 종속이 계속될 수 있을 것으로 판단할 수 있다. 따라서, "일반·고속열차 무선통신 및 제어 시스템 실용화" 과제에서 개발 추진중인 "KRTCS-2"의 지상 및 차상장치를 적용할 수 있는 노선계획을 수립하여 국내에서도 가급적 빠른 시일 내에 시스템 검증을 완료하고 현장에 적용하여 해외 철도선진국 및 중국과의 기술 격차를 줄여 해외에서 국내 기술을 소개할 수 있는 기반이 마련되어야 할 것이다.

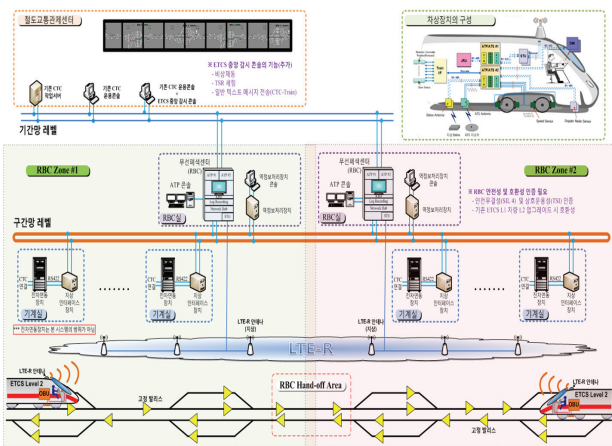


그림 5 KRTCS-2 구성도
Fig. 5 System Configuration for KRTCS-2

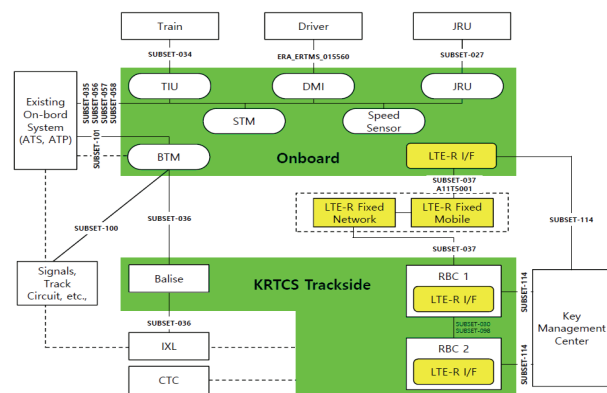


그림 6 KRTCS-2 인터페이스 다이어그램
Fig. 6 Interface Diagram for KRTCS-2

2.2 한국형열차제어시스템 확대적용 방안

2.2.1 확대 적용시 고려사항

다음은 참고문헌 [3]의 자료를 검토하여 국내에 신규 KRTCS-2를 적용할 경우 고려사항에 대해 분석하였다.

(1) **신뢰성 측면:** KRTCS-2 적용시 RBC/LTE-R에서 차상제어장치로 RBC에서 인접 RBC로의 상호 인터페이스가 종합적으로 달성되어 시스템의 신뢰도를 높여야 하는데, 이 문제는 단지 하드웨어 고장과 연관성이 없더라도 소프트웨어 관점에서 데이터 무결성을 달성해야 한다. 또한, 기존에 시설되어 있는 철도신호제어장치의 개량은 현실적인 문제에 대해 더 근본적인 계획이 수립되어야 하며, 새로운 시스템 적용시 문제가 될 수 있는 기존설비와 신규 설비간의 통합문제에서 발생될 수 있는 시스템 신뢰도에 대한 문제가 발생할 가능성을 열어놔야 하며, 이에 대한 구체적인 대안 마련이 필요하다고 할 수 있다. 화물열차가 적재한 경우와 적재하지 않은 경우에 질량의 차이가 발생하므로 제동능력에서 큰 차이가 발생할 수 있는데 이러한 열차의 다양한 파라미터의 선택은 혼합된 철도 운영시스템에서는 궤도회로를 가진 노선에만 적용이 가능하다고 판단되고 있다. 또한, 신호시스템의 유연성 있는 설계를 통해 향후 ATO의 일부 기능 지원을 고려한 시스템의 모듈화를 고려한다면 미래에 발생할 수 있는 철도신호시스템의 환경 변화에 따라 능동적이고 유연하게 대처할 수 있도록 고려되어야 한다.

(2) **유지보수 측면:** KRTCS-2에서 지상신호설비인 역간의 신호기, 폐색장치 및 가변 발리스 등의 시설물들이 제거가 되어 기존의 유지보수 형태가 변할 수 밖에 없는 현실이므로 현행 유지보수의 방법 등이 새로운 시스템의 안전도가 향상이 되는 방향으로 개정되어야 할 것으로 예상된다.

(3) **안전성 측면:** 기존의 무선통신기반열차제어(CBTC, Communication Based Train Control) 시스템에서는 열차위치 및 열차무결성의 변화는 제어시스템 설계 내에서 시스템 안전의 균형에 분명한 영향을 준다. 하지만 KRTCS-2는 궤도회로 기반의 열차의 위치 검지로 기존의 CBTC 시스템 보다는 데이터의 무결성으로 부터 조금 더 자유롭지만 기존 설비인 연동장치와 RBC간 데이터 인터페이스 및 RBC에서 차상치로의 이동권한을 LTE-R 망을 통해 전송되는 데이터 무결성이 입증되어야 안전성이 보장될 것이다.

(4) **운영적 측면:** KRTCS-2 적용시 선로변 신호기의 제거 등의 환경변화는 주요 운영상 첫 번째 문제이다. 폐색신호기의 제거는 운영 초기에 어느 정도는 위험성을 안고 있을 수 있으며, 그 위험 속에서 기관사는 견인력과 제동의 제어에 필수적인 노선 지식을 뒷받침하여 열차가 시간에 맞추어 운행할 수 있도록 보조적으로 참조할 수 있는 표지 세트 등의 대안이 마련되어야 한다. 그리고, 기존의 CBTC 시스템 보다는 위험의 심각도가 작지만 KRTCS-2도 운영상 위험 관점에서 통신고장의 여파는 매우 심각해서 통신시스템의 예비계 운용은 본질적인 문제로 검토되어야 한다. 이러한 문제가 발생하는 KRTCS-2에서는 일차적으로 모든 열차가 일시적으로 비상제동이 걸려 중지될 수 있지만 궤도회로를 기반으로 운영하는 시스템으로 수동으로 운전이 가능하

로 기존의 CBTC 시스템 보다는 운영상 심각도는 낮다고 할 수 있다.

(5) **개발적 측면:** ERTMS Level 2는 오랜 기간 동안의 개발 역사를 가지고 있으며 Level 2는 2001-2003년에 스위스에서 가졌던 시범적용사업 후에 유럽 전반에 걸쳐 운영의 안정성과 신뢰성을 확보하고 있으며, 현재 국가간 열차의 이동에 따른 안전성 보장을 위한 국가간 운영규칙이 마련된 상태로 운영 중에 있다. KRTCS-2는 국내 적용이 이러한 국가간 이동에 따른 인터페이스 사항을 고려할 필요는 없지만, 향후 해외로 수출할 경우를 대비하여 제3의 국가에 제품을 수출해야 할 경우를 대비하여 해외 유럽의 사례를 벤치마킹을 하여 국가간 상호 운영성에 유연하게 대처할 수 있는 제품으로 개발되어야 한다.

(6) **시스템 적용 측면:** 열차에 KRTCS-2 차상장치를 기존 차량에 장착하는 것은 신규 차량에 새로이 장착하는 것 보다 비용적 부담이나 기존 설비와 내에서 개량을 해야 하기 때문에 물리적 공간 확보 측면에서 더욱 어려운 환경이라 판단되므로 기존 차량에 차상장치 설치를 위한 계획 수립시 전자 랙의 크기와 설치공간 확보, 케이블 경로 확보, 전력공급용량도 고려되어야 할 것이다.

(7) **열차의 무결성과 열차길이 측면:** 광역철도에 무선통신기반 열차제어시스템을 적용할 경우 고려되어야 하는 사항으로서 기존에 궤도회로가 있는 일반 및 고속철도구간에서는 고려할 필요는 없다. 따라서 광역철도에 적용시 차상장치 또는 열차관리시스템으로부터 전송되는 정보를 사용하여 열차길이 입력정보의 검증작업과 최소한 자체적으로 열차무결성 확인 작업의 두 가지 모두가 검증되어야 한다.

(8) **시행측면:** 유럽의 경우 신규 ETCS Level 3를 사업에 적용하기 전에 중·장기적으로 ERTMS 시행의 초점을 Level 2에 집중하고 있다. 그 이유를 검토해 보면 Level 3 시스템의 장점이 있지만 현재 Level 3가 풀어야 할 현안사항들이 아직도 많은 부분에 대해 산재해 있다는 의미 일 것이다. 현재 KRTCS-2는 시험 적용을 위한 개발 단계로서 향후 검증과정을 남겨 두고 있지만 유럽에서 주력으로 적용된 Level2 시스템을 집중 검토하여 사업을 추진하는 것이 타당하다고 판단된다. 추가적으로 기존 운행하고 있는 차량에는 ATS와 ATP(ETCS Level 1) 차상장치가 장착되어 있는데 ATP장치를 제거하고 KRTCS-2 장치를 설치했을 때 차량의 서비스 기간(수명)이 얼마 남지 않은 차량이 운행될 가능성이 있다. 이와 같은 경우의 최적의 대안으로서 신규 차량에만 KRTCS-2 차상장치를 장착하고 일정기간 동안에는 기존 차량과 병행 운전하는 방안이 검토되어야 한다.

(9) **일정측면:** 외국 사례의 연구보고서에서는 ETCS Level 3가 기획 단계부터 시험을 거쳐 표준사양이 수립되기 까지 철도 운영자, 시설 관리자와 또한 시스템 공급자들과의 컨설팅에서 개략적으로 10~15년 정도의 기간이 좀 더 현실적이라고 말하고 있다. 따라서, KRTCS-2는 기존에 유럽에서 적용된 시스템요구사항서(SRS) 및 기능사항(FRS)가 이미 정의되어 있기 때문에 위의 사례 보다 적용기간이 앞 당길 수 있을 것으로 보고 있지만 이를 달성하기 위해서는 각 분야별로 주어진 기한 내에 신뢰성, 상호 호환성 또는 상호 운영성 등의 시험이 차질 없이 진행 되어야

할 것이다.

2.2.2 시스템 개량방안 및 절차

국내 철도신호 시스템에는 도시철도를 제외하고 일반적으로 자동열차정지장치(ATS, Automatic Train Stop), 자동열차제어(ATC, Automatic Train Control) 그리고 ETCS Level 1에 준하는 ATP 시스템으로 운영되고 있다. 이러한 시스템을 KRTCS-2로 개량하기 위해서는 차상부분과 지상부분 두 가지로 나누어 설명할 수 있을 것이다. 차상부분을 중심으로 개량할 경우, 우선 기존 차량에 탑재된 시스템과 일정기간 동안 병행설치하여 운영을 하다가 지상측에서 시스템이 구현된 이후 기존 차량시스템을 제거하는 방법이 있을 수 있다. 반면, 지상관점에서 시스템을 개량할 경우 기존 시스템과 KRTCS-2시스템을 일정기간 운용하고 차상장치의 개량이 완료되면 기존 지상시스템은 철거하여 운영하는 방안이 있을 수 있다. 기존시스템과 병행운영 하는 동안의 시설물의 큰 변화는 LTE-R망과 무선폐색센터(RBC)를 운영하는 것이고, 병행운영기간이 종료될 경우 선로변의 신호기등과 같은 폐색 제어장치의 철거가 되어야 한다. 다음의 그림은 참고문헌 [4]를 기반으로 한 KRTCS-2 개량방안이다.

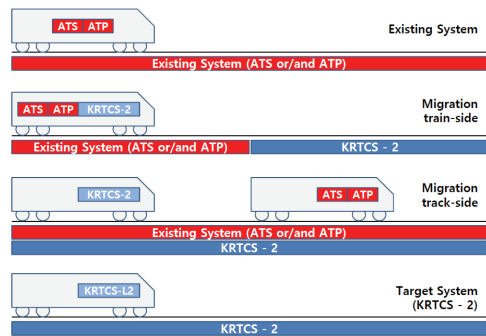


그림 7 KRTCS-2 개량방안
Fig. 7 Improvement Plan for KRTCS-2

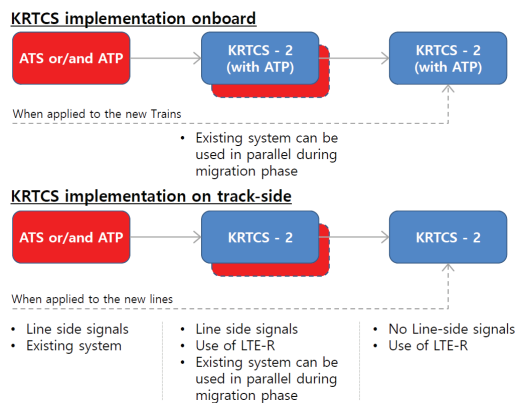


그림 8 KRTCS-2 적용 절차
Fig. 8 Application Procedure for KRTCS-2

2.2.3 확대 적용 기준

아래의 단계는 국내 전국 철도망과 제3차 국가철도망구축계획에 따른 KRTCS-2를 적용하기 위한 중장기 계획 수립을 위한 기준이다. 또한, 이 기준은 기존 시스템의 부분적으로 업그레이드(Upgrade)하는 방안을 배제하였다. 그 이유는 기존 시스템의 경우 운영자가 지속적인 유지보수를 통해 설비가 개수되기 때문에 전국의 각 선구별 역 단위 또는 역간의 설치되어 있는 장치들의 내구연한의 도래 시기가 장치마다 다양하게 발생되어 조사가 불가능하기 때문에 전체 시스템을 신설하는 것으로 검토하였다. 또한, 1단계에서는 기본설계과 실시설계를 고려한 일정을 감안하였다.

(1) 1단계 : 제3차 국가철도망구축계획 시행사업 중 기본계획 중인 노선, 내구연한이 이미 지났거나 앞으로 8년 이하로 개량시기가 도래한 노선, 개량시기에 근접하고 수송비율이 비교적 높은 노선 및 광역철도구간에서 ATO 운전이 필요치 않는 단독노선

(2) 2단계: 제3차 국가철도망구축계획 중 계획사업 노선, 앞으로 내구연한이 9~13년 이하 개량시기가 도래한 노선, 도시철도 운영기관 협의 대상 노선 및 광역철도구간에서 ATO 운전이 필요치 않는 단독노선

(3) 3단계: 제3차 국가철도망구축계획 중 시행완료사업 중 개량시기 도래노선, 앞으로 14~18년 이상 내구연한이 도래한 노선

(4) 미적용 노선 : 광역철도 계획 사업중 ATO운전이 요구되는 노선 및 내구연한이 지났지만 수유가 매우 적고 기존선비를 개수하여 이용 가능한 노선

(5) 단거리노선, 산업단지 노선, 항만노선 등은 사업의 연계성 및 경제성을 고려하여 단계별 구분 적용

2.2.4 확대 적용 방안

단계별 총 연장은 기존 운영노선과 제3차 국가철도망구축계획 노선을 포함하여 약 20,084km로서 일반철도, 고속철도 및 광역철도로 구분할 수 있으며, 표 2와 같이 KRTCS-2의 단계별 노선연장을 계획하였다.

표 2 KRTCS-2 적용거리 (시행 후)

Table 2 Line Distance for KRTCS-2 (after Implementation)

Items		1st phase [km]	2nd phase [km]	3rd phase [km]	
High Speed Railway	Existing line	271.1	313.1	-	
	3rd Plan	Implementation Line	-	127.9	-
		Planned line	-	77.5	-
	Sub total		271.1	518.5	-
National Railway	Existing line	1,136.60	154.9	251.7	
	3rd Plan	Implementation Line	20.9	100.2	1,082.90
		Planned line	77.7	1,095.20	390.6
	Sub total		1,235.20	1,350.30	1,725.20
Metropolitan Railway	Existing line	-	27	40.4	
	3rd Plan	Implementation Line	122.8	-	14.8
		Planned line	-	117	-
	Sub total		122.8	144	55.2
Total		1,629.10	2,012.80	1,780.40	

아래의 그림은 국내 전국 철도망과 제3차 국가철도망구축계획에 따른 일반, 고속 및 수도권광역철도를 대상으로 한 단계별 적용방안에 대한 연구 자료이다.

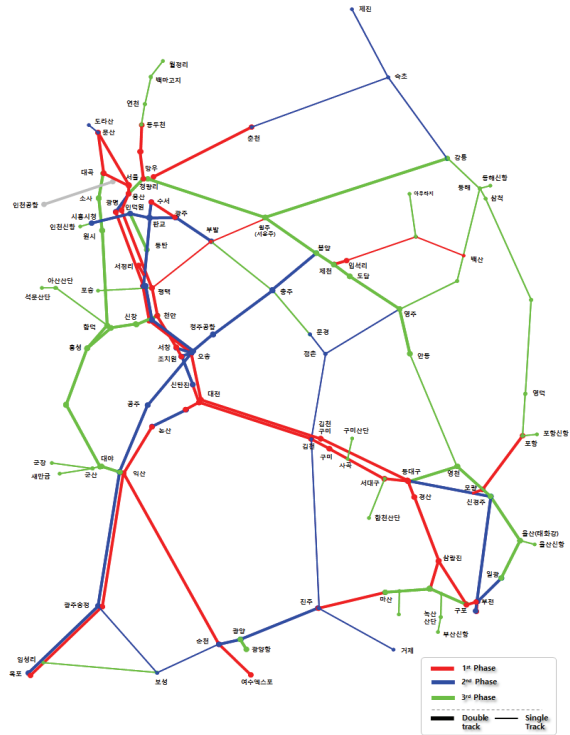


그림 9 KRTCS-2 단계별 확대적용 계획 (전국)
Fig. 9 Implementation Plan for KRTCS-2 (the whole country)

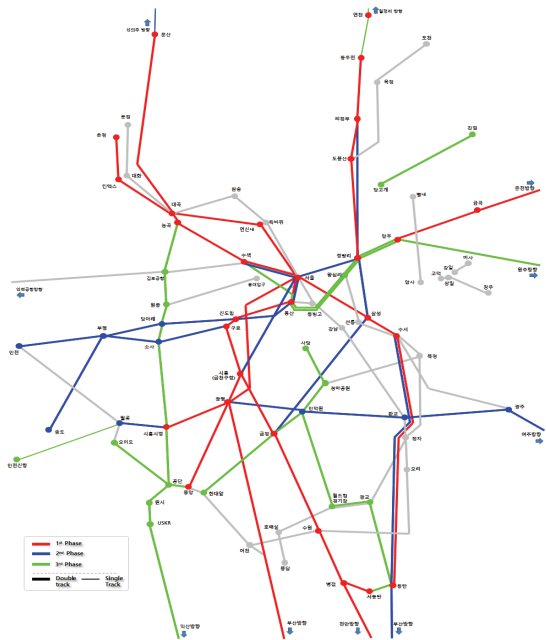


그림 10 KRTCS-2 단계별 확대적용 계획 (수도권)
Fig. 10 Implementation Plan for KRTCS-2 (Metropolitan area)

3. 결 론

국내에서 개발 중인 KRTCS-2와 사양 및 기능이 동등한 ETCS Level 2 시스템은 유럽에서는 이미 약 10년 이상 실적을 보유하고 있어, 이미 신뢰성 및 안전성이 검증된 시스템으로서 유럽 전역에 확대 적용이 진행되고 있는 것으로 검토되었다. 국내에서 진행 중인 시스템 개발은 이러한 해외 표준요구사항을 적용 및 운영사례 검토를 바탕으로 개발, 적용되어야 하고 국내 철도 환경에 적합한 운영 계획 또한 개발되어야 할 과제라 하겠다.

또한 시스템 개량 측면에서 장치들에 대한 개량에 대한 우선 순위를 검토해 볼 수 있는데, 이와 관련하여 지상시스템이 먼저 개량되고 이후 차상장치의 개량이 매우 늦어질 경우, 차상장치의 개량이 완료될 때까지 기존 지상시스템을 운영해야하기 때문에 유지보수적 및 경제적 관점에서 지상시스템 개량 효과가 반감될 수 있을 것으로 판단된다. 따라서, 차상설비 개량은 지상설비의 개량계획과 일치될 수 있도록 하여 시스템의 운영 효율화를 증대 시켜야 할 것이다.

끝으로, KRTCS-2의 성공적인 개발을 통해 부분적으로 기술자립이 아닌 온전한 기술자립으로 국내 노선에 적용할 뿐만 아니라 해외로 진출할 수 있는 교두보를 만들 수 있도록 철저한 시스템 검증이 진행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 2016년도 국토교통부에서 지원에 의하여 철도 기술연구사업인 「일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화」 과제의 수행의 일환으로 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

References

- [1] UIC & UNIFE, ATLAS of ERTMS worldwide implementation, Editions Techniques Ferroviaires Railway Technical Publications, pp. 10~52, 2007.
- [2] UIC & UNIFE, ERTMS ATLAS 2016, International Union of Railways (UIC), 2016.
- [3] Mike Grimsey, ERTMS Level 3 Risks and Benefits to UK Railways, Transport Research Laboratory, pp. 32-40, 2010.
- [4] Dr. Peter Winter, Implementing the European Train Control System ETCS Opportunities for European Rail Corridor, UIC, pp. 15, 17, 2003.

저 자 소 개



이 강 규(Kang-Gyoo Lee)

현, 한국철도시설공단 KR연구원 부장
2012년 조선대학교 대학원 공학석사
Tel : 042-607-4344
Fax : 042-607-4040
E-mail :monsilee@kr.or.kr



최 종 관 (Jong-gwoan Choi)

현, 한국철도시설공단 KR연구원 차장
1999년 광운대학교 제어계측공학과 공학석사
Tel : 042-607-4345
Fax : 042-607-4040
E-mail : cjgan@kr.or.kr



성 동 일 (Dong-II Sung)

현, 한국철도시설공단 KR연구원 차장
1995년 조선대학교 전기공학과 졸업
Tel : 042-607-4343
Fax : 042-607-4040
E-mail : disung@kr.or.kr



윤 학 선 (Hak-Sun Yun)

현, 한국철도시설공단 신호처 부장
2012년 광운대학교대학원 공학박사
Tel : 042-607-3122
Fax : 042-607-4319
E-mail :kamayun@kr.or.kr



박 종 원 (Jong-Weon Park)

현, 한국철도시설공단 KR연구원 부장
2015년 우송대학교 철도대학원 공학석사
Tel : 042-607-4342
Fax : 042-607-4040
E-mail :ilovejss@kr.or.kr



김 유 호 (You-Ho Kim)

현, (주)에이알텍 사장
2016년 연세대학교 일반대학원 공학박사
Tel : 02-2083-5601
Fax : 02-2083-5650
E-mail : asa812@korea.com



이 남 형 (Nam-Hyoung Lee)

현, (주)에이알텍 설계사업부 본부장
2012년 우송대학교 철도대학원 공학석사
Tel : 02-2083-5611
Fax : 02-2083-5650
E-mail : ggkkk@korea.com



유 종 천 (Jong-Cheon Yoo)

현, (주)에이알텍 설계사업부 상무
1995년 서울과학기술 대학교 졸업
Tel : 02-2083-5638
Fax : 02-2083-5650
E-mail : bell10e3@naver.com