

고속 종합검측시스템 기술개발 현황과 전망



최 일 윤
한국철도기술연구원
공학박사/고속종합검측시스템 연구단장
T.031.460.5347
ijchoi@krii.re.kr

1. 머리말

철도의 안전한 운영을 위해서는 궤도, 전차선, 신호분야 등 여러 시설물들이 당초의 성능이 충분히 확보되어야 하며, 안전 및 유지관리에 있어서 매우 중요한 항목들은 검측차를 이용하여 정기적으로 검측하고 있다.

현재, 검측차는 전량 국외 수입에 의존하고 있으며, 검측차량에 대한 과다한 유지보수 비용 청구 및 장기간 수리로 인한 검측업무 공백사례 발생 등으로 검측시스템의 국산화가 요구되고 있는 실정이다.

고속선 검측을 위하여 운행속도 160km/h의 Roger-1000K 검측차를 도입하였으나, 고속선에서 운행되는 KTX의 운행속도와 차량특성이 상이하여 궤도검측 결과와 차량거동을 동기화하여 궤도유지보수에 필요한 전문적인 상관관계분석에 어려움이 있다. 또한, 영업차량의 운행에 지장을 주지 않고 국내고속철도의 운영속도와 같은 속도로 운행하면서 주간 검측을 수행할 수 있는 검측시스템 개발을 통하여 현행 야간검측에 따른 궤도유지보수 시간 부족 해결 및 고속화 구간의 유지보수 합리화가 필요하다.

이러한 현안사항을 해결하기 위하여 국토교통부에서는 고속(300km/h)으로 주행하면서 궤도, 전차선 등 시설물의 상태를 동시에 검측할 수 있는 고속종합검측기술개발을 추진하였다.

본 고에서는 국토교통부 국토교통과학기술진흥원의 연구과제로 한국철도기술연구원에서 연구단 과제 수행하고

있는 고속 종합검측시스템 기술개발 내용을 소개하고, 여러 운영기관 및 담당자의 다양한 의견을 수렴하는 기회를 마련하고자 하였다.

현재, 개발중인 고속 종합검측 시스템은고속철도를 기본대상으로 하고 있으나, 일반철도 및 도시철도의 활용을 고려하여 연구개발을 추진중이다.





2. 고속종합검측 시스템 기술현황

2.1 해외 고속종합검측 시스템 기술 동향 및 현황 분석

고속철도분야에서 독자기술을 보유하고 있는 국가는 프랑스, 일본, 독일이 대표적이며, 이들은 세계 고속철도 시장을 선점하기 위해 치열한 기술개발 경쟁을 벌이고 있다. 차량의 고속화, 지능화, 승객편의성, 안전성 향상 및 운용비용 최소화에 주력하고 있으며 프랑스, 이탈리아, 중국, 일본 등에서 차량 유지보수 비용 최소화와 운용 효율성 증대를 위해 고속차량에 표준 모듈 시스템을 적용 및 개조한 검측차량을 이용하여 영업운행차량과 동일한 조건(속도, 차량)에서 검측을 수행하며 고속운행 환경에서 차량의 거동을 측정하여 검측결과와의 비교분석을 가능하게 하고 있다.

프랑스는 1970년 모젠(Mauzin)검측차 개발 이후, 1988년 차량승차감 및 선로면 결합 측정기능을 추가하여 영업용 TGV-R 차량에 멜루진(Melusine)을 조성하여 사용하고 2006년 고속화에 대응한 고정밀 유지관리를 목적으로 TGV-R 10량 1편성 차량을 개조하여 IRIS-320을 개발하였

표 1. 해외 고속종합검측 시스템 현황 분석

명칭	IRIS 320, France	Dr. Yellow, Japan	Archimede, Italy	CRH380B, China
사진				
편성	10량 1편성	7량 1편성	6량 1편성	8량 1편성
속도	320km/h	270 km/h	250km/h	400km/h
차량 구성	<ul style="list-style-type: none"> - 검측차 4대 - 기관차 2대 - 회의실차 1대 - 작업인원차 1대 - 업무용차 2대 	<ul style="list-style-type: none"> - 1호: 전력/신호/통신 - 2호: 궤도관련측정 - 7호: 첨승자용 - 3,4호 : 측정패턴그래프 - 5,6호 : 가선상태 감시용 관측 돔 탑재 	<ul style="list-style-type: none"> - 1호: 운전, 미디어실 - 2호: 전력/통신/측정 - 3호: 궤도(주행)측정 - 4,5호 : 수화물, 보조시스템 - 6호 : 기관차, 선로순회 전화, 위치정보 	<ul style="list-style-type: none"> - 1호: 신호·통신 - 2호: 전차선 - 3호: 궤도 - 4,5,6호 : 회의/장비실, 식당 - 7호: 분석실 - 8호: 시험실
주요측정 항목	<ul style="list-style-type: none"> - 궤도틀림 - 레일단면/마모 - 레일표면결함 - 전차선 - 신호/통신 	<ul style="list-style-type: none"> - 궤도틀림 - 레일단면/마모 - 선로순회 - 전차선 - 신호/통신 	<ul style="list-style-type: none"> - 궤도틀림 - 레일단면/마모 - 선로순회 - 전차선 - 신호/통신 	<ul style="list-style-type: none"> - 궤도틀림 - 레일단면/마모 - 레일표면결함 - 선로순회 - 전차선 - 신호/통신

으며, 320km/h로 선로, 전차선, 신호, 통신시설에 대한 검측 업무를 수행하고 있다.

일본의 경우, 신간선 전기궤도종합시험차량인 닥터엘로우를 개발하여, 270km/h 속도로 궤도, 전차선, 신호, 통신 등을 검측하고 있다. 이탈리아는 6량 1편성의 250km/h급 Archimede 검측차(Roger-2000)를 개발하였고 중국에서는 400km/h급 고속검측열차의 핵심기술과 장비개발 연구를

수행하여 2011년 4월 고속종합검측열차(CRH380B-002)를 개발하였다.

2.2 국내 검측차 운영 현황

한국철도공사에서는 EM-120과 Roger-1000K(종합검측차)를 보유하고 있다. 검측차는 기술부족으로 철도선진국으로부터 개발된 제품의 수입에 의존하고 있는 실정이

표 2. 국내 검측차 운영 현황

검측차명	EM-120	EM-140K	Roger-1000K
주요 노선	일반철도	일반/고속철도	고속철도
속도	120km/h	140km/h	160km/h
운용사진			
편성	1량 1편성	1량 1편성	1량 1편성
제작사	오스트리아 Plasser	오스트리아 Plasser	이탈리아 MerMec
궤도틀림 검측원리	접촉식	비접촉식 관성법 레이저, 카메라, INS	비접촉식 현정시법 레이저, 카메라
검측항목	궤도틀림	궤도틀림 레일단면/마모	궤도틀림 레일단면/마모 전차선 높이/편위/마모 신호 (연속·불연속 정보/레벨) 통신 (전계강도)

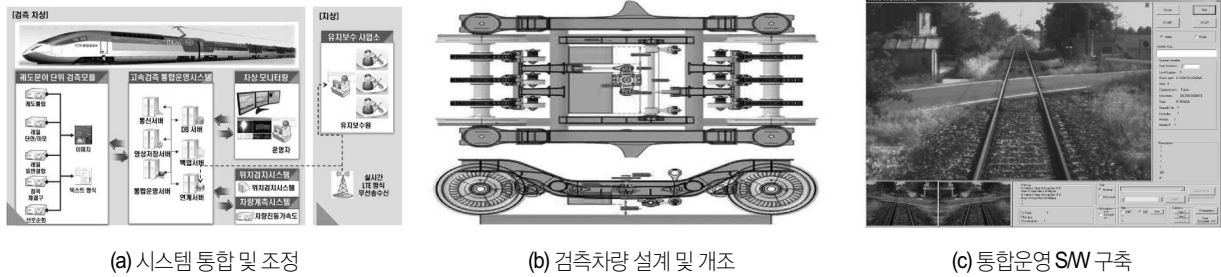


그림 1. 고속검측 통합 SW 개발 및 시스템 통합

다. 한편, 한국철도공사에서는 2013년 12월에 비접촉식 관성식 방법을 사용하고 있는 Plasser의 EM-140K을 도입하여 2014년 현재 시험운영중에 있다.

고속철도의 경우, Roger-1000K 종합검측차(1량, 자주식, 2004년 도입)를 이탈리아 Mermec으로부터 도입하여 검측을 수행하고 있으나, 차량운행 속도가 160km/h로써 주간 운행이 곤란하여 야간 검측을 수행 중에 있다. 따라서 궤도 등에 대한 야간유지보수 시간을 충분히 확보하기 곤란한 실정이다. 또한, KTX의 고속운행조건과 상이한 조건(차량, 운행속도 등)하에서 검측이 수행됨에 따라 KTX의 고속주행 거동과 검측결과를 동기화하여 궤도유지보수에 필요한 자료 확보에 한계가 있고 고속철도 및 일반철도 뿐만 아니라, 도시철도 등에서도 검측에 대한 요구는 증가하고 있으므로, 각 운영기관의 요구에 탄력적으로 대응할 수 있는 맞춤형 검측시스템 제공이 가능하도록 검측시스템 개발에 관한 독자적 기술 확보가 필요한 상황이다.

3. 고속종합검측 시스템 기술개발

현재 수행중인 고속종합검측시스템 연구단 과제는 고속(300km/h)주행하는 차량에 부착하여 궤도분야(궤도틀림, 레일표면결함, 침목 등), 전차선 및 신호분야를 고속으로 검측할 수 있는 검측시스템 개발을 목표로 하고 있다. 개발한 검측모듈을 고속차량에 설치하고 차량내에 검측실을 구축하고, 시운전 시험을 통하여 성능을 검증할 예정이다.

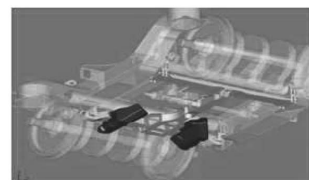
본 연구단 과제는 3개의 세부과제로 구분되어 있으며, 간략히 설명하면 다음과 같다.

3.1 고속검측 S/W 개발 및 시스템 통합

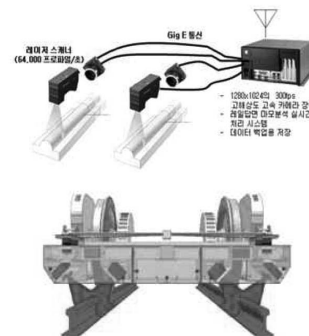
고속철도 인프라의 유지보수 효율화를 위한 고속 검측 S/W 개발 및 시스템 통합(1세부)은 시스템 조정 및 통합, 검측차량 설계 및 개조, 통합운영 S/W 개발, 고속종합검측시스템 시운전 시험 및 성능보완으로 구성되어 있다. 궤도 검측모듈 개발에서 단위모듈별 검측결과의 데이터에 대한 저장, 처리 및 분석기능을 보유한 통합운영시스템을 개발하는 것을 목적으로 한다.

3.2 궤도검측모듈 개발

2세부과제에서는 궤도틀림, 레일표면/침목/체결구 결



(a) 궤도틀림 검측 모듈



(b) 레일/침목/체결구 결함 탐지 모듈

그림 2. 궤도틀림 검측모듈 개발

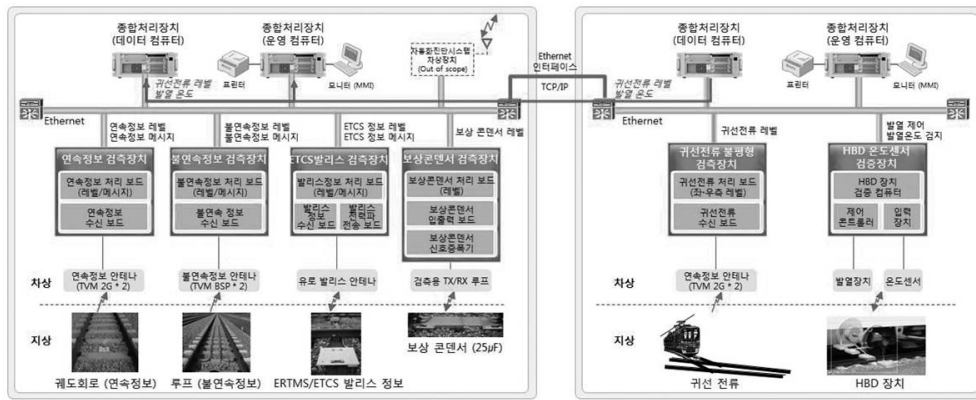
합 등 검측항목별로 모듈화하여 궤도 검측모듈을 개발 중이다. 고속철도 뿐만 아니라 일반철도, 도시철도 등에서의 활용을 감안하여 연구개발을 수행할 예정이며, 여러 철도 운영기관의 의견 수렴과 적극적인 관심이 필요하다.

카메라 및 레이저 등 광학 기술을 이용한 비접촉식 방법과 INS(Inertial Navigation System)를 이용하여 궤도틀림 검측모듈을 개발 중이다. 궤도틀림 검측모듈은 IMU(Inertial Measurement Unit)와 GPS(Global Positioning System),

OGMS(Optical gage Measuring System), 카메라 등으로 구성된다. 레일단면마모, 레일표면 결함, 침목 및 체결구 결함을 Vision 시스템을 이용하여 계측하는 모듈을 개발 중이다. 또한, 차량의 진동가속도 계측을 통한 승차감 및 주행안전성 평가모듈을 개발할 예정이다.

3.3 전기검측모듈 개발

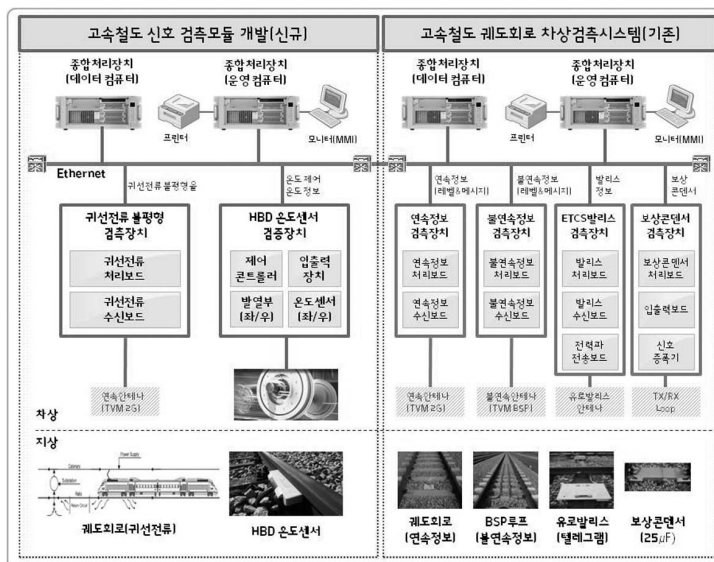
전기 및 신호분야(3세부)의 경우, 타 국가연구개발사업



고속철도 차상 전기검측시스템 자동화단 기술개발 구성도 (기존 과제)

고속철도 전기 검측모듈 기술개발 구성도 (신규 과제)

(a) 전차선 검측모듈



(b) 신호 검측모듈

그림3. 전기검측모듈 개발

으로 주요 검측모듈에 대한 개발을 추진하여, 2014년 6월 개발 완료 예정이다. 전차선 동적높이/편위, 전차선 열화상, 전차선 접촉력, 아크 검측모듈과 신호분야의 연속/불연속 정보, 보상컨텐서, ETCS 발리스 검측모듈 등을 한국철도공사 주관하에 기 개발하였다.

본 연구단과제에서는 기 수행한 검측모듈에서 제외된 전차선 마모/습동면, 종방향시설물변형과 귀선전류 및 HBD 온도센서 검측모듈을 추가로 개발하고, 전차선 및 신호분야의 종합처리 장치 구축을 목표로 하고있다.

4. 맺음말

고속종합검측시스템은 고속으로 주행하는 차량에 센서, 검측모듈 등과 같은 구성요소들이 통합되어 시스템을 구성하며, 검측의 정확성 및 운행시 안전성 등 복합적인 요소들 간의 상호 조화와 균형, 상관관계, 상승효과 등을 고려한 시스템 엔지니어링 기반의 기술이다.

300km/h급 이상의 속도를 가진 고속열차에 고속 종합검측 시스템을 설치하여 선로, 전기 등 철도기반시설을 검측하는 시스템으로써 기존 철도 운용환경을 고려하여 설계되어야 하고 시스템 운용적인 측면을 고려하여 대상시스템과 외부시스템의 인터페이스 및 영향력 등을 고려한 개발이 필요하다.

이처럼 고속종합검측 시스템 기술개발을 위해 통합운영 시스템, 궤도검측 및 전기검측 모듈을 편성하고 회의실 및 장비실 등을 구성하여 장기 검측에 대응할 수 있도록 하며 단계별 목표를 수립하고 적합한 추진전략 및 일정계획을 수립해야 한다. 또한, 정부 및 관련기관 등 기술수요처와 유기적 협조체계를 구축하여 연구성과를 현장에 적용시킬 수 있도록 관련 기술수요처의 의견을 적극적으로 수렴하고 다양한 분야의 이해관계자들이 공통의 운용, 시스템, 기술표준 관점과 더불어 제반규정과 기준들을 마련하고 이에 대한 관련 검토 그리고 현장 애로사항 등의 반영이 연구개발 시 함께 이루어져야 할 것이다.

적시의 선로유지보수 및 예방 보수를 통한 양호한 궤도상태 관리가 가능하며 철도차량 운행의 주행안전성 및 승차감 확보에 기여하고 한국형 철도 자산관리 및 유지관리 시스템 구축으로 관련 시장형성 및 기반기술에 대한 해외 수출에도 기여할 수 있으리라 전망된다.

5. 감사의 글

본 연구는 국토교통부 국토교통과학기술진흥원에서 시행하는 철도기술연구사업의 “철도인프라의 유지보수를 위한 고속종합검측 시스템 기술개발” 과제의 지원을 받고 있음을 밝힙니다. ☺