

## 고속철도 전기 검측모듈 기술개발

### Development of Electric Detection Module for High-Speed Railroad

이병곤<sup>†</sup>, 이시빈<sup>\*</sup>, 권성일<sup>\*</sup>, 한승훈<sup>\*</sup>

Byeong Gon Lee<sup>†</sup>, See Bin Lee<sup>\*</sup>, Sung IL Kwon<sup>\*</sup>, Seung Hun Han<sup>\*</sup>

**Abstract** In order for stability and efficient maintenance of rail facilities, electric inspection car(ROGER-1000K) and ktx-36 where the inspection equipment is installed are being operated. However, the key equipment for high-speed rail maintenance was not domestic productionalization. Also it is difficult to obtain inspection data because of different operating speeds and vehicle characteristics. For this reason the inspection system on wire wear (sliding surface), facilities deformation (TSI), detection of the return current unbalance and the temperature sensor of axle heat detection device (HBD) needs to be developed. In this research, we aimed at the research development of high-speed rail electric detection module, a comprehensive information display inspection and management of inspection data.

**Keywords** : High-speed railway, Electrical equipment, Inspection system, Image processing

**초 록** 국내에서는 2004년 고속철도 개통 및 철도시설물의 효과적인 유지보수와 안정성 확보를 위하여 이탈리아(MerMec)에서 종합검측차(ROGER-1000K) 도입과 영업차량인 KTX-36호에 검측장비를 설치 운용하고 있다. 그러나 고속철도 유지보수를 위한 핵심장비는 국산화되지 못했으며 고속으로 운행되는 KTX와 상이한 운행속도 및 차량특성으로 정확한 검측자료 확보에 많은 어려움이 따른다. 이런 이유로 해외 철도선진국에서 운용하고 있는 전차선 마모(습동면), 시설물 변형, 귀선전류 불평형 검측 및 차축발열검지장치의 온도센서 검증을 위한 검측모듈 개발은 반드시 필요하다. 본 논문에서는 고속철도 전기 검측모듈과 종합적인 검측정보 표시 및 검측 데이터 관리를 위한 종합처리장치에 대하여 고찰한다.

**주요어** : 고속철도, 전기설비, 검측시스템, 영상처리

## 1. 서 론

국내 전기철도는 2004년 경부고속철도 개통을 시작으로 기존선의 고속화에 따른 전철화 및 간선철도의 신규노선 확장 등으로 비약적인 발전을 하고 있으며, 또한 호남고속철도 건설 및 수도권 주민에 대한 편의 증대를 위하여 고속철도(수서-평택) 건설이 추진되고 있다. 이러한 추세에 따라 급증하고 있는 철도시설물의 효과적인 유지보수와 안정성 확보를 통한 고속열차의 최적화된 운행 조건을 제공하기 위하여 이탈리아(MerMec社)에서 종합검측차(ROGER-1000K)를 도입하여 전차선로 및 궤도회로 등을 검측하고 있으며, KTX-36호에 차량,

† 교신저자: 한국철도공사 기술연구처(yeun0714@korail.com)

\* 한국철도공사 기술연구처

전기, 궤도 검측장비 등을 설치하여 운용하고 있다. 그러나 철도시설물 유지보수를 위한 검측장비는 대부분 외자부품으로 국산화는 미흡한 실정이며, 고속으로 운행되는 KTX와 상이한 운행속도 및 차량특성으로 정확한 검측자료 확보에 많은 어려움이 있다. 최근 철도시설물 유지보수의 세계적인 기술개발 추세는 자동화 및 IT기술의 적용으로 비접촉식 검측장비 대부분이 레이저 및 2D, 3D 방식의 영상처리기술을 사용하고 있다. 본 논문에서는 해외선진국에서 진행하고 있는 전차선 마모(습동면), 시설물 변형(TSI: Transversal Structure Inspection), 귀선전류 불평형 검측 및 차축발열검지장치(HBD: Hot Box Detector)의 온도센서 검증을 위한 고속철도 전기 검측모듈과 종합적인 검측정보 표시 및 검측데이터 관리를 위한 종합처리장치 대하여 고찰한다.

## 2. 국외 검측시스템 기술 동향

### 2.1 전차선 분야

MerMec社は 전 세계에 많은 검측시스템을 제공하고 있으며, 한국철도공사에서 운용하고 있는 종합검측차(ROGER-1000K), 전철시험차(검측장비) 및 서울메트로에서 운용하는 종합검측차(ROGER-600) 등 검측장비 대부분이 MerMec社에서 도입 되었다. 전차선 검측시스템은 0~360km/h로 운행하면서 동시에 8개 전차선을 20mm 단위까지 검측이 가능하며, 200km/h 속도에서는 10mm 단위까지 검측이 가능하다. 또한 초당 5천개의 검측데이터를 50~100 $\mu$ s에 변환하고 있으며, 전차선 마모 검측 정확도는 신선에서  $\pm 0.2$ mm, 운용선에서  $\pm 0.4$ mm까지 가능하다. 검측항목은 전차선 편위, 높이, 마모, 팬터그래프 접촉력, 전철주검측, 아크검출, 전기파라미터 검측, 전차선 스캔 등을 검측한다. 전차선로 영상결합 검측시스템은 광학 기술을 기반으로 고해상도 카메라로 시설물을 측정하고 향상된 알고리즘을 적용하여 시설물 진단 분석을 수행한다. 전차선로 횡방향 결합 검측시스템(TSI)은 전철주검지 시스템(Pole detection)이 곡선당김금구를 인식하는 시점에 고해상도 카메라를 통한 가동브래킷 촬영 이미지를 실시간 저장한 후, 이미지 프로세싱을 통해 전차선로 시설물 변형 및 손상등을 검사하고 유지보수 자에 의해 평가를 받는다. 전차선로 종방향 결합 검측시스템(LSI: Longitudinal Structure Inspection)은 고해상도 라인스캔카메라와 레이저를 이용하여 전차선로, 드롭퍼, 균압선, 절연체 등의 결합을 검측 한다.

### 2.2 신호통신 분야

국외의 철도선진국은 대부분 전용 종합검측차를 운용하여 지상설비에 대한 실시간 검측 및 종합적인 검측데이터 운영을 위한 자동화 진단 기능을 수행하고 있다. 프랑스는 320km/h 속도에서 궤도, 전차선, 신호 및 통신시스템을 점검하기 위하여 종합검측차(IRIS-320)를 운용하고 있으며, 신호의 정확한 검측은 유지보수 운영의 효율성 향상에 도움을 주어 예방유지보수를 주목적으로 한다. 또한 정상, 긴급 또는 위험과 같이 분류한 검측 자료는 80Tb 용량을 20년간 보관이 가능한 국가 서버에 저장하기 위해 GPRS(General Packet Radio Service)를 이용하여 전송된다. 종합검측차(IRIS-320) 검측시스템에서 하드웨어는 측정 센서에 연결된 6

개의 보조서버와 데이터 전송속도 4Mbps의 광케이블 20km의 근거리통신망(LAN)으로 연결된 12개의 워크스테이션으로 구성되어 있다. 이탈리아 종합검측차(ROGER-600)은 이탈리아 국영 철도망(RFI: Rete Ferroviaria Italian)에 의해 인수되어 Caronte로 명명 되었으며, MerMec社의 신호장치(SCMT/SSC BL3 Onboard subsystem) 및 측정시스템(Eurobalise, 궤도회로 및 GSM-R을 위한 차상 진단장치)을 탑재하고 있다.

### 3. 전기 검측모듈 국산화 개발

#### 3.1 전차선 검측모듈

전기 검측모듈 국산화 개발은 2010.12월부터 국가R&D사업으로 「고속철도 차상전기 검측시스템 자동화진단 기술」에 대한 연구개발이 진행되고 있으며, 개발항목은 전차선의 경우 높이 및 편위, 아크, 접촉력, 시설물변형(LSI), 열화상 검측장치와 신호분야의 경우 연속정보, 불연속정보, 보상콘덴서 이상 유무, ETCS 발리스 및 검측정보를 통합하여 유지보수자에게 제공하는 종합처리장치를 개발하고 있다. 그러나 기존 시행하고 있는 국가R&D사업에서는 전차선 마모(습동면), 시설물 변형(TSI), 귀선전류 불평형 검측 및 차축발열검지장치(HBD)의 온도센서 검증을 위한 검측모듈 개발은 포함되어 있지 않다. 따라서 종합검측차의 통합적인 완성을 위하여 기존 국가R&D사업에서 제외된 검측모듈 개발을 추진하게 되었다.

##### 3.1.1 전차선 마모 검측모듈

전차선 마모 검측모듈은 고속검측차 상부에 설치하여 비접촉식 방식으로 전차선 프로파일 단면적을 측정 및 분석하여 전차선 마모량 검측을 위한 시스템으로, 전차선 마모 검측 차상장치와 전차선 마모 수집장치로 구성된다. 고해상도 카메라와 라인레이저를 이용 하여 3차원 프로파일 방식으로 전차선 단면적을 정밀하게 측정하며, 전차선 트래킹 장치를 이용하여 350km/h 이상에서 25cm간격으로 전차선을 고속 측정한다. Fig.1은 전차선 마모 검측모듈의 구성과 전차선 마모의 측정항목을 나타낸다.

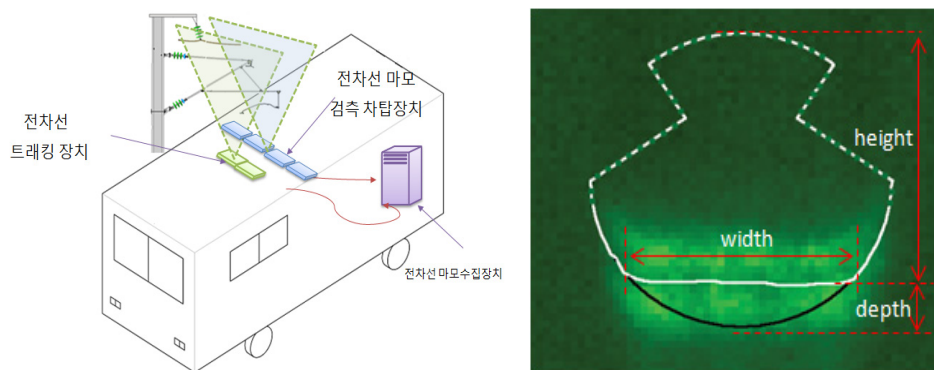


Fig. 1 Contact wire wear

### 3.1.2 전차선 습동면 검측모듈

전차선의 마모는 펜터그래프와 습동에 의해 접촉면에서 전기적인 또는 기계적인 마모가 발생하며 정상적인 마모는 문제가 되지 않지만 비정상적인 국부마모는 전차선의 수명단축 및 단선 등의 문제점을 발생시킨다. 전차선 습동면 검측모듈은 전차선의 습동면 상태 (국부마모 및 패임)를 검측하여 전차선의 교체주기를 파악하기 위한 시스템이다.

### 3.1.3 횡방향 전차선로 시설물 검측모듈(TSI)

횡방향 전차선로 시설물 검측모듈(TSI)은 전차선로 가동브래킷 구성요소의 파손 및 위치 변화, 각도변화 등의 결함을 검사하는 시스템이며, Fig.2는 가동브래킷 검측장치와 시설물 이미지 수집장치의 구성을 나타낸다. 가동브래킷 검측장치는 가동브래킷(상부파이프, 주파이프, 수평파이프, 수평파이프의 지지파이프, 곡선당김금구 지지파이프)의 이미지를 획득하기 위한 전/후방 카메라와 상시 전차선로 시설물에 광원을 제공하기 위한 전/후방 조명으로 구성 된다. 또한 실시간 획득한 시설물 이미지를 차상에 설치된 시설물 이미지 수집장치에 전송한다. 검측이 완료되면 수집된 시설물 이미지는 정밀한 결함분석을 위해 시설물 변형분석서버가 검사를 수행하게 된다.

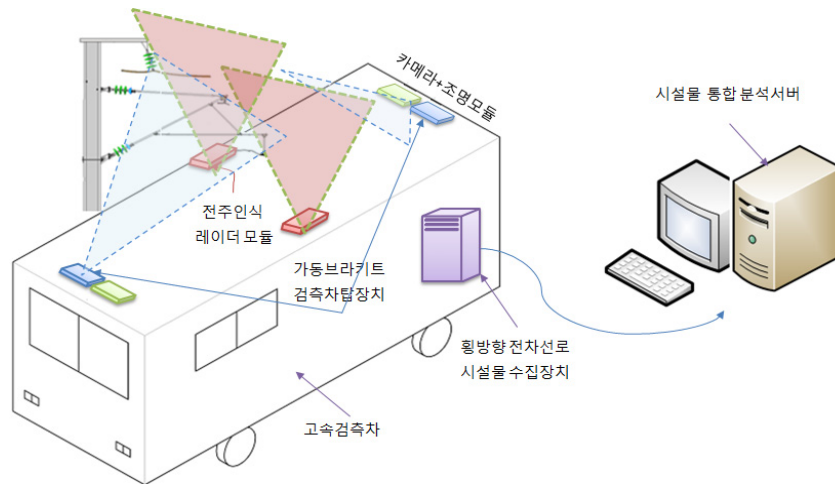


Fig. 2 Transversal Structure Inspection

### 3.1.4 전철주인식 레이더모듈

전철주인식 레이더모듈은 종합검측차가 고속주행 중에 전차선로 가동브래킷을 실시간 인식하여 횡방향 전차선로 시설물 검측모듈(TSI)의 영상취득신호(트리거신호)를 제어한다.

## 3.2 신호 검측모듈

신호분야 검측의 통합적인 완성을 위하여 귀선전류 검측, 차축발열검지장치(HBD) 온도센서 검증을 위한 차상장치, 그리고 종합적인 검측정보의 표시 및 관리를 하기 위한 종합처리

장치의 개발이 필요하다. 귀선전류는 전차선으로 공급된 전류가 차량을 통하여 변전소로 귀환하는 전류이며, 선로 설비의 주요 장애는 물론 EMI, EMC, 선로작업 요원의 생명 및 선로 기기 설비의 동작에 치명적인 고장을 유발할 수 있는 핵심 요소이다. 특히 귀선전류는 고속철도 열차제어시스템인 ATC에 의해 지상에서 차상으로 열차운행 관련 정보를 제공하는 궤도회로에 가장 큰 영향을 주는 주요인자로, 열차제어 시스템 대부분의 장애와 밀접한 관계를 가진다. 따라서 귀선전류 불평형 검측은 궤도회로의 보호, 선로작업원의 인명 보호를 위하여 반드시 필요하다. 고속철도 지상에 설치되는 차축발열검지장치(HBD)는 차축온도 검지 센서, 제어랙 등으로 구성되어 설치 지점을 통과하는 열차의 모든 차축의 온도를 모니터링하여 비정상적인 차축을 인지하며, 차축온도에 따라 단순경보, 위험경보 및 기술적 경보가 발생되어 CTC 관제센터 및 차상설비로 관련 경보를 전송한다. 그러므로 차상에 별도의 검증용 장치를 구축하여 차축발열검지장치(HBD)의 차축 온도검지 센서에 대한 객관적인 검증 및 지속적인 성능을 점검하는 것은 열차의 안전 운행을 보장할 수 있는 핵심적인 요소이다. Fig.3과 같이 종합처리장치는 귀선 전류 불평형 검측 및 차축발열검지장치(HBD)의 온도센서 검증과 관련된 각종 정보를 표시하고 관리하기 위한 기능을 구현한다.

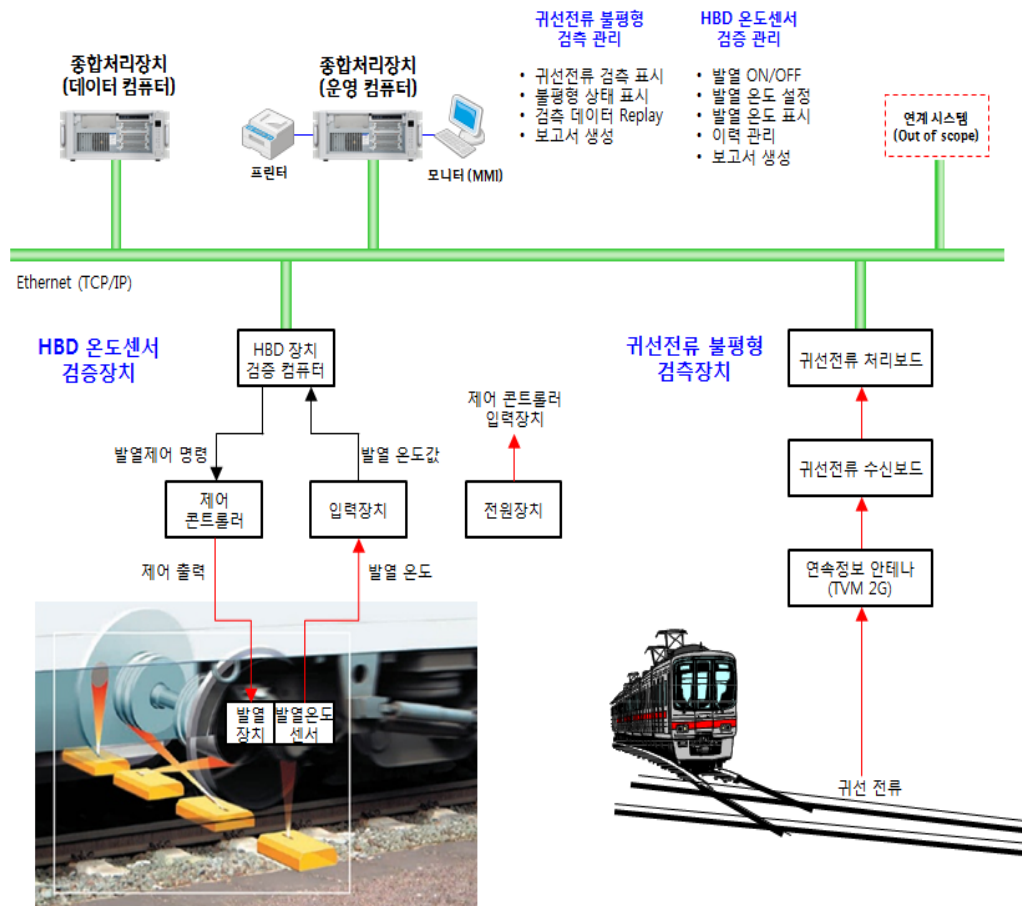


Fig. 3 Signal detection system

## 4. 결 론

본 논문은 급증하고 있는 철도시설물의 효과적인 유지보수와 안정성을 확보하기 위하여 350km/h 이상의 속도에서 검측이 가능한 전차선 마모(습동면), 시설물 변형(TSI), 귀선전류 불평형 검측 및 차축발열검지장치(HBD)의 온도센서 검증을 위한 고속철도 전기 검측모듈을 국산화하고, 자동화 및 실시간 검측데이터를 활용한 고속 모니터링시스템 구현으로 새로운 유지보수 체계의 개념을 설명하고 있다. 또한 고가의 수입장비를 대체하고 해외 의존도 감소를 통하여 지속적인 경쟁력을 확보 할 수 있으며, 향후 고속종합검측차에 탑재하여 종합 검측차(ROGER-1000K) 및 KTX-36호를 대체 운용할 수 있는 전용 고속종합검측차를 확보 함으로써 획기적인 유지보수 체계의 전환이 기대된다.

## 후 기

This research was supported by a grant(13RTRP-B065478-01) from Future Urban Railway Development Program funded by Minister of Land, Transport and Maritime Affairs of Korean government.

## 참고문헌

- [1] Yu. V. Chugui(2008) Optical Remote Dimensional Inspection of Live Contact Wire in Train's Electro-Supply Network, MEASUREMENT SCIENCE REVIEW, Volume 8, Section 3, No. 2, 2008
- [2] Galiulin, Rav. M., Galiulin, Rish. M. et al (2002). Optoelectronic computer aided systems for inspection of gas-turbine engine complex objects. In Proceedings of SPIE 4900: Seventh International Symposium on Laser Metrology Applied to Science, Industry, and Everyday Life, 9-13 September 2002 (pp. 178-184). Washington, USA: SPIE.
- [3] Skotheim, O., Couweleers, F. (2004). Structured light projection for accurate 3D shape determination. In: Proceedings of the 12th International Conference on Experimental Mechanics, August 29 – September 2 2004. Bari, Italy: McGraw-Hill, CD-ROM.
- [4] Jeong-Yeon Kim (2011) Catenary Measurement System for Real-Time Automated Diagnosis, Journal of the Korean Society for Railway, pp.1020-1026