전동차 부품관리 적용을 위한 RFID Hardware 요구사항 고찰

A study on Reqrirements of RFID hardware for EMU's parts management

송정훈*†, 박세영*, 김영배*, 정구인*, 조관현*, 김관수**, 정해진***

Jeong Hun Song†*, Se Young Park*, Young Bae Kim*, Ku In Jung*, Kwan Hyun Cho*,

Kwan Soo Kim**, Hai Jin Jung***

Abstract In order to efficiently manage and improve safety of railway infrastructure, many projects and research activities applied Information & Communication Technology have recently been processing. Currently, RFID system based parts management system is being developed to improve vehicle safety and maintenance efficiency in the country This Paper analyzes the condition of operation and maintenance for EMU under special surroundings and derives the requirements that RFID Hardware shall have.

Keywords **:** Railway, EMU, Parts management, RFID Hardware, Design requirements

초 록 최근 국내외에서는 ICT 기술의 발달로 인해 철도 인프라의 효율적 관리 및 안전성 향상에 적용하기 위한 다양한 형태의 과제와 연구가 활발히 진행 중이다. 현재 국내에서는 철도차량의 부품을 체계적으로 관리하여 차량 운용의 안전성 및 유지보수 효율성을 향상시키고자 RFID 시스템을 활용한 부품관리시스템을 개발 중에 있다. 본 논문에서는 RFID 시스템이 적용될 전동차의 부품관리시스템 구축을 위하여 특수한 운영환경에 있는 전동차 부품의 운용 및 유지보수 환경을 분석하여 RFID Hardware가 갖추어야 할 요구사항을 고찰하고자 한다.

주요어 : 철도, 전동차, 부품관리, RFID 하드웨어, 설계 요구조건

1. 서 론

전동차는 차체, 대차, 추진제어장치, 보조전원장치, 제동장치 등 기계, 전기전자분야가 유기적으로 구성되어 있는 종합시스템으로 각 시스템의 역할을 완벽히 수행하지 못하면 전체 시스템의 기능이 100% 발휘되지 못하고 불안전한 상태로 바뀌게 된다. 이러한 차량의 고장은 운행지연을 유발하여 정시성을 해칠 수 있으며, 심각한 고장의 경우 장시간의 운행지연으로 인하여 이용 고객에게 불편을 초래할 수 있다. 따라서, 전동차의 유지보수는 열차의 안전운행과 정시성, 차량의 쾌적한 환경을 조성하기 위해 반드시 요구되며, 경제적 의미에서는 차량의 예비율 확보 및 열차 운영에 최적 활용하여 차량의 사용 효율의 향상을 도모하는 것이라 할 수 있다. 각 철도운영기관에서는 정비를 통한 고장방지에 초점을 맞추고 운영기관별 특성에

† 교신저자: 서울메트로 기술연구원(sjh@seoulmetro.co.kr)
* 서울메트로 기술연구원, ** 서울메트로 신정차량사업소, *** 서울메트로 군자차량사업소

맞는 정비기준 설정을 통하여 운영 및 편성별·주요 장치별 이력, 유지보수 내역, 고장부품의고장모드 원인별 조치 내용 등의 고장정보를 기초로 유지보수에 필요한 정보를 수집·분석함으로써 유지보수시간의 최소화와 고장에 대한 예측 및 부품의 신뢰성을 확보하고자 노력하고 있다. 하지만 기존의 금속제 라벨, 부착물에 의한 부품 일련번호 관리 및 데이터 처리는 부착물의 훼손, 데이터 처리과정의 인적 오류, 비효율적인 업무절차 및 시간소비 등으로 인하여 체계적이고 정확한 부품의 이력관리에 한계점을 가지며[1], 바코드 및 QR코드를 통한 부품관리는 한정된 데이터의 기록과 내구성의 취약 등으로 인해 자재관리 등에 국한되어 활용되고 확대되지 못하고 있는 실정으로 새로운 기술이 필요한 시점이다.

최근 국내·외에서는 RFID(Radio Frequency Identification), RTLS(Real-Time Locating System, 실시간 위치추적 시스템) 등 ICT(Information & Communication Technology, 정보통신 기술) 기술의 발달로 인해 철도 인프라의 효율적 관리 및 안전성 향상에 적용하기 위한 다양한 형태의 과제와 연구가 활발히 진행 중이며, 현재 국내에서는 철도차량의 부품을 체계적으로 관리하여 차량 운용의 안전성 및 유지보수 효율성을 향상시키고자 RFID 시스템을 활용한 부품관리시스템을 개발 중에 있다. 본 논문에서는 RFID 시스템이 적용될 전동차 부품관리시스템 구축을 위하여 특수한 운영환경에 있는 전동차 부품의 운용 및 유지보수 환경을 분석하여 RFID Hardware가 갖추어야 할 요구사항에 대하여 고찰하고자 한다.

2. 본 론

2.1 RFID 기반 철도차량 관리시스템 현황

2.1.1 국외 기술개발 및 적용 사례

홍콩의 여객 및 화물열차를 운영하는 한 철도회사는 2012년부터 2.4GHz 능동형 RFID 시스템을 적용하여 제동제어장치, 공기압축기, 냉방기 등을 포함한 약 1,000개의 철도차량 부품을 관리하고 있다.[2] 이 시스템은 각 부품의 추적 및 적절한 유지보수를 수행하기 위해 각 유지보수 작업장의 입·출구에 고정형 Wi-Fi 리더를 설치하여 부품의 출입과정이 취합되며, 유지보수 담당자에게는 휴대형 리더를 보급해 유지보수 시 각 부품에 부착된 태그를 인식하도록 함으로써 실시간으로 부품의 위치관리 및 재고검사 업무의 효율성을 높였다.

중국의 ATIS(Automatic Train Identification System)은 기관차 및 객차에 RFID 태그를 부착하고, 각 역사에 리더를 설치함으로써 100km/h 이내로 운행하는 열차의 역사 내 출발/도착을 실시간으로 감지하여 열차수송 및 스케줄 관리에 적용하였다. 하지만 RF통신 방해, 리더/태그의 부식, 보안문제 등 운용 상의 문제점이 발생되었다.

2.1.2 국내 기술개발 현황

현재 국내에서는 철도차량의 부품관리를 위해 현장에 구축될 “고 신뢰성 듀얼밴드 능동형 태그 및 3D PLM(Product Lifecycle management, 제품생명주기관리) 기반 응용 SW 기술개발”을 진행하고 있다. 이 연구개발은 듀얼밴드(2.4GHz/900MHz) 능동형 RFID 하드웨어, 3D PLM 기반의 소프트웨어 시스템 등을 이용하여, 부품관리·유지보수 프로세스를

실시간으로 모니터링하고, RFID 인프라의 장애나 이상상태 검출을 통해 체계적이고 효율적인 철도차량 부품 관리를 도모하고자 한다.

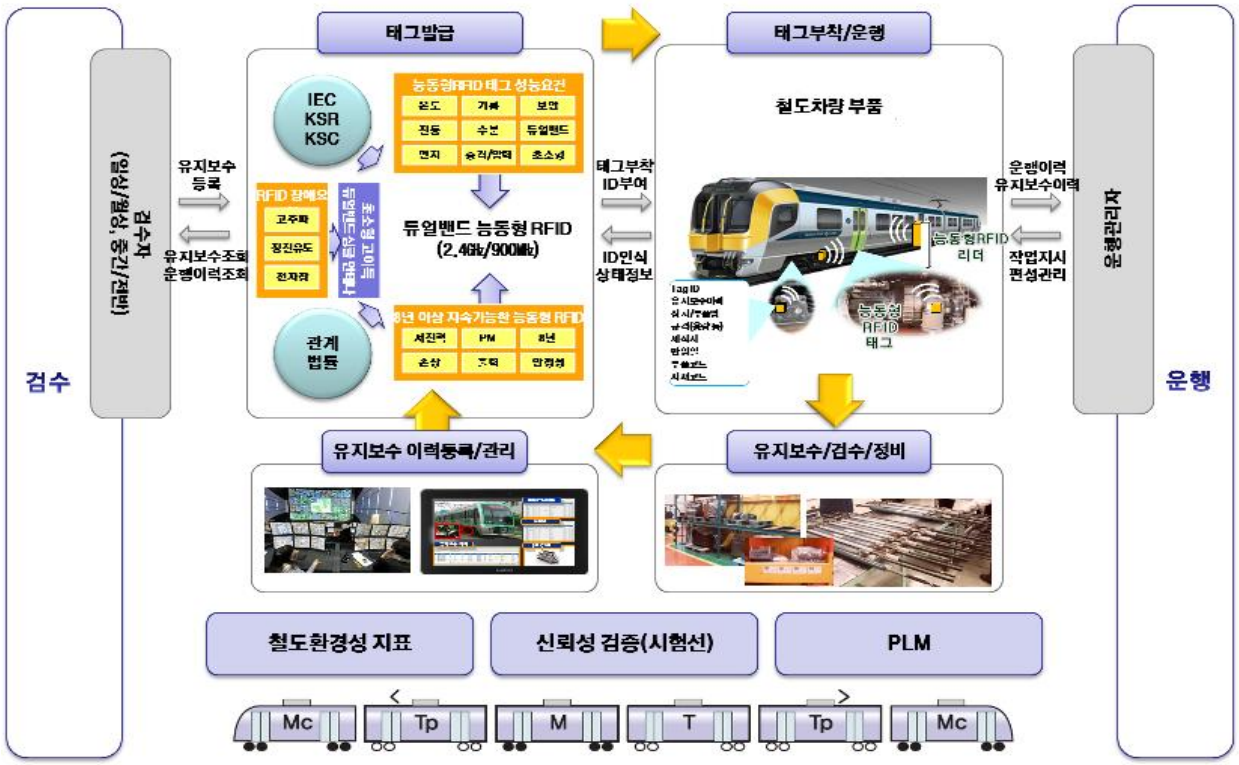


Fig 1. flow chart of for rolling-stock's parts management based RFID system

현재 국내 전동차에 적용된 RFID 시스템은 무선통신기반 열차제어시스템(CBTC)에 의해 본선 운행 중인 차량의 위치를 파악하거나, 기지 내 차량 유지보수설비의 운용을 위한 편성번호/전후부 인식을 위해 사용되고 있으며, 수입품을 사용하고 있는 실정이다. 따라서 본 기술개발 시 RFID 시스템은 특수화된 철도 운용 환경에 적합하도록 설계/제작되어야 철도환경 분석에 따른 RFID Hardware의 요구조건 반영은 필수적이다. 따라서 시험선이 구축될 전동차 차량 및 부품에 대하여 운용과 유지보수환경으로 나눠 RFID Hardware가 갖춰야 할 사항을 검토하였다.

2.2 전동차 운용조건에 따른 RFID Hardware 요구조건

2.2.1 전기 · 전자적 장애 극복

전기철도의 경우 차량, 전력설비, 신호통신설비, 궤도 등 다양한 시스템으로 구성되어 있으며, 차량에서 발생되는 불요(不要)전자계(전자장, 고주파장애, 정전유도장애) 혹은 외부에서 발생되는 불요전자계는 무선통신의 수신 장애나 철도에서 사용되는 장비/기기의 동작불량 원인이 되는 경우가 있다. 따라서 운행 및 시설의 안전성 등을 위하여 RFID 시스템에 대하여 차량 주변의 전자파 환경평가는 물론 차량의 각 시스템 상호 간의 전자파 양립성 평가는 필요하다.

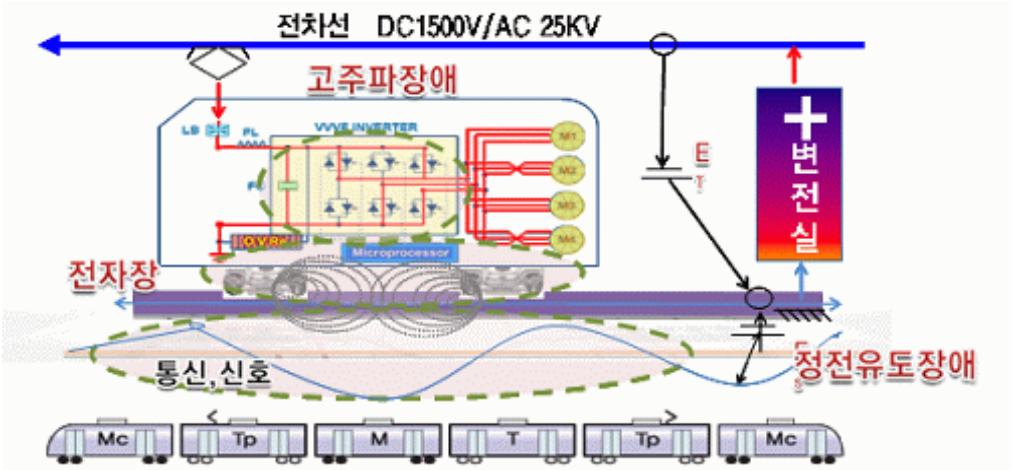


Fig. 2 electromagnetic obstacle of railway infrastructure

2.2.2 철도 전파 환경 고려

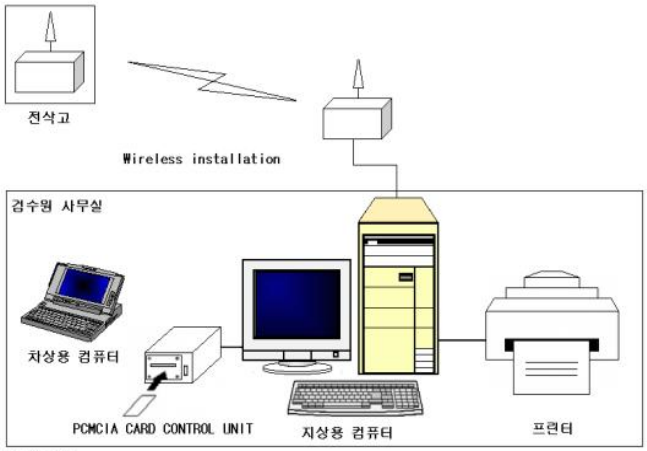
철도에서는 안전 운행, 차량 유지보수 및 이용승객의 편의성 등을 확보하기 위해 무선통신망을 사용하고 있다.

첫 번째, 철도에서는 열차의 운전에서 충돌 등의 사고를 방지하고 진로를 알기 위해 이에 상응한 신호보안설비가 운용되며, 이 중 무선통신기반 열차제어시스템은 지금까지 지상설비주체로 구성되었던 제어방식을 대체하고 네트워크로 연결되어 있으며, 차상장치와 지상장치는 별도의 네트워크로 구성되어 있다. 국내의 경우 부산-김해 경전철, 신분당선, 의정부 경전철 등에 적용된 무선통신기반 열차제어시스템은 2.4GHz의 ISM 대역을 이용하고 있다.

두 번째, 차량의 안전운행과 효율적 유지보수를 위한 설비운용으로 본선 운행 중인 차량의 주요 기계부품에 대하여 이상 발열/진동을 감지하여 고장징후를 미리 검출 가능한 이상검지장치(서울메트로 운용), 차량의 TCMS(Train Controler and Mornitering System, 열차종합제어장치)에 기록된 주요 고장정보를 본선 운행 중 사령실 또는 차량기지 입고 시 검수고 등에 RF 통신으로 전송하는 무선전송장치, 차량기지에 입고된 차량의 판토그래프 습판체, 차륜형상, 제륜자, 디스크 라이닝 등 기계적 마모를 표준형상과 비교/측정하는 자동일상검사장치, 운행 중 차체에 부착된 오물을 제거하는 차체세척기 등이 있다. 상기 장비의 공통점은 차량편성의 자동인식 및 데이터를 자동으로 관리할 수 있도록 RFID 시스템이 적용되고 있으며, 주로 2.4GHz 대역의 주파수가 사용되고 있다.

세 번째, 철도 이용고객의 편의를 위해 사용되는 와이파이(Wi-Fi) 등 무선통신기기 들의 사용이다. 이용승객들의 무선인터넷 사용을 위해 역사에는 와이파이존이 구축되고, 차량 내에는 공용에그가 설치되어 있다.

따라서 철도차량의 운영 중 각기 다른 무선통신의 혼용으로 인한 통신지연, 통신왜곡, 정보손실 등이 발생될 수 있으므로, RFID 시스템 적용을 위해서는 각 시스템에 대한 상호간섭 억제 및 수용 가능한 채널을 효과적으로 사용하는 방안을 강구하여야 할 것이다.



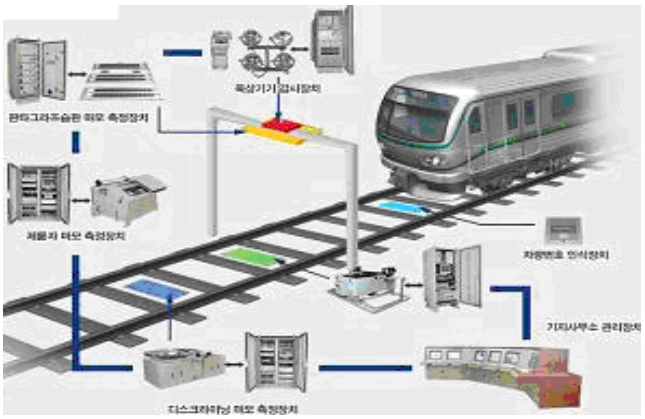


Fig.3 Block diagram of TCMS' radio frequency transmission device Fig.4 Block diagram of automatic daily inspection system

2.2.3 RFID 태그/리더 간 통신환경 고려

전동차의 대다수 부품은 외부환경으로부터의 보호를 위해 차체 내부 및 상하부 금속재 Box 내에 있으며, 전기전자부품의 경우 외부 및 타 장치로부터의 유도장해를 방지코자 전자차폐를 하고 있다. 또한 부품 자체도 금속재인 경우가 대다수이다. 따라서 부품 및 주위가 금속재로 둘러 쌓인 환경 속에서 RFID 태그가 부착된 부품이 외부의 리더와 통신 방법은 시스템 구축을 위해 반드시 해결되어야 할 사항이다.

2.2.4 부품 운용 시 온도조건 만족

전동차의 운용 시 외기 조건은 -25~+40℃에서 모든 기기가 정상적인 동작을 해야 하며, 각 부품별 운용 특성에 따라 온도 요구조건이 다르다. 서울메트로에서 운용되는 차량의 경우 온도테이프를 통한 부품 온도상승은 주변압기 하부탱크는 60~120℃, C/I장치 방열판은 50~100℃, SIV 전력반도체는 60~110℃까지 상승하였다. 특히 한여름 차량하부의 검은색 외함은 햇빛에 의하여 표면온도가 90℃까지 상승하는 것으로 알려져 있다.[3] 따라서 RFID 태그는 부착대상 부품의 운용 특성에 따른 온도조건을 충족하여 정상적 기능을 유지토록 해야 한다.

2.2.5 철도차량 부품으로써의 안전성 확보

철도차량은 운용 환경의 특수성으로 인해 사용되는 장치/부품은 철도안전법 또는 도시철도법 이하 법규에 의해 성능 및 안정성을 확보하도록 되어 있다. 따라서 RFID 태그가 운행되는 철도차량에 설치되기 위해서는 철도차량용품의 표준규격인 KS R, IEC 등에 준하여 온도특성, 방진, 방수, 내먼지, 내충격, 전자파 내성 등의 성능 조건을 만족하여야 한다.

2.2.6 태그의 크기 및 부착방법 고려

RFID 태그의 부착대상이 되는 부품은 관리조건(순환예비품, 외자부품, 고장다수발생부품 등) 및 차량의 BOM체계에 따라 적용 우선순위에 따라 정해질 것이며, 적용개소는 인버터장치부터 그 내부의 PCB까지 그 모양 및 크기가 다양하며, 태그의 크기 및 부착방법은 적용 부품의 외형 및 크기, 주위환경 등에 따라 달라질 것이다. 특히 밸브류 등은 크기가 작고 형상

의 굴곡이 많아 RFID 태그를 부착하기 어려운 점이 존재한다. 따라서 RFID 태그는 개발 시부터 적용부품별로 맞춤형 태그를 설계/제작해야 할 것이며, 능동형 태그는 배터리를 장착하므로 소형화에 한계가 있으므로, 경우에 따라 수동형 태그 설치도 고려해야 할 것이다.

2.3 전동차 유지보수조건에 따른 RFID Hardware 요구조건

2.2.1 공통사항

부품의 장기간 운용에 따라 유분, 먼지, 철분 등이 고착되며, 녹이 발생하기도 한다. 중정비 시 이를 제거하기 위해 판토그래프, 대차장치 등에는 80~90℃의 온수를 사용하는 고압세척기를 사용하므로 적용되는 RFID 태그는 고온/고압에 견뎌야 하며, 높은 방수 성능을 요구한다. 또한, 도장이 필요한 부품은 RFID 태그에 페인트가 도포되는 경우 태그/리더 간 통신성능에 악영향을 미치므로 도장 시 태그에 페인트가 도포되지 않도록 보호커버를 설치할 수 있도록 기구 설계가 요구된다.

2.2.2 연결기, 대차 프레임 등

중정비 시 연결기는 탐상작업을 위한 전처리 작업으로 샌드 블라스팅 머신을 사용하여 페인트 및 이물질을 제거하므로 RFID 태그는 이에 상응하는 기밀성 및 내충격성을 가진 패키징이 요구된다. 또한 대차 프레임, 연결기 등에 대하여 크랙, 기공 등의 결함을 검출을 위하여 자분탐상(자화, 탈자 등의 과정을 거침) 또는 초음파 탐상을 실시한다. 따라서 탐상작업에서 가해지는 자화 및 초음파 등이 RFID 태그에 미치는 영향에 대한 검증을 통해 유지보수 시 태그의 탈/부착 여부를 판단해야 할 것이다.

2.2.3 회전기류(견인전동기, 보조공기압축기, 주변압기 송풍기 등)

회전기류의 고정자 및 회전자는 유지보수 과정 중 세척, 진공 및 열풍건조의 과정을 거친다. 세척 시 80℃ 이상의 가열된 세척수 및 증기를 분사하여 이물질을 제거하고, 세척 후 진공실에서 90℃의 온도와 최대진공 750~7,000mmHg의 압력조건에서 내부의 모든 수분 제거 및 건조를 한다. 따라서 회전기류에 사용되는 RFID 태그는 세척 및 건조작업에서 가해지는 온도, 압력을 견뎌야 함은 물론, 높은 방수 성능을 가져야 한다.

2.2.4 제동 부품

대부분의 제동부품은 세척 시 금속부분에 대하여 70~80℃의 화학세척제에 담겨서 세척하므로, 제동부품에 사용되는 RFID 태그는 세척 시 가해지는 온도 및 세척제에 견뎌야 하며, 높은 방수 성능을 가져야 한다.

3. 결 론

본 논문에서는 개발 중인 RFID 시스템 기반 전동차 부품관리시스템 구축을 위하여 RFID Hardware가 갖추어야 할 요구사항을 도출하기 위해 차량 및 부품의 운용과 유지보수 환경을

분석하였다. RFID Hardware 설계 시 차량의 운용 시 전기·전자적 장애, 철도 전파 환경, RFID 인프라 간 통신 조건, 부품 운용 온도, 철도 규격 만족, 적용 부품별 태그의 크기 및 부착방법 등이, 부품의 유지보수 시 세척, 탐상 등에 의한 온도, 압력, 방수 등에 대한 요구조건에 대한 고려가 필요한 것으로 나타났다. 향후에는 상기의 요구조건이 반영된 RFID Hardware의 시스템 개발 사양을 마련하여 시제품을 설계/제작할 예정이며, 시험선 구축 및 신뢰성 검증을 통한 개발기술 Level 설정 및 현장 사용자의 요구사항 등을 검토/반영하여 기술개발목표에 부합하도록 추진해 나갈 것이다.

후 기

본 논문은 산업통상자원부 산업융합원천기술개발사업 철도차량 스마트 운영 관리를 위한 듀얼밴드의 능동형 맞춤형 태그 및 응용 SW 개발 과제의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

[1] Seon-A Go, Jong-Woon Kim, Jong-Eun Ha(2010), A Study on the application RFID Tag for tracing Repairable Item, 2010 Autumn Conference & Annual Meeting of the Korean Society for Railway, Jeju, pp. 388-400

[2] Jin-Hee Kim(2013.4.17), RFID based parts management(railway corporation in Hong Kong), journal of RFID-NFC

[3] Jin-Hwan Kim, Doh-chul Yang(2011), A Study of Testing Procedure Temperature of Elctronic Equipment for Railway Environments(Cold and Heat), 2011 Spring Conference & Annual Meeting of the Korean Society for Railway, Jeju, pp. 748-753