

철도차량 스마트 운영관리를 위한 RFID 기술현황 및 개발 필요성

이상학^{****} · 차정훈* · 서봉진* · 박찬영* · 하병용** · 이은미** · 김창현** · 이학용^{****} · 김재식^{***} · 김관수^{****} · 송정훈^{****} · 박세영^{****} · 황시원^{****} · 여진경^{****}

A case study on the RFID technology and the necessity of development for smart management of railway vehicle

Sang-Hak Lee^{****} · Jung-Hoon Cha* · Bong-Jin Seo* · Chan-Young Park* · Byoung-Yong Ha** · Eun-Mi Lee** · Chang-Hyun Kim** · Hak-Yong Lee^{***} · Jae-Sik Kim^{***} · Kwan-Soo Kim^{****} · Jeong-Hun Song^{****} · Se-Young Park^{****} · Si-Won Hwang^{****} · Jin-Kyung Ryeu^{****}

요약

철도차량에 RFID 시스템을 도입함으로써 철도 부품관리 등을 포함한 철도차량의 스마트한 운영관리가 가능하도록 하는 것은 경제적, 산업적 뿐 아니라 사회적으로도 많은 필요성이 대두되고 있다. 본 논문에서는 해외의 RFID 연구 및 개발 활용사례를 조사 분석하였다. 철도 뿐 아니라 다양한 산업분야에 RFID 기술이 적용된 사례에 관해서도 조사하였다. 철도분야에서는 주로 차량위치 검지, 차량인식 등에 RFID 시스템이 사용된 경우가 거의 대부분이었고 부품의 단순이력 관리 등에 응용한 사례도 있었다. 본 연구를 통해, 세계적으로 이미 여러 산업분야에서 RFID 기술이 활용되고 있고 철도분야에서도 여러 국가에서 RFID 기술을 활용한 운영이 활성화되어 있으나 이러한 기술 활용은 주로 차량운행과 관련된 분야에 국한되어 있고 철도부품의 유지보수 등의 분야에서는 RFID 기술개발 및 활용이 미흡하다는 것을 알 수 있었다. 따라서 국내의 철도차량의 스마트한 운영관리를 위해서는 RFID 기술을 철도부품의 유지보수 및 이력관리에 적용할 수 있는 시스템이 반드시 필요하다.

ABSTRACT

There are many economical and industrial as well as social demands enabling smart management of railway vehicle including parts management by introducing RFID system in railway vehicle. In this paper, overseas researches and developments which use cases of RFID were investigated and analyzed. In this process, cases of various industries adopting RFID technology as well as cases of railway part were investigated. RFID system is used mainly for railway vehicle position detection and identification of vehicles in the field of railway. Also there are cases of application on traceability management of railway vehicle parts. The system in which RFID technology can be applied to railway parts management and traceability management is necessary for smart management of domestic railway vehicle.

키워드

RFID, Railway Vehicle, Maintenance of Railway Parts, Active Tag, Smart Management
알에프아이디, 철도차량 스마트관리, 철도차량부품 스마트관리

* 케이아이씨시스템즈(주)(huni.cha@gmail.com)

** LG 히다찌(주)(lghhby@lghitachi.co.kr)

*** (주)소노비전(hyleeantenna@hanmail.com)

**** 서울메트로(sypark81@seoulmetro.co.kr)

**** 동양대학교 철도대학(Lsh@dyu.ac.kr)

접수일자 : 2013. 10. 25

심사완료일자 : 2013. 12. 23

게재확정일자 : 2014. 02. 11

1. 서론

지금까지 RFID 기술에 관해서는 여러 산업분야에서 다양한 응용을 위해 연구개발 되어왔다[1-6]. 특히 유통 및 물류분야나 항공 분야에서는 매우 다양한 응용이 활발하게 이루어지고 있다. 한편, 철도분야에 있어서는 주로 차량의 위치검지 등에 국한되어 활용되고 있다. 특히 국내에서는 철도이용 승객의 증가 추세에도 불구하고 국내 철도관련 기술은 선진국에 비해 낮은 수준으로, 철도 분야의 기술개발이 절실한 실정이다. 고 신뢰성이 요구되는 철도분야에 RFID 기술을 적용함으로써 새로운 RFID 활용분야의 개척을 통한 국내 RFID 산업발전에 기여할 수 있다. 철도차량 부품관리 측면을 살펴보면, 현재까지는 부품의 관리를 위해 바코드를 도입하고 고유번호를 부여하여 이력관리를 하고 있지만, 한정된 데이터 기록과 내구성의 취약 등으로 인해 활용은 확대되지 못하고 있는 실정으로, RFID와 같은 새로운 기술이 필요한 시점이다. 이러한 기술을 도입함으로써 철도안전에 절대적으로 기인하는 부품단위의 관리를 통해 운행 안전성을 확보함으로써 대국민 서비스 향상 및 사회적 손실 비용을 절감할 수 있고, 부품 수리로 인한 정상 영업운행 차질로 인해 발생하는 영업손실과 함께 신뢰도 저하에 따른 철도이용의 불신을 해소할 수 있다. 따라서 철도차량의 스마트 운영관리를 위해서 RFID 기술을 도입하는 것이 시급하다고 볼 수 있다. 본 논문에서는 RFID 기술의 세계적인 동향을 파악하고, RFID를 이용한 철도차량 스마트 운영관리 시스템에서 고려해야 할 사항들을 검토하기 위해 여러 산업분야 및 교통분야, 그리고 철도분야에서의 사례들을 조사하였다. 조사는 RFID Journal, 백서(White paper), 연구보고서, 연구논문 등을 대상으로 하였다.

II. RFID의 개요[6]

2.1. RFID의 정의

RFID(Radio-Frequency Identification) 기술은 전자기 신호의 감지에 기초하는 무선 센서 기술이다. RFID 시스템은 안테나, 트랜시버, 응답기(RF 태그)와 같은 3개의 요소로 구성되어 있다. RFID 시스템의 구성을 그

림 1에 보였다.

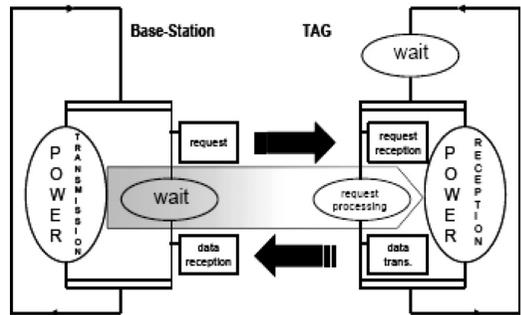


그림 1. RFID 시스템의 구성
Fig. 1. Configuration of RFID system

2.2. RFID 연구의 역사

1096년에 Alexanderson은 라디오파가 연속적으로 발생되어 전송될 수 있는 방법을 소개하였다[7]. 1948년에는 Stockman에 의해 “Communication by Means of Reflected Power”라는 논문이 발표되었고[8] 1964년에 Harrington은 논문 “Theory of Loaded Scatters”에서 RFID에 관련된 이론을 고찰하였다[9]. 1960년대에는 Sensormatic과 Checkpoint라는 회사가 설립되었다. Raytheon, RCA 등과 같은 큰 기업은 각각 1973년과 1975년에 전자 식별 시스템을 개발하였다. 1970년대에는 Los Alamos 과학연구소, Northwestern 대학과 같은 연구소와 대학에서 RFID 연구에 참여하였다. 1978년에 King은 마이크로파 호모다인(homoddyne) 기술에 대한 책을 발간하였다[10]. 1987년 Norway에서 최초의 상용 RFID가 개발되었고 1989년에는 미국의 Dallas North Turnpike에서 연구를 계속하였다. 1990년대에는 Kansas, Georgia 등과 같은 미국의 여러 주에서 프로토콜 태그를 검지할 수 있는 리더의 사용에 기초하는 교통관리 시스템을 채택하였다. Alcatel, Bosch, Phillips와 같은 유럽의 기업, 그리고 Comnitech, Tagmaster, Baumer와 같은 파생 기업들이 통행료 징수 시스템 응용을 위한 범유럽 표준 개발에 참여하였다. 또 우리나라에서도 RFID에 관련되어 연구 및 개발이 활발히 이루어지고 있다.[11-15]

III. 다양한 산업분야에서 RFID 기술의 활용 사례

현재 거의 모든 산업분야에서 제품, 자산, 문서, 또는 사람 등의 추적 및 식별을 위하여 RFID를 사용하고 있다. RFID를 이용한 추적 및 식별 시스템은 수작업이 적게 요구되고, 메모리 기능을 가지고 있고, 다른 장비와의 연결 구성이 쉽고, 먼 거리에서도 자동 식별할 수 있기 때문이다. 그리고 자동식별 시스템은 어떤 운영을 통제하거나 재고를 관리하고, 시설물의 출입을 규제하는 등에 사용할 수 있어 다목적으로 사용된다. 따라서 이 장에서는 RFID의 산업별 해외 응용 사례에 대하여 알아보았다.

3.1. 제조업 분야[16]

3.1.1. 재고 품목 추적

중국의 샤먼에 있는 DELL사는 모든 생산 공장에 있는 컴퓨터 부품의 재고 관리를 효과적으로 하고, 생산성 증대를 위하여 판매, 생산, 그리고 고객서비스센터 등에 RFID 시스템을 도입하였다. 그리고 미국의 Boeing과 Airbus 두 항공기 제조 회사는 물류 공급망 관리에 있어 부품의 추적을 위하여 RFID를 사용하고 있다.

3.1.2. 생산 공정 추적

미국의 아이오와주 워터루에 있는 John Deere 회사는 트랙터를 생산하는 공정 관리를 위하여 차체 도장을 할 때에도 동작할 수 있도록 최대 225°C를 견디는 RFID 태그를 차체에 장착하였다. 그리고 폭스바겐 자동차 회사는 차의 소재 파악을 신속하게 하여 조기 배송을 할 수 있도록 RFID를 사용하고 있다. 배송 과정에 포함되는 모든 작업은 RFID 태그에 기록 저장된다.

3.1.3. 품질관리

폭스바겐 그룹의 Auto 5000 GmbH사는 Touran 자동차 차체 조립을 위한 공정에서 생산성 향상과 불량률 감소를 위하여 RFID 기반 자동화 시스템을 도입하였다. Touran 자동차 차체는 각각 고유의 식별 번호가 매겨지고 조립 과정에서 데이터베이스로부터 자동으로 관련된 생산 사양을 알려주어 보다 세밀하게 작업을 할 수 있도록 하고 있다. 그리고 캐나다 온타리오주에 있는 포드 자동차 회사는 부품의 추적과 품질관리를 위하여 자동 데이터 수집 시스템을 도입하였다. 피스톤

이 정확한 위치에 장착이 되어 있는지, 너트가 올바르게 감겨 있는지 등의 생산과정에 발생하는 모든 정보가 저장된다.

3.2. 유통업 분야[17]

3.2.1. 대형할인매장 재고 관리

유통 산업에서는 효과적인 재고관리가 요구되고, 이를 위해서는 생산자, 공급자, 도매상, 운송자, 그리고 소매상으로 구성된 보급망에서 수집된 재고에 대한 데이터의 통합 및 수집, 그리고 분석을 총체적으로 하여야 한다. 따라서 RFID는 이러한 것을 확실히 효과적으로 할 수 있도록 하는 방법이 된다. RFID 저널에 의하면 Wal-Mart는 2003년에 상위 100개의 미국 상품공급자에게 2005년 말까지 모든 상품에 RFID 태그를 부착하도록 요구하였다.

3.2.2. 의류 판매 재고 관리

미국의 유명 의류 회사인 GAP, Old Navy, Ann Taylor, Calvin Klein 등은 공급망의 효율적인 운영을 위하여 POS(Point of Sales)와 함께 RFID를 사용하고 있다. 의류매장에 상품이 입고가 되면 RFID를 통해 기록되고 POS에서 기록이 되면 팔리는 것이므로 재고에서 빠지게 되고 이렇게 매장의 재고가 관리되고 있다. 이렇게 재고관리를 함으로써 소비자들의 의류 구매 성향 분석 및 미래의 흐름을 예측한다.

3.2.3. 식료품 유통 관리

음식과 관련된 유통 및 식당에서는 유통 기한이 있는 상품을 취급한다. 이러한 음식은 운송 과정에서 적절히 다루어지지 않으면 상하거나 유통기한이 감소하게 된다. 미국 식약청에 따르면 식료품은 운송과정에서 최대 20%까지 손상되어 버려지게 된다고 한다. 따라서 RFID를 이용하여 식료품 운송관리를 한다면 상품 확인을 위한 접촉을 줄여서 손상을 줄일 수 있고 실시간 배송 관리를 할 수 있어서 유통기한의 감소를 막을 수 있다.

3.2.4. 전자제품 유통 관리

일본의 Yodobashi 카메라 회사는 유통센터에 있는 창고 관리를 위하여 RFID를 도입하였다. 각 상품 박스

에 RFID 태그가 부착되고 상품이 창고에 도착되는 즉시 입구에 설치된 RFID 리더기에 자동으로 인식되어 창고 관리 시스템에 정보가 입력된다. 따라서 창고에 상품이 입고될 때 사람이 직접 확인하지 않고 자동으로 이루어져 시간을 절약하고 창고의 생산성을 향상시킬 수 있다.

3.2.5. 의류매장 피팅룸

독일의 Galeria Kaufhof 백화점에서는 옷을 구매하는 사람이 피팅룸에 들어가서 상품을 입고 스마트 거울 앞에 서면 RFID 판독기로 상품을 판독하고 그 옷과 어울리는 다른 상품과 액세서리를 자동으로 추천하여 소비자의 구매를 보다 효과적으로 도움을 주는 시스템을 갖추고 있다.

3.2.6. 군수물자 배송 추적

미국방부는 군수물자 배송을 추적하는데 RFID를 사용하고 있다. 25만개 이상의 컨테이너에 각각의 RFID 태그를 부착하여 40여 개국으로 보내지는 배송을 추적하고 있다. 각 물류 배송지에 도착되는 군수물자들은 허용된 물자 이동인지를 중앙 군수물자 데이터베이스를 통하여 확인된다. 따라서 군수물자의 정확한 배송, 중복 요청 검사, 재고관리 등이 효율적으로 이루어질 수 있다.

3.3. 교통 분야

3.3.1. 타이어 정보 관리[18]

태국 물류 운송 회사에서는 트럭 타이어 정보 관리를 위하여 트럭타이어에 RFID 태그를 부착하여 보다 신속한 이력 관리 및 유지 보수를 가능하게 하고 있다. 타이어의 마일리지, 타이어의 공기압과 타이어 마모 상태를 검사하여 즉시 휴대용 장치를 통하여 정비 이력을 기록한다. 타이어의 시리얼 번호를 확인하기 위하여 타이어의 휠 위에 올라가지 않아도 되어 시간 낭비를 줄일 수 있고, 센터의 데이터베이스에 있는 기존의 이력과 현재의 상태를 분석하여 보수작업을 지시할 수 있다.

3.3.2. 비행기 유지보수 관리[19][20]

미국의 연방항공국, 캐나다의 운송국, 유럽의 항공안

전국 등의 국가 기관에서는 비행기 부품에 RFID를 사용하라고 권고하고 있다. 이는 RFID를 이용한 비행기 유지보수가 더욱 안전하게 항공기를 관리할 수 있기 때문이다. RFID를 이용하여 비행기 부품의 데이터를 실시간으로 최신정보로 갱신할 수 있고, 서로 다른 장소에 존재하는 부품의 통합 관리가 가능하며, 부품의 수명관리를 통합적으로 할 수 있기 때문이다. 또한 원격으로 항공기 유지보수 기술자들에게 도움을 줄 수 있다.

3.3.3. 헬리콥터 부품수명 추적시스템[21]

미국 해군의 헬리콥터의 중요 부품에 대해서는 조건 기반 유지보수를 진행하고 있다. RFID를 이용하여 부품의 이력을 기록 및 추적을 할 수 있고, 따라서 보다 효과적인 유지보수 작업을 가능하게 한다. 그리고 각 부품에 대하여 실시간 사용 이력 및 추적이 가능하고, 수명 예측이 가능하며, 그리고 다음 정비 예정 시간을 제공한다.

3.3.4. 배차관리[16]

영국의 택배 회사인 Parcel Force는 차량의 출입을 RFID를 이용하여 관리하고 있다. 출입하는 차량의 정보를 RFID를 통하여 얻은 다음 호스트 컴퓨터의 차량 배차 시스템에서 이정보를 이용하여 차량의 배차를 결정하게 된다. 또한 택배 물건의 분류작업과 연결되어 관리함으로써 배달 효율을 극대화할 수 있다.

3.3.5. 스마트 자동차 키[16]

요즘 자동차의 고급 모델들은 스마트 키/스마트 스타트 옵션을 적용하고 있다. 스마트 키는 RFID회로를 내장하고 있어 센서로부터 3ft 근처에 접근을 하면 인식을 하게 되고 자동차를 열거나 시동을 걸 수 있다.

3.4. 농업 분야[16]

3.4.1. 동물 식별

HomeAgain이라는 애완동물 식별 및 검색 시스템은 등록된 애완동물의 어깨뼈에 RFID태그를 이식한다. 그래서 만약 길을 잃은 애완동물을 발견하면 동물 보호 센터에서 애완동물로부터 정보를 인식하여 주인을 찾아주고 있다. 스페인 축산 농가들의 FEVEX 연합은 젓

소의 발굽에 RFID 태그를 이식하여 소들을 추적하는데 이용하고 있다.

3.4.2. 나무 식별

미국 워싱턴 주립대학의 나무에 RFID 태그를 심어 놓아서 관광객들이 휴대용 RFID 리더기를 가지고 나무에 대한 다양한 정보를 볼 수 있도록 하고 있다. 따라서 RFID 태그는 예전의 나무 또는 플라스틱 안내판을 대체하고 있다. 그리고 나무껍질이 자라면서 RFID 태그를 감싸게 되어 태그의 손상이 방지된다.

3.5. 건강 분야[16]

3.5.1. 병원 장비 및 의료진 관리

미국의 메사추세츠 종합병원은 의료산업에 RFID 기술을 도입하였다. 의료진과 환자 그리고 의료장비를 RFID를 통하여 실시간으로 추적 및 관리를 함으로써 보다 효율적으로 상황에 따라 적절히 치료 및 환자 관리를 할 수 있다. 즉 환자에 적합한 의료진, 의료장비, 그리고 약품의 상황을 실시간으로 파악할 수 있어서 신속하고 적절하게 환자를 치료할 수 있다.

3.5.2. 환자 병력 관리

지펜스 비즈니스 서비스사는 Saarbruecken 병원에 있는 모든 환자의 손목에 RFID 태그가 부착된 팔자를 채우고, 의사나 간호사가 그 환자의 병력에 대해서 상세히 알 수 있도록 하여 정확한 치료를 할 수 있는 시스템을 구축하였다.

3.6. 인간 식별 분야

3.6.1. 전자 여권[17]

미국 정부는 2006년에 미국 여권에 RFID 칩을 심어 놓았다. 2005년에는 천만 개의 새로운 여권에 이 작업을 하였으며, 2006년에는 천삼백만 이상의 여권에 이 작업을 하였다. 여권에 심어진 RFID 칩에는 이름, 성별, 생일, 출생지, 사진 등의 자료가 저장되어 있으며, 향후에는 지문과 여러 나라의 비자 등에 대한 자료가 저장될 것이다.

3.6.2. 죄수 통제 시스템[16]

중국의 Jiangsu Longton 감옥의 보안 시스템은 모든 죄수들에게 그들의 이름, 식별번호, 그리고 보안 레벨 등을 포함하는 정보가 기록된 RFID 손목 밴드를 채워 놓았다. 이렇게 함으로써 더욱 정확하고 향상된 수용자들 관리를 할 수 있었다. 그리고 이 감옥의 죄수들은 상품을 구매하거나, 개인 우편물을 전달 받거나, 또는 개인적인 물건을 반입하는 것이 허용되어 교도 시스템이 더욱 효율적으로 이루어지고 있다.

IV. 철도분야에서 RFID의 활용 사례

4.1. 고속으로 달리는 차량에 적용한 ATIS RFID-based 시스템 사례(중국)[22-23]

중국은 2009년 86,000 km에서 2012년 110,000km, 2020년에 120,000km 등과 같은 철도의 상업적 운영을 예정으로 하여, 고속에 해당하는 350 km/h와 250km/h 두개의 차량 속도에 따른 RFID 시스템의 연구를 국가 차원에서 시작하였다[9]. 또한 시속 500km/h를 염두에 두고 개발을 진행하고 있다. 이 개발은 사용 주파수 대역 840~845MHz, 920~925MHz에서 진행되고 있다. 이들의 RFID 활용연구에서는 미국 시장에서 (Avoine, G. & Oechslin, P., 2005)의 글을 인용하여 1600~9600km의 미래차량을 준비하고, 운영시스템으로는 일본의 시스템을 사용하고 있다고 보고했다. 이를 초고속 차량 시스템이나 차량 ETC 시스템에 활용하고 있다고 인용하였다.

연구내용으로 리더기 주파수대의 범위 내에서 단일 태그와 멀티 태그를 사용한 경우, 그리고 멀티 태그와 멀티 리더의 경우를 분리하여 연구하고 있다. 또한 충돌해석 알고리즘을 고려한 3-based 프로토콜 (ISO/IEC 18000 Part 6) 관련 연구도 진행 중이다.

ATIS(Automatic Train Identification System) [24]은 기차역을 출발하거나 기차역에 도착하는 철도차량을 인식하기 위해 설계되었고 모든 중국 철도기관에서 널리 사용되어지고 있다. RFID 태그는 15,000개의 기관차와 550,000개의 캐리지에 장착되었다. 자기 철은 철도레일 옆에, 그리고 RFID 리더는 레일 사이에 장착된다. 그림 2는 ATIS의 구성요소를 보여준다.

원래 ATIS는 주로 100km/h 미만의 속도를 가진 차

량의 인식에 사용되었다. 이 시스템은 TMIS(Transportation Management Information System), 스케줄링 시스템 등과 같은 여러 가지 응용을 목적으로 철도 정보센터에 차량 인식 결과를 보고하게 된다. 그러나 Chengdu와 Nanchang 철도 기관과 연계하여 수행한 조사에 따르면 ATIS 동작에 관해 다음과 같은 이슈들이 지적되었다.

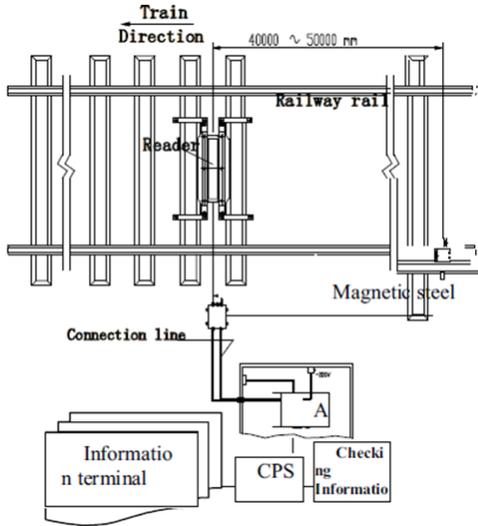


그림 2. ATIS의 구성요소
Fig. 2 Components of ATIS

- ATIS 시스템은 교란되기 쉽다.
- RFID 리더 또는 태그로 인한 충돌 때문에 차량에 부착된 태그를 인식할 수 없는 경우가 있다.
- 보안 문제가 발생할 수 있다.

따라서 국내 철도에서 RFID 관련 기술을 도입하거나 개발할 때는 이러한 문제점들을 고려하여야 할 것이다.

관련규정은 각주를 참고한다. 이러한 연구 내용을 충격, 환경요인(혹서기, 혹한기 등)을 고려한 개발의 시험과 검증제도의 도구로 사용할 방안도 고려해 볼 만하다.

또한 광동성 철도국에서는 운행속도와 효율의 향상, 철도 현대화를 추진하기 위해 RFID 철도 시스템을 도입하였다. 이는 기관차 추적 및 위치 확정 실현, 기차의 선로변환 관리 등에 사용되고 있다. 철도국에서는 100

대 쾌속열차(160km/h)의 기관차에 RFID 태그를 설치하여 기관차의 위치와 방향변환에 대한 추적 및 포지셔닝을 가능하게 했다. 기차의 선로 자동변환이 가능하게 됨으로써 효율은 대폭 향상되고 안정성은 높아졌다. 이는 기관차 전력 자동전환 메커니즘에서 중요한 역할을 하고 있다.

4.2. RFID를 이용한 구성요소와 부품들의 경로 시스템개발 사례(홍콩)

www.active-rfid.net의 자료에 의하면 홍콩에서는 2.4GHz Active RFID 시스템을 사용하여 Empress 철도운영회사의 부품 조달 프로그램을 개발하여 제작회사와 부품조달회사, 운영회사가 공동으로 사용하는 시스템에 활용 중이다. 수많은 부품과 유닛에 어떻게 경로를 적용할 지, 경로를 찾는 동안 에러를 제로화 할 것인지와 원가를 절감할 수 있는 효율적인 경로를 구성할지에 대해 연구개발 중이다.

홍콩의 두개의 공항(CLK:Chek Lap Kok, TKO : Tseung Kwan O) 관련 기업 전체를 연결하여 유지보수의 주기를 RFID의 도입을 통해 가시적으로 볼 수 있도록 응용한 기술개발의 운영사례가 2007년에 발표되었다. 부품의 추적성에 대한 고찰에 참고가 될 것이다. 참고로 타이완의 사례는 백서[25]를 참조하기 바란다.

4.3. 일본 철도에서 유지보수에 사용한 RFID의 사례

교통사례 연구(RFID Journal)를 검색하고 조사 분석한 결과, 새로운 교통기술과 영업부서에서 수행한 철도 차량의 예방적 유지보수 해석의 몇 가지 사례를 발견하였다. 일본 팔레트 임대사가 팔레트의 위치를 RFID 시스템을 이용하여 임대하는데 잘 활용하려고 한 사례가 있다. 또한 화물칸에서 화물수송에 사용되는 크레인의 안전검사에 RFID를 활용한 사례도 있다. 일본은 920MHz의 승인을 대비하여 EPC Gen 2를 장착함으로써 효율을 증가시켰다.

4.4. 유럽 및 북미의 RFID 활용 사례

스위스 철도 기관에서는 적외선 센서를 기차 밑에 부착하여 차축의 온도를 측정하고 있다. 뜨거워진 축은 베어링의 마모를 의미하므로 센서의 결과에 따라 베어링의 교체 시기를 판단할 수 있어서 운송 시스템의 안

정성이 증대되는 효과를 가져왔다.

미국 북부도시에서는 한파로 인하여 정차 시 엔진을 끈 후 재시동이 되지 않는 상황이 발생하는 관계로 동절기에는 열차 엔진을 계속 가동할 수밖에 없었다. 이에 온도 센서를 열차엔진 내부에 부착하고 임계온도를 설정한 후 설정 온도 이하로 낮아지는 경우 자동으로 엔진이 재시동 되도록 하여 불필요한 시간에 엔진이 가동되는 것을 방지함으로써 연료절약 효과를 거두고 있다.

버지니아주 허든, 온타리오주 토론토 등에서는 열차의 위치, 상태(고장, 이동 중, 일시 정지)를 파악하고 연료량, 냉각수 온도 등을 원격지에서 인터넷을 통해 파악하기 위해 RFID를 사용하고 있다.

미국의 수도 워싱턴에는 여러 형태의 테러가 많이 발생하고 있다 그 중에서도 화학물질에 의한 테러에 대응하기 위해 위험한 화학물질이 인지되면 열차가 정지하고 최적의 대피로를 알려주는 시스템을 사용하고 있다. 또한 폐쇄회로 카메라가 촬영한 동영상을 소방서에 실시간으로 전송한다. 이 시스템은 보스턴에도 설치하여 운영 중이다.

영국 런던의 Docklands Light Railway(DLR)에서는 선택적 도어 개폐(selective door opening : SDO)을 위한 기능을 제공하기 위해 RFID 장치가 사용되고 있다. SDO 시스템은 DLR의 특정 플랫폼에서 선택된 도어만 열릴 수 있도록 하는데 사용된다.

1991년 미국 철도협회에서는 자동 장비 인식을 위한 표준으로 RFID 기술을 채택했기 때문에, 북미 교환 서비스 내의 모든 철도차량에는 TransCore 태그가 장착되어 있어야 한다.

2010년에는 이탈리아의 Prato에서는 메인라인 차량 상태 모니터링 시스템 상에서 철도차량을 자동적으로 인식하기 위해 RFID 시스템을 사용하였다.

2012년에 핀란드 수송국 Liikennvirasto는 핀란드 철도 네트워크 전체에 RFID 시스템을 장착하였다. 이러한 철도 트래킹 시스템으로 인해 리모트 영역 내의 트랙 기차 뿐 아니라 250km/h까지 여러 가지 속도로 달리는 기차의 실시간 모니터링이 가능해짐으로써 안전과 서비스 면에서 증진을 가져왔다.

4.5. TagMaster에서 살펴본 사례들[26]

세계 여러 국가 철도의 RFID 관련 시스템을 개발,

공급하는 TagMaster의 사례를 살펴본다. RFID의 응용을 분야 별로 살펴보면 다음과 같다.

4.5.1. 차량 모니터링

RFID 태그는 차량에 직접 설치되고 RFID 리더는 선로 측면 또는 침목에 부착된다. 최고속도로 운행하고 있는 열차 위치의 자동 검지에 필요한 응용에 적합하다.

독일 Hochbahn의 사례에서는 Hamburg metro에서 승객에 대한 서비스를 증대시키고 제어 프로세스를 최적화하기 위해 RFID 시스템이 적용되고 있다. 이 시스템의 주요부는 차량 검지이다. 또한 루마니아에서도 Bucharest metro operator인 METROREX라는 시스템이 사용되고 있다.

스웨덴 철도청의 Trafikverket이라는 시스템은 선로 측면 UHF 리더에 대응되는 광역 EPC GEN2(ISO 18000-6C)를 사용하고 있다. 이 시스템은 스웨덴 뿐 아니라 국제적인 물품의 운송을 위한 차량이 각 위치를 통과할 때 추적할 수 있도록 스웨덴 철도 전역에 걸쳐 사용되고 있다. 태그와 차축 이벤트에 관한 정보는 네트워크를 통하여 호스트 시스템에 전송된다.

4.5.2. 품질관리

RFID 태그는 차량에 직접 부착되고 RFID 리더는 트랙사이드 또는 침목에 부착된다. 이는 최고속도로 달리는 기차의 자동인식 및 위치인식이 필요한 응용에 적합하다.

RFID 리더는 트랙사이드 퀄리티 시스템, 예를 들어 자동 조건 멘토링 시스템과 함께 집적되는데, 차륜 평탄성, 노이즈 또는 무게와 같은 차량 또는 차축 측정의 매칭이 운행 중인 기차와 매치된다.

네덜란드의 ProRail & NedTrain Services에서는 차륜의 질을 높이고, 차륜 결함으로 인한 유지보수 및 사회 기반 시설의 비용을 줄이기 위해 이러한 시스템을 사용한다. Lloyds Rail and Bass R&D는 Gotcha 시스템을 40개소 이상에 대해 장착했으며 네덜란드 철도의 1500개 이상의 차량에 태그를 부착했다. 차륜의 상태와 차축의 부하는 광파이버 센서를 사용하여 측정된다. 측정 및 인식은 기차가 160km/h의 속도로 운행되는 동안 이루어진다.

4.5.3. 온-보드 솔루션(On-board solutions)

RFID 리더는 보통 차량 아래에 직접 부착되고 RFID 태그는 침목에 고정된다. RFID 태그는 기차가 지나갈 때 읽히는데, 태그 리더 이벤트와 함께 on-board 시스템도 자동적으로 업데이트할 수 있다. 이러한 리더 이벤트는 응용분야에 따라 어떠한 액션을 취하기 위해 on-board 시스템에서 사용되어진다.

대만의 Dept. of Rapid Transit System에서는, Bombardier CITYFLO650 자동 열차제어 시스템에 정확한 차량위치를 제공하기 위해, Heavy Duty 리더는 Neihu 선의 무인 고무타이어 경량 레일 차량에 on-board로 장착된다. 차량은 그 위치를 항상 알고 있어야 하므로 RFID 시스템은 CBTC 제어시스템에 절대적인 위치를 제공한다. 이 시스템은 또한 운행하는 차량의 자동인식을 위해 고정되어있는 트랙 측면에 장착된 리더를 포함한다.

미국 버팔로의 NFTA의 사례에서는, 버팔로 메트로에서 차량을 개조할 때 on-board solution을 위해 차량에 RFID 리더를 장착하였다. Field Programmable 태그와 조합된 RFID 리더는 트랙을 따라가면서 정확한 위치조정을 가능하게 한다. On-board 제어시스템은 승객정보를 업데이트하고, 차량이 역에 접근할 때 작동되는 차간 장벽을 제어하기 위해 이러한 정보를 사용한다.

중국의 NPZ 사례는 다음과 같다. 중국 Shuo Huang Freight Line에서는 중립 파워 존에서 기관차의 자동 on-board 파워 스위칭에 2.45GHz RFID 시스템을 사용하고 있다. RFID 리더는 중립 파워 존으로의 접근을 인지하고 파워를 끄도록 기관차에게 신호를 보내고 존을 벗어나면 다시 파워를 켜도록 신호를 보낸다.

영국에서는, 지하 네트워크 상에서 지역 간 이동을 할 때 on-board 차량 라디오가 자동적으로 talk-group을 변화시킬 수 있도록 하기 위해 RFID 시스템을 사용하고 있다. RFID 리더는 철로 사이의 침목 아래에 위치한다.

4.5.4. 실시간 정보

이 응용에서는 CableTag가 사용된다. Cable -Tag는 파워와 직렬 인터페이스 연결을 제공하는 케이블을 경유하여 외부 시스템에 물리적으로 연결되어 있다. 이러한 인터페이스로 인해 태그 내부의 프로그래머블 메모

리 영역이 외부 시스템에 의해 동적으로 업데이트될 수 있다. 따라서 트랙에서 열차로, 또는 그 반대로 정보의 실시간 전송이 가능해진다.

미국 시카고 Chicago Transit Authority(CTA)는 열차의 자동검지를 위해 RFID 시스템을 구현하였다. RFID 리더는 Ansaldo 신호시스템과 직접 인터페이스되는데, 이로 인해 실제 노선번호에 따라 열차의 자동 경로지정이 가능하게 된다. CableTag는 차체 아래에 장착되고 열차의 차내 시스템과 인터페이스되어, CableTag에 저장된 동적 노선번호를 업데이트하게 된다.

IV. 고찰 및 결론

본 논문에서 살펴본 바와 같이 세계적으로 이미 여러 산업 분야에서 RFID 기술이 활용되고 있다. 또한 철도분야에서도 여러 국가에서 RFID 기술을 활용한 운영이 활성화되어 있다. 그러나 이러한 기술 활용은 주로 철도차량인식 등과 같은 차량운행과 관련된 분야에 국한되어 있고 철도부품 관리 등의 분야에서는 RFID 기술개발 및 활용이 미흡하다는 것을 본 연구를 통해 알 수 있었다. 국내 철도에서도 서론에서 언급한 바와 같이, 철도분야의 기술개발이 절실하고 ICT 기술 접목을 통한 철도산업 경쟁력 강화, 철도분야에 RFID 기술을 적용함으로써 새로운 RFID 활용 분야의 개척을 통한 국내 RFID 산업 발전에의 기여 등과 같은 경제적, 산업적 필요성뿐 아니라 기술적, 사회적 필요성에 따라, RFID를 활용한 시스템 개발이 절실하다고 하겠다.

이를 위해서는 먼저 국내 철도운영기관의 차량시스템과 운행 현황을 조사 분석하고, 각 시스템 별로 운행 환경, 차량종류, 유지보수를 위한 기반조건의 차이점을 파악하여 개발 시스템이 갖추어야 할 요구조건을 도출할 필요가 있다.

철도차량에 사용되는 주요장치는 추진제어장치, 보조전원장치, 제동장치, 대차장치, 신호보안장치, 열차제어장치, 객실설비장치, 공기조화장치 등으로 그 부품수는 약 8만여 개에 이를 뿐 아니라 크기, 용도, 사용특성 등 매우 다양하다. 따라서 철도차량의 모든 부품에 RFID 시스템을 적용할 수는 없으므로 부품의 중요도

와 적용 우선순위를 고려하여 적용부품 개소를 선정하는 과정이 필요하다.

또한 각 부품의 운용(차량운행 및 유지보수) 조건에 따라 부품과 RFID 시스템 간에 영향을 미칠 수 있는 장애요인(고주파/전자장 장애, 진동/열/먼지/온도 등) 및 여러 요구조건을 조사분석할 필요가 있다. 이를 통해 철도차량용 RFID 시스템 표준 규격 개발사양을 도출하고, 시험인증 기준 및 방법 등에 관해서도 연구하는 것이 시급하다 하겠다.

이러한 과정을 통해 철도차량의 부품관리 및 유지보수 프로세스를 실시간으로 모니터링하고, 인프라 장애나 이상 상태를 검출함으로써 보다 효율적이고 스마트한 철도차량 운영관리가 가능해 질 것이다.

감사의 글

본 논문은 2013년도 산업통상자원부 산업융합원천기술사업 「철도차량 스마트 운영 관리를 위한 듀얼밴드의 능동형 맞춤형 태그 및 응용 SW 개발」 과제 1차년도 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] M. Lampe, M. Strassner, and E. Fleisch, "A Ubiquitous Computing environment for aircraft maintenance," *Proc. of the ACM symp. on Applied computing*, 2004, pp. 1586-1592.
- [2] E. Nagai, B. Cheung, S. Lam, and C. Ng, RFID value in aircraft parts supply chains - A case study," *Int. J. of Production Economics*, vol. 147, part B, 2014, pp. 330-339.
- [3] S. Makris, G. Michalos, and G. Chryssolouris, "RFID driven robotic assembly for random mix manufacturing," *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 28, 2012, pp. 359-365.
- [4] H. Wang, X. Du, F. Zhang, and W. Li, "Application of RFID Technology in Elevator Maintenance Supervision," *Proc. of Computer Science and Service System (CSSS)*, 2011, pp. 2112-2115.
- [5] L. Yuan, L. Jiani, S. Zhengping, and S. Xin, "Development of the Equipment Overhaul Management System Based on RFID," *Proc. of Robotics and Applications (ISRA), IEEE Symp.*, 2012, pp. 939-941.
- [6] K. Domdouzis, B. Kumar, and C. Anumbam, "Radio-Frequency Identification (RFID) applications : A brief introduction," *Advanced Engineering Informatics*, vol. 21, 2007, pp. 350- 355.
- [7] J. Landt, "The history of RFID," *IEEE Potentials*, vol. 24, no. 4, 2005, pp. 8-11.
- [8] H. Stockman, "Communication by Means of Reflected Power," *Proc. of the IRE*, 1948, pp. 1196-1204.
- [9] R. Harrington, "Theory of loaded scatterers," *Proc. of IEE*, vol. 111, no. 4, 1964, pp. 617-623.
- [10] R. King, *Microwave homodyne systems*. IEE, Peter Peregrinus Ltd., 1978.
- [11] I.-S. Kim and C.-S. Kim, "Anti-Collision Algorithm for High-Speed Tags in Active RFID System," *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 12, 2013, pp. 1891-1904.
- [12] M.-S. Shin and J. Lee, "A Study on the Efficient RFID Tag Identification considering Performance Information of Individual Nodes in a Grid Environment," *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 5, 2011, pp. 797-802.
- [13] L. Peng, J. Yu, Y.-H. Shin, and H.-S. Shin, "A study on RFID technology and application of China," *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 2, 2011, pp. 330-336.
- [14] M.-S. Shin and J. Lee, "Method to Reduce the Time when Identifying RFID Tag by using Computational Grid," *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 5, no. 5, 2010, pp. 547-554.
- [15] K.-O. Kim, K.-J. Ban, S.-Y. Heo, and E.-K. Kim, "Design and Implementation of System for Sensing Data Collection in RFID/USN," *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 5, no. 2, 2010, pp. 221-226.
- [16] E. Zudor, Z. Kemeny, F. Blommestein, L. Monostori, and A. Meulen, "A survey of applications and requirements of unique ide-

ntification systems and RFID techniques," *Computers in Industry*, vol. 62, no. 3, 2011, pp. 227-252.

- [17] X. Zhu, S. Mukhopadhyay, and H. Kurata, "A review of RFID technology and its managerial applications in different industries," *Management*, vol. 29, no. 1, 2012, pp. 152-167.
- [18] L. Kovavisaruch, P. Lertudomtana, and S. Horungruang, "Management Truck Tire Information in Logistic Industry Using RFID Technology," *Proc. of Management of Engineering & Technology*, 2008, pp. 1656-1665.
- [19] S. Thomas, "An analysis of the potential application of RFID to helicopter maintenance operations," *Thesis (M.B.A.) of Faculty Business Administration-Simon Fraser Univ.*, 2006.
- [20] Y. S. Chang, C. H. Oh, Y. S. Whang, and J. J. Lee, "Development of RFID Enabled Aircraft Maintenance System," *Proc. of IEEE Int. Conf. on Industrial Informatics*, 2006, pp. 224-229.
- [21] N. Lyyer, S. Bradfield, S. Sarkar, C. McColl, D. Algera, E. Flores, and N. Phan, "Architecture for Dynamic Component Life Tracking in an Advanced HUMS, RFID, and Direct Load Sensor Environment." *65th American Helicopter Society Forum*, 2009.
- [22] X. Zhang, "Applications of Fast-Moving RFID Tags in High-speed Railway Systems," *Int. J. of Engineering Business Management*, vol. 3, no. 1, 2011, pp. 27-31.
- [23] D. J. Yeager, A. P. Sample, and J. R. Smith, Wisp: A passively powered uhf rfid tag with sensing and computation. *RFID Handbook : Applications, Technology, Security, and Privacy*. CRC Press, 2008.
- [24] X. Zhang, V. Lakafosis, A. Traille, and M. M. Tentzeris, "Performance Analysis of Fast-Moving RFID Tags in State-of-the-Art High-speed Railway Systems," *Proc. of IEEE Int. Conf. on RFID-Technology and Application (RFID-TA)*, 2010, pp. 281-285.
- [25] Savi Technology, *Active and Passive RFID: Two Distinct, But Complementary, Technologies for Real-Time Supply Chain Visibility*. Virginia : A White Paper, Jan. 2002.
- [26] TagMaster, [Online]<http://www.tagmaster.com>

저자 소개



이상학(Sang-Hak Lee)

1984년 2월 경북대학교 전자공학과(공학사)

1986년 2월 경북대학교 전자공학과(공학석사)

2001년 8월 경북대학교 전자공학과(공학박사)

현재 동양대학교 철도전기통신학과 교수

※ 관심분야 : HDTV, 영상신호처리, 컴퓨터 비전



차정훈(Jung-Hoon Cha)

1994년 2월 울산대학교 전자공학과(공학사)

2010년 2월 연세대학교 산업정보경영 전공(공학석사)

2012년 8월 연세대학교 정보 산업공학 전공(박사 수료)

현재 : KIC시스템즈(주) CTO

※ 관심분야 : RFID, IoT, 빅데이터, BEMS, RTLS



서봉진(Bong-Jin Seo)

2008년 2월 한양사이버대학교 정보통신공학과(공학사)

2013년 2월 부산대학교 컴퓨터공학 전공(공학석사과정)

현재 KIC시스템즈(주) 연구2팀 팀장

※ 관심분야 : RFID, IoT, RTLS, 신호처리



박찬영(Chan-Young Park)

2003년 2월 순천향대학교 정보통신공학과(공학사)

현재 KIC시스템즈(주) 선임연구원

※ 관심분야 : RFID, IoT, RTLS, MFAN



하병용(Byeong-Yong Ha)

2010년 8월 국방대학교 정보관리
전공(공학석사)
현재 LG히다찌(주) 연구소

※ 관심분야 : IoT(RFID/USN), 아키텍처, 보안철도,
물류(SCM)



김관수(Kwan-Soo Kim)

1982년 2월 인하대학교 전기공학
과(공학사)
현재 서울메트로 신정차량사업소
검수팀장

※ 관심분야 : 철도차량, IT융합기술, RFID



이은미(Eun-Mi Lee)

1999년 2월 청주대학교 정보통신
공학(공학사)
현재 LG히다찌(주) 연구소 책임보
연구원

※ 관심분야 : 빅데이터, 사물인터넷(IoT), 물류, BPM



송정훈(Jeong-Hun Song)

2011년 2월 서울과학기술대학교 철
도전문대학원 철도차량시스템공학
과(공학석사)
현재 서울메트로 기술연구원 선임
연구원

※ 관심분야 : 철도차량시스템, IT융합기술, RFID



김창현(Chang-Hyun Kim)

1995년 2월 서울시립대학교 정밀
기계공학과(공학사)
현재 LG히다찌(주) 연구소 선임연
구원

※ 관심분야 : SCMt, RFID, 빅데이터



박세영(Se-Young Park)

2009년 2월 한국항공대학교 항공우
주 및 기계공학부(공학사)
현재 서울메트로 기술연구원 선임
연구원

※ 관심분야 : 철도차량, IT융합기술



이학용(Hak-Yong Lee)

1999년 2월 광운대학교 전파공학
과(공학사)
2001년 2월 광운대학교 전파공학
과(공학석사)

2005년 8월 광운대학교 전파공학과(공학박사)

현재 : (주)소노비전 대표이사

※ 관심분야 : RFID, 고출력 시스템, IT융합기술



황시원(Si-Won Hwang)

1971년 2월 영남대학교 기계공학과
(공학사)
1973년 2월 영남대학교 기계공학과
(공학석사)

1996년 2월 인하대학교 기계공학과(공학박사)

현재 : 동양대학교 철도철도차량학과 교수

※ 관심분야 : 인공지능과 퍼지시스템 및 정보보호



여진경(Jin-Kyung Ryeu)

1987년 2월 경북대학교 전자공학과
(공학사)

1989년 2월 경북대학교 전자공학과
(공학석사)

1995년 2월 경북대학교 전자공학과 (공학박사)

현재 동양대학교 철도운전제어학과 교수

※ 관심분야 : 신호처리와 회로시스템 및 반도체소자