

RFID기반 철도차량 최적 인식을 측정에 관한 연구

A Study on the Optimal Train Recognition Ratio Instrumentation based on RFID

강민수[†] · 정의봉^{*} · 이기서^{**}

Min-Soo Kang · Eu-Bong Jung · Key Seo Lee

Abstract This study proposes an optimal condition to recognize a train using RFID. In order to recognize a moving train, bandwidth, an angle of antenna and the location of a tag should be considered. In this study, a field test was conducted using two different bandwidths (900MHz and 2.45GHz), four angles of antenna(0, 30, 45, and 60°), different velocities (10, 30 and 50km), and three different locations of tags. The field test verified the optimal condition for recognition of a train. The present study convinced that location detection and tracking of rail freight can be monitored in real time. The present technology can be applied to railway signals including detecting and tracking such as EURO Balis.

Keywords : RFID, EURO-Balis, ERTMS

요 지 본 연구에서는 RFID 기술을 적용하여 이동하는 철도 화차를 인식하는 최적의 조건을 도출하였다. 이동하는 철도 화차를 인식하기 위해서는 주파수 대역의 선정, 안테나의 각도, 이동하는 속도, 태그의 부착위치 등의 고려해야 할 요소들이 있다. 그래서 이동하는 철도 화차를 최적으로 인식하는 조건을 도출하기 위하여 주파수 대역은 900MHz/2.45GHz대역을, 안테나의 각도를 0, 30, 45, 60°로, 이동속도 10/30/50km로, 태그의 부착위치를 3부분으로 나누어 실증 테스트하였다. 그 결과 이동하는 철도 화차를 인식하기 위한 최적의 조건을 실험을 통하여 검증하였다. 따라서 철도물류의 위치인식(Location Detection)과 추적(tracking)을 실시간(Real-time)으로 모니터링 할 수 있으며, 나아가 일반 철도에도 적용하여, EURO-Balis 처럼 철도차량을 검지, 추적 등 철도 신호에 적용될 수 있을 것이다.

주요어 : 전파식별, 유로-발리스

1. 서론

RFID(전파식별:Radio Frequency Identification) 기술은 무선을 이용하여 원격에서 대상을 검지 및 인식하여 데이터를 송수신하는 장치이다. 이러한 RFID 기술은 이미 유럽에서 유로-발리스(EURO-Balis)라는 이름으로 상용화 되어 있다. 유로-발리스[1]는 프랑스와 독일 두 나라가 공동적으로 사용 가능한 철도시스템에 대한 연구와 병행하여 유럽연합과 국제철도연맹의 후원 아래 유럽 27개 국가가 ERTMS

(European Railway Traffic Management System)에 대한 개발을 시작하여 현재 계속적인 연구를 진행하고 있는 시점이다.

이에 국내에서는 900MHz, 2.45GHz 대역의 RFID 시스템을 적용하여 국가 물류 거점 정보를 확보하고 철도 화차에 RFID 시스템을 적용하여 물류 흐름을 파악하기 위한 연구를 진행 중에 있다. 물류의 흐름을 파악하기 위해서는 이동하는 화차에 부착된 태그와 리더간 정확한 인식이 필요하다. 그러나 이동체를 인식하기 위해서는 화차의 이동속도, 태그의 부착위치 안테나의 인식 각도 등의 문제점이 예상된다. 이러한 문제점을 보완하기 위하여 철도 화차에 최적으로 인식할 수 있는 리더의 방향과 태그의 부착 위치를 선정하기 위하여 이동하는 화차와 정지된 화차를 모델로 하여 사전 테스트를 실시하였으며, 사전 테스트 데이터를 기반으로 현장 실험을 실시하였다.

† 책임저자 : 정희원, 한양사이버대학교, 정보통신공학과, 교수
E-mail : mskang@hycu.ac.kr
TEL : (02)2290-2996 FAX : (02)2290-2828

* 비회원, 아시아나HDT, 부장

** 정희원, 광운대학교, 정보처리공학과 교수

각도가 30° 미만 일 때 최적의 인식률을 나타냈으나, 나머지 이동 속도의 경우에는 인식거리가 매우 저조하였다. 2.45GHz 대역에서는 30km/h의 경우까지 완벽하게 인식하는 것을 실험을 통하여 검증 하였다.

따라서 철도화차에 RFID 태그를 부착하여 이동 물체를 식별할 수 있는 속도를 측정하고, 환경변화에 따라 문제점이 발생하는 원인을 분석하여 최적으로 화차를 인식할 수 있는 조건을 제시하였다.

2. RFID 시스템

RFID는 무선 주파수[2]와 전자칩을 이용하여 대상물을 인식하여 데이터를 획득하는 무선 인식 시스템으로써 국내에서는 135kHz 미만, 13.56MHz, 433MHz, 860~960MHz, 2.45GHz 대역의 주파수를 사용한다. 이러한 RFID 시스템은 PC, PDA 등에 연결되어 미들웨어, 웹 애플리케이션 시스템, 데이터베이스와 연결되어 사용하고 있다. RFID시스템은 각 주파수 대역별 특성을 고려하여 해당분야에 적용하여 사용하게 된다. 그래서 본 논문에서는 철도 차량의 진·출입을 판단하기 위해서 2.4GHz대역의 능동형 RFID를 적용하였으며, 900MHz 대역의 수동형을 적용하였다. 표 1에 각 주파수 대역별 특성을 나타내었다.

각 시스템의 기술적 차이로 인하여 수동형 RFID와 능동형 RFID의 기능적 특성은 매우 다르며, 각각의 시스템은 적용되는 응용의 특성에 따라 기술도입이 고려되어야만 할 것이다.

2.1 국·내외 표준과 규정

RFID 분야의 국제 표준은 ISO/IEC/JTC1/SC31/의 WG4에서 담당을 하고 있다. 국제적으로 제정된 국제 표준은 각 나라별로 각국의 상황에 맞게 제정이 되어 사용하고 있다. 우리나라에서는 산자부 산하의 기술 표준원에서 국내표준을 담

당하며, 여기서 KS로 제정되어 각 분야에서 표준에 맞게 적용되고 있다. 그림 1에 국제 표준에 대한 그림을 나타내었다. 그림 1에서 국제 표준이 제정되고 나면 표준과는 별개로 무선 통신 기기에 한해서 정보통신부에서 전파법을 제정하게 된다. 이미 국내에서는 RFID분야의 에어 인터페이스에 대해서는 KS표준이 제정된 상태여서 국내 전파법에서 규정을 설정하여 규정에 맞게 RFID 시스템을 적용하고 있다.

RFID 시스템은 무선통신 기기로 분류되어 국내 전파법 규정을 엄격하게 법적으로 제한하고 있다. 135kHz 대역 미만은 미약전파로써 200mW이하에서 사용이 가능하게 되었으며, 13.56MHz 대역은 ISM밴드 대역으로써 출력을 현재 3W까지 가능하며, 433Hz 야마추어 무선국과 주파수가 중복되는 관계로 현재는 항만에서 사용할 수 있게 규정되어 있다. 본 연구에서는 900MHz 대역과 2.4GHz대역의 RFID 시스템을 사용하기 때문에 두 가지 주파수에 대한 전파 규정을 표 2에 나타내었다.

900MHz 대역은 국제적으로는 860~960MHz 까지 사용할 수 있게 되어 있으나 우리나라 전파법에 의거하여 908.5~914MHz 대역으로 제안하고 있다. 이 주파수대역은 LBT방식과 FHSS방식 2가지로 구분 되어 주파수 대역을 사용한다. LBT는 규정대로 5.5MHz 대역을 사용가능하지만 FHSS방식은 910~914MHz 대역으로, 2.4GHz 대역의 경우는 능동형의

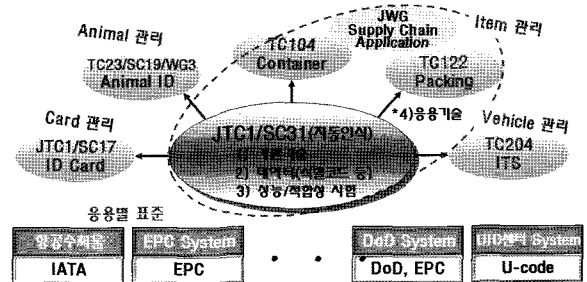


Fig. 1. International Standard

Table 1. Characteristics of each frequency

ISO/IEC Char.	Below 135k (18000-2)	13.56M (18000-3)	860-960M (18000-6)	2.45G (18000-4)
Range	< 0.5m	< 0.7m or 1m	< 3-5m	< 1m or 1.5m
Data Rate	Slow	Slow	Faster	Faster
Tag size	Larger	Small	Small	Smallest
Environment	Better	good	Bad	Worse (Metal, Liquid)
Application	animal, Asset, etc. Management	ID, Payment, Book, etc.	Product, SCM, etc.	Traceability, Paper, etc.

Table 2. Local regulation of 900MHz/2.45GHz

	900MHz	2.45GHz
Output	1W	3mW
Frequency	LBT : 908.5~914MHz	2.44/2.45/2.55GHz
	FHSS : 910~914MHz	NON/A1D/AXN
Tolerant	± 20×10 ⁻⁶ below	± 50×10 ⁻⁶ below
Dwell time	0.4sec	0.4sec
Channel	200kHz	5MHz below
Hop	above 15	below 15
Spurious emission	1GHz below -36dBm, 1GHz above -30dBm,	100KHz/-30dBm

경우 300mW 이하로 구분하고 있다. 900MHz 대역의 수동형의 규정과 2.45GHz 대역의 능동형의 규정은 2006년 전파연구소고시 제2006-84호“무선설비규칙” 제24조 제2항 제5호의 규정에 의하여 “방송·해상·항공·전기통신 사업용 외의 기타업무용 무선설비의 기술기준[3]”이 제정되었다.

2.2 RFID시스템 구성

철도 차량을 최적으로 인식하기 위해서 인식 거리가 넓은 수동형의 900MHz대역과 진출입만을 판단하기에 적합한 2.4GHz 대역의 RFID 시스템을 적용하였다. 900MHz 대역은 수동형 RFID로써 인식거리가 넓기 때문에 철도 차량에 적용하기가 적합하다. 그러나 메탈에 약하기 때문에 태그는 메탈의 표면에 부착이 되어도 인식이 가능한 특수형 메탈 태그를 제작하여 실시하였다. 표 3에 리더와 태그의 사양을 나타내었다.

2.4GHz대역의 RFID시스템은 인식거리가 넓은 뿐만 아니라 메탈의 표면에 부착이 되어도 인식이 가능하기 때문에 선정 하였다. 적용된 2.4 GHz대역과 900MHz대역의 RFID시스템은 TTA에서 인증을 받은 제품을 선정하여 적용하였다. 현재 상용화 된 제품 중 철도 분야에 공인 인증을 받은 제품은

Table 3. RFID system specifications for field test

900MHz Bandwidth	Reader	- Frequency : 910-914MHz - Output : 1W - Channel : 200kHz - Hop : up to 15 - Dwell Time : 0.4sec - Antenna : Circular Polarization - Operating Temp. : 0°C ~ 40°C - Interfaces : RS-232, TIP/IP * MIC. Regulation
	Tag	- Size : 137 x 27 x 6 mm - Memory : 96 bit - Reading Range : 6~7m - Material : ABS
2.45GHz Bandwidth	Reader	- Frequency : 2412/2437/2462MHz - Output : -33dBm ~ 0dBm @4dBi, 10dBm (option) - Operating Temp. : -30°C ~ 85°C - Interfaces : TCP/IP (Option : RS-232C, USB 2.0) - Antenna : Monopole * MIC. Regulation
	Tag	- Frequency : 2.412MHz/2437MHz/ 2462MHz - Output : -33dBm~ 0dBm@1dBi, 10dBm(option) - Size : 84mm×53mm×32mm - Operating Temp. : -30°C ~ 85°C

없기 때문에 전파환경, 인식율 등 적용성이 가장 뛰어난 제품을 TTA의 시험 인증서를 기반으로 선정하였다. 표 2에 리더의 사양과 태그의 사양을 제시하였다.

3. 실증 테스트

RFID 시스템을 실제 응용환경에 적용하기에 앞서 주파수 대역, 구조물 설치, 안테나의 설치 위치, 거리별 태그 부착위치를 선정하기 위하여 사전실험을 실시하였다. 그래서 적용할 주파수 대역은 900MHz 대역과 2.45GHz 대역으로 선정하였으며, 철도 화차를 최적으로 인식할 수 있는 인식 값을 도출해야 하기 위해서 태그의 부착위치, 안테나 구조물의 형태, 각도 높이를 최적으로 선정하였다.

3.1 사전 테스트

본 연구에서는 실제로 현장에 적용하기 위한 사전 단계로써 사전 테스트를 수행 하였다. 사전 테스트는 900MHz 대역과 2.45GHz대역의 RFID 시스템을 적용하였다. 기본적으로 이동 화차와 정지된 화차로 구분하여 이동하는 화차의 인식율을 알아보았으며, 태그의 부착위치를 고려하여 최적의 안테나 각도를 실험하고, 인식영역에서 최적의 부착위치를 측정하였다.

3.1.1 RFID 시스템 성능테스트

(1) 리더 테스트

시스템 성능 실험에 앞서 동일한 조건으로 시스템 성능을 테스트하기 위해서 선결 조건을 적용하여 실시하였다. RFID 장비 구조물에 설치된 안테나의 각도에서 개별 태그를 900MHz/2.45GHz대역으로 각각 2.6m/30m간격을 두고 인식 여부를 측정하였다. 그림 2에 리더 장비를 테스트 하기 위한 순서도를 나타내었다.

사전 실험의 경우에도 실제 현장에 적용할 장비를 테스트 순서에 의해 진행하였다. 모의 테스트는 국내 3대 권역 중 호남권의 육상 물류 거점인 장성 복합 화물터미널에서 실시하였다. 복합 화물터미널은 공로운송을 통한 화물의 집결지 및 철도운송과 연계되는 국가지정 화물터미널로써, 앞으로 RFID시스템이 적용 될 경우 반드시 인식되어야 할 지점으로 생각하여 사전 테스트를 진행 하였다. 그림 3에 RFID 시스템을 사전 테스트 그림을 나타내었다.

그림 3의 (a)는 900MHz 대역의 이동하는 화차에서 리더가 태그를 인식할 수 있는 거리와 안테나의 방향을 테스트 하였으며, (b)는 2.45GHz 대역의 리더를 진·출입 판단을 위하여 최적의 높이를 찾기 위한 테스트를 실시하였다.

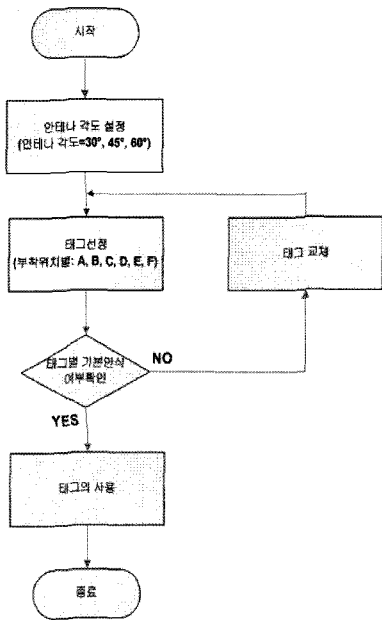


Fig. 2. Flowchart of reader system test

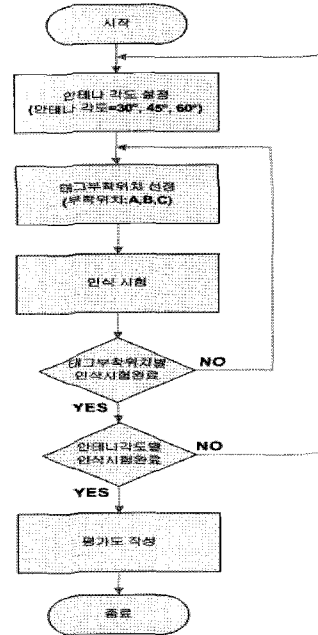


Fig. 4. Flowchart for tag position test

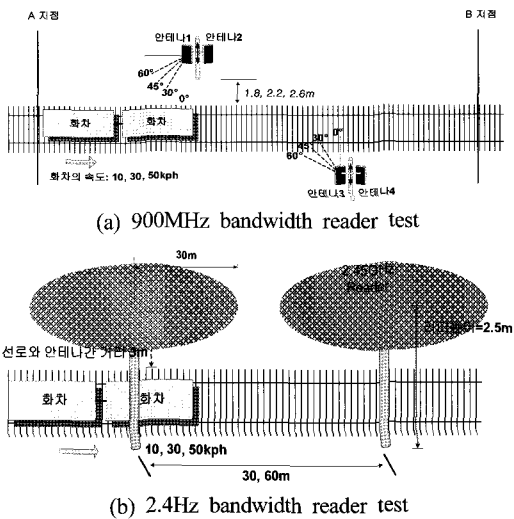


Fig. 3. Field test for positioning, angle, and reading range

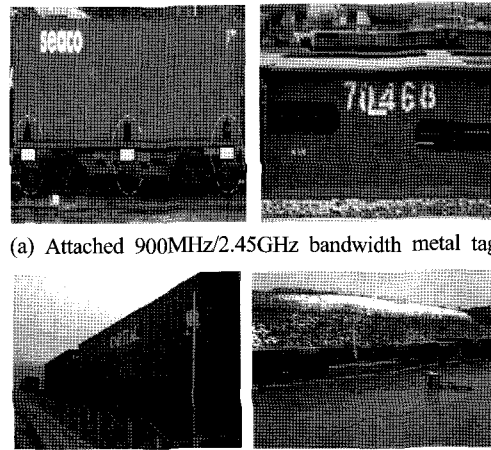


Fig. 5. Field test of RFID system

(2) 태그부착위치 선정 테스트

안테나를 설치위치는 시험 구성도와 같이 일정한 각도를 선정하여 설치하고 시험대상 화차를 일정한 거리에서 일정한 방향으로 이동시키며 인식 여부를 측정하였다. 그림 4에 테스트 순서도를 나타내었다.

테스트 방식은 시험용 안테나를 지지대에 설치한 후 시험 구성도와 같이 각도를 0°로 설정하고 선정된 화차의 앞부분, 중간부분, 뒷부분으로 구분하여 부착한 후 안테나를 향해 선로부터 1.8m, 2.2m, 2.6m로 이동하며 테스트하였다. 그림 5에 각 주파수 대역의 태그 부착 형태와 리더의 설치 위치를 나타내었다.

거리에 따라 태그의 인식 여부를 측정 후 시험 성적서에 기록하고, 안테나의 각도를 30°, 45°, 60°로 변경하며 각각 동일하게 반복 한 후 그 결과를 기록하여 부착위치를 선정 하였다.

3.2 현장 테스트

화차에 부착된 태그를 최적으로 인식하는지 여부를 판단하기 위하여 의왕CD의 오봉역 컨테이너 야드에서 실시하였다. 2대의 화차에 태그를 부착하였으며 이동하는 속도와 안테나의 각도, 그리고 태그의 부착위치를 차례로 검증하였다.

본 연구에서 제안된 시스템은 TTA에서 제시하는 하드웨어

의 인증을 받은 장비를 사용하여 현장 테스트에 적용하였다. 오봉역에 설치된 시스템 구성도를 그림 6에 나타내었다.

의왕ICD는 1터미널, 2터미널로 구분되어 있으며, 1터미널은 화차, 트레일러 차량이 대상이며, 2터미널은 화차만 범위에 포함하였다. 의왕 IDC 1터미널에 각 기둥에 900MHz대역 및 2.45GHz대역 리더기를 설치하여 진입과 출입을 판단하기 위해 각 주파수 대역별로 2대씩 설치하였다.

900MHz 대역의 RFID 장비는 화차의 이동에 따라 안테나 각도별 태그의 인식여부를 파악하여 최적의 안테나 각도를 선정하는 목적으로 테스트 하였으며, 이동하는 화차에 위치별로 각 A, B, C로 구분하여 태그를 부착하고 안테나 각도별 인식률을 측정하였다.

테스트 방법은 시험화차에 태그를 부착하고 안테나의 각도를 30° 45°, 60°로 설정한 후 선로와 안테나간 거리를 이동하면서 각각의 태그 인식 여부를 측정한 후 시험 성적서에 기록하여 비교함으로써 최적의 안테나 각도와 인식거리를 선정할 수 있었다.

2.45GHz 대역은 리더 간 거리에 따라 화차의 진·출입 구분 여부를 판정하는 것을 목적으로 하였다. 테스트는 화차에 태그를 부착하고 리더간 거리에 따라 진·출입 여부가 판별가능 한지를 측정하였으며, 테스트 방법은 리더간 거리를 30m로

설정하고 시험화차에 태그를 부착하여 시속 10, 30, 50km/h의 속도로 차량을 통과시키면서 속도에 따라 태그의 진·출입 판단 여부를 측정한 후 시험성적서에 기록하였다 리더간 거리를 60m로 변경하면서 동일한 동작을 반복하였고, 그 결과를 토대로 최적의 리더 위치를 선정 하였다.

4. 실험 결과

900MHz 대역과 2.45GHz 대역의 리더를 철로 변에 장착하였고 안테나의 각도, 태그의 부착위치 등을 고려하여 리더를 설치한 후 가정 인식이 잘 되는 화차의 중간부분에 태그를 부착하여 안정적인 결과를 얻을 수 있었다. 2.45GHz 대역은 진·출입을 판단하기 위하여 적용하였고 900MHz 대역은 태그를 인식하여 안정된 정보를 얻는 것을 실험[4]하였다.

4.1 900MHz 대역의 테스트 결과

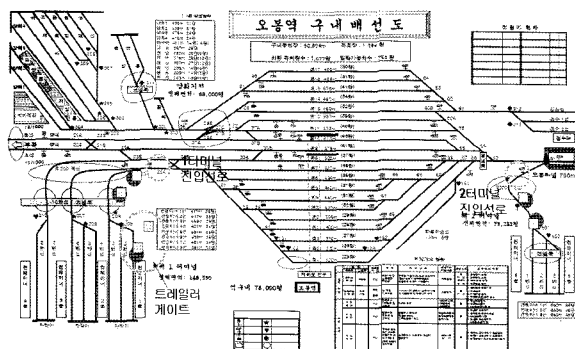
900MHz대역의 테스트 결과는 예상대로 리더는 태그와 리더의 거리가 멀어지면 인식율이 떨어지고 이동속도에 따라서 인식율이 감소하였으며, 안테나의 각도도 이동 속도가 클 경우 인식율에 영향이 있음을 알 수 있었다.

4.1.1 정지된 화차의 테스트 결과

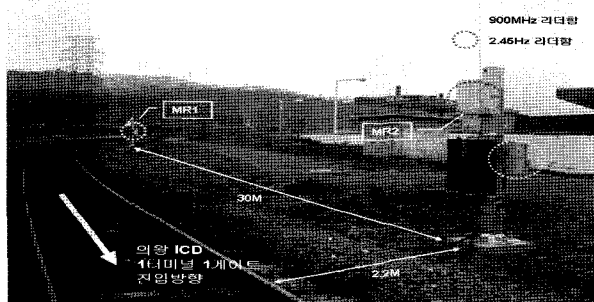
화차가 정지 상태에서 안테나와 태그간 안테나의 각도를 조절하여 정지 된 상태에서 인식율을 측정하였다. 이 실험은 정지 상태에서 태그 인식을 위해서 안테나의 각도를 최적화 하고, 안테나와 태그 사이의 최대 인식 거리를 측정에 목적을 두고 진행 하였으며, 실험은 화차의 높이에 따라 두 가지 모델을 선정하여 실시하였다. 모델 1의 화차 높이는 지면으로부터 약 105cm이고 모델 2의 화차 높이는 약 135cm이다. 이에 안테나의 높이는 중간 값인 1.2m의 높이에 설치하여 실험 하였다.

안테나의 각도는 주파수 특성상 90°에서는 인식이 되지 않기 때문에 0°, 30°, 45°, 60°의 기준을 선정하고 태그와 안테나의 인식 거리 선정은 철도 차량이 운행 중일 때 설치물과 화차간의 방해 없이 인식할 수 있는 최소거리인 1.8m를 기준으로 선정 하였다. 그래서 인식거리는 3가지 형태인 1.8/2.2/2.6m의 거리에서 측정하였다. 모델 1과 모델 2는 예상했던 모든 거리에서 100% 인식이 되었으며, 30°와 45°의 경우 1.8m, 2.2m의 거리에서 인식률이 100% 인식 하였다. 안테나 각도 60도에서는 안테나 각도와 태그의 각도가 맞지 않아, 인식률이 모두 0%가 나왔다. 그림 7에 플로팅 차트를 이용하여 결과를 나타내었다.

결과적으로 60°를 제외한 나머지 각도에서 최대 2.2m까지



(a) RFID system Installation on track



(b) RFID Installation picture

Fig. 6. Current situation of RFID at O Bong station

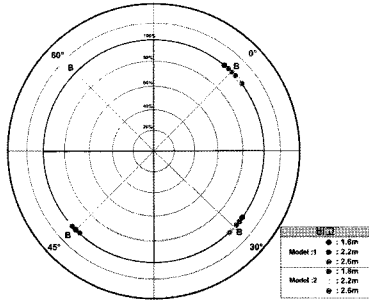


Fig. 7. Recognition of stopped train

인식률의 결과가 좋았으며, 안테나 각도는 태그와 정면을 바라 볼 수 있는 0° > 30° > 45° 순으로 측정 되었다.

4.1.2 이동하는 화차의 테스트 결과

이동하는 화차의 조건도 정차된 조건을 그대로 적용하여 실험 하였다. 그리고 이동의 속도를 고려해야 하는데 최대 이동속도를 50km까지 고려 하여 측정하였다. 왜냐하면 이동하는 속도가 100m이상의 경우는 이미 TTA에서 측정된 바 인식율이 50% 미만으로 측정된 바 있어 이에 절반 값이 50km로 제한하여 측정 하였다. 그리고 이동하는 화차의 인식율을 높이기 위해 화차의 이동방향을 기준으로 앞면 뒷면 뒷면에 A, B, C로 구분하여 측정 하였다.

인식거리 1.8m에 안테나 각도 0°의 경우 50km/h 속도에서 A태그가 96.67%의 인식률을 제외하면 모든 태그가 100%의 인식하였으며, 안테나 각도 30°의 경우, 50km/h 속도에서 A, B, C태그 인식률이 90%대로 인식률이 떨어졌으며 그 외 10km/h, 30km/h의 저속 상태에서의 인식률은 100%로 측정 되었다.

안테나 각도 45°의 경우 속도에 따른 인식률이 떨어지는 것이 분명하게 보이며 0°, 30°에 비해 30km/h 이하의 저속에서도 90%대의 인식율로 측정 되었다.

안테나 각도 60°일때 10km/h 속도를 제외하고 다른 각도에 비해 인식률이 큰 폭으로 떨어지며, 속도가 고속으로 갈수록 그 차는 더욱 커짐을 알 수 있다. 그림 8에 인식율에 대한 플로팅 차트를 나타내었다.

인식거리가 2.2m의 경우에는 안테나 각도 0 일때 모든 태그가 95% - 100%의 인식률을 보이나 안테나와 태그 거리 1.8m에 비하여 30km/h, 50km/h의 속도에서 인식률이 떨어짐을 알 수 있다. 안테나 각도 30°도의 경우, 50km/h 속도에서 A, B, C태그 인식률이 40%대 이하로 크게 인식률이 떨어졌으며, 30km/h 속도에서도 인식률이 1.8m의 거리보다 떨어짐을 알 수 있다. 안테나 각도 45°일때 10km/h의 속도에서 100%의 인식률을 보이나 이동 속도가 올라감에 따라 큰 폭으로 인식률이 떨어짐을 보인다. 안테나 각도 60°에서는 10km/h 속

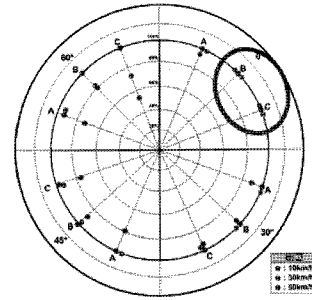


Fig. 8. Recognition rate at height 1.8m

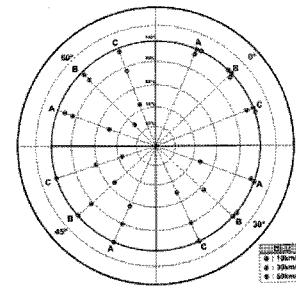


Fig. 9. Recognition rate at height 2.2m

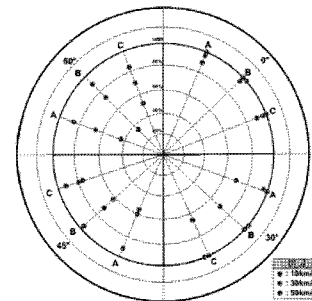


Fig. 10. Recognition rate at height 2.6m

도를 제외하고 다른 각도에 비해 인식률이 큰 폭으로 떨어지며, 속도가 고속으로 갈수록 그 차는 더욱 커짐을 알 수 있다. 그림 9에 인식율에 대한 플로팅 차트를 나타내었다.

인식거리 2.6m의 경우 안테나 각도가 0°일때 모든 태그들의 95% 이상의 인식률을 보이며 이동속도가 고속으로 갈수록 인식률이 저조 하였다. 안테나 각도 30°일때 안테나와 태그의 거리 1.8m, 2.2m의 결과에 비해, 50km/h의 고속으로 화차가 이동시 인식률이 훨씬 더 저조했으며, 안테나 각도가 45°일 때 10km/h 속도에서 약 90%의 인식률을 보이며, 30km/h, 50km/h 속도에서 A, B, C태그 인식률이 떨어져 거리에 따른 인식률이 하락 됨을 알 수 있었다. 안테나 각도 60°일때 10km/h 속도에서 80-900%의 인식률을 보이며, 30km/h 속도에서 60 -70%의 인식률을 50km/h 속도에서 40 - 50%의 인식률을 보이며 안테나와 태그의 거리와 각도의 영향으로 가장

안 좋은 인식률을 기록했다. 그림 10에 각각의 거리에 따른 인식율을 나타내었다.

4.2 2.45GHz 대역의 테스트 결과

2.45GHz 대역에서는 태그와 리더의 거리를 2.2m에서 인식을 시도 하였으며, 30km/h로 이동하고 있을 때 리더와 리더간 30m와 60m와 거리를 모두 완벽하게 인식하였다. 그러나 30m에서는 동시에 인식하는 경우도 발생했기 때문에 테스트 결과를 토대로 최소 30m이상의 인식 거리를 두고 60m까지 인식을 한다면 진입인지 출입인지에 대한 결과를 알 수 있을 것이다. 그리고 사용된 일반적으로 휴대폰에서 사용하는 안테나는 모노폴 형태의 안테나를 사용했기 때문에 상향으로 설치되었을 때 인식율은 만족할만한 결과를 얻었다. 2.45GHz 대역에서는 과제의 범위가 30km/h로 지정이 되었기 때문에 실질적인 데이터 값을 명시하지는 않았으나 최소 50km/h에서도 인식할 것으로 기대된다.

5. 결과고찰

화차 이동 시험시 속도에 따른 인식률 결과는 900MHz 대역의 RFID의 경우 50km/h < 30km/h < 10km/h의 순서로 이동속도가 낮을수록 보다 높은 인식률을 나타냈다. 측정된 결과를 토대로 안테나와 태그 사이의 거리가 2.2m이고 안테나의 각도가 30도 일 때 속도에 따른 인식률을 살펴보면 100%(10km/h) > 96.67%(30km/h) > 46.67%(50km/h)로 저속일수록 인식률이 좋은 것을 알 수 있다. 또한 안테나 각도에 따른 인식률을 보면 안테나 각도는 4종류로 0°, 30°, 45°, 60° 나누어 테스트를 하였고 인식률 결과는 각도가 높을수록 인식율을 떨어졌다. 60°의 경우 안테나와 화차에 부착된 태그의 거리가 멀고 안테나와 태그의 각도가 마주보는 형태가 아니어서 인식률이 저하되었다고 생각되며 0°의 경우 태그와 안테나 사이에 인위적인 장애물이나 환경변수가 없다면 이상적으로 마주보는 형태가 되어 가장 나은 인식률로 측정 되었다. 2.45GHz 대역의 RFID의 경우에는 30km/h만을 선택하여 측정하여 100%의 결과를 얻을 수 있었으며, 능동형의 특성상 인식 거리가 넓어 안테나의 각도는 크게 중요치 않았다. 다만 진/출입할 때 2대의 리더가 가까이 있을 경우 동시에 인식하는 경우가 문제 시 되어 최소 30m 이상의 간격을 두고 설치하

Table 4. Recognition ratio of each Frequency

Frequency	Nos. of passed train	Nos. of recognized train	Recognition ratio
900MHz	1,049	1,036	98.76%
2.4GHz	325	325	100.0%

는 것이 바람직 할 것이다.

각 주파수 대역별 최적으로 철도 화차를 인식한 결과는 900MHz 대역에서 약 98.76%의 인식율로 측정 되었으며, 2.45GHz 대역의 화차의 실험은 900MHz 대역의 실험과 동시에 진행 하여 100%의 인식율을 나타내었다. 표 4에 각 주파수 대역별 인식율을 나타내었다.

6. 결론

본 연구에서는 철도차량에 RFID시스템을 적용했을 때 리더 측면에서 발생할 수 있는 문제점인 인식거리/각도 및 이동 속도에 대해서 실험을 실시하고, 태그의 부착위치와 메탈 태그의 적용성을 검증하였다. 2.45GHz 대역에서는 안테나의 각도보다는 이동하는 속도와 태그인식영역이 증첩되지 않게 리더기를 설치하는 간격이 중요했으며, 900MHz 대역의 경우에는 안테나의 각도가 0°일 때 최적으로 인식하였으며, 이동속도는 10km/h의 경우 최적으로 인식 되었다. 그 결과 2.45GHz 대역에서는 100%라는 측정값이 도출되었으나, 900MHz대역에서는 98%정도의 값이 측정 되었다.

현재 국내에서는 RFID 기술 기반으로 시도되지 않은 값을 실험을 통하여 검증하였으며, 이에 따른 데이터를 확보함으로써 철도 신호 시스템에 적용 여부를 판단할 자료로 이용될 수 있을 것이다. 그러나 철도 신호 시스템 특성상 식스나인 이상을 만족할 만한 결과를 도출할 수 있는 환경과 시스템은 지속적으로 연구해야 할 것이다.

본 연구는 철도 화차를 최적으로 인식하기 위하여 실제 환경에서 실험을 실시하여 검증함으로써 철도 물류 체계를 RFID 기반으로 적용할 경우 물류의 추적을 가능하게 하고, 이후 유로-발리스와 같이 철도 신호 체계에 있어서 궤도 회로 등에 적용되어 철도 차량의 위치 검색 및 추적에도 적용이 될 것으로 기대한다.

참고문헌

1. Klaus Finkenzeller, "RFID Handbook" 2nd, p361-363, John Wiley & Sons, 2003.
2. 강민수, 장윤석, "RFID 응용표준", p23-27, 한국항공대학교 출판부, 2007
3. 정보통신부, "방송·해상·항공·전기통신 사업용 외의 기타업무용 무선설비의 기술기준", 무선설비규칙, 제24조 제2항 제5호, 제 2006-84호, 2006.
4. 건설교통부, "RFID기반 국가물류거점정보 구축완료보고서, 부록, p132-182, 2007.

(2007년 10월 31일 논문접수, 2007년 11월 20일 심사완료)