

RFID 기반 육송물류거점정보 시스템 구축에 관한 연구

A Study on the Construction of Ground Logistics Base Information System Based on RFID

강민수[†] · 손영일* · 이기서**

Min-Soo Kang · Young Il Son · Key Seo Lee

Abstract In this paper, u-FOS system is applied to field test in order to design the code structure based on standards and both 900MHz passive and 2.45GHz active RFID devices were used to test identification capacity in the field tests. For the stable RFID data obtainments, optimum speed of trucks and rail cars and most suitable tagging locations on them were resulted from field tests. The data obtained from ground logistics base and identified through the system is sent to u-FOS. Because the code structure is designed in the form of KKR code structure, this system can be implemented on RFID ODS network without difficulty. Therefore, we suggested the result as a guideline for corporations and government agencies to easily adopt the system.

Keywords : RFID, ODS, OTS, OIS

요 지 본 연구에서는 국내 실정에 적합한 표준 기반의 코드체계를 구현하기 위하여 u-FOS 시스템을 적용하고 물류정보를 인식하기 위하여 900MHz 대역의 수동형과 2.45GHz 대역의 능동형 RFID 시스템을 이용하였다. RFID 정보를 획득하기 위하여 철도차량과 화물차량의 이동속도 및 최적으로 인식이 가능한 부착위치를 현장 테스트를 통해 확보하였다. 인식된 RFID 정보는 u-FOS 시스템으로 전달할 수 있도록 하고, RFID ODS 네트워크 상에서 육송 물류 관리를 하기 위하여 표준코드체계를 KKR코드체제로 제시함으로써 연관기관 및 기업이 쉽고 빠르게 도입할 수 있도록 가이드라인을 제시하였다.

주요어 : RFID, 객체검색서버, 객체정보서버, 객체이력서버

1. 서론

우리나라는 국가물류 네트워크의 구축과 물류 강국의 구현을 위하여 국가물류기본계획(2001~2020)하에서 5년 단위로 정책을 수립하여 운영하고 있다[1]. 그러나 운영상 여러 가지 문제점이 발생하는데 그중 국가물류의 표준화가 큰 문제점으로 부각되고 있다. 그 이유는 행정 부처별 물류정책의 중복 문제로 표준화에는 시행착오로 인한 시간이 필요하기 때문이다.

따라서 국가물류를 표준화하고 경쟁력을 확보하기 위하여

국가물류거점정보 시스템 구축이 절실히 필요한 시점이다. 국가물류거점정보 시스템을 구축하기 위해 기본적인 육송 운송수단인 화물차량과 철도 화차의 위치 및 정보를 실시간으로 파악하기 위한 연구를 수행하였다. 물류 정보를 정확하게 인식하기 위하여 RFID 시스템을 적용하였으며, 추후 적용될 육송 운송체계에 적합한 주파수 대역의 선정을 위하여 900MHz 대역의 수동형 RFID 장비와 2.45GHz 대역의 능동형 RFID장비를 사용하여 여러 가지 제약조건에 대한 인식률을 테스트 하였다. 또한 RFID 기반의 코드체계인 ISO/IEC 15459[2] 기반의 KKR code를 적용하여 가상의 국가객체검색시스템 NODS(National Object Directory System)와 연동하고 정보의 흐름을 실시간으로 모니터링 할 수 있도록 육송 물류정보를 국가물류거점정보로 구현 할 수 있는 시스템을 구현하였다. 적용된 시스템은 군포복합화물 터미널, 의왕ICD, 양산 복합 화물터미널, 부산진역 철도CY

[†] 책임저자 : 정회원, 한양사이버대학교, 정보통신공학과, 교수
E-mail : mskang@hycu.ac.kr

TEL : (02)2290-2841 FAX : (02)2290-2842

* 아시아나HDT, 대외영업부, 상무

** 정회원, 광운대학교, 정보제어공학과 교수

를 대상으로 화물차량과 철도화차에 900MHz 대역의 수동형 RFID 시스템과 2.45GHz 대역의 능동형 RFID 시스템을 적용하여, ISO/IEC 15459 기반의 KKR 코드체계를 수용한 표준 코드를 적용할 수 있는 시스템을 구축 하였다. 이를 통해 ISO/IEC 기반의 코드체계 및 구조물 설치 등에 관한 표준 권고안 항목을 도출하고, 표준 권고안 항목을 도출함으로써 국가물류거점정보 획득과 관련한 모든 기업 및 기관에 RFID기반 국가물류거점정보시스템 구축의 가이드라인을 제안하였다.

2. 통합시스템 구성 및 코드체계

2.1 RFID 시스템 네트워크

RFID 시스템을 적용한 네트워크는 이미 EPC-IS를 기반으로 물류 환경을 위한 물류정보 통합관리 모형을 설계한 예가 있다[3]. 그래서 RFID 시스템을 기반으로 네트워크를 구축하기 위해서 내부 시스템과 외부 시스템으로 구분하고 내부적으로는 EPC-IS와 연계가 가능하게 하고 대부분의 RFID 시스템이 EPC 네트워크 기반으로 구성되어 있기 때문에 ONS(Object Name Service)를 통하여 EPC 네트워크 내에서 데이터 연동이 가능하게 구성 되어 있다. 그림 1에 EPC네트워크 구조를[4] 나타내었다.

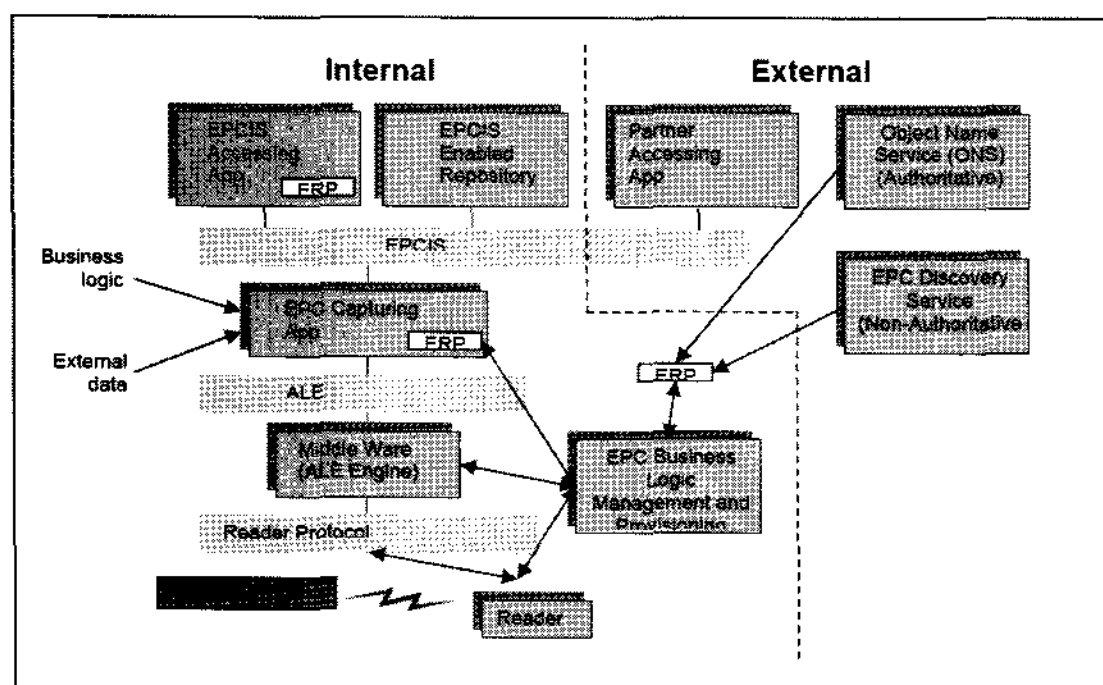


Fig. 1. EPC Network and RFID ONS Architecture

그림 1은 EPC-IS와 연동하는 그림을 나타내었다. 그러나 EPC 네트워크와 ISO/IEC 기반의 네트워크는 미국의 Verisign사가 관리하고 있는 ONS와 연동할 필요 없이 국내 ISO/IEC 발급기관의 객체검색서버(ODS: Object Directory Server)에 연동하여 동일 네트워크 내 기관과의 데이터 연동을 할 수 있다. 그래서 ISO/IEC 15459 표준 권고안을 기반으로 실제 구축환경에 적용하여 RFID 기반의 정보시스템과 연동하여 국가 및 기업에 유용한 정보를 제공할 수 있도록 구현하였다.

2.2 RFID 시스템 구성

전체 시스템은 TTA에서 제시하는 ISO/IEC RFID 객체 검색서버[5]표준을 적용하여 국가객체검색 서버를 최상위단에 두고 응용서비스의 로컬 객체검색서버가 국가객체검색서버와 연동된다. 로컬 객체검색서버는 객체의 이력정보와 객체 마스터 정보의 위치를 제공하며, 객체정보서버(OIS: Object Information Server)는 물류 거점간 이력정보를 제공한다. 또한 객체이력서버(OTS: Object Traceability Server)는 객체정보서버의 URL을 제공 하게 된다.

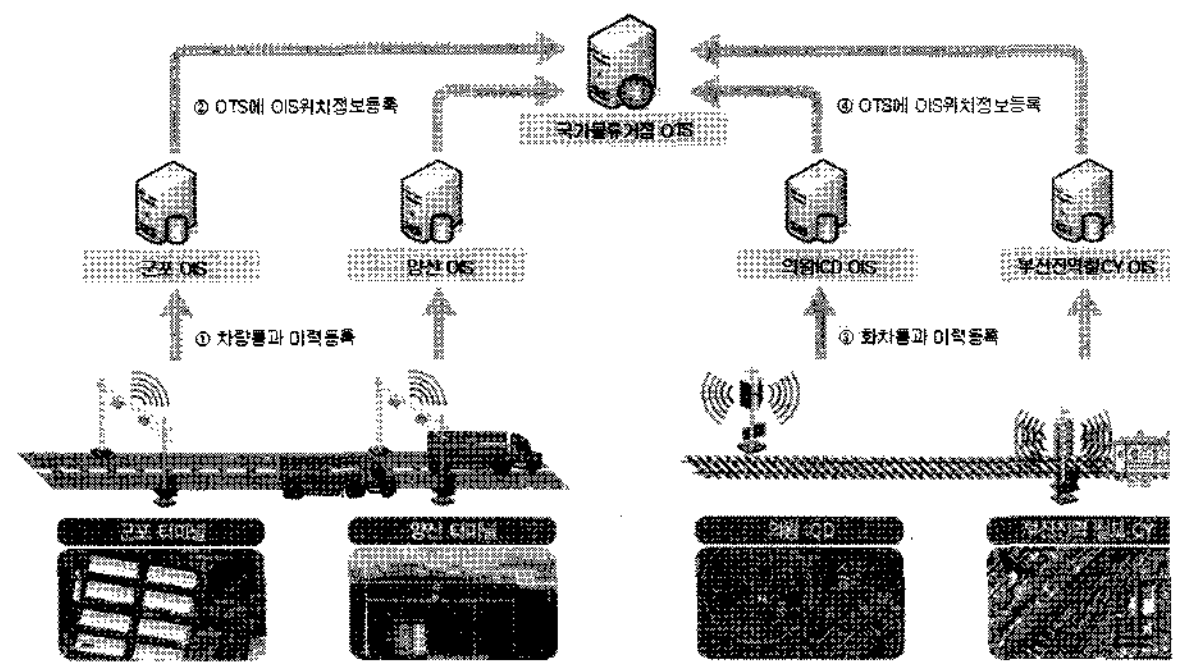


Fig. 2. Diagram of national logistics base information system based on RFID

그림 2에서와 같이 터미널에서는 차량의 정보를 입력하기 위하여 차량이 게이트 통과 시 통과한 이력을 해당 객체정보서버에 등록하고 게이트를 통과한 차량에 대한 태그 아이디와 해당지역 객체정보서버에 대한 위치포인트를 객체이력서버에 등록하는 절차로 이루어져 있다. 사용자는 u-FOS(Ubiquitous-Freight Overseeing System)를 통하여 차량에 대한 정보를 얻을 수 있도록 구현하였다.

2.3 코드체계

물류거점정보를 획득하는데 ISO/IEC 15459-4의 표준 코드체계를 수용하였다. 그러나 국제 표준인 ISO/IEC 15459-4는 일반적인 헥사 형식(4비트 압축)을 사용하지 않고 5비트 또는 6비트 압축을 사용했기 때문에 ISO/IEC RFID ODS에 연동하도록 제시한 표준코드를 적용하였다.

2.3.1 화물차량 코드체계

국가물류 거점정보 구축을 위한 화물차량의 RFID 적용은 ITS관점과는 달리 도로에서 차량의 이동경로 및 이동량을 파악하는 것이 목적이 아니라, 실제 물류관점에서 운송사나 화주기업에게 필요한 데이터를 제공하고, 이 데이터를 필요로 하는 국가기관, 운영기업에게 필요정보 제공의 수준으로 제공하는데 목적을 두고 있다.

화물차량 코드체계는 단순 코드뿐만 아니라 물류적으로

의미를 갖는 데이터를 포함하여 시스템이 정지되었거나 오류가 발생하였을 때 시스템의 최하단부(리더-태그간)에서 개별차량을 인식할 수 있는 환경을 제공해야 하기 때문이다. 그래서 화물차량의 형식과 차량의 최대적재중량을 선정하여 구성하였다. 표 1에 화물차량 인식을 위한 태그 데이터 구조를 나타내었다.

Table 1. Tag data Format for Recognition Truck

	IAC	CC	Prefix	IC		SC
Char. No.	3	3	1	1	1	5
Header	KKR	MCT	B	Truck type	Max. Weight	each Serial
Need bit No.	15	15	5	5	5	25

2.3.2 철도화차 코드 체계

철도운송은 철도차량에 부착된 각각의 화차를 인식하여 물류거점정보를 획득하게 된다. 코드체계는 ISO/IEC 15459를 만족하는 KKR 코드를 이용하였으며, 화물차량과 화차의 오도착, 또는 다른 요인으로 인한 시간지연 때문에 물류흐름에 영향을 미치는 상황을 방지해야 하기 위해서 코드 뿐만 아니라 물류적으로 의미를 갖는 데이터를 포함하였다.

Table 2. Tag data Format for Recognition freight rail cars

	IAC	CC	Prefix	IC	SC
Char. No.	3	3	1	1	6
Header	KKR	MCT	A	rail car type	each Serial
Need bit No.	15	15	5	5	30

3. 현장 테스트

실제 응용환경 구축에 앞서 주파수대역, 구조물 설치, 구조물 안테나 설치위치, 거리별 태그부착위치, 속도별 태그 인식 여부 등을 고려하여 최적의 인식 조건[6]을 찾기 위한 현장테스트를 실시하였다. 실험대상은 화물차량과 철도화차이며 안테나의 구조물 및 형태, 태그 부착위치를 고려하였다. 테스트에 사용한 RFID 장비는 900MHz 대역의 수동형 RFID 시스템과 2.45GHz 대역의 능동형 인식시스템을 사용하였다. 표 3에 현장테스트를 위한 RFID 시스템의 사양을 나타내었다.

3.1 화물차량 현장테스트

화물차량의 인식을 위한 현장테스트는 일반적으로 RFID 안테나 구조물에 많이 사용하고 있는 문형과 기둥형을 선

Table 3. RFID system specifications for field test

Freq. range	Device	Specification
900MHz Bandwidth	Reader	- Freq. range: 910-914MHz - Output: less than 1W - Channel bandwidth: 200kHz - Hopping: at least 15 - Dwell time: 0.4sec - Antenna: circular polarization - Temp.: 0~40°C - Comm.: RS-232, TIP/IP * Local regulation compliance [7]
	Tag	- Size: 137×27×6 mm - Memory: 96 bit - Reading Range: 6~7m - Material: ABS
2.45GHz Bandwidth	Reader	- Freq.: 2412/2437/2462MHz - Tx power: -33dBm~0dBm @4dBi, 10dBm (option) - Temp.: -30~85°C - Comm.: TCP/IP (Option: RS-232C, USB 2.0) - Antenna: Monopole * Local regulation compliance[6]
	Tag	- Freq. range: 2.412MHz/2437MHz /2462MHz - Tx power: -33dBm~ 0dBm@1dBi,10dBm(option) - Size: 84mm×53mm×32mm - Temp.: -30~85°C - Power: 3.7V(Li-ion Battery)

정하고, 안테나의 각도를 수정할 수 있도록 하였다 그리고 차량 내 태그의 부착위치를 6부분으로 나누어 최적의 위치를 선정하여 최적으로 인식할 수 있는 조건을 고려하였다. 사용된 차량은 1, 2.5, 5, 11.5톤 이며 화물차량의 상태는

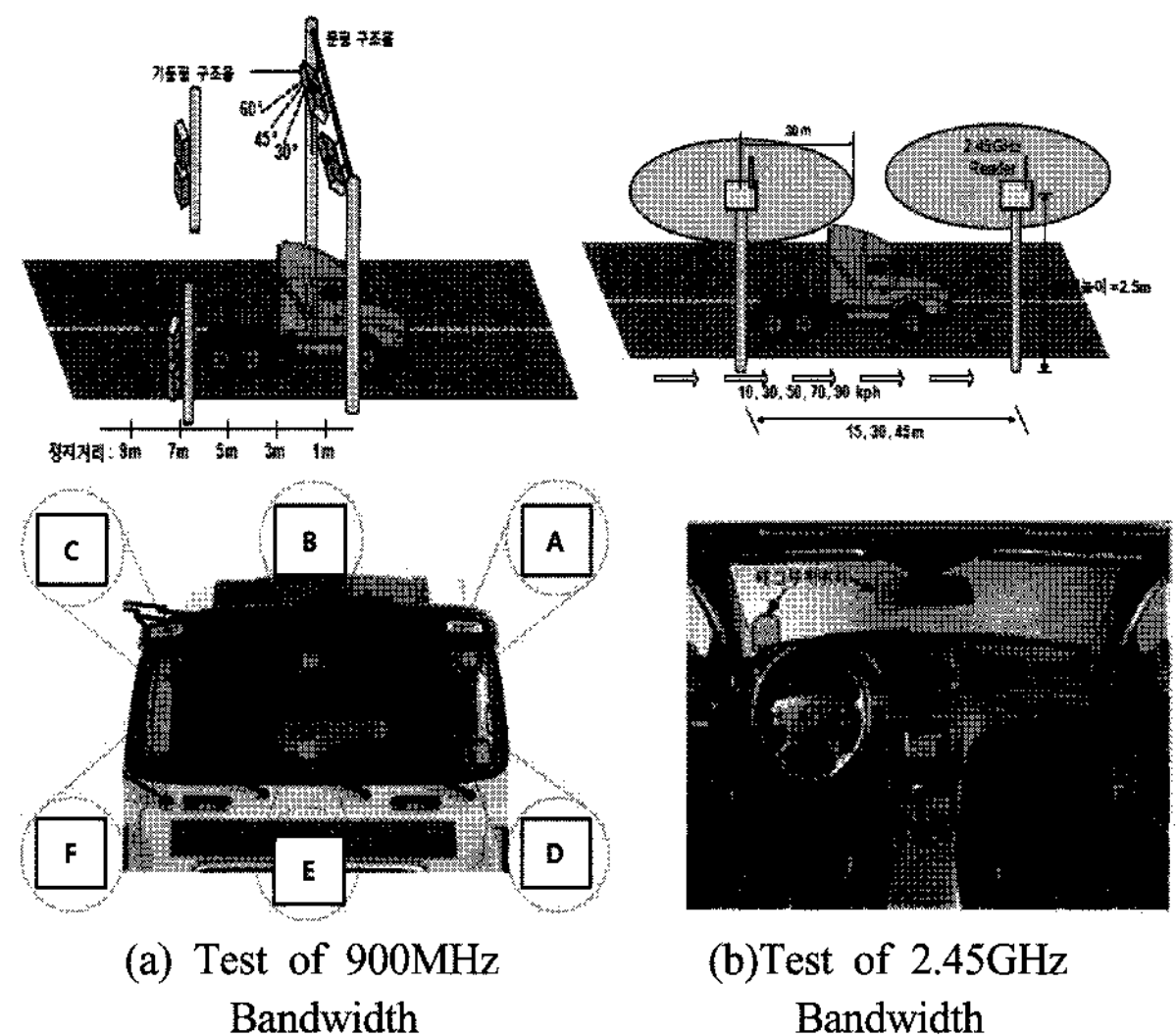


Fig. 3. RFID field test of truck

정지, 이동으로 구분하여 실험하였다. 그림 3에 차량의 부착위치를 나타내었다.

900MHz의 태그 부착위치는 운전사의 좌/우측 상하단, 중간 상/하단에 부착하였으며 안테나의 각도는 30°, 45°, 60°로 설정하였다. 2.45GHz 대역은 운전사의 왼쪽하단부와 후방거울이 있는 위치에 부착하고, 리더는 상호간 인식영역이 겹치지 않게 하기위하여 리더간 거리를 45m로 선정하여 측정하였다. 그리고 정지된 경우와 이동하는 경우로 구분하였으며, 이동속도를 10, 30, 50, 70, 90km/h 속도로 설정하여 실험하였다.

3.2 철도화차 현장테스트

철도화차의 현장 테스트역시 900MHz 대역은 안테나의 각도, 철도화차 내 태그의 최적부착위치 실험을 수행하였고, 2.45GHz 대역은 리더의 높이, 리더간 거리 테스트를 수행하였다. 시스템은 오봉역에 설치하였으며, 설치된 시스템의 구성을 그림 4에 나타내었다.

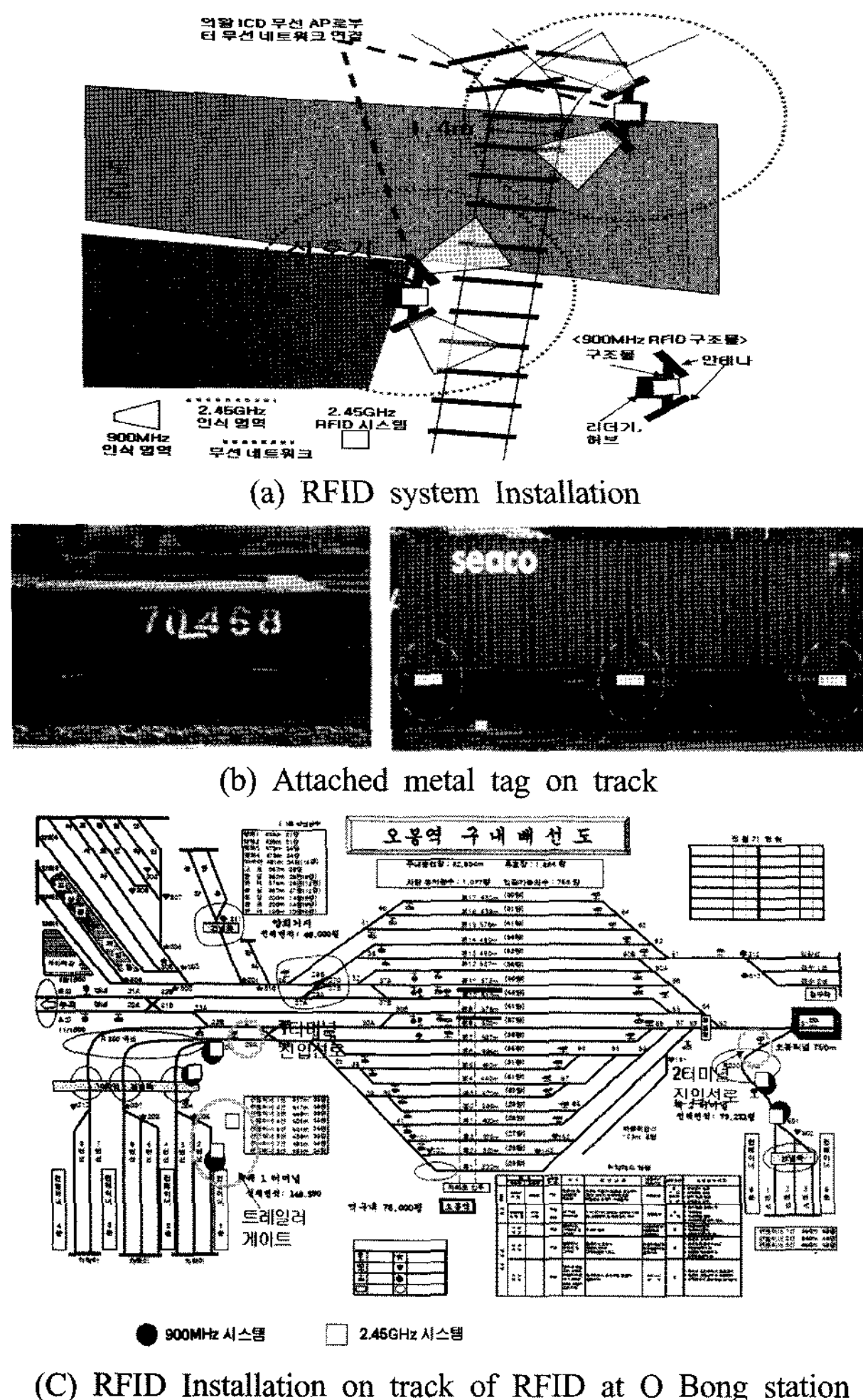


Fig. 4. RFID field test of freight rail cars

철도 화차의 테스트는 안테나의 각도를 최적화하고, 안테나와 태그 사이의 최대 인식 거리를 측정에 목적을 두고 진행 하였으며, 실험은 화차의 높이에 따라 두 가지 모델을 선정하여 실시하였다. 모델 1의 화차 높이는 지면으로 부터 약 105cm이고 모델 2의 화차 높이는 약 135cm이다. 이에 안테나의 높이는 중간 값인 1.2m의 높이에 설치하여 실험하였다. 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. 그리고 900MHz의 태그는 금속에서 인식할 수 있는 메탈 태그를 철도화차의 앞(A) 중간(B), 뒷(C)의 하단부에 부착하고, 안테나의 각도는 0°, 30°, 45°, 60°로 설정하였다. 2.45GHz 대역 역시 리더와 리더 간 인식거리가 상호 중첩되는 부분을 방지하기 위하여 30m 이상의 간격을 유지하였다.

3.3 u-Fos 시스템 현장 테스트

RFID 기반 국가물류거점정보시스템의 응용프로그램인 u-FOS 시스템의 정상동작 확인 및 국가물류거점정보 획득 확인과 시스템 연계 운영을 목적으로 테스트 하였다[8]. 총 3,200대의 화물차량 및 철도화차에 태그를 부착하여 실험하였다. 표 4에 시범운영 태그 수를 나타내었다.

Table 4. Number of test tag

	Track logistics base	Rail car logistics base	Total
Passive	1,875	1,125	3,000
Active	125	75	200

u-FOS 시스템은 터미널에서는 차량의 정보를 입력하기 위하여 차량이 게이트를 통과하면 통과한 이력을 해당 객체정보서버에 등록하고 게이트를 통과한 차량에 대한 태그아이디와 해당지역 객체정보서버에 대한 위치포인트를 객체이력서버에 등록하는 절차로 이루어져 있다. 그림 5에 객체검색/정보/이력 서버간의 연계도를 나타내었다.

그림 5에서 객체 검색/정보/이력 서버가 연계되는 단계는 5단계로 구분하였다. 위와 같은 5단계를 적용하여 2007년도에 약 4개월간에 걸쳐 현장 테스트를 실시하였다.

4. 현장 테스트 결과

국가물류거점 정보시스템을 구축하기 위하여 주파수 대역

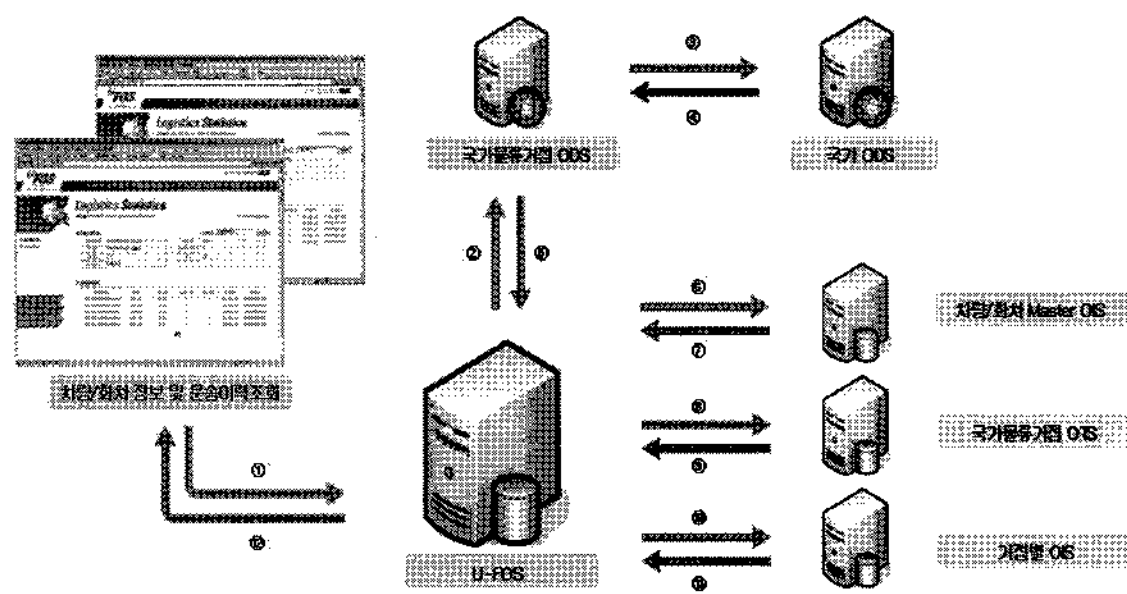


Fig. 5. Relation Diagram of ODS, OIS and OTS

별 RFID시스템을 적용하여 현장 테스트를 실시한 결과 화물차량의 경우 태그의 부착위치는 “B” 위치에서 안테나의 각도가 45°일 때 가장 인식률이 좋았음을 알 수 있었으며, 기동형과 문형은 안테나와 태그 통신 여건이 비슷하여 인식률에는 큰 차이가 없었다. 철도 차량의 경우는 0°이고 부착위치가 화차의 중간부분인 “B”의 위치일 때 인식률이 가장 좋았다.

4.1 화물차량

현장테스트는 1, 2.5, 5, 11.5톤, 그리고 트레일러를 대상으로 하였고, 화물차량의 상태는 정지, 이동, 안테나의 형태는 900MHz는 문형, 기동형, 2.45GHz는 기동형으로 테스트하였다.

차량이 정지된 상태에서는 이동할 때 보다 인식률이 높았으며 1톤 차량 보다는 11.5톤 차량이 인식률이 좋았다. 그림 6에 1톤 트럭이 이동할 때의 결과를 플로팅 차트를 이용하여 나타내었다.

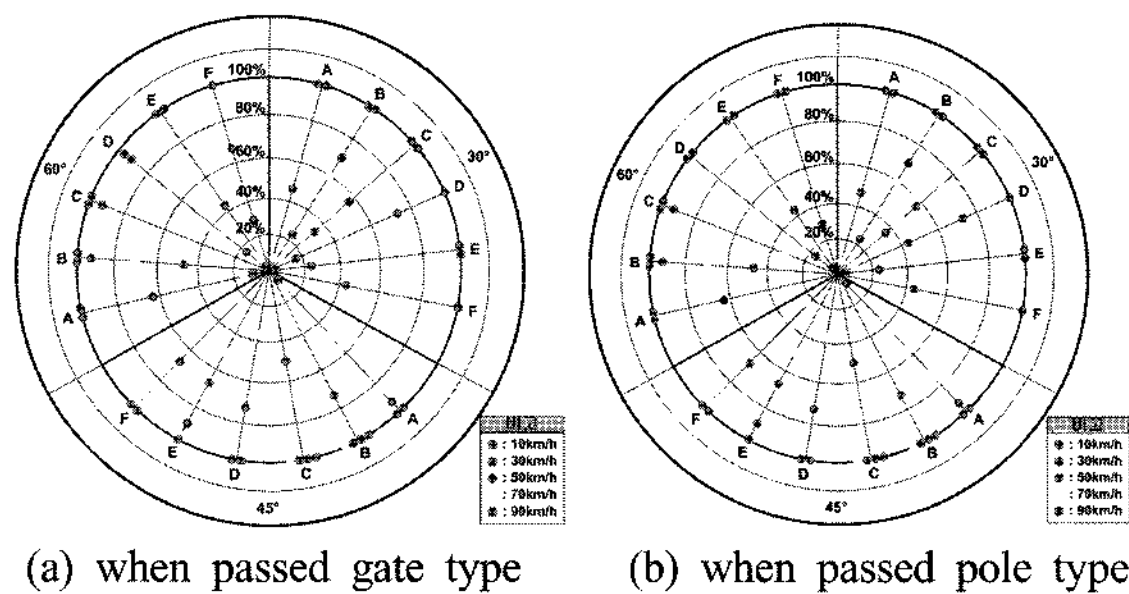


Fig. 6. Plotting chart of 1ton truck recognition ratio

이동 문형의 경우 안테나 각도 30°일 때 10km/h와 30km/h의 저속에서는 대다수의 태그들이 100%의 인식률을 보였으나 50km/h 이상의 속도에서는 인식률이 떨어진다. 안테나 각도 45°일 때 모든 태그가 50km/h 거리까지는 100%의 높은 인식률을 보였다. 특히 태그 B와 C는 70km/h까지 100%를 나타낸다. 각도 30°와 60°에 비해 비교적 좋은

인식률을 보이고 있다. 안테나 각도 60°일 때 10km/h와 30km/h의 저속에서 태그들이 대부분 100%를 보였으며 50km/h 이상의 속도에서는 30°에서 보다 인식률이 떨어짐을 알 수 있다. 1톤의 경우에는 리더와 태그의 인식거리가 가장 멀 때를 나타낸 것이며 이와 달리 11.5톤은 인식거리가 가장 가까운 상태이다. 그래서 인식거리가 가장 먼 경우와 가까운 경우를 비교하였다. 그림 7에 11.5톤의 인식률을 나타내었다.

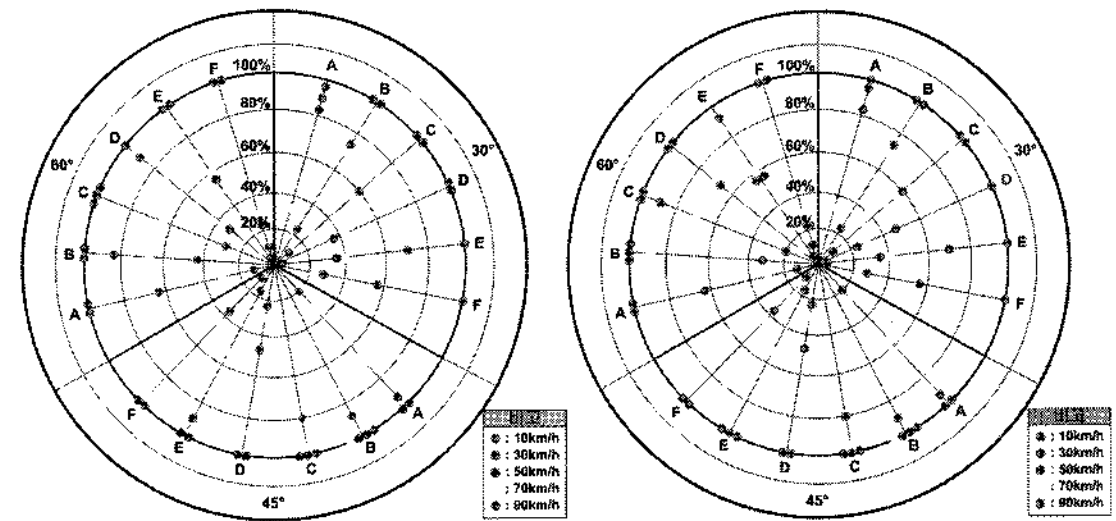


Fig. 7. Plotting chart of 11.5 ton truck recognition ratio

이동 문형의 경우 안테나 각도 30°일 때 10km/h의 저속에서 대다수의 태그들이 100%의 인식률을 보였다. 태그 E와 F는 30km/h 속도부터 인식률이 떨어지기 시작하며 태그 A, B, C는 50km/h와 70km/h에서 약 60-80% 인식률을 보인다. 안테나 각도 45°일 때 태그 B와 C는 70km/h까지 100%를 나타내며 90km/h 속도에서도 80% 이상의 인식률을 보인다. 다른 위치의 태그들은 30km/h와 50km/h 거리까지는 100%의 인식률을 보이나 그 이상의 속도에서는 인식률이 크게 하락하는 것을 알 수 있다. 안테나 각도 60°일 때 10km/h와 30km/h의 저속에서 태그들이 대부분 인식률 100%를 보였으며, 50km/h 이상 속도에서는 태그 B와 C만이 80~100%의 인식률을 보이며 다른 태그들은 속도에 따라 인식률이 떨어짐을 알 수 있다.

이동 기동형의 경우 안테나 각도 30°일 때 10km/h의 저속에서 대다수의 태그들이 100%의 인식률을 보였으나 30km/h 속도에서는 태그 D, E, F의 인식률이 떨어지며 50km/h와 70km/h A, B, C 태그들이 약 60~80% 인식률을 보인다. 안테나 각도 45°일 때 태그 B와 C는 70km/h까지 100%를 나타내며 90km/h 속도에서도 80% 이상의 인식률을 보인 반면 다른 위치의 태그들은 10km/h와 30km/h의 속도까지만 100%의 인식률을 보인다. 50km/h 속도에서는 태그 A와 E가 100%의 인식률을 보일뿐 그 이상의 속도에서는 모든 태그의 인식률이 크게 하락하는 것을 볼 수 있다. 안테나 각도 60°의 경우 10km/h, 30km/h의 저속에서 태그 E를 제외한 대부분의 태그가 인식률 100%를 보였으며, 50km/h와 70km/h 속도에서는 태그 B와 C만이

70~100%의 인식률로 나타났다.

측정용 안테나의 각도 중 60°에서는 측정 안테나와 태그 사이의 인식거리가 충분히 확보되지 못하여 인식률이 상대적으로 저하되었으며, 30°의 경우에는 안테나의 전파 방사면이 지면(地面)을 바라보게 되어 안테나 인식 범위가 작아지게 되므로 근접 거리에서와 저속 이동 시 외에는 태그 인식률이 저조하였다. 그러나 안테나 각도가 45°로 설치한 경우가 인식률이 가장 높았으며 45°>30°>60° 순으로 높게 나타났다. 5종의 화물 차량의 실험에 있어서는 화물차량의 차체 높이가 적재중량이 증가함에 따라 높아지며 태그의 부착 위치도 그에 따라 높아졌다. 태그의 부착위치가 높아지면 측정용 안테나로부터의 거리가 가까워지므로 태그인식률도 높아지게 된다. 실제 실험결과 차량 적재중량별 인식률은 11.5톤>5톤>2.5톤>1톤 순으로 높게 나타났다. 이동 속도에 따른 인식률은 10km>30km>50km>70km>90km의 순서로 나타났으며 이동속도가 낮을수록 보다 높은 인식률을 보였다¹⁾.

구조물의 형태에 따른 인식률은 게이트형과 기둥형이 흡사한 결과가 도출되었다. 그 이유로는 게이트의 안테나와 태그 방향이 마주보는 각으로 전파 방사면이 일치해 원활한 통신 여건을 갖추었고 안테나와 태그의 거리가 약 4m-7m의 거리를 가지며, 기둥형은 안테나와 태그의 방향이 누운 형태로 엇갈려 문형 게이트형에 비해 다소 불리한 통신 여건이지만 태그와 안테나의 거리가 약 1m-2m로 문형게이트에 비해 가깝기 때문으로 예상된다. 이 두 가지 경우를 비교하여 볼 때 게이트형과 기둥형에서 안테나와 태그의 통신 여건은 서로 비슷하여 흡사한 결과로 나타났다. 화물차량 내부에 부착된 태그의 위치별 인식률의 결과는 차량 앞 유리 상단에 부착된 A·B·C 태그가 하단에 부착된 D·E·F 태그보다 높게 나타났으며 A·B·C 태그 중 B태그의 인식률이 10km/h, 30km/h의 속도에서 인식률이 100%이고 50km/h의 속도를 포함하여 다른 태그들과 비교 했을 때 인식률의 차이는 약 5% 이상 차이로 높게 나타났다. 2.45GHz 대역은 리더와 리더 사이의 인식 영역을 겹치지 않게 설치하여 인식한 결과 100%의 인식률을 나타내었다.

따라서 화물차량의 결과를 약 4개월 동안 실시한 결과 전체적으로 93.3%를 인식하였으며, 2.45GHz 대역은 리더와 리더 사이의 인식 영역을 겹치지 않게 설치하여 인식률을 나타내었다. 표 5에 주파수 대역별 총 통과한 차량에 대한 인식률을 나타내었다[9].

Table 5. 900MHz bandwidth field test recognition rate of truck

Freq. range	pass track No.	Total Recog. No.	Recog. No.
900MHz	8,008대	7,472건	93.3%
2.45GHz	2,280대	2,279건	99.9%

4.2 철도화차

모델1과 모델 2는 예상했던 모든 거리에서 100% 인식이 되었으며, 30°와 45°의 경우 1.8m, 2.2m의 거리에서 인식률이 100% 인식하였다. 안테나 각도 60°에서는 안테나 각도와 태그의 각도가 맞지 않아, 인식률이 모두 0%가 나왔다. 이동하는 화차의 조건도 정차된 조건을 그대로 적용하여 실험 하였다. 그리고 이동의 속도를 고려해야 하는데 최대 이동속도를 50km까지 고려하여 측정하였다. 왜냐하면 이동하는 속도가 100km이상의 경우는 이미 TTA에서 측정 한 바 인식률이 50%미만으로 측정된 바 있어 이에 절반 값이 50km로 제한하여 측정[7]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 속도에서 A, B, C태그 인식률이 90%대로 인식률이 떨어졌으며 그 외 10km, 30km의 저속 상태에서의 인식률은 100%로 측정 되었다. 안테나 각도 45°의 경우 속도에 따른 인식률이 떨어지는 것이 분명하게 보이며 0°, 30°에 비해 30km 이하의 저속에서도 90%대의 인식률로 측정 되었다. 안테나 각도가 60°일때 10km 속도를 제외하고 다른 각도에 비해 인식률이 큰 폭으로 떨어지며, 속도가 고속으로 갈수록 그 차는 더욱 커짐을 알 수 있다.

인식거리가 2.2m의 경우에는 안테나 각도 0°일 때 모든 태그가 95%-100%의 인식률을 보이거나 안테나와 태그 거리 1.8m에 비하여 30km, 50km의 속도에서 인식률이 떨어짐을 알 수 있다.안테나 각도 30°의 경우, 50km 속도에서 A, B, C태그 인식률이 40%대 이하로 크게 인식률이 떨어졌으며, 30km 속도에서도 인식률이 1.8m의 거리보다 떨어짐을 알 수 있다. 안테나 각도 45°일때 10km의 속도에서 100%의 인식률을 보이거나 이동 속도가 올라감에 따라 큰 폭으로 인식률이 떨어짐을 보인다. 안테나 각도 60°에서는 10km 속도를 제외하고 다른 각도에 비해 인식률이 큰 폭으로 떨어지며, 속도가 고속으로 갈수록 그 차는 더욱 커짐을 알 수 있다.

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, 50km의 고속

1) 11.5톤 차량에서 문형 게이트 안테나 각도 60도에 B 태그일 경우 속도에 따른 인식률의 결과를 살펴보면 100%(10km)>100%(30km)>83.33%(50km)>66.67%(70km)>43.33%(90km)의 순으로 고속인 경우 보다 저속일 경우 인식률이 높음.

으로 화차가 이동시 인식률이 훨씬 더 저조했으며, 안테나 각도가 45°일때 10km 속도에서 약 90%의 인식률을 보이며, 30km, 50km 속도에서 A, B, C태그 인식률이 떨어져 거리차에 따른 인식률이 하락 됨을 알 수 있었다. 안테나 각도 60°일때 10km 속도에서 80-90%의 인식률을 보이며, 30km 속도에서 60-70%의 인식률을 50km 속도에서 40-50%의 인식률을 보이며 안테나와 태그의 거리와 각도의 영향으로 가장 안 좋은 인식률을 기록했다. 그림 8에 각각의 거리에 따른 인식률을 나타내었다.

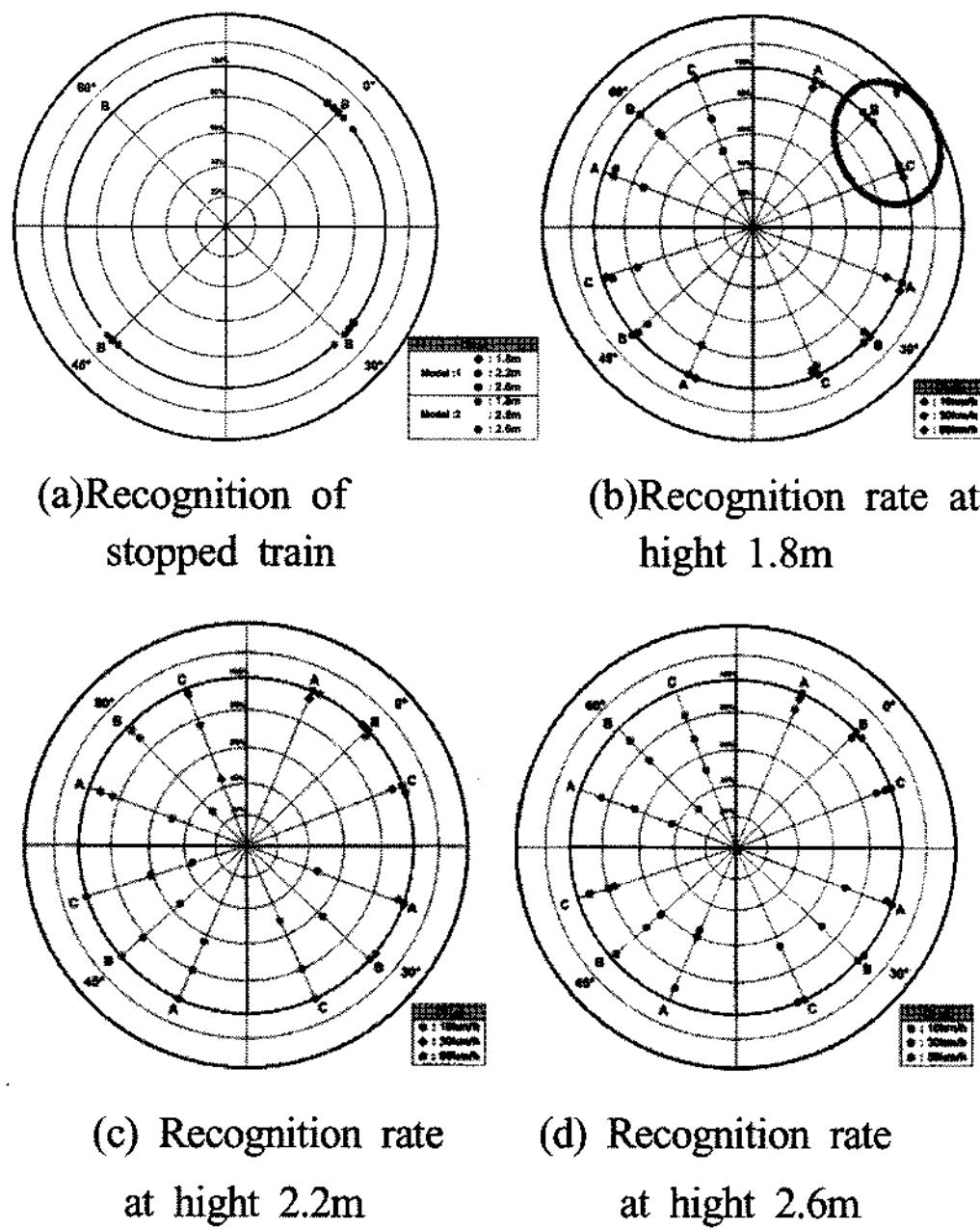


Fig. 8. Plotting chart of rail car recognition ratio

900MHz 대역 철도화차에 대한 실험은 총 7일에 걸쳐 진행하였으며, 전체 획득된 데이터는 총 1,049 통과차량에 대하여 1,036건의 데이터로 전체 98.76%의 인식률을 나타내었다.

2.45GHz 대역에서는 태그와 리더의 거리를 2.2m에서 인식을 시도 하였으며, 30km/h로 이동하고 있을 때 리더와 리더 간 30m와 60m 거리를 모두 완벽하게 인식하였다. 그러나 30m에서는 동시에 인식하는 경우도 발생했기 때문에 테스트 결과를 토대로 최소 30m 이상의 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 인식률은 만족할만한 결과를 얻었다. 2.45GHz 대역에서는 과제의 범위가 30km/h로 지정이 되었기 때문에 실질적인 데이터 값을 명시하지는 않았으나 최소 50km에서도 인식할 것으로 기대된다.

Table 6. RFID system field test recognition rate of freight rail cars

Freq.	No. rail car passed	No. recognized	Recog. ratio
900MHz	1,049대	1,036건	98.8%
2.45GHz	325대	325건	100.0%

4.3 u-FOS 시스템

u-FOS(ubiquitous Freight Overseeing System)의 정상동작 확인 및 국가물류거점정보 획득 확인과 시스템 연계 운영은 약 4개월간 총 3,200대의 화물차량 및 철도화차에 태그를 부착하여 실시하였다. 시범운영기간 동안 시스템 장애로 인한 u-FOS 운영중단은 없었으나, 가끔 리더 통신에 문제가 발생하였다. 그러나 물리적으로 리더 리셋으로 지속적인 데이터를 취득하였다. u-FOS를 통하여 획득된 데이터는 103,691건으로 1일 평균 860건 정도의 데이터를 그림. 3의 객체정보서버와 객체이력서버, 객체검색서버의 연관관계를 토대로 수행하였다[6]. 각 단계별 절차는 다음과 같다.

① 사용자가 u-FOS의 화면을 통해 차량/화차 이력조회를 수행하면 해당차량/화차의 태그ID의 마스터 객체정보서버와 객체이력서버의 위치정보를 국가물류거점 객체정보서버에 요청하며, 이때 해당 태그ID에 대한 마스터 객체정보서버/객체이력서버 정보가 없는 경우, 가상의 국가객체검색서버에 정보를 요청

② 가상의 국가객체검색서버는 해당 태그ID에 대한 마스터 객체정보서버/객체이력서버 정보의 위치를 제공하고 국가물류거점객체검색서버는 해당 태그ID에 대한 마스터 객체정보서버/객체이력서버 정보의 위치정보를 u-FOS에 제공

③ u-FOS 서버는 최종적으로 수신한 마스터 객체정보서버 정보를 이용하여 차량/화차에 대한 상세정보를 요청하고 마스터 객체정보서버에서 차량/화차의 상세정보를 제공한 후 객체이력서버에 해당 태그의 이력정보를 담고 있는 거점별 객체정보서버의 위치정보를 요청

④ 객체이력서버는 거점별 객체정보서버의 위치정보를 제공하고, 해당 태그의 거점별 객체정보서버의 위치정보를 전부 제공하고, 거점별 객체정보서버에 해당 태그의 이력정보를 요청함으로써 객체정보서버는 해당 태그의 이력정보 제공

⑤ u-FOS는 사용자에게 차량/화차의 상세정보와 건별 이력정보를 사용자화면에 최종 출력

현장 테스트 결과 u-FOS 시스템은 안정적으로 운영될 수 있으며, 향후 국토해양부의 국가물류거점정보시스템으로 확장할 경우 시스템의 용량 증설 등을 통하여 충분히 적용이 가능하다는 결론을 도출하였다. u-FOS 시스템과 운송사 및

택배사의 시스템 연동 또한 문제가 발생하지 않아 표준화된 시스템으로서 제시되기에 무리가 없음을 현장테스트 결과를 토대로 알 수 있었다.

5. 결과고찰

현장 테스트 결과 u-FOS 시스템은 4개월 동안 테스트를 실시하였다. 현장 테스트 기간 동안 간헐적으로 발생하는 리더의 통신장애 문제로 인해 리더를 물리적으로 리셋 해야 하는 상황이 발생하였다. 그러나 추후에 u-FOS 시스템이 설치 될 경우에는 원격으로 리더의 상황을 모니터링하고, 통신 장애 시 미들웨어나, 원격으로 동작할 수 있는 방안을 모색해야 할 것이다.

RFID 시스템 테스트 결과 화물차량의 경우 게이트형과 기동형 모두 비슷한 결과를 나타냈으며, 안테나의 각도는 낮을수록 좋은 것이 아니라 45°로 설치하고 이동속도가 낮을수록 인식률이 가장 좋음을 알 수 있었다. 또한 화물차량은 적재 중량이 클수록 운전자의 차체의 높이가 높아져서 안테나와 태그의 인식거리가 가까워짐으로써 태그인식률도 높아졌다. 즉, 1톤 화물차보다는 4.5톤 차량의 높이가 높아서 태그와 안테나 거리가 좁아져서 인식률이 높다고 추정된다. 또한 안테나와 태그의 부착위치가 "B"의 위치하고 있을 때 최적으로 인식됨을 현장테스트를 통하여 알 수 있었다.

철도 화차 이동 테스트 결과는 당연히 이동속도가 낮을수록 보다 높은 인식률을 나타냈다. 또한 화차 측면에 부착된 태그의 위치별 인식률 결과는 태그 A~C 중 그 결과가 비슷하게 나왔으나 화차의 측면 형태를 고려할 때 측면 굴곡이 가장 없고 메탈태그가 철의 접착면과 매칭 되어 성능을 이끌어 낼 수 있었던 태그 B가 인식률이 가장 좋은 결과를 나타내었다.

2.45GHz 대역의 경우 화물차량과 철도화차 경우 모두 인식률이 100%에 가까운 결과를 나타내었다. 그러나 2.45GHz 대역은 능동형 시스템의 특성상 인식거리가 넓어서 중첩되지 않도록 존플래닝(Zone Planning) 단계를 반드시 거쳐야 할 것이다.

900MHz 대역의 RFID 시스템을 설치할 경우 100%의 인식률을 나타내지 못한 관계로 초음파센서 등을 이용하여 차량의 검지 후 리더에서 인식하지 못한 경우를 대비하여 이중으로 설치하는 방안도 고려해야 할 것이다.

6. 결 론

본 연구에서는 RFID 기술 기반으로 국가물류거점정보 획득을 위한 KKR 표준 코드체계(안), 화물차량과 철도물류의 화차에 최적의 태그 부착 위치에 대한 권고안 제시, 차

량물류와 철도물류의 거점에 RFID기반의 구조물 설치 표준 권고안을 현장 실험 결과를 토대로 제시하였다.

화물차량의 적용결과 900MHz 대역 장비는 문형구조물의 경우 높이 4.2m에서 안테나의 각도가 45°, 기동형구조물의 경우 상단 안테나 2.5m, 하단안테나 1.8m에서 안테나의 각도가 45°인 경우에 가장 좋은 인식률을 보였다. 2.45GHz 대역 장비는 리더가 2.5m의 높이에 설치되고 리더간 거리가 30m, 45m인 경우 실험 최대 속도인 90km의 속도에서 최적의 인식률을 나타내었다.

철도 화차의 경우 900MHz 대역에서 1.2m의 높이에서 안테나의 각도 0°이고 태그와의 거리가 1.8m인 경우에 최적의 인식률을 나타내었다.

RFID 기술 기반의 현장 테스트 결과를 바탕으로 응용환경에 적합한 보정실험을 통하여 'RFID 기반 국가물류거점정보시스템'을 시범운영하였으며 총 4개월 간 안정적인 데이터를 취득할 수 있었다.

따라서 본 연구에서는 현장 테스트를 통하여 u-FOS 시스템의 안정성을 입증하고, 화물차량과 철도화차에 RFID 기술 도입 시 최적의 인식률을 도출함으로써, 국가물류거점정보를 구축할 수 있는 요구사항을 현장 테스트를 통하여 검증하였다.

참 고 문 헌

1. 문대섭, 이순철 (2003), "국가물류표준화 기술체계에 따른 추진 전략", 한국철도학회 추계학술대회논문집, pp.354~359.
2. ISO/IEC 15459-4, 2005.
3. 정홍석 외3 (2005), "RFID 기반 물류환경을 위한 물류정보 통합관리 모형의 설계", 한국지능정보학회 춘계학술대회논문집, pp.87~93.
4. 한국인터넷진흥원 (2006), "로컬 ODS 설치 및 구축 매뉴얼" Ver1.2.2.
5. 권장안 (2007), "온톨로지 기법을 이용한 RFID 장비 성능 측정체계 및 방법에 관한 연구", 한국항공대학교 석사학위논문, pp.84-87.
6. 국토해양부 (2007), "RFID 기반 국가물류거점정보구축 완료보고서", pp.130-183.
7. 무선설비규칙 (2006), "방송해상항공전기통신 사업용 외의 기타 업무용 무선설비의 기술기준", 전파연구소, 제24조 제2항 제5호, 제2006-84호.
8. 정용균, 권장안, 강민수 (2007), "RFID 기반 국가물류거점정보 시스템 구축", 한국RFID/USN협회 연구논문공모전, pp.91~101.
9. 강민수, 정의봉, 이기서 (2007), "RFID기반 철도차량 최적 인식률 측정에 관한 연구", 한국철도학회논문집, 제10권, 제6호, pp.633~639.

접수일(2008년 5월 13일), 수정일(2008년 6월 24일), 게재확정일(2008년 6월 24일)