

RFID 기술 기반 항공화물 모니터링 시스템 개발

준회원 손민규*, 종신회원 장윤석**

Development of Aircargo Monitoring System using RFID Technology

Mingyu Son* Associate Member, Chang Yoon Seok** Lifelong Member

요약

본 연구에서는 항공화물 터미널 내에서의 항공화물 관리를 위해 RFID(Radio Frequency Identification, 무선인식)를 기반으로 하는 실시간 모니터링시스템개발을 소개한다. 시스템의 개발에 앞서 필요한 기능을 구현하고 개발 프레임워크를 구성하기 위해 인천공항 화물 터미널을 대상으로 요구사항을 분석하였으며 요구사항 분석에 따라 실시간 관리 기능을 구현하기 위해 RFID 기술에 대한 도입 방안을 연구하였다. RFID 기술의 적용 가능성을 실험하기 위해 인천공항 화물 터미널에서 RFID 장비들에 대한 성능을 실험하였고 예상되는 문제점들에 대한 분석을 위해 동일한 지점에서의 전파환경을 분석하였다. 위의 연구 결과들을 토대로 항공화물에 대한 모니터링 솔루션의 전체적인 시스템 구성은 EPC 네트워크를 기반으로 하였으며 시스템 구현의 유연성 및 확장성을 고려하여 시스템 아키텍처에 비즈니스 모델에 대한 시스템적인 정의를 위한 BPM(Business Process Modeling)솔루션을 도입하고 모니터링 솔루션은 웹 기반으로 개발하였다.

Key Words : RFID(Radio Frequency Identification, Monitoring System, BPM(Business Process Modeling, EPC Network

ABSTRACT

In this paper, we introduce a RFIDbased real time air cargo monitoring system for cargo management in the air cargo terminal. In order to construct functional requirement and development framework, we have analyzed the user requirements of cargo personnel of Incheon International Air Cargo Terminal. To find out the possibilities to adopt RFID in the cargo, we had benchmarked different RFID systems and also tested radio environment of the cargo. Based on the RFID system test and radio environment test, we developed a web based cargo monitoring solution which adopts EPC network and BPM solution with flexibility and expandability.

I. 서론

최근 산업 사회는 세계적인 범위의 인적·물적 교류를 요구함에 따라 항공수요가 급증하고 있다. 국제 민간 항공기구(ICAO) 및 항공기 제작사들의 견해에

따르면 약 2020년 까지 2~3배 이상 급증할 것으로 전망 된다. 한국은 현재 세계 8위의 항공강국이다. 하지만, 인천국제공항은 스카이 트렉스(www.airlinequality.com)의 조사에 따르면 세계 최상위 순위임에도 불구하고 같은 순위인 홍콩, 싱가포르 공항과 비교해 현업 종사자

* 본 연구는 본 연구는 국토해양부 지능형공항연구개발사업의 연구비지원(36-2007-C-Airport)에 의해 수행되었습니다.

* 한국항공대학교 유비쿼터스 기술응용연구센터 (adrush@kau.ac.kr),

** 한국항공대학교 유비쿼터스 기술응용연구센터 (younchang@kau.ac.kr)

논문번호 : KICS2009-11-550, 접수일자 : 2009년 11월 2일, 최종논문접수일자 : 2010년 1월 30일

들을 대상으로 한 항공화물 서비스 순위는 그에 못 미치고 있다. 항공화물 터미널의 주요 업무는 항공화물이 반입되어 항공기에 기적 후 약속된 시간에 운송될 수 있도록 지원하는 것이다. 이를 위해서는 항공화물을 지속적으로 모니터링(monitoring)하고 현재 화물의 상태에 대한 관리가 필요하다. 하지만 인천공항 화물 터미널의 경우 항공화물에 대한 정보를 작업자로부터 전달받고 있다. 따라서 작업자의 교육수준에 따라 정보의 획득 속도가 달라지고 필수 정보가 작업자의 실수로 전달되지 않는 문제점들이 발생하고 있다. 현재 한국의 국적 항공사가 항공화물 부분에서 세계 1, 2위를 차지하고 있으나 운영 이익이나 순수익 부분에서는 각, 세계 18위와 13위를 차지하고 있는 이유 중 하나가 작업자를 중심으로 한 항공화물 모니터링 및 관리 방식이다.

따라서 항공화물 분야에서 세계적인 경쟁력을 확보하기 위해서는 IT 기술 및 이동 통신 기술을 바탕으로 한 자동화 관리 기술의 도입이 시급하다.

홍콩 첩나콕 공항의 경우 바코드 기술 및 AS/RS(Automatic Storage and Retrieval System)의 효과적인 적용 및 운용으로 화물을 관리하고 있고 싱가포르 창이 공항의 경우 RFID 기술을 적용하여 항공화물을 관리하고 있다. 하지만 대부분의 다른 공항들은 아직까지 바코드 기술에 의존하여, 화물을 관리하고 있다. 기존의 바코드를 이용한 모니터링 솔루션은 정보를 획득하기 위해서 반드시 작업자가 리더를 이용하여 개별 화물을 스캔(scan)하는 작업을 수행하여야 하며 작업자의 육안 인식 영역 밖에 있는 화물은 관리할 수 없다. 또한 싱가포르 창이 공항의 경우 RFID 기술을 이용하여 복수 인식 및 자동화된 정보 획득 솔루션을 구축하였으나 한 종류의 RFID 장비만을 적용함으로써 적용 대상이 특정 보관 용기에만 국한되어 항공화물 터미널의 일부 업무 영역만을 모니터링(monitoring)할 수 있다.

본 논문에서는 위와 같은 문제점들을 개선하기 위한 방안으로 RFID 기술을 이용한 항공화물 모니터링 솔루션을 소개하고 있다. 본 논문에서 소개되는 모니터링 솔루션은 항공화물 터미널의 공간적인 특성과 변화되는 포장단위에 따른 항공화물의 특성을 고려하여 RFID 기술을 적용함으로써 항공화물 터미널의 전체 업무 프로세스에 걸쳐 화물의 실시간 위치와 이력을 모니터링(monitoring)할 수 있다. 이는 정의된 비즈니스 프로세스에 따라 관련 업무와 연계된 정보를 실시간으로 항공화물 관리자에게 제공하여 실시간 의사결정 지원 기능을 수행할 뿐 아니라 항공화물을 항

공기에 기적하기 위한 실질적인 업무에서도 항공화물의 피킹(picking) 시간 단축과 같은 간접적인 효과를 가지고 보여준다.

II. 항공화물 모니터링 솔루션 개발

2.1 연구방법 및 절차

본 연구에서는 RFID 기술을 기반으로 한 항공화물 터미널에서의 항공화물 모니터링 시스템의 개발에 앞서 먼저 항공화물 관리 기술에 대한 일반적인 요구사항을 분석하고 실시간 화물 관리를 위한 RFID 기술 적용과 관련된 특수사항을 분석하였다. 이를 바탕으로 RFID 장비에 대한 성능 실험을 실시하였으며 장비에 대한 성능 실험과 동일한 지점에서 전파환경을 측정하고 분석 하였다. 위의 요구사항 및 분석 자료를 바탕으로 모니터링 시스템을 구성하고 해당 솔루션을 개발하였으며, 개발된 솔루션의 검증을 위해 실질적인 환경에서 실증 실험을 수행하였다.

본 연구를 통해서 개발하고자하는 모니터링 솔루션은 RFID 기술을 기반으로 항공화물 터미널에 반입된 항공화물의 실시간 위치정보 및 이력정보를 수집하고 표현하는 기능을 제공한다. 따라서 즉각적인 화물 관리를 가능하게 하고 추후 연구를 통해 다양한 이벤트 발생 시 신속한 의사결정 지원을 통한 대응 체계를 마련하기 위한 기반 기술이라는 점에서 기존에 이력관리 기능만을 제공하던 모니터링 솔루션들과의 차별성을 지니고 있다.

2.2 요구사항 정의

2.2.1 항공화물 관리 기술에 대한 일반적 요구사항

항공화물 터미널에서의 효과적인 항공화물 관리를 위해 인천공항 항공화물 터미널 작업 종사자 및 관리자를 대상으로 일반적인 요구사항을 분석하였다. 대부분의 요구사항은 화물관리 및 화물과 관련된 작업과 관련하여 다음의 8가지로 나눌 수 있다.

- 예약 화물 정보의 관리
- 입고된 화물에 대한 시간관리
- 입고된 화물의 이력 관리
- 입고된 화물의 위치 관리
- 특정화물에 대한 가시적인 표현
- 특정화물에 대한 조회
- Build-Up 계획에 대한 지원
- Build-Up 목록 조회

위의 내용들은 항공기 편명 및 작업자 별 관리가 요구되는 화물의 예정정보와 입고된 화물의 시간 정보 및 위치정보, 그리고 화물과 관련된 작업에 대한 의사결정 지원 및 획득 정보의 가시적인 표현을 요구하고 있다.

2.2.2 RFID 기술 적용을 위한 요구사항

항공화물 터미널 내 RFID 기술을 적용하기 위해 요구되는 사항을 업무 관계자들을 대상으로 조사하였으며 자동인식기술로써 요구되는 사항은 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 항공화물 터미널 내에서의 인식률 확보
- 인식 매체와 인식 대상의 인식 거리 확보
- 이동체에 대한 인식 속도 확보
- 획득된 정보의 정확성 확보
- RFID 기술 기반 획득 정보와 기존 시스템 정보와의 동기화

RFID 기술은 자동인식 시스템으로 일차적으로 우선시 되는 사항이 인식대상에 대한 인식률 확보이다. 또한 획득된 정보를 활용하기 위해서는 기존 정보와의 동기화가 필요하며 획득된 정보에 대한 정확성 역시 중요한 이슈가 된다. 여기서 말하는 정보의 정확성이라 함은 획득정보가 실질적으로 입력된 정보임을 나타내는 신뢰성이라 할 수 있다.

위와 같이 제시된 요구사항에 따라 본 연구에서는 RFID 장비를 활용하여 인천공항 항공화물 터미널에서 성능 실험을 실시하였다.

2.3 항공화물 터미널 내의 RFID 장비에 대한 성능 실험

본 연구에서는 RFID 장비를 대상으로 인천공항 화물 터미널에서 성능 실험을 실시하였으며 실험 지점은 터미널 내 4개 지점으로 truck dock , Storage, Workstation, Airside로 설정하였다. 실험 결과는 신뢰도를 확보하기 위해 각 30회의 인식시도를 한번으로 하여 총 10회를 실험하여 최대 인식 횟수와 최소 인식 횟수를 제외하고 평균값을 구한 것이다. 장비의 적합성을 확인하기 위해 실험 장비를 수동형과 능동형으로 나누고 환경적 제약조건에 따라 적용 대상과 적용 환경을 구분하여 실험하였다. RFID 장비의 적용 대상은 ISO/FDIS 17363^[1]을 참조하였으며 적용 환경의 일반적인 실험방법은 ISO/IEC 18046^[2]과 ISO 18185^[3]에서 제시하는 기준과 IATA^[4]의 권고사항을

표 1. 각 지점별 테스트 요소

구분	측정 지점	측정 대상	측정 장비	Parameter
가	Truck dock	단위화물아이템, Skid	Passive (900MHz)	인식거리, 안테나방향성, 인식률
나	Storage	단위화물아이템, Skid, 지게차	Passive (900MHz), Active(433MHz, 2.45GHz)	인식거리, 안테나방향성, 지게차 이동속도, 인식률
다	Work Station	단위화물아이템, ULD, 지게차	Passive (900MHz), Active(433MHz, 2.45GHz)	인식거리, 안테나방향성, 인식률
라	Airside Gate	ULD, 터그카	Passive (900MHz), Active(433MHz, 2.45GHz)	터그카 이동속도, 인식률

고려하여 구성하였다.

2.3.1 능동형 RFID 장비와 수동형 RFID 장비의 특성

본 연구에서 항공화물 터미널에 적용할 RFID 기술은 운용 형태에 따라 능동형과 수동형으로 나눌 수 있다. 따라서 특성에 따라 능동형과 수동형으로 나누어 적합성을 실험하였다. 능동형 장비로 433MHz 대역과 2.45GHz 대역의 장비를 선택하였으며 수동형 장비로는 수동형 장비 중 일반적으로 사용되고 있는 UHF 대역의 900MHz 대역의 장비를 선택하였다.

표 2. 능동형 RFID 장비와 수동형 RFID 장비의 특성

	능동형(Active)	수동형(Passive)
Power Source	battery	Magnetic Induction
Reading error	Close to 0%	Antenna 종류 및 설치 조건과 환경요소에 의존함.
Reading in Motion	150 mile/hour	150 mile/hour
Read range	100m 이상	최대 10m
Data Capacity	32kb	64 bits~256 bits
Price	\$2 ~ \$100	25cent ~ \$5

3.3.2 수동형 RFID 장비의 성능 실험

1) 900MHz 대역 RFID 장비에 대한 성능 실험

(1) 기술적 제한

900MHz 대역의 RFID 장비 중 태그는 메탈형 태그를 사용하였으며 리더는 A사의 리더를 사용하였다. 각 장비의 기술적 제한은 다음과 같다.

표 3. 900MHz 태그의 기술적 제원

태그 종류	UHF Tag(메탈형)
Operating Frequency	908.5-914MHz
Air Protocol	ISO 18000-6C
Type	Passive Type/On Metal Type
Range	-
Operating Temperature	-20°C ~ +60°C

표 4. 900MHz 리더의 기술적 제원

리더 종류	A사 900 MHz 리더
Frequency	908.5 ~ 914MHz
Support RFID tag	EPC Gen 2 : ISO/IEC 18000-6C
Air Protocols	ISO/IEC 18000-6C
Operating Temperature	-20°C ~ +60°C

(2) 실험 결과

900MHz 대역 RFID 장비에 대한 실험은 Truck dock과 Storage 그리고 Workstation 지점에서 인식거리 및 안테나 방향 그리고 복수 태그에 따른 인식률 실험으로 수행되었다. 복수 태그에 대한 인식률은 20개 태그들을 한 번에 인식하였을 때 태그 ID를 바탕으로 각 인식률을 계산하여 평균값을 구한 것이다. 그 결과는 아래와 같다.

실험 결과에 따르면 900MHz 대역의 RFID 장비는 단일 태그에 대한 인식은 대부분의 장소에서 1.5m 이내에서 100%에 가까운 인식률을 보였으나, Truck dock과 workstation에서 100%의 인식률을 내지 못하는 경우가 있었다. 복수태그(20개)에 대한 인식테스트의 결과는 대부분 인식률이 90%이하 수준으로 나타났다.

수동형 RFID 장비는 안테나의 설치 조건과 환경 요소, 부착매질이 복합적으로 작용해 인식거리와 인식률에 영향 미치기 때문에 사전에 정의된 위치에서 정의된 안테나 설치 각도를 유지하여야 한다. 위의 실험 결과에서 가장 적합한 거리와 안테나 각도는 1.5m와 30°이며 복수태그의 인식은 어렵다. 따라서 실질적인 적용에 있어 크기가 큰(세로 약 3m) ULD에 대한 인식은 불가능하다. 따라서 900MHz 대역의 수동형 장비는 Skid 단위의 화물과 그와 관련된 장소에 적용되었다.

표 5. 단일태그 및 복수태그의 실험 결과

태그 수	거리 (m)	각도 (°)	측정 대상	측정 장소	인식 시도	인식 횟수 (회)	인식률 (%)
1	1	0	Skid	Truck Dock	30	30	100.0
				Storage	30	30	100.0
				Work station	30	28	93.3
		30	Skid	Truck Dock	30	30	100.0
				Storage	30	30	100.0
				Work station	30	29	96.7
	1.5	0	Skid	Truck Dock	30	29	96.7
				Storage	30	30	100.0
				Work station	30	26	86.7
		30	Skid	Truck Dock	30	30	100.0
				Storage	30	30	100.0
				Work station	30	30	100.0
2	0	Skid	Truck Dock	30	28	93.3	
			Storage	30	27	90.0	
			Work station	30	24	80.0	
	30	Skid	Truck Dock	30	29	96.7	
			Storage	30	29	96.7	
			Work station	30	25	83.3	
20	1	0	Skid	Truck Dock	30	26	86.7
				Storage	30	24	80
				Work station	30	27	90
		30	Skid	Truck Dock	30	27	90
				Storage	30	26	86.7
				Work station	30	28	93.3
	1.5	0	Skid	Truck Dock	30	24	80
				Storage	30	27	90
				Work station	30	28	93.3
		30	Skid	Truck Dock	30	28	93.3
				Storage	30	28	93.3
				Work station	30	29	96.7
2	0	Skid	Truck Dock	30	14	46.7	
			Storage	30	13	43.3	
			Work station	30	12	40	
	30	Skid	Truck Dock	30	17	56.7	
			Storage	30	14	46.7	
			Work station	30	21	70	

2.3.3 능동형 RFID 장비의 성능 실험

1) 433MHz 대역 RFID 장비에 대한 성능 실험

(1) 기술적 제원

433MHz 대역의 RFID 장비는 국내 항만 터미널에서 사용하고 있는 K 사의 장비로 테스트를 진행하였으며 태그 및 리더의 기술적 제원은 다음과 같다.

표 6. 433MHz 태그의 기술적 제원

태그 종류	K사 태그
Operating Frequency	433.92MHz
Air Protocol	ISO/IEC 18000-7
Type	Active Type
Range	100m
Operating Temperature	-30°C ~ +70°C

표 7. 433MHz 리더의 기술적 제원

리더 종류	K사의 433 MHz리더
Frequency	IF Frequency: 307.2KHz RF Frequency: 433.92MHz
Support RFID tag	All KPC RFID Tags
Air Protocols	ISO/IEC 18000-7
Operating Temperature	-30°C ~ +70°C

(2) 실험 결과

433MHz 대역의 RFID 장비에 대한 실험은 능동형 태그의 가격을 고려하여 항공사에서 회수 가능하며 재사용이 가능한 대상에 대해 적용하고자 하며 그에 따라 적용 대상과 관련된 적용 환경인 Workstation과 Airside Gate 지점에서 이루어 졌다. 433MHz 장비는 안테나의 기술적 제원에 있어 안테나의 방향성이 전방향이기 때문에 안테나 각도에 대한 실험은 제외하였다.

Airside Gate 지점에서는 인식대상의 이동 통로가 일정하게 고정되어 있어 인식 거리를 2m로 설정하였으며 인식대상이 이동 중인 상태에서 인식하여야 하므로 인식속도에 대한 인식률 실험을 실시하였다. 이동속도는 운반 장비의 최대 속도 11km/h로 설정하였으며 인식대상은 ULD 화물과 운반 장비인 터그 카로 설정하였다.

433MHz 대역의 RFID 장비에 대한 실험 결과는 인식거리 및 인식속도, 인식대상에 대한 인식률이 모

표 8. Workstation 실험 결과

태그 수	거리 (m)	측정 대상	측정 장소	인식 시도	인식 횟수	인식률 (%)
1	1	ULD	Workstaion	30	30	100.0
	2	ULD	Workstaion	30	30	100.0
	3	ULD	Workstaion	30	30	100.0
	4	ULD	Workstaion	30	30	100.0
	5	ULD	Workstaion	30	30	100.0
20	1	ULD	Workstaion	30	30	100.0
	2	ULD	Workstaion	30	30	100.0
	3	ULD	Workstaion	30	30	100.0
	4	ULD	Workstaion	30	30	100.0
	5	ULD	Workstaion	30	30	100.0

표 9. Airside Gate 속도 실험 결과

태그 수	거리 (m)	속도	측정 대상	인식 시도	인식 횟수	인식률 (%)
1	2	0	ULD	30	30	100.0
		0	터그카	30	30	100.0
		11	ULD	30	30	100.0
		11	터그카	30	30	100.0
20	2	0	ULD	30	30	100.0
		0	터그카	30	30	100.0
		11	ULD	30	30	100.0
		11	터그카	30	30	100.0

두 100%로 나왔으며 항공화물 터미널에서의 적용 시 인식률에 관한 문제가 없다.

2) 2.45GHz 대역 RFID 장비에 대한 성능 실험

(1) 기술적 제원

2.45GHz 대역의 RFID 장비는 현재 일반 창고의 자산관리에 사용되고 있는 R사의 장비로 진행하였으며 태그 및 리더의 기술적 제원은 다음과 같다.

표 10. 2.45GHz 태그의 기술적 제원

태그 종류	원거리 단방향 통신 RFID Active Tag
Operating Frequency	2.45GHz
Air Protocol	ISO/IEC 18000-4
Type	Active Type
Range	거리 가변형
Operating Temperature	-10°C ~ +70°C

표 11. 2.45GHz 리더의 기술적 제원

리더 종류	R사의 2.45GHz리더
리더 특징	리더 주변 환경 데이터(온도, 습도, 조도) 취득 및 태그 ID 취득 가능, 무선랜 지원
Frequency	2.45GHz
Air Protocols	ISO/IEC 18000-4
Operating Temperature	-4°C ~ +85°C

(2) 실험 결과

2.45GHz 대역의 RFID 장비에 대한 실험은 장비의 형태(능동형)가 같은 433MHz 대역의 RFID 장비와 동일한 환경에서 이루어 졌으며 적용 대상 및 실험 환경을 동일하게 설정하였다. 그 결과는 아래와 같다.

2.45GHz 대역의 RFID 장비에 대한 실험 결과는 433MHz 대역의 장비에 대한 실험 결과와 비교하여 상대적으로 인식이 낮은 것으로 나왔다. 따라서 앞에서 제시한 인식 거리에 대한 요구사항에 따라 우선적으로 항공화물 터미널 내에 능동형 태그를 적용할

표 12. Workstaion 실험 결과

태그 수	거리 (m)	측정 대상	인식시도	인식횟수	인식률 (%)
1	1	ULD	30	28	93.3
	2	ULD	30	28	93.3
	3	ULD	30	27	90.0
	4	ULD	30	28	93.3
	5	ULD	30	26	86.7
20	1	ULD	30	27	90.0
	2	ULD	30	28	93.3
	3	ULD	30	27	90.0
	4	ULD	30	28	93.3
	5	ULD	30	26	86.7

표 13. Airside_2.45GHz 속도 테스트

태그 수	거리 (m)	속도	측정 대상	인식 시도	인식 횟수	인식률 (%)
1	2	0	ULD	30	28	93.3
		0	터그카	30	30	100.0
		11	ULD	30	26	86.7
		11	터그카	30	28	93.3
20	2	0	ULD	30	28	93.3
		0	터그카	30	28	93.3
		11	ULD	30	26	86.7
		11	터그카	30	27	90.0

경우 433MHz 대역의 장비를 적용하는 것이 바람직한 것으로 보이나 배터리 지속 시간 실험과 같은 실험 요소 및 실험 환경에 대한 변수의 설정이 부족하여 해당 성능 실험 결과만으로 장비우열을 판단하기에는 부족하였다.

2.4 인천공항 화물 터미널에 대한 전파환경 분석

인천공항 화물 터미널에서 실시한 성능 실험에 추가하여 RFID 장비의 성능에 직접적으로 영향을 미칠 수 있는 전파환경에 대한 분석을 실시하였다. 위의 성능 실험과 전파환경에 대한 연구는 본 연구에서 개발하고자 하는 모니터링 시스템의 실증시험에 사용될 정보획득(data capturing) 장비를 선정하기 위해 수행되었다.

전파환경 측정 장소는 성능 실험과 동일한 인천공항 화물 터미널이며 측정 지점은 성능 실험 지점을 포함하고 있는 수출 지역으로 설정하였다. 측정 시간은 현업의 작업 시간을 고려하여 오전부터 오후 2시까지로 설정하였으며 측정 장비로는 아래의 장비가 선정되었다.

표 14. 전파환경테스트 장비 및 사양

구분	장비명	제조사	모델명	사양
1	Spectrum Analyzer	Rohde&Schwartz	ESCI	9KHz ~ 3 GHz
2	Log-Periodic (LP) Antenna	ETS	3148	200MHz~1GHz
3	Horn Antenna	EMCO	3115	800 MHz ~ 18 GHz
4	RF Cable	Herber-Su hner	SucoFlex	

2.4.1 전파환경 측정

항공화물 터미널 내 수출 지역의 전파환경 측정 시 고주파 대역(900MHz, 433Mhz)의 경우는 LP 안테나를 사용하고 초고주파(2.45GHz)의 경우는 Horn 안테나를 사용하였으며 동서남북의 4방위 방향을 측정하였다.

2.4.2 전파환경 분석

RFID 장비의 적용 가능성을 분석하기 위해 스펙트럼 어날라이저 (Spectrum Analyzer)를 이용하여 각 주파수 대역별 전파세기를 측정하여 비교 분석 하였다.

433MHz 대역의 능동형 RFID 시스템의 수신 감도는 특히, 리더 단에서의 수신감도는 규격 상에는 -110dBm정도이나 일반적으로는 -90dBm정도의 수신

표 15. 스펙트럼 어널라이즈를 이용한 전파세기 측정 결과

구분	안테나 종류	측정방향	안테나 각도	측정 결과(dbm)	
				433MHz	900MHz
1	LP	East	수직	-73.55	-65.18
2	LP	East	수평	-74.11	-65.45
3	LP	West	수직	-73.20	-65.06
4	LP	West	수평	-73.35	-63.89
5	LP	South	수직	-73.55	-65.18
6	LP	South	수평	-72.86	-63.73
7	LP	North	수직	-72.99	-63.60
8	LP	North	수평	-74.11	-64.04

감도를 갖는다. 따라서 Truck dock 및 기타 지역에서 측정된 -75dBm~-73dBm 정도의 스펙트럼 세기는 수십 감도를 저하시키는 왜란으로 작용할 것으로 판단된다. 900MHz대역의 RFID 시스템에서 리더는 발사 전력은 전도전력은 1W, 방사전력 수준은 4W로 제한되어 있고, 태그의 안테나로부터 후방 산란되어 리더 안테나에 수신되는 전력 수준은 [수신감도] 기술기준 상에는 -95dBm이상으로 정의되어 있으며, 일반적인 적용환경에서는 -75dBm정도의 수신감도 특성을 가지므로, Truck dock 및 기타 지역에서 측정된 -65dBm~63dBm 정도의 스펙트럼 세기는 리더의 수십 감도를 저하시키는 왜란으로 작용할 것으로 판단된다.

2.45GHz 대역의 경우 다른 대역의 주파수 세기와 비교해 높게 나타났으며 특히 남쪽 방향에서 측정된 결과는 -17.98dbm과 -23.14dbm으로 높은 수치를 보여주고 있다. 이 결과에 따라 남쪽의 특정 장비가 2.45GHz 대역의 주파수를 발생하고 있는 것으로 예상되며 특히, 남쪽 방향에 ETV나 관련 장비들이 위치하고 있어 2.45GHz 대역의 RFID 장비를 적용하기에 문제가 있을 것으로 예상된다.

또한 위의 전파환경 측정 결과, 1.6GHz 대역의 PCS 폰 전파와 2.14GHz 대역의 다양한 불연속 잡음이 측정되어 2.45GHz 대역의 RFID 장비의 적용에는 어려움이 있을 것으로 예상된다.

2.5 RFID 기반 항공화물 모니터링 시스템 개발

2.5.1 시스템 아키텍처

RFID 기반 항공화물 모니터링 시스템의 구성은 EPC 네트워크⁵⁾를 기반으로 그림1과 같이 RFID 장비를 통한 정보획득(data capturing)과 정보를 가공/전달 해주는 미들웨어 단(layer)이 있으며 획득된 정보를 특정 비즈니스 모델로 모델링해주는 어플리케이션 및 이를 표현하기위한 모니터링 어플리케이션으로 구

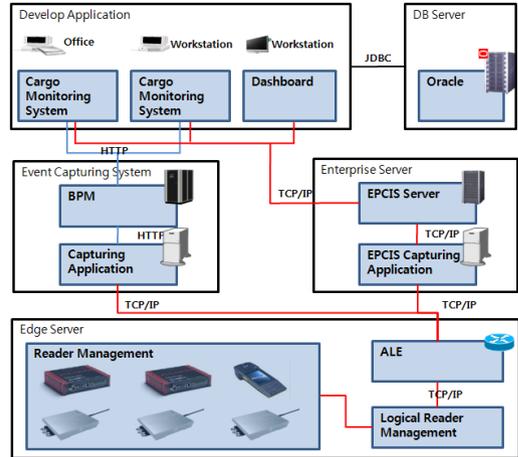


그림 1. AIDC 기술 기반 항공화물 모니터링 시스템 구성도

성하였다. 이는 크게 정보획득을 위한 물리적 단과 획득된 정보를 제어하기 위한 컨트롤 단, 그리고 사용자에게 정보를 제공하기 위한 프레젠테이션 단 및 정보관리를 위한 데이터베이스로 나눌 수 있다.

1) 물리적 단(layer)

위의 성능 실험 및 전파환경 분석을 통해 항공화물 터미널에서 요구되는 요구사항들(인식률, 인식거리, 인식속도 등.)을 고려하여 Skid 단위의 화물의 경우는 900MHz 대역의 RFID 장비를 ULD 단위의 화물의 경우 433MHz 대역의 장비로 운영을 진행하였다.

2) 컨트롤 단(layer)

물리적 단을 통해 획득된 정보를 특정 분야에서 활용하기 위해서는 먼저 비즈니스 모델에 대한 정의가 필요하다. 본 연구에서는 개발되는 솔루션 및 시스템의 확장성 및 유연성을 확보하기 위해 다양한 비즈니스 프로세스 모델을 사용자의 의도에 따라 모델링할 수 있는 BPM(Business Process Modeling) 솔루션을 도입하였다. 그림 2는 규칙적으로 이동해야하는 장비들이 해당위치에 존재하지 않을 시에 이상상황을 알리도록 한 샘플로, 해당 어플리케이션은 자바의 스윙 기술을 통해 RFID로 입력될 실제 시그널들을 에뮬레이션 하였다.

3) 프레젠테이션 단(layer)

RFID기술을 기반으로 획득되고 BPM 솔루션을 통해 모델링된 정보를 사용자에게 가시적으로 제공하기 위한 것으로 본 연구에서 개발한 모니터링 솔루션엔 기존의 화물 이력관리 기능에 더하여 실시간 화물 정

```

Configuration config = new Configuration();
config.addEventTypeAlias("LocationReport",
LocationReport.class);
EPServiceProvider epService =
EPServiceProviderManager.getDefaultProvider(config);
LRMovingZoneStmt.createStmt(epService, 10, new
UpdateListener()
{ public void update(EventBean[] newEvents, EventBean[]
oldEvents)
{ for (int i = 0; i < newEvents.length; i++)
{ System.out.println("ALERT: Asset group not moving
together, zone " +
newEvents[i].get("Part.zone"));
} } });
    
```

그림 2. 미들웨어를 통한 RFID 이벤트 추출 로직(일부)

보의 조회 및 수정 기능과 의사결정 지원을 위한 다양한 콘텐츠를 구축하였다. 또한 솔루션의 확장성을 고려하여 객체지향적(object-oriented) 개념 기반의 Java 언어를 사용하여 개발되었으며 보다 능동적이고 개방적인 웹 2.0 기술을 구현하는 Flex 스크립트 언어를 사용하였다.

4) 데이터베이스

데이터베이스는 Oracle을 사용하였으며, 화물에 대

한 예약 정보, 항공기 정보, 작업 정보, 위치 및 이력 정보 그리고 화물의 검수 및 포장 상태 정보 등으로 구성되었다. 이런 정보들은 그림 3과 같은 구조를 가진다.

2.5.2 정보의 흐름

RFID 기술 기반의 항공화물 모니터링 시스템은 그림 4와 같이 EPC 네트워크를 기반으로 RFID 장비를 통해 실시간 정보를 획득하고 TCP/IP 통신을 통해 모니터링 솔루션까지 전달되어 사용자에게 실시간 화물 정보를 제공하게 된다.

항공화물 모니터링 시스템

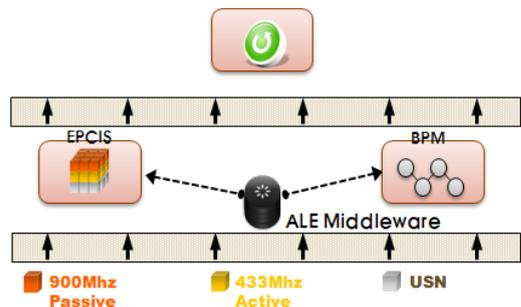


그림 4. 항공화물 모니터링 시스템 정보흐름 개요

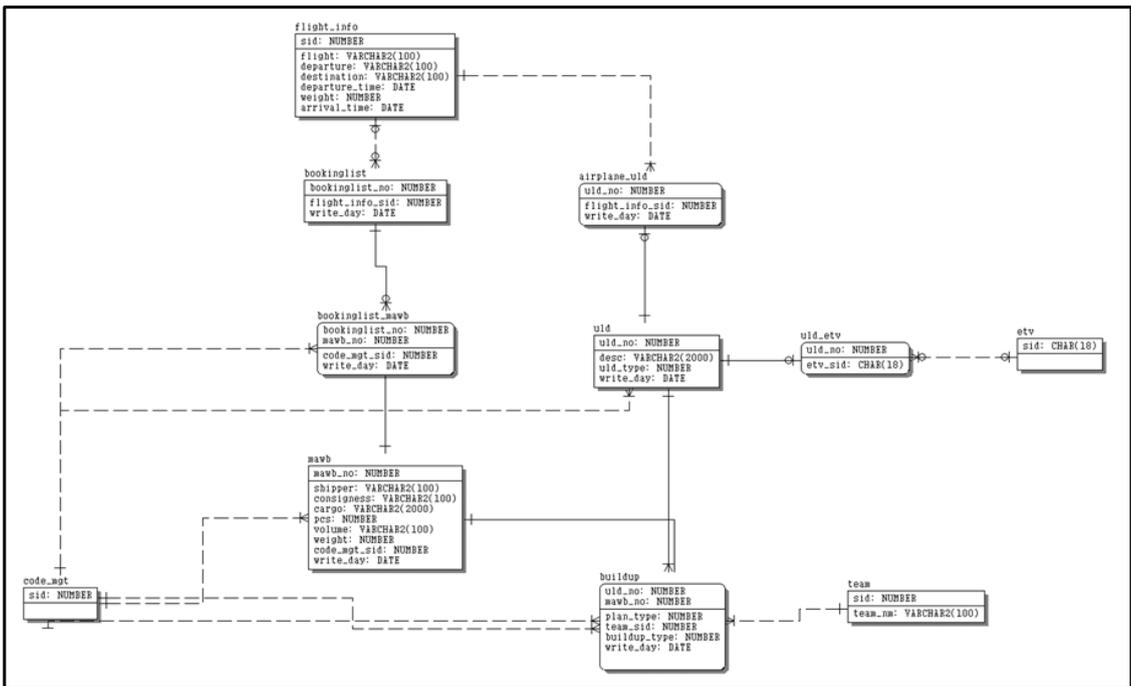


그림 3. 항공화물 모니터링 시스템의 Database 구조

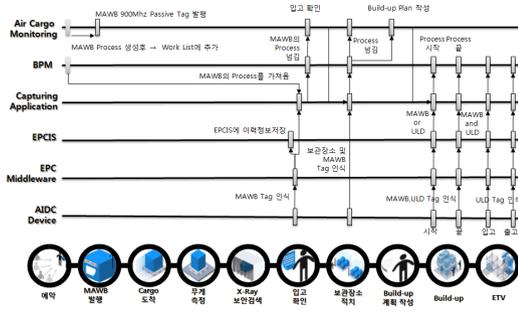


그림 5. 항공화물 모니터링 시스템의 정보

그림 5는 항공화물 모니터링 시스템의 각 소프트웨어 컴포넌트와 관련된 정보의 흐름은 나타낸다. 그림과 같이 RFID를 도입함으로써, 카운터 업무의 절감효과가 기대되며, 화물 위치를 UMPC를 통해 실시간 파악함으로써 Picking 시간 절감 및 동선의 절약이 가능하며, 화물의 ULD, 화물송장, 작업팀을 시스템이 파악하여, 화물을 잘못 Build-up 함으로써 손실을 발생할 여지를 없앨 수 있게 하였다. 또 그림 6-8과 같이 웹 기

S	M	T	W	T	F	S	No.	Aircraft	Departure Time	Wt...
1	2	3	4	5	6		33	02203	Thu Jun 23 10:00:00	1000
7	8	9	10	11	12	13	34	02203	Thu Jun 25 11:00:00	1000
14	15	16	17	18	19	20	35	02203	Thu Jun 23 06:00:00	1000
21	22	23	24	25	26	27	36	02203	Thu Jun 25 09:00:00	1000
28	29	30								

MAWB No.	발보 시간	받는 시간	화물대명	Quantity	Volume	Weight	Special
301400000009880003001	04:10:14 한국	04:10:14 홍콩	RFID Reader	1000	2x2x2	100	특수

그림 6. MAWB No. 30140000000인 화물의 예약 정보

S	M	T	W	T	F	S	No.	Aircraft	Departure Time	Wt...
1	2	3	4	5	6		33	02203	Thu Jun 23 10:00:00	1000
7	8	9	10	11	12	13	34	02203	Thu Jun 25 11:00:00	1000
14	15	16	17	18	19	20	35	02203	Thu Jun 23 06:00:00	1000
21	22	23	24	25	26	27	36	02203	Thu Jun 25 09:00:00	1000
28	29	30								

Build-Up Plan	Team 01	Team 02	Team 03	Team 04	Team 05	Team 06	Team 07	Team 08	Team 09	Team 10
Build-Up Plan										

그림 7. Build-Up 작업자 할당 화면

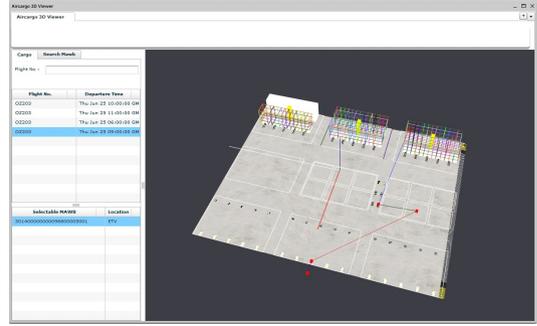


그림 8. 화물의 실시간 위치정보를 보여주기 위한 모니터링 화면

반의 프로그램에서 사용자가 선택과 이동을 통해 계획을 그래픽하게 할 수 있도록 유연한 UI를 개발하였다.

표 16은 현행시스템과 RFID기반의 항공화물 모니터링 시스템의 결과를 비교하였다. 그림에서와 같이 RFID기반의 시스템은 프로세스시간에서 현행시스템의 22%이상감축 시킬 것으로 판단되며, 이는 현장시연시도 시뮬레이션 결과와 같은 결과를 나타내었다. 대부분의 화물기는 적재용량의 90%이상을 유지하고 있으며, 100%의 경우도 22%이상을 감축하는 결과를 가져왔다.

표 16. 현행시스템과 항공화물 모니터링 시스템의 시뮬레이션 결과 비교

	프로세스	전체 프로세스 시간 (초)		프로세스	전체 프로세스 시간 (초)		감소 비율 (%)
		영역	평균 화물 지체 수 (개)		영역	평균 화물지체 수 (개)	
현행(화물기 적재율 90%)	입고 ~ 출항	44010		입고 ~ 출항	33990		22
	Truck Dock	34.46	9714	Truck Dock	34	8036	
	Weighing	0.9223	263.4	Weighing	0.8735	209	
	Security	6.9577	2136	Security	6.609	1701	
	Storage	2.739	882	Storage	1.630	440	
	Air-side	0	0	Air-side	0	0	
			RFID 기반(화물기 적재율 90%)				
			평균화물 지체 수 (개)				
			평균 대기 시간 (초)				
			영역				
			평균 화물지체 수 (개)				
			평균 대기 시간 (초)				

2.5.3 항공화물시스템의 구현테스트

본 연구를 통해서 개발된 RFID 기술 기반 항공화물 모니터링 시스템의 검증에 위해 인천공항 A항공의 항공화물 터미널을 대상으로 파일럿을 실시하였다. 본 파일럿기간 동안 집중적으로 관리한 요소는 RFID 장비를 통한 실시간 정보 인식 여부, 그리고 기존 화물 예약 정보와 식별정보와의 동기화가 주요 요소였다. 그림 6은 Master Airway Bill 번호가 3014000000인 화물의 예약 정보를 보여 주고 있으며 그림 7은 해당 화물의 Build-Up 작업을 위해 작업자를 할당하는 화면이다. 그림 8은 항공화물 터미널에서 RFID 기술을 이용하여 획득된 실제 화물의 실시간 위치정보와 이력정보를 3D 화면상에 나타내고 있다.

본 연구를 통해서 개발된 모니터링 솔루션은 실시간 화물 정보의 제공뿐 아니라 Build-Up 계획 등의 화물 관련 업무의 의사결정 지원 기능을 제공하고 있다.

III 결 론

화물의 종류가 다양하고 일정한 패턴이 없이 고객의 수요에 따라 변화가 큰 항공화물의 경우 사전 예약 정보 및 과거의 이력에 따라 기록된 정보를 활용하기에 어려움이 있다. 현재 항공사와의 인터뷰에 따르면 매 작업마다 예약된 화물이 입고가 안 될 경우를 예상하고 있다고 답했으며 Build-Up 작업 시 현재 입고된 화물과 화물의 위치를 파악하는데 많은 시간을 소모하고 있다. 실제 측정된 시간에 따르면 하나의 ULD에 대한 Build-Up 작업 시간이 평균 15분인데 반해 화물을 파악하고 위치를 찾는데 걸리는 시간이 평균적으로 약 7분 이상 소요되고 있다. 이러한 항공화물 터미널 내 작업과 항공화물의 특성을 고려하였을 때 RFID 기술을 기반으로 한 실시간 항공화물 모니터링 시스템기술은 작업의 효율을 향상시켜주며 이벤트 발생 시 이에 대한 신속한 대응 체계를 구축할 수 있는 기반 기술이라 할 수 있다. 또한 RFID 기술을 기반으로 한 모니터링 기술은 화물 관리뿐 아니라 ULD 및 운반 장비와 같은 고객의 자산에 대한 관리 기능으로의 확장이 가능할 것으로 예상된다. 따라서 항공화물 터미널에 대한 RFID 기술의 도입은 현재 세계적으로 이슈가 되고 있다. 실질적으로 최근 유럽의 KLM은 물론 과거 에어 캐나다, 홍콩 AAT(Asia Airfreight Terminal), 일본 나라타 공항 등은 지속적으로 RFID 기술의 도입에 관한 연구와 실험을 수행하고 있다.

본 연구에서는 RFID 기술을 이용해 항공화물의 실시간 정보를 획득하기 위해 터미널에서 처리되는 항

공화물의 포장단위에 따라 적용 대상을 구분하고 적용 대상의 특성과 항공화물 터미널의 환경적인 특성을 고려하여 RFID 장비의 성능을 실험하고 터미널의 전파 환경을 분석하여 적합한 장비를 선정하였다. RFID 기술을 통해 획득된 실시간 정보는 미들웨어를 통해 BPM으로 전달되며 전달된 정보는 BPM에 의해 정의된 프로세스 정보와 연계하여 항공화물 모니터링 솔루션에 전달된다. 이는 화물의 실시간 위치 정보와 업무 진행에 따른 화물의 이력정보를 제공할 뿐 아니라 사전에 정의된 항공화물 터미널의 전체 업무 프로세스 정보와 연계하여 검수, Build-Up, 기적 작업 등에 대한 계획, 지시, 보고와 같은 업무들을 지원한다. RFID 기술을 이용한 항공화물 모니터링 솔루션은 RFID 기술을 이용함으로써 복수의 화물을 자동으로 인식하여 기존에 사용되던 바코드 기술의 한계점을 극복하였다. 또한 적용 대상에 따라 다양한 형태(능동형, 수동형)의 RFID 기술을 적용하고 연계함에 따라 전체 업무 프로세스에 걸쳐 항공화물에 대한 전반적인 모니터링이 가능하게 되었다.

현재 위치 및 이력 추적을 위한 RFID 기술과 환경 요소 및 특정 상태를 측정하기 위한 센서 기술의 융합 기술이 발전하고 있음에 따라 본 논문에서 소개된 항공화물 모니터링 솔루션을 기반으로 센서 기술과 같은 측정 기술이 추가적으로 도입되어 항공화물의 위치 및 이력 관리와 함께 부패성, 위험물과 같은 특수화물에 대한 보관 상태 등을 보다 세밀하게 관리하기 위한 솔루션으로 발전 가능할 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- [1] ISO, ISO/FDIS 17363, Supply chain applications of RFID - Freight containers, which provides a data-rich RF tag for supply chain data, e.g. a manifest of contents, 2007
- [2] ISO/IEC, ISO/IEC TR 18046, Information technology - Automatic identification and data capture techniques-Radio frequency identification device performance test methods, 2005
- [3] ISO, ISO 18185-2, Freight containers - Electronic seals - parts 2: Application requirement, 2007
- [4] IATA, IATA Recommended Practice 1640, 2004.
- [5] EPC Global Inc, The EPCglobal Architecture Framework, Final Version 1.2, September 2007

[6] Auto-ID Labs, Scoping of ID Application Matching, AEROID-CAM-002, 2006

손 민 규 (Min-Gyu Son)

준회원



2009년 2월 한국항공대학교 항공교통물류학부 졸업

2009년 3월~현재 한국항공대학교 항공교통물류학부 석사과정

<관심분야> 항공물류, 지능형물류시스템

장 윤 석 (Yoon-Seok Chang)

종신회원



1991년2월 인하대학교 자동화공학과

1993년2월 인하대학교 자동화공학과 석사

1997년 9월 Imperial College London, 기계공학과 박사

2004년 3월~현재 한국항공대학교 항공교통물류학부 교수

<관심분야> SCM, PLM, RFID 미들웨어 등