

시뮬레이션 Extend를 통한 RFID의 도입 효과분석 - 보세창고 프로세스 중심으로 -

박지선*, 이후언*, 송병준**, 허석호***, 장윤석*

*한국항공대학교 항공교통물류학과, **(주)한국무역정보통신, ***유한테크노스(주)

The Analysis of the effect of RFID system by Simulation - Based on Bonded Warehouse Process -

Park Jisun, Lee Hu-eon, Chang, Yoon Seok, Song byeong-jun, Hur Seok-ho

Air Traffic Transportation and Logistics, Korea Aerospace University

Korea Trade Network, yohantechnos.co., LTD

E-mail : pjpj13@kau.ac.kr , dlndjs@kau.ac.kr, yoonchang@kau.ac.kr,

bjsong@ktnet.co.kr, hur@yht.co.kr

Abstract

There has been increasing interest in improving the efficiency of bonded warehouses since it is expected that more trade is occurred because of the collapse of the barriers between countries or Free Trade Agreement (FTA). Even though Warehouse operators have been trying to enhance its efficiency by applying IT such as Warehouse Management System (WMS), there still require much man-power based operation and there is no comprehensive research. Consequently, it is needed to conduct profound researches for the bonded warehouse management. In this paper, we shall present the RFID-applied bonded warehouse process model and compare its traditional and RFID-applied new model in order to analyze the effect of the RFID system in the bonded warehouse. It is expected that the results of the papers can contribute to useful material relating to applying RFID system on bonded warehouse and its analysis of the effect.

1. 서론

창고관리시스템(Warehouse Management System)은 창고 업무를 지원하기 위해 필수적인 요소를 구현하여 일반적인 입고부터 출고까지의 업무를 관리하는 기본기능과 창고의 운영패턴이나 물리적인 속성 혹은 생산성을 고도화하기 위한 추가적인 기능으로, 하역생산성, RFID, 시뮬레이션 등과 같은 개념을

포함하는 기능인 확장기능으로 구분된다.

[10] 현재 보세창고는 바코드 기반의 창고관리시스템을 도입하여 기본기능의 업무프로세스를 개선하였지만, 단순업무에서 탈피하여 로케이션 관리업무, 자동 입출고에 의한 보관료계산기능, 자동 입출고에 의한 EDI 시스템 연계 기능, 실시간 화물정보 제공기능 등의 다양한 기능이 요구되면서 바코드

의 한계점이 부각되기 시작하였고, 특히 보세창고의 경우 유통물류, 기업물류 상의 일반창고와는 다르게 수출입화물을 취급하는 관계로 각 국가간 바코드의 표준차이 등의 문제를 갖게 되었다. 그리고 국가간 장벽이 무너지고 무역량이 증가하면서 국제물류의 고도화에 대한 요구가 높아지고 있는 오늘날, 이제는 창고관리시스템의 확장기능을 강화하여 보다 효율적으로 보세창고를 관리하기 위한 방안에 대한 연구가 필요한 시점이다. 최근 이를 해결하기 위한 방안으로 많은 연구가 이루어지고 있는 RFID (Radio Frequency Identification) 기술은 바코드의 문제점을 보완할 수 있는 새로운 정보전달 매체로 주목을 받고 있다. 세계 RFID 시장은 1996년 이래 매년 25% 이상의 성장률을 보이고 있으며[1], 한국 RFID/USN 협회의 2005년 9월의 「RFID 산업동향 및 전망」에 따르면, RFID는 세계적으로 기술 도입단계에 있어 전망하기가 매우 어려운 상태지만, 대체로 약 20~40%의 연평균 시장 성장률을 예상하고 있다. 이에 따라 창고운영 효율화를 위해 RFID를 도입하는 방안에 대해서 많은 연구가 이루어지고 있다. [5], [7], [8] 하지만 보세창고는 일반창고와 달리 정부 정책에 의한 허가절차로 인하여 그 수가 일정 수준을 유지되고 있으며, 이로 인하여 상대적으로 안정적인 수요확보가 가능하기 때문에 창고운영효율을 높이기 위하여 최신 기법, 기술, 장비 등을 도입하는 경우가 드물다. 그리고 실제 현장에서의 효율성 제고에 대한 필요가 적은 만큼 보세창고관리에 특화된 연구는 아직 지지부진한 실정이다. [3]

따라서 본 연구에서는 보세창고 프로세스

를 분석하고, 창고운영효율화를 위해 RFID 시스템을 적용한 프로세스 중심으로 시물레이션을 이용해 기존의 보세창고와 RFID 적용 보세창고를 비교해 봄으로써 RFID 도입에 따른 효과를 분석하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 보세창고의 정의[3]

보세창고는 통관 대기 중인 수입물품을 장치하기 위한 장소로서, 관세청의 보세구역 분류 상 특별보세구역에 속하는 가장 일반적인 보세장치장이다. 보세창고는 보세구역 중 가장 이용도가 높으며, 일체의 수입물품 또는 반송될 물품이 보세창고에 반입될 수 있다. 화물관리와 통관의 중간단계에 위치하며, 수입화물의 흐름을 원활히 하기 위한 필수요소로 부두직통관제도를 제외하고는 우리나라에 수입되는 모든 화물은 보세창고에 장치되어야 한다. 또한 보세창고 시설에 대한 이용도 제고를 목적으로 통관을 하고자 하는 물품에 방해가 되지 않는 범위 내에서 세관장의 허가를 받아 다른 내국물품도 장치할 수 있다.

2.2 보세창고 화물처리 프로세스[4]

본 연구에서는 보세창고의 화물처리 프로세스 활동다이어그램에서 보는 것과 같이 창고의 기본 프로세스인 입차, 입고, 보관, 피킹, 출고, 출차 등의 6단계로 구분하였다. [11] 이 중 입차와 출차를 제외한 나머지 과정에 대하여 자세히 살펴보면 다음과 같다.

2.2.1 입고

보세창고구역으로 진입한 보세운송차량은 트럭 덱(dock)을 배정받게 되며, 배정받은

반송화물관리는 수입신고가 접수된 이후 서류 심사 혹은 물품심사 단계에서 수입허가를 받지 못한 화물을 관리하는 과정을 말한다. 반송화물은 정상적인 수출 절차를 밟아 외국으로 반송되어야 하며, 보세구역장치기간 내에 반송을 이행하지 않을 경우 체화화물로 취급되어 공매절차, 혹은 국가 귀속 절차를 밟게 된다.

체화화물관리는 서류심사와 물품검사를 통과했으나 세금을 납부하지 않아 수입통관이 되지 아니하고 보세구역에 장치할 수 있는 기간을 초과하여 장치된 수입물품¹⁾ 혹은 보세구역장치기간 내에 반송을 이행하지 않은 화물을 관리하는 과정이다. 보세창고 운영인은 당해 물품의 장치기간 만료 30일 전에 수입화주에게 통보하여야 하며, 수입화주가 수출, 수입 또는 반송을 이행하지 않을 경우 공매절차, 혹은 국가 귀속 절차를 밟게 된다.

2.2.3 피킹 및 출고

화주의 반출 요청이 있을 경우 세관의 반출승인내역과 대조, 검수 후 보관 장소로부터 화물을 반출하여 지정된 차량에 상차한다. 이 때 창고운영자는 반출신고서를 작성하여 세관에 전송한다.

2.3 현행 프로세스의 문제점

현재 보세창고는 바코드기반의 WMS를 도입하고 있지만, 여전히 높은 수작업에 의존하여 프로세스 처리에 가장 많은 시간이 소요되며, 오류발생률이 높은 비효율적이다. [6] 기본적인 수작업은 다음과 같다.

- 입차: 화물운송차량 진위 여부 확인
- 하역: 화물하역대상 차량 확인
- 검수: 단계에서 화물반입예정정보와 현품을 비교·검수
- 장치: 화물장치위치 확인
- 피킹: 반출예정화물 장치 위치 확인 후, 출고의뢰정보와 현품을 비교·화물 상차 단계에서 화물상차대상 차량 확인

이와 같이 수작업에 대한 의존도가 높기 때문에 오류 발생, 재작업에 의한 시간, 인

력, 장비의 낭비, 그리고 검수□확인의 지체로 인한 전체 업무 프로세스의 지체, 작업자 교육에 많은 시간, 비용, 노력의 필요 등과 같은 문제점을 가지고 있어 창고운영의 효율성을 저하시킨다.

본 연구에서는 검수절차와 재고관리에 있어 효율성을 재고하기 위한 방안으로 RFID 기술의 도입을 제안하는 바이며 자세한 네트워크구성과 프로세스 과정은 다음과 같다.

2.4 RFID기반의 보세창고 프로세스

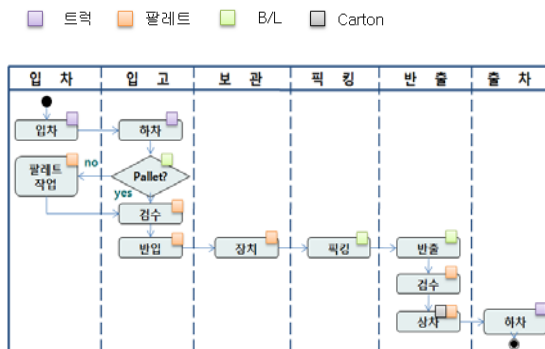
RFID는 Radio Frequency Identification의 약자로 무선 주파수와 전자 칩을 이용하여 수 cm에서 수십 미터에 떨어져 있는 사물이나 사람에 부착된 태그를 인식하여 태그로부터 정보를 주고받을 수 있도록 하는 기술을 말한다. 시스템 구성요소로는 Tag, Reader, Antenna, Middleware, Host PC, Web Application System 등이 있다. [12], [13] 향후 보세창고의 수출입 관련 업무에 있어 국제적인 네트워크와 연동을 고려해야 하는 만큼 본 연구에서는 EPCglobal 네트워크를 기반으로 RFID 네트워크를 구성하였다. RFID 네트워크는 마이크로 칩과 안테나가 내장된 태그, 화물에 부착된 태그로부터 EPC (Electronic Product Code)를 수집하는 리더, 리더로부터 획득된 화물에 부착된 태그의 EPC를 의미 있는 EPC로 변환 및 논리연산수행과 URN 형식으로 Resolving 해주는 미들웨어, 미들웨어에서 Resolving된 데이터를 저장하는 EPCIS (EPC Information System), 저장된 EPC 관련 정보의 위치 정보를 제공하는 ONS(Object Naming Service)로 구성된다. [4] RFID 시스템을 도입한 검수작업은 다음과 같은 프로세스를 갖는다.

7 월	2,686	2,655	1,086,562
8 월	2,512	3,075	1,222,803
9 월	2,782	4,039	1,579,517
10 월	2,709	8,883	1,278,024
11 월	2,506	2,110	938,957
12 월	3,082	2,503	117,548
총량	31,779	38,603	14,620,514
평균값	2,648	3,217	1,218,376

3.2 시뮬레이션 설계

3.2.1 입력데이터

시뮬레이션에 각 모듈에 입력되는 데이터로 연구 대상 창고로부터 얻은 자료를 바탕으로 입력하였다. 횡수를 변화시켜도 영향을 전혀 받지 않는 독립 변수로는 작업자의 수, 장비수, 저장공간을 설정하였으며, 이에 따라 영향을 받는 종속변수는 Delay time과 Utilization, 비용으로 설정하였다. 현재 보세창고에서는 트럭단위로 화물이 발생하여, 팔레트단위의 검수작업이 이루어지며, 보관은 B/L단위로 이루어진다. 이렇듯 트럭 대수, B/L 건수, 팔레트 개수 등으로 다양하기 때문에 시뮬레이션을 합리적으로 수행하기 위해 단위를 표준화해야 하는 절차가 요구된다. 본 시뮬레이션에서는 이들의 비율을 사전조사 내역을 바탕으로 화물발생량 비율을 트럭: B/L: 팔레트 = 1: 1: 25로 가정하였다. 발생하는 데이터의 단위 순서는 다음의 그림과 같다.



<그림 3> 화물단위별 프로세스 흐름도

3.2.2 세부 모듈 설명

Extend를 이용한 프로세스의 세부 모듈은 다음의 표와 같이 정리될 수 있다. 시물레이션에서 시간 입력값은 1개의 화물이 발생하는데 걸리는 시간으로 항공화물과 해상화물의 피크타임을 고려하여 화물의 발생량을 설정하였다. 예를 들어, 1개의 화물이 발생하는데 5분이 걸린다는 의미는 1시간에 12개의 화물이 발생한다는 의미이다. 세부 모듈의 구성은 다음의 [표 4]과 같이 정리된다.

3.2.3 모델 검증

신뢰도란 10회 동안 실험한 값들의 차이를 비교 분석하여 구해진 값의 타당성 여부를 증명하는 것으로써, 본 실험에서는 (±)뒤에 있는 값이 1미만이 나오면 각 횡수마다 얻은 값들의 오차범위가 작아 타당성이 있는 것으로 판단된다.

[표 3] 각 상황에 대한 신뢰도 분석값

프로세스	블럭	평균 대기행렬	평균 대기시간
As-Is	Check in	0.754±0.0746	25.7±0.460
	Checkout	0.166±0.0153	7.98±0.732
(100%) To-be	Check in	0.0107±0.0011	0.36±0.039
	Checkout	0.0027±0.0013	0.13±0.066
(90%) To-be	Check in	0.0247±0.0038	0.84±0.131
	Checkout	0.00527±0.002	0.253±0.11
(80%) To-be	Check in	0.0318±0.0036	1.09±0.12
	Checkout	0.00625±0.001	0.30±0.077
(70%) To-be	Check in	0.0753±0.0052	2.56±0.181
	Checkout	0.0174±0.0025	0.835±0.12

[표 4] 시뮬레이션 모델의 세부모듈

모듈	모듈 네임	입력값	단위	비고
Generate	Generate	- 평균 : 5.44 - 표준편차 : 6.15	B/L	-건수데이터를 바탕으로 입력값을 구함
Random	Input data	0	B/L	-창고의 하루중 Peaktime 별 B/L 발생량 입력
		61		
		510		
		33		
		540		
		4		
		600		
		33		
		720		
Machine	Check-Truck	10000	B/L	-창고의 하루중 Peaktime 별 B/L 발생량 입력
		780		
		33		
		990		
		5.2		
		1080		
		33		
		1110		
		10000		
Random	Input data	1440	B/L	-창고의 하루중 Peaktime 별 B/L 발생량 입력
		10000		
Machine	Check-Truck	5 분	트럭	-트럭 확인
Get	go/build_up	-	B/L	- 80%팔레트화되어있음 - 20%팔레트화가 되어 있지 않음.
Machine	Manual-Pallet	20~30 분 소요	B/L	- 팔렛 작업에 걸리는 시간
Labor	Inspector		사람	- 이용가능 인력: 6 명
Activity, multiple	Checking_In	4 분	팔레트	- 검수
Machine	Accumulating	10 분	B/L	- 랙에 반입전 Truck dock 지역에 적치
Activity, multiple	Put Away	5 분	팔레트	- 지게차로 팔레트를 랙으로 옮김
Labor	Forklift_put away	5 대	팔레트	- 이용가능지게차대수 - pickup 과 공용사용
Machine	-go	0.5 분	지게차	- 지게차가 가는데 걸리는 시간
Machine	-return	0.5 분	지게차	- 돌아오는데 걸리는 시간
Generator	Customer order	40 건/하루	B/L	- 화물의 반출요구
Labor	Forklift_pickup	5 대	지게차	- 반출을 위한 지게차 이동 - Putaway 와 공용으로 사용
Activity, multiple	Pickup	20 분	B/L	- 화물 반출에 걸리는 시간
Labor	Inspector	-	사람	- Available 사람: 6 명
Activity, multiple	Checking_out	2 분	팔레트	- 검수

4. 실험결과 및 분석

본 논문에서는 RFID 적용 프로세스 전, 후의 대기행렬과 대기시간의 비교를 통해 RFID시스템의 도입효과를 분석하고자 한다. 따라서 각 모델별로 현재 모델인 As-Is와 RFID의 인식률에 따른 To-be모델은 다음의 [표 5-6]과 같다.

[표 5] 입고화물의 검수작업 시간 비교

구분	평균 행렬	최대 길이	평균 시간	최대 시간(분)
As-Is	0.75	16.67	25.72	198.48
To-be	100%	0.00	2.70	9.32
	90%	0.02	9.60	39.31
	80%	0.03	10.5	58.655
	70%	0.08	13.00	84.27

[표 6] 출고화물의 검수작업 시간 비교

구분	평균 행렬	최대 길이	평균 시간	최대 시간(분)
As-Is	0.17	6.00	7.98	83.74
To-be	100%	0.00	2.70	9.32
	90%	0.01	3.30	21.00
	80%	0.01	4.10	34.90
	70%	0.02	5.00	53.54

입고검수작업은 출고검수작업 때와 같이 담당창고에서 관리하는 방식이 아니기 때문에 체크해야 할 사항이 더 많으므로 프로세스 처리시간이 더 걸린다. 따라서 입고검수작업 대기행렬 및 대기시간이 더 길다. 두 표를 비교해 보면 알 수 있듯이, 기존에 수작업에 의존하는 방식으로 입고검수작업을 진행하면 화물이 장치되기 위해서 최대 3시간 10분을 기다려야 하지만, RFID를 도입하여 90%의 인식률이 되면 대기행렬 및 대기시간은 약 40분으로 현저하게 줄어든다는 사실을 알 수 있다. 출고검수작업도 마찬가지로 기존의 방식에서는 최대 84분 정도를

기다려야 하는데, 90%의 인식률만 되어도 21분으로 프로세스 시간을 약 25%로 줄일 수 있다.

5. 결론

최근 기술의 발달로 창고관리를 위해 기존의 바코드 방식에서 진보된 RFID 기술을 도입하여 창고관리의 효율성을 높이고 공급망의 가시성을 높이기 위한 움직임이 활발하다.

본 연구에서 일반창고와는 다르게 운영되고 있는 보세창고의 프로세스를 분석하고, 현재 비효율적인 단계를 가지고 있는 검수 프로세스를 개선하기 위해 RFID를 도입한 효과를 비교해 보았다. 불안정한 인식률을 고려하더라도 RFID를 도입하는 경우가 기존의 프로세스보다 검수에 소요되는 시간과 대기행렬이 단축됨을 확인할 수 있었다. 본 연구에서는 입출고 과정에 한정하여 시물레이션을 실행하였지만, 실제 업무에서는 프로세스 전반에 걸쳐 검수, 확인 작업을 실시한다는 점을 고려한다면 실제로 RFID를 도입한 효과는 더욱 클 것으로 예상된다.

향후 연구과제로는 결과에 대한 신뢰성을 높이기 위해서 데이터에 대한 수집체계가 마련되어 있는 창고의 실제 데이터를 통해 보다 정확한 도입 효과를 분석해야 할 것으로 보인다. 또한 국제물류 표준에 대한 RFID 표준 및 동향을 고려한 창고관리 모델에 대한 연구가 필요할 것이다.

[참고문헌]

- [1] 강희송(2006), 「RFID 기술 및 시장동향 (2)」, (월간)무인화 기술 통권 제 67호, 3월호

- [2] 곽용재(역)(2004), “초보자를 위한 UML 객체 지향 설계” , Joseph Schmuller, (원저), 정보문화사
- [3] 관세청 www.customs.go.kr
- [4] 박지선, “RFID를 활용한 보세창고관리 효율화 방안연구”, 한국 IT서비스 학회 춘계 학술대회 발표논문
- [5] 전영준 외 (2006), “ 보안을 고려한 RFID/USN 기반의 능동형 창고 상태 관리 시스템” , 『한국정보과학회 학술발표논문집』 제33권 제2호(D), 10월, pp. 122-127
- [6] 한국인터넷진흥원(2006), “RFID 검색시스템 구축 및 운영 지침서 V1.2”
- [7] 한국정보사회진흥원(2006), “2004, 2005년도 RFID 시범사업 종합결과보고서”
- [8] 한국정보통신기술협회(2005), “RFID 기반의 보세창고 관리 모델을 위한 응용 요구사항 프로파일”
- [9] RFID산업활성화지원센터, www.rfidepc.or.kr
- [10] WMS기고-1(2007.08) WMS의 등장배경과 기본기능”, 운송신문(2007.8.25) 사설
- [11] Donald J. Bowersox, David J. Closs(1996), "Warehouse management", chapter 13, "Logistical Management - The integrated supply chain process"
- [12] Harry K.H.(2006), “Design of a RFID case-based resource management system for warehouse operations,” Expert Systems with Applications 30, pp.561-576
- [13] Jerry Banks, David Hanny, Manuel A. Pachano, and Les G. Thompson, “RFID Applied”, 1st ed., Chapter 3, Wiley