

RFID 시스템을 이용한 공급망 관리 개선 및 투자 수익 예측

종신회원 이 일 근^{*o}, 정회원 서 영 일^{**}

RFID-based SCM Management Improvement and ROI Estimation

Ill-Keun Rhee^{*o} *Lifelong Member*, Young-Il Seo^{**} *Regular Member*

요 약

RFID(Radio Frequency IDentification)는 바코드를 대체해 많은 분야에서 각광을 받고 있으나, 현재까지는 적용 범위가 유통관리, 판매 등의 한정된 산업 분야에서 주로 이용되어 왔다. 본 논문에서는 RFID 시스템을 실제 공정 과정에 적용할 경우의 운영 방안 및 효과에 대한 연구 결과를 기술하였다. 아울러 RFID 시스템의 도입 전과 후의 비용 관점에서의 비교 분석 결과, RFID 시스템의 운용 이후 이에 투자되는 비용 상쇄는 물론 그 이상의 효과가 있음을 확인 하였다. 따라서 본 연구 결과는 바코드 시스템에서 RFID 시스템으로의 교체를 망설이는 많은 제조업체들의 의사결정에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

Key Words : RFID(Radio Frequency IDentification), SCM(Supply Chain Management), ROI(Return On Investment)

ABSTRACT

RFID(Radio Frequency IDentification) is now being applied in the lots of fields as an alternative of barcode system. However, it is restricted within product manufacturing, sales, and delivery parts. In this paper, research results regarding an actual progress of an RFID-based system and its effect are described. In addition, this paper confirms that the RFID-based process of manufacture gives much better return of investment than the barcode-based one. Therefore, the results of this paper are highly expected to contribute to make many people, who might hesitate to replace the barcode and apply RFID system to the process of manufacture, a positive decision.

I. 서 론

미국의 국방 관련 미사일 방어(Missile Defense, MD)시스템에서 사용할 목적으로 최초 개발된 RFID(Radio Frequency IDentification)의 용도가 국방을 위한 한도를 벗어나 유통, 물류, 동물관리, 의약품, 제품관리의 영역 등으로 확장되고 유용하게 사용되고 있다¹⁾.

원재료의 공급에서 제품의 제조 및 생산, 물류 등에 이르는 공급망 관점에서 살펴볼 때, RFID의 적용 범위를 물류 및 유통뿐만 아니라 제품의 제조 및

포장공정에까지 확대, 적용한다면 그 파급 효과는 보다 클 것으로 예상된다²⁻⁵⁾.

본 논문에서는 공급망 관리(SCM : Supply Chain Management) 및 투자 수익률(ROI: Return On Investment) 관점에서, 실제 기업의 공정 과정에 RFID를 적용하여 전, 후의 효과를 실제 데이터들을 활용하여 비교 분석 하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 RFID와 SCM에 관한 설명을 포함한 본 연구와 관련된 배경연구 결과를 기술하고, 3장에는 성형공정, 도장공정, 그리고 출하공정에 RFID를 적용하는 방법

※ 본 논문은 2011년도 한남대학교 학술연구조성비로 지원된 연구임

* 한남대학교 전자공학과, (° : 교신저자)

** 남산알미늄 자동차 사업부문

논문번호 : KICS2011-10-455, 접수일자 : 2011년 10월 11일, 최종논문접수일자 : 2012년 12월 30일

을 다루었다. 4장에서는 RFID를 적용하기 전, 후의 SCM과 공정을 비교 분석 한 후 얻어진 기업의 이익에 관한 분석 및 예측결과를 논하고, 마지막 5장에서는 연구 결과를 종합 정리하였다.

II. RFID의 동작 원리 및 SCM에의 적용 배경

RFID는 바코드와는 달리 리더기를 통하여 접촉하지 않고 태그의 정보를 식별하거나 기록하는 기술로써, 기업 물류 활동에 혁신적 변화를 가져올 것으로 주목받고 있다. 또한 RFID 기술은 사람 중심에서 사람을 포함한 모든 사물의 중심으로 컴퓨팅 주체가 전환되는 미래 유비쿼터스(Ubiquitous) 네트워크의 센서기능을 담당하는 핵심기술이다. 제품에 붙이는 마이크로 칩을 내장한 태그에 생산, 유통, 보관, 소비의 전 과정에 대한 정보를 담고 자체 안테나를 갖추고 리더로 하여금 이 정보를 읽어, 무선통신과 연계하여 정보시스템과 통합하여 사용되는 RFID는 그 기능의 다양성으로 인해 여러 사업 영역에 응용되고 있다⁶⁾. 그림 1은 태그가 부착된 제품이 안테나와 리더기를 통해 호스트 컴퓨터로 정보가 전송되는 과정을 나타내고 있다.

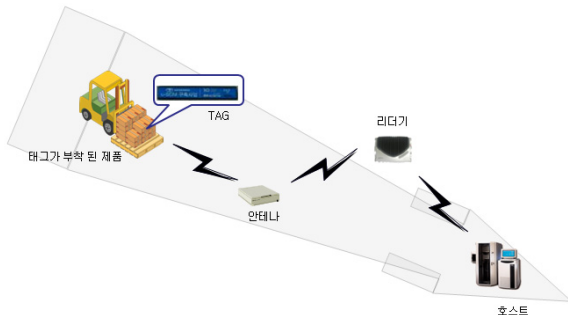


그림 1. RFID 시스템의 구성도
Fig. 1. Configuration of RFID system

일반 기업의 공급망 조직은 제품의 흐름에 수용력을 맞추기 위해 거의 모든 운영 계획을 집중하고 있다. 언제 어느 부분에 얼마 정도의 물량이 공급되어야 하는지의 예측하기가 힘들기 때문에 항상 적정 재고를 가지고 있어야 하므로, 이로 인한 비효율적, 비생산적인 요소가 발생하게 된다.

따라서 많은 기업들이 이러한 낭비 요소를 줄이기 위하여 공급망 계획(Supply Chain Planning) 어플리케이션에 많은 투자를 해왔다. 그 결과 공급에 있어서는 얼마간 개선된 효과를 얻을 수 있었지만 투명하고 명확한 공급망을 이룰 수 없었다. 따라서 더욱 확실한 공급망의 형성을 위해 실시간에 의한 정보를

얻을 수 있는 기술의 도입이 요구되게 되었다.

N사는 자동차 외장 범퍼, 그릴, 가니쉬 등 자동차의 외부 부분을 생산하는 업체로서, 매년 85만대 이상의 생산품에 대한 통제의 어려움이 있었다. 한정된 인원으로 하루 수천대 이상의 제품이 생산되고 수천대 이상의 제품이 출하되는 과정을 관리 감독하는데 있어서 생산 시작부터의 출하되어 납품되는 순간까지 모든 과정에 있어 통제가 필요하였다.

따라서 N사에서는 생산정보 및 재고정보를 실시간 공유하여 부품 조달 능력을 증진시키고, 부품 식별의 자동화를 통해 인력, 시간 절감 및 오사양을 방지하여 생산성을 높이는데 그 목표를 두고 RFID 시스템의 도입을 통해 SCM과의 연동을 시도하였다.

RFID를 이용한 공급망 관리는 위의 문제를 해결함에 있어 큰 공헌을 했고, 단순한 거래 정보뿐만 아니라 제품의 생산에서 출하, 배송, 납품에 이르기까지 언제 어디서나 실시간으로 추적, 모니터링을 가능하게 하였다. 그로인해 공급망 전반에서의 효율성 제고와 비용 절감 효과를 얻을 수 있게 되었고 노동비 절감 및 정확한 재고 파악 등 많은 효과를 얻게 되었다.

III. RFID 시스템의 공정 적용

본 장에서는 N사에서 성형공정, 도장공정, 그리고 출하공정을 위하여 RFID 시스템을 적용, 운영하는 과정을 각 공정 별로 자세히 다루었다. 그림 2는 RFID를 활용한 전반적인 공정 흐름도를 보이고 있다.

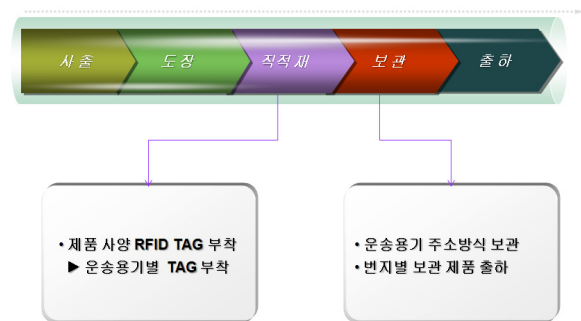


그림 2. N사의 공정 흐름도
Fig. 2. Overall process flowchart for company N

3.1 성형공정(Injection Process)의 RFID 도입

N사의 공정은 성형공정으로부터 시작된다. 고객사와의 SCM 연동으로, 고객사가 필요로 하는 제품을 전사적 자원관리(ERP: Enterprise Resource Planning) 시스템을 통하여 실시간으로 받아 사출(성형공정) 계획 수립 후 그 계획에 따라 제품의 생산이 시작된다.

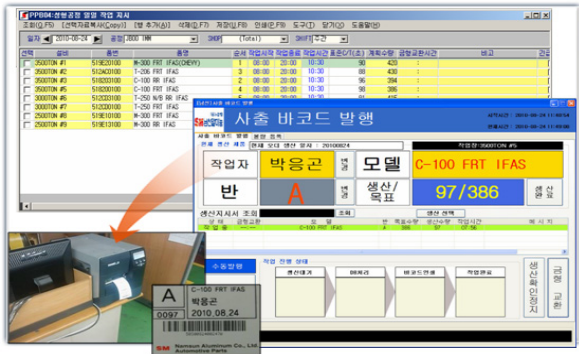


그림 3. 성형공정 제품의 바코드 출력 예
Fig.3. An example of barcode output for injection processed product

그림 3은 계획에 따라 생산되는 제품에 바코드를 붙이는 예를 보이고 있는데, 해당 제품에 대한 완성일, 완성시간, 작업자, 제품 모델 등 제품에 대한 기본 정보가 인쇄되어 제품에 붙여진다.

인쇄된 바코드를 통해 시작공정인 성형공정부터의 제품 추적이 가능해진다.

또한 일부 제품은 사출공정만 거친 후 바로 납품이 되는 제품이 있는데 그 제품이 납품을 위해 랙(제품을 담는 용기)에 적재되어 태그에 제품의 이력 및 내용을 저장할 때 바코드를 통해 태그에 정보가 입력되고 정보가 입력된 태그는 RFID 출하 시스템을 통해 출하된다.

3.2 도장공정(Painting Process)의 RFID 도입

성형이 완료된 제품은 도장공정으로 이동되어진다. 도장공정으로 이동되어진 제품은 성형공정과 마찬가지로 SCM을 통해 고객사가 필요로 하는 색을 도장한다. 이 역시 ERP 시스템을 통해 계획이 수립되고 계획대로 생산이 이루어진다.

도장공정을 거친 제품은 그림 4에 보이는 것과 같이 바코드를 통해 도장공정이 완료되었음이 전산상에 등록되고, 완성된 제품들은 운송용기인 랙(rack)단위로 적재된다.

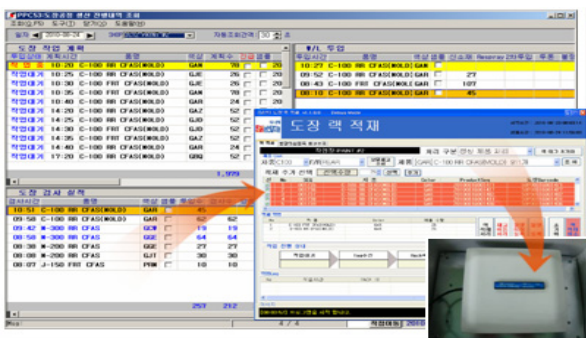


그림 4. 도장공정 제품에의 태그 부착
Fig. 4. Tag attaching to painting processed product

랙에 담겨진 제품들의 정보는 그림 5에 보이는 것과 같은 형태로 태그에 저장되어 이때부터 모든 이동은 랙 단위로 이동되고 이동되는 랙은 공정 내의 모든 리더기들을 통해 통제된다.



그림 5. 랙에 부착되는 RFID 태그 예
Fig. 5. An example of tag attached to the rack

3.3 출하공정(Stored in Warehouse)의 RFID 도입

도장공정에서 랙에 적재된 제품들은 출하되기 전 출하장으로 옮겨져 출하공정을 거치게 된다. 이때 태그에 담겨진 제품들의 정보를 리더기를 통해 읽음으로써 도장공정에서 출하공정으로 이동되는 모든 과정을 실시간으로 알 수 있게 된다. 그림 6은 RFID 태그를 이용하여 출하장에 진입되는 제품정보를 관리하는 예를 보이고 있고, 그림 7은 출하장에 보관되어 있는 출하 대기 품목들을 보여주고 있다. 출하 대기 중에 제품은 한 하루가 지나기 전에 납품처로 납품된다.



그림 6. 출하장에 진입되는 제품정보의 태그를 이용한 전송
Fig. 6. Using tag, information transmission of products into the warehouse

출하 대기 목록		모델		C-CAR		조회	
201	100-200-880-EP-AS5	202	100-200-880-EP-AS5	203	100-200-880-EP-AS5	204	100-200-880-EP-AS5
205	100-200-880-EP-AS5	206	100-200-880-EP-AS5	207	100-200-880-EP-AS5	208	100-200-880-EP-AS5
209	100-200-880-EP-AS5	210	100-200-880-EP-AS5	211	100-200-880-EP-AS5	212	100-200-880-EP-AS5
215	100-200-880-EP-AS5	216	100-200-880-EP-AS5	217	100-200-880-EP-AS5	218	100-200-880-EP-AS5
221	100-200-880-EP-AS5	222	100-200-880-EP-AS5	223	100-200-880-EP-AS5	224	100-200-880-EP-AS5
225	100-200-880-EP-AS5	226	100-200-880-EP-AS5	227	100-200-880-EP-AS5	228	100-200-880-EP-AS5
231	100-200-880-EP-AS5	232	100-200-880-EP-AS5	233	100-200-880-EP-AS5	234	100-200-880-EP-AS5
235	100-200-880-EP-AS5	236	100-200-880-EP-AS5	237	100-200-880-EP-AS5	238	100-200-880-EP-AS5
241	100-200-880-EP-AS5	242	100-200-880-EP-AS5	243	100-200-880-EP-AS5	244	100-200-880-EP-AS5
245	100-200-880-EP-AS5	246	100-200-880-EP-AS5	247	100-200-880-EP-AS5	248	100-200-880-EP-AS5
249	100-200-880-EP-AS5						

그림 7. 출하장에 보관중인 출하 대기 제품
Fig. 7. Waiting products list stored in warehouse



그림 8. 출하 시 이용되는 RFID 시스템
Fig. 8. RFID system for storing

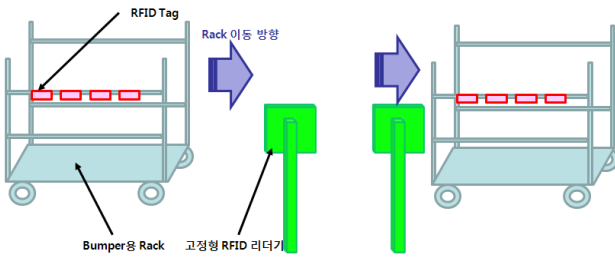


그림 9. 출하 시 리더기에 태그가 읽혀지는 과정
Fig. 9. Reading process of tag information by reader when storing

그림 8은 제품이 랙 단위로 출하 될 때의 모습을 보여준다. 이미 출하장 입고될 때부터 어느 위치에 어느 제품이 보관중임이 파악되어 있으므로 쉽게 원하는 제품 위치에 있는 랙을 차량에 상차시킬 수 있게 된다.

또한 그림 9에 보이는 바와 같이 상차 직전에 마지막 리더기 2개를 통과하면서, 출하제품의 일치 불일치 여부를 판단한 후 창고에 적재되어 있는 것으로 표시되어 있던 랙의 정보가 사라진다. 만일 잘못된 제품의 태그가 리더기에 읽히면 경고등과 사이렌으로 잘못 상차됨을 알려줌으로써, 잘못된 출하 비율이 획기적으로 줄게 되었다.



그림 10. RFID 리더기 통과 전 통제 화면
Fig. 10. Control display prior to RFID reader

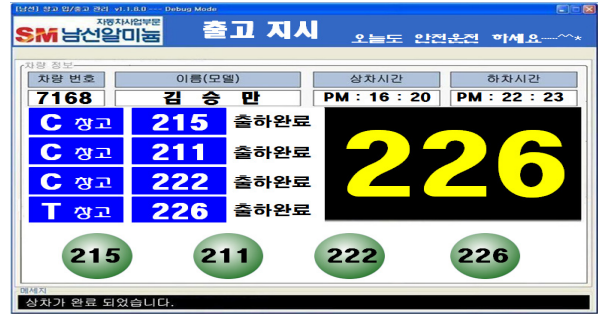


그림 11. RFID 리더기 통과 후 통제 화면
Fig. 11. Control display after RFID reader

그림 10과 그림 11은 RFID 리더기의 랙이 통과 전후의 화면을 각각 보여주고 있다. 각각의 화면에는 차량 정보와 상차 시켜야 할 제품의 정보와 랙의 위치가 나타나 있다. 모든 제품의 상차가 완료될 시 아래 부분에 녹색의 상차 완료가 표시되며 상차 완료 메시지가 나타남으로 안전하게 상차되었음을 알 수 있게 된다.

상차 완료된 제품을 신고 가는 차량에 대한 정보는 그림 12에서 보이는 바와 같이 GPS를 이용하여 실시간으로 추적이 가능하게 하였다. 이를 통해 교통문제, 사고 등 기타 납품 지연되는 사유와 지연 될 시의 대책을 미리 세울 수 있게 되었다.



그림 12. GPS 이용 차량 추적 시스템
Fig. 12. Vehicle tracking system using GPS

IV. RFID 시스템 적용 시 효과 분석

4.1 N사의 RFID의 적용 효과

N사에서는 공급망 관리를 위해 RFID 시스템을 적용하면서 적정 재고 확보, 인건비 감소, 작업자 능력 향상, 오사양 발생을 및 불량률 감소 등 여러 가지 부분에서 큰 효과를 보고 있다.

전국적으로 퍼져 있는 사업장들의 시스템적 통합으로 인한 실시간 재고 정보 확보와 고객사와 의 시스템 연동을 통한 실시간 재고 파악, 요구사항, 긴급

사항에 대한 즉각적 대처가 가능하게 되었다.

또한 가장 큰 문제가 되었던 적정 재고 확보 문제는, RFID 시스템 도입 후 실시간으로 제품 흐름 파악 가능으로 예측 발주에 대한 즉각 대처와 적정 재고 확보가 가능하게 되었다.

공정 부분에 있어서도 큰 변화를 가져오게 되었다. 과거에는 그림 13과 같은 공정 과정을 거치면서, 랙 단위로 적재되던 제품들이 근무자의 실수로 인한 잘못된 적재 여부, 제품의 혼용 적재 여부 등을 출하 전에 확인 및 분류를 해야 하는 재작업이 요구되었었다. 하지만 RFID 시스템 도입 후에는 그림 14에서 알 수 있듯이 직적재의 공정과정에서 RFID 리더기를 통해 바코드와 태그로 확실한 제품의 수량과 제품의 수량, 위치 등 제품 정보를 정확히 파악할 수 있게 되었다. 따라서 이를 통한 재작업 과정이 불필요해 졌으며 보관 장소의 효과적인 확보 등 공정작업과 출하 부분에서의 효율성도 향상되었다.

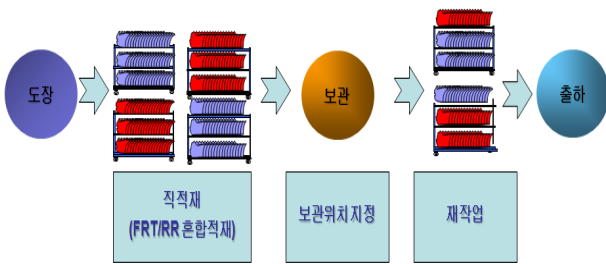


그림 13. RFID 시스템 도입 전 공정
Fig. 13. Process before applying RFID system

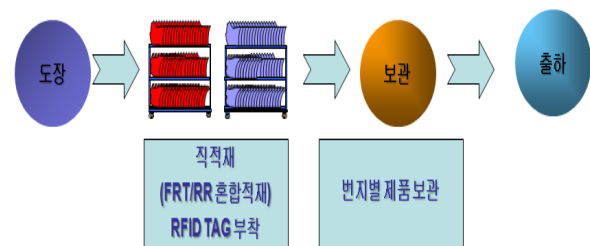


그림 14. RFID 시스템 도입 후 공정
Fig. 14. Process after applying RFID system

표 1은 공급망 관리를 위한 RFID 시스템 도입 전과 후의 효과를 정량적으로 비교 분석한 결과를 나타내고 있다. 2010년 RFID 시스템 도입을 전후하여 2008년부터 2010년까지의 인건비, 재고 비용, 반송율, 반품 수량, 운송비 관점에서 비교하였다. 그 결과 투입 인원은 14명에서 10명으로, 재고 비용은 약 60% 가까이 절감 되었고, 반송율은 2009년 0.26%에서 0.11%로 50% 이상 감소되었다. 또한 불필요한

운송의 감소로 인해 운송비 도 약 20% 가까이 감소 되었다.

적재적소의 차량운행으로 인한 환경공해도 줄일 수 있게 되었다. 즉, 연간 약 25회의 배차 감소로 인해 3.3톤의 이산화탄소 배출을 줄임으로 환경적인 측면에서도 큰 효과를 볼 수 있었다.

표 1. RFID 시스템 도입 전과 후의 비용 비교

Table 1. Cost comparison before and after applying RFID system

구 분	2008	2009	2010	절감금액 (만원)
인원	14명	14명	10명	1억 5천
재고 비용	3,326	3,318	1,842	4천7백
반송율	0.62%	0.26%	0.11%	1천만원
반품 수량	1,510	279	95	
운송비	3억3천만		2억 7천만원	5천7백

4.2 투자수익 예측

투자수익(ROI: Return On Investment)은 기업 혹은 공공기관이 프로젝트 및 사업을 수행함으로써 발생하는 경제적 효과를 투자 비용과 대비하여 분석하는 것으로 해당 사업이 어느 정도의 경제적 가치가 있는 것인지 알려주는 지표이다⁷⁾.

분석 방법으로는 비용, 편익 추정치, 순현재가, 재무 수익률 등의 계산과정을 통하여 사업의 경제성, 채산성을 파악하게 되며, 비용 및 편익 추정치의 오차를 보완하기 위하여 내부 수익률에 기반을 둔 할인율, 연차별 기대 성취율 등을 추가하여 도출한다. ROI 분석은 한국유통물류진흥원이 주관한 주요산업별 표준 적용 모델 및 ROI 분석 틀을 이용하여 수행하였으며 도출 식은 식 (1)과 같다¹⁸⁾.

$$\begin{aligned}
 ROI &= (\text{순이익}/\text{매출액}) * (\text{매출액}/\text{총자산}) \\
 &= \text{매출액순이익율} * \text{총 자산 회전율} \\
 &= \text{매출마진} * \text{총자산회전속도} \quad (1)
 \end{aligned}$$

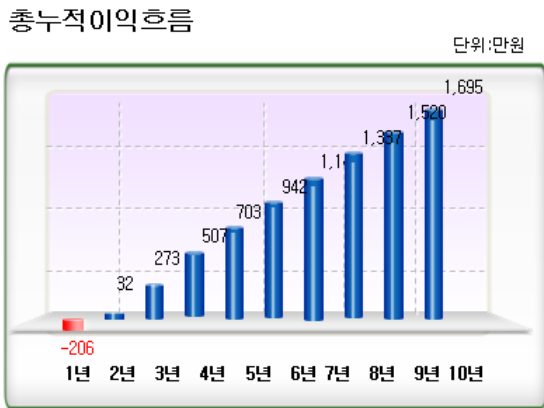
표 2. N사의 ROI 분석 결과

Table 2. ROI analysis results for company N

구 분	결 과	비 고
현재가 치가격	약 18억원	
순익 분기	0.86(Year)	

표 2는 ROI 평가 결과를 보여준다. 평가 결과 N사의 RFID 시스템의 순현재가는 약 18억원, 설치비용을 포함한 손익 분기점은 약 0.86년으로써 1년 후부터 100% 이상의 수익 발생이 예측된다.

그림 15는 RFID 시스템을 본 공급망 관리에 적용하였을 때의 ROI 예측 결과를 연도별로 그래프로 나타낸 것이다. ROI 예측 결과는 시스템 적용 첫 해부터 100%가 넘는 효과를 나타낸다. 또한 총 누적 이익 흐름 에서는 첫째 RFID 시스



ROI (Return On Investment)

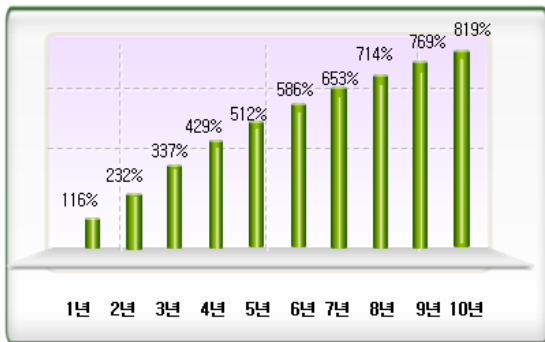


그림 15. RFID 적용 후의 ROI 분석 그래프
Fig. 15. ROI analysis graph after applying RFID system

템 설치 설치비용으로 인해 (-)로 그래프가 나타나지만 2년, 3년차 등 시간이 지날수록 누적되는 이익이 점차 늘어남을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 N사의 RFID시스템 적용을 실험으로 들어 RFID시스템의 적용이 실제 공정 운영에 미치는 영향을 분석하였다.

RFID시스템 적용 결과 RFID시스템의 공정 적용

은 공정 운영의 여러 부분에 있어서 큰 효과가 있음을 알 수 있다. 먼저 공정 운영에 있어서, 재분류 작업이 불필요하게 되어 재분류 공정 작업이 생략되었다. 따라서 잉여 인원의 새로운 부서 배치를 통하여 인원 운영을 보다 효과적으로 할 수 있게 되었다. 두 번째로는 재고 감소 효과를 들 수 있다. 실시간 생산 정보의 확인이 가능해짐에 따라 불필요한 재고 감소와 함께 이에 따른 생산 계획상 불필요한 제품 생산을 할 필요가 없게 되었다. 세 번째로 품질 개선과 차량 운영 횟수의 감소이다. 불필요한 제품의 생산이 사라지게 된 후 생산 제품의 품질은 증가하고 또한 적절한 재고 운영에 따른 불필요한 차량 운행의 감소로 차량 운행비의 절감 효과를 얻을 수 있게 되었다. 또한 차량 운행 횟수의 감소는 연간 3.3Ton의 CO2 발생 감소라는 친 환경적 효과를 얻게 되었다.

본 연구결과를 토대로 N사에서는 RFID 시스템을 현재 협력 업체와의 연계방안을 검토 중이다. 즉, N사와 협력업체와의 공유를 통해 공통적인 시각과 목표를 가진 시스템 구축을 통해 규모 성장에 따른 선형적인 공정 개선효과를 도모하고 있다. 또한 본 연구결과를 제품 제조 및 생산, 물류 등에 이르는 공급망에도 널리 활용한다면 기술적, 경제적, 사회적, 문화적 효과를 통한 국가 경쟁력 강화에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 장명희, 이동만, “유통업에서의 RFID 도입 방향”, 한국경영정보학회 춘계학술대회 2005.
- [2] Hsiao-Tseng Lin, Wei-Shuo Lo and Chiao-Ling Chiang, Using RFID in Supply Chain Management for Customer Service, 2006 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 2006.
- [3] 김종득, “신 물류 정보시스템으로서의 활용을 위한 RFID의 산업화 방향”, 통상정보연구, Vol. 6, No. 2.
- [4] 허운나, “[RFID/USN 시대 앞당기자] 전자상품 코드(EPC)”, 디지털 타임즈, 2005.
- [5] 유승화, “유비쿼터스 사회의 RFID”, 전자신문사, 2005.
- [6] 이종민, 임상환, 엄완섭, “RFID의 전략적 구현과 ROI”, 한국경영과학회/대한산업공학회 춘계공동학술대회 2005.

[7] 임세헌 역, RFID의 전략적 구현과 ROI, 한울출판사, 2007.

[8] <http://www.gs1kr.org/>

이 일 근 (Ill-Keun Rhee)

종신회원



1982년 2월 경북대학교 전자공학과(공학사)

1986년 6월 미국 Oregon State University 전자공학과(공학석사)

1990년 2월 미국 Oregon State University 전자공학과(공학

박사)

1990년 3월~현재 한남대학교 전자공학과 교수

<관심분야> 어레이 신호처리, 스펙트럼 분석 및 관리, 이동 및 위성통신

서 영 일 (Young-Il Seo)

정회원



2008년 8월 한남대학교 전자공학과(공학사)

2011년 2월 한남대학교 대학원 전자공학과(공학석사)

<관심분야> RFID, Radar