

RFID를 이용한 공정개선 방안-중소기업의 포장공정 사례 중심

손미애¹ · 김 원¹ · 강성재²

A RFID-based Process Improvement Methodology: Packing Process of Medium size Enterprise

Mye Sohn · Won Kim · Sungjae Kang

ABSTRACT

Radio Frequency IDentification(RFID) is in the limelight of fields of military, delivery and library management as an alternative or barcode system. However, it is restricted within product manufacturing, sales and delivery. In this paper, we apply RFID technology into process, especially packing process management to gauge RFID applicability. To verify beneficial features of RFID, we simulate RFID-adopted packing process. As a result, we demonstrate the effectiveness of a RFID-based Process Improvement in manufacturing process. The results of performance evaluations demonstrate that the proposed RFID-based Process Improvement reduces the labour time, labour cost and material cost. Furthermore, we analyze the validity of RFID-based Process Improvement by RFID cost.

Key words : RFID, Process Management, Process Improvement, Product Information

요 약

RFID(Radio Frequency IDentification)가 국방, 물류/유통, 도서 관리 등의 분야에서 바코드를 대체하는 대안으로 각광을 받고 있으나, 적용 범위가 제품 생산이나 판매·유통 관리 등의 분야로 제한되어 있는 것이 사실이다. 본 논문에서는 RFID 기술을 공정관리에 적용해 본 후, 그 효과를 분석하였다. 또한 유통단계뿐 아니라 제품의 이력관리 및 품질관리에 RFID의 적용 가능성을 타진하기 위해, 제조 및 포장공정에 활용하는 방안을 제안하였다. RFID 적용 효과를 검증하기 위해 실제 제조업체를 대상으로 현재 바코드를 부착하는 공정을 RFID로 변경하였을 때 공정 개선 효과를 산출하였으며, 연구 결과 RFID 도입에 소모되는 초기 투자 비용을 상쇄할 수 있는 비용절감 효과가 있음을 확인하였다. 이로써 높은 초기 비용으로 인해 바코드에서 RFID로의 교체를 망설이는 제조업체들의 의사결정에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

주요어 : RFID, 공정관리, 공정개선, 제품정보관리

1. 서 론

미국의 미사일방어(Missile Defense, MD) 시스템에서 사용할 목적으로 개발된 RFID (Radio Frequency IDenti-

fication)의 용도가 국방의 영역을 벗어나 유통/물류, 동물 관리, 제품관리 및 스마트카드 영역 등으로 확장되고 있다¹⁾. 소형 반도체 칩을 사물에 부착하여 칩 내부에 대상의 정보를 입력한 후 리더기를 통하여 무선으로 정보를 판독하는 기술인 RFID는, 다양한 활용 가능성에도 불구하고 높은 가격으로 인해 아직은 바코드를 완전히 대체하고 있지는 못하지만, 물류 및 유통 관리 등의 분야를 중심으로 RFID 적용 효과에 대한 사례가 심심치 않게 보고되고 있다²⁾.

그러나 원재료의 공급에서 제품의 제조 및 생산, 물류 등에 이르는 공급망 관점에서 보았을 때, RFID의 적용 범

* 본 연구는 한국과학재단 특장기초연구(R01-2006-000-10303-0)지원으로 수행되었음

2007년 11월 9일 접수, 2007년 12월 6일 채택

¹⁾ 성균관대학교 시스템경영공학과

²⁾ LG CNS

주 저 자 : 손미애

교신저자 : 손미애

E-mail; myesohn@skku.edu

위를 물류 및 유통뿐만 아니라 제품의 제조 및 포장공정에까지 확대·적용한다면 그 파급효과는 상당히 클 것으로 예상된다⁶⁾. 이러한 효과를 입증하기 위해, 본 연구에서는 공정관리에 어려움을 겪고 있는 중소기업을 선정해 제품의 제조 및 포장공정에 대한 RFID를 적용해 보았다. 그리고 적용 전후의 효과를 분석하기 위해 대상 기업에서 실측 데이터를 수집한 후, 기존의 바코드를 RFID로 교체한 경우에 대한 시뮬레이션을 수행하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 관련 연구 그리고 3장에서는 공정을 개선하기 위해 RFID를 적용하는 방법에 대해 살펴보고자 한다. 4장에서 RFID를 적용하기 전후의 공정을 분석한 후, RFID 도입 후 예상되는 비용 대 효과를 5장에서 분석할 것이다. 마지막으로 6장에서 결론 및 추후 연구사항에 대해 언급할 것이다.

2. 관련 연구

2.1 RFID 시장 규모

시장조사기관 IDC 연구 조사에 따르면 2004년의 전 세계 RFID 시스템 시장 매출은 17억 달러를 기록했다⁵⁾. 아직 RFID가 전면적으로 활용되지 않고 테스트 단계에 머물러 있는 시점에서의 매출규모라는 점을 고려할 때, 향후 RFID가 한정된 분야가 아닌 다양한 시장으로 확대되었을 경우 대규모의 시장이 형성될 것이라고 예상할 수 있다. 이미 기업에서는 월마트 등 대규모 유통/물류 업체를 중심으로 이미 RFID를 도입하였으며, 국내의 경우 한 국타이어가 도입을 하였고, 정부기관인 서울특별시가 자동차 요일제 위반차량 확인을 위해 RFID를 도입하는 등 그 적용 범위가 점차 확대되고 있다. 이는 태그의 가격이 하락함으로써 적용에 가속도가 붙을 것이며, 태그 가격이 0.05 달러 이하로 떨어지면 바코드보다 경쟁력을 갖출 수 있을 거라고 예상된다. 태그 가격뿐 아니라 리더의 가격도 하락하고 RFID 응용프로그램의 발달로 인하여 RFID 시장 진입 속도는 더욱 빨라지고 적용 범위 역시 넓어질 것이다.

2.2 RFID를 이용한 원자재 및 제품관리

제품에 부착되는 RFID의 경우 고유 식별을 위하여 EPC(Electronic Product Code) 체계를 표준으로 사용한다. RFID는 저장 용량에 따라 64bits (compact), 96bits (general), 256bits로 분류되며, EPC 코드로 작성된 제품 정보의 경우 2억 6800만개의 제조업체, 1600만개의 제품명 및 680억 개의 개별 상품에 대한 정보를 저장할 수 있다⁷⁾.

PLM(Product Lifecycle Management) 관점에서 RFID가 사용되고 있다. Saar와 Thomas⁸⁾는 RFID를 활용하여 제품 생산과 판매·유통관리가 가능하며 재활용의 효율을 높일 수 있다고 하였다. 제조업에서 제품관리 측면에서 RFID를 활용하게 되면 제품의 재고 관리 및 생산 관리가 용이하고, 제품 추적이 가능하므로 추후 수집된 정보를 통하여 설계에 반영하거나, 지속적 고객 관리가 가능할 것이다. 또한 Zhang은 원자재 추적을 위한 정보시스템과의 통합을 시도하기도 했다⁹⁾. 본 연구는 RFID의 적용 영역을 공정관리 부분까지 확장함으로써, RFID 활용도 제고에 기여하고자 한다.

3. RFID를 이용한 공정개선 시스템

공정관리의 목적은 가장 저렴한 방법으로 필요한 시기에 적절한 품질과 수량의 제품을 생산하는 것으로서, 다양한 통계적 자료와 분석 기법의 도움을 받아 수행하기 때문에 통계적 공정관리(Statistical Process Control, SPC)라고도 한다. SPC를 적극적으로 수행하는 공정이라고 할지라도, 품질 개선, 생산량 증대 및 비용 절감 등과 같은 요구 사항을 만족시키기 위해서는 지속적으로 공정을 개선해야만 한다. 공정 개선을 위해 취할 수 있는 방안으로는 ECRSA, 즉 Eliminate(공정의 제거), Combine(공정의 결합), Rearrange(공정의 재배치), Simplify(공정의 단순화) 및 Alternate(대체공정)등이 있으며, 그림 1과 같은 절차를 거쳐 공정 개선 방안을 도출할 수 있다.

공정에 대한 개선 요구가 식별되면 1차적으로 기존 공정(As-Is Process)을 분석한다. 기존 공정에 대한 분석을

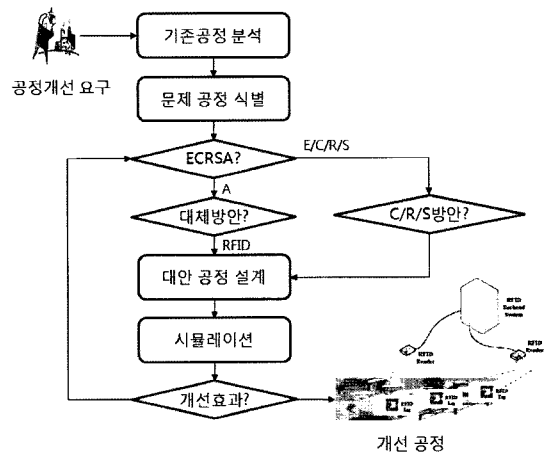


그림 1. 공정개선 절차

통해 문제가 되는, 즉 품질 저하의 원인이 되거나 불필요한 비용을 유발하는 공정이 식별된다. 식별된 문제를 해결하기 위한 방안으로 ECRSA 중 어느 방안을 선택할 지를 결정하게 되며, 대개의 경우 이들 방안은 복합적으로 적용되기도 한다. ECRSA 중 적합한 방안이 결정되면 그에 따른 대안을 설계한다.

예를 들어, 본 연구에서와 같이 특정 공정의 제거를 통해 개선을 시도한다면 대체재를 이용한 개선 후 공정(To-Be Process)을 설계한다. 대체 공정의 타당성을 입증하기 위한 시뮬레이션을 수행하고 타당성이 입증되면 개선 후 공정을 적용해 공정을 재설계한다. 다음 절에서는 사례분석으로 통한 공정 개선 절차에 대해 논의할 것이다.

4. RFID 도입 전후 공정 분석

4.1 사례 기업 개요

본 논문의 연구 대상인 A사는 원청업체의 요청으로 생산 제품에 바코드를 부착하여 납품하고 있는 중소 제조업체이다. 바코드는 원청업체의 물류관리와 재고관리를 위해 부착하지만, 바코드를 잘못 부착해 금전적인 손실이 발생하는 경우 그 책임은 온전히 하청업체가 감당해야 하는 상황이다. A사는 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로 RFID가 활용될 수 있음은 알고 있으나, RFID 태그의 높은 가격과 도입후 효과를 확인할 수 없어 도입을 주저하고 있다. 이에 본 연구에서는 RFID를 도입으로 인한 비용 대 효과 분석을 수행함으로써, A사가 RFID를 도입할 지 여부를 판단해 보고자 한다. 이를 위해 연구자들은 A사의 조립라인을 대상으로 1년 동안의 데이터를 수집하였으며, 이 데이터를 기반으로 RFID를 활용한 공정 개선의 효과를 판단하는 실험을 실시하였다.

4.2 기존 공정 분석

4.2.1 실험 개요

본 논문에서는 RFID 도입 타당성을 검증하기 위해 2005년 1월에서 2005년 12월까지, A사에서 생산하는 모델 중 한 가지인 VDP(Video Door Phone)를 선정해 작업 표준 시간을 측정하였고, 1년 동안의 생산 효율을 관찰하였다. 연구의 대상 모델은 국내에서 판매되고 있는 비디오 도어폰으로, A사에서 연간 생산 수량이 가장 많은 모델이다. VDP는 크게 국내 판매용과 수출용으로 분류할 수 있으며, 내수용 제품의 포장 공정을 도식화하면 그림 2와 같다.

VDP는 단위 제품이 하나의 박스에 포장되며, 8개의

박스는 다시 하나의 카톤 박스(carton box)에 담겨 최종적으로 제품을 출하된다. 국내용 VDP의 조립 과정에서는 총 5번의 바코드 확인 및 부착 공정이 있으며, 이는 모두 포장 공정에서 수행하게 된다.

4.2.2 기존 바코드 시스템 적용시 표준시간

VDP의 공정을 분석하기 위하여 A사에서 공정 관리에 사용하고 있는 표준 시간 데이터를 사용하였다. 표 1은 A사의 생산 기술팀에서 모달즈(MODular Arrangement Pre-determined Time Standards, MODAPTS) 기법을 사용해 측정한 표준시간이다. 모달즈 기법이란 작업자의 동작을 21가지 유형으로 분류하고 그에 따른 시간치를 부여하여 작업 시간을 산출하는 기법으로서, 이 기법을 적용해 VDP 공정별 표준시간과 20%의 여유율을 적용한 표준 시간을 측정하면 표 1과 같다.

표준 시간에 따른 VDP 한 대의 생산 시간은 약 8.9분(531.36초)이지만, A 기업의 경우 VDP의 실제 리드 타임(Lead Time)을 10분으로 설정하고 있다. VDP 조립 라인에 10명의 작업자가 투입되므로 택트 타임(Tact Time)은 다음과 같은 공식에 의해 1분(60초)이 되고, 이는 곧 조립 라인에서 작업자 한 사람의 평균 작업 시간이 60초 이하여야 함을 의미한다.

$$\text{Tact time} = \text{작업가용시간} / \text{생산요구량}$$

본 연구에서의 분석 대상이 포장공정이므로, 포장공정과 포장공정 이외의 공정으로 분리해 분석을 하고자 한다. 즉, 포장공정 이외의 공정은 상수로 보고 실험을 하였다.

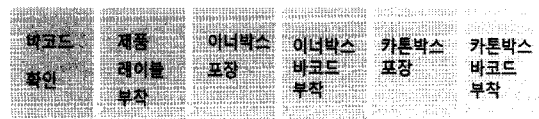


그림 2. VDP 포장공정

표 1. VDP 공정별 표준 시간

구분	공정명	표준시간 (sec)	표준시간에 여유율(20%) 적용
MAIN SET 조립	준비작업	49.99	59.99
	SET 조립	194.77	233.72
	최종검사	136.06	163.27
	포장	61.98	74.38
	합계	442.80	531.36

표 1에서 준비작업, SET 조립, 최종검사에 걸리는 시간은 모두 457초로 모두 택트 타임 60초를 고려하면 8명의 작업자가 필요하다는 결론이 나온다. 이후 포장공정에 74.38초가 필요하므로 숙련된 작업자라도 1 명이 포장공정을 전담하는 것은 불가능하고, 결국 포장공정에는 2명의 작업자를 배치해야 하며, 74.38초가 소요되는 작업을 2인이 수행함으로써 큰 낭비요소가 발생하게 된다. 이를 요약하면 표 2와 같다.

4.2.3 기존 바코드 시스템 적용시 포장 공정의 표준시간

포장 공정에 대한 상세 분석의 첫 단계는 포장 공정을 세부 작업으로 분류하는 것이다. 그 결과 표 3에서 보는 바와 같이 20개의 세부 작업으로 분류하였으며, 그 중 바

표 2. 포장공정 이외의 공정과 포장공정의 표준시간 및 소요 인력

공정명	표준시간(sec)	여유율 (20%) 적용	소요 인력
포장공정 이외의 공정	380.82	456.98	8명
포장공정	61.98	74.38	2명
	442.80	531.36	

표 3. 포장공정 표준 시간

	작업순서	표준시간 (sec)	여유율 (20%)적용
1	외관 세척	2.97	3.56
2	바코드 확인	2.84	3.41
3	제품 설명 라벨 부착	4.26	5.11
4	소방 검정 라벨 부착	4.26	5.11
5	PE Bag에 포장	5.68	6.81
6	Inner box 준비	4.13	4.95
7	Pad 준비	4.26	5.11
8	Set 삽입	3.35	4.02
9	매뉴얼 삽입	3.87	4.64
10	액세서리 삽입	3.87	4.64
11	박스 접기(달기)	2.32	2.79
12	바코드 확인	2.84	3.41
13	바코드 부착	4.26	5.11
14	모델 구분 라벨 부착	4.26	5.11
15	카톤 박스 준비	1.40	1.68
16	카톤 박스 포장	4.39	5.26
17	박스 Tapping(H)	1.40	1.68
18	제품 표시 라벨 부착	0.53	0.64
19	바코드 부착(8대 포장)	0.53	0.64
20	이동 적재	0.58	0.70
	합계	61.98	74.38

코드의 부착과 관련된 공정이 공정 2, 12, 13, 14 및 19번 이었고, 이들 공정에 소요되는 총 시간은 12.56초였다.

만약 바코드를 RFID로 대체한다면 위의 5가지 공정을 제거할 수 있게 되고, 그 결과 포장 공정에 56.71초가 소요되므로 1명의 인력 절감을 기대할 수 있게 된다. 이를 조립 공정 전체로 확대해 보면 기존의 방법으로 531.36초가 소요되던 공정을 518.8초로 단축하는 효과를 볼 수 있다. 이로써 전체 공정을 완료하는데 필요한 소요시간이 2.36%가 절감되는 효과를 기대할 수 있으며, 이를 요약하면 표 4와 같다. 이에 대한 상세한 분석은 다음 절에서 수행할 것이다.

4.2.4 기존 바코드 시스템 적용 공정의 공수 효율

위에서 제안한 공정 개선 방안을 실제 적용했을 때의 생산 효율 변화를 살펴보기 위해 2005년 1월부터 2005년 12월까지 VDP의 생산 자료를 수집하였으며, 이는 표 5에 요약되어 있다.

생산 수량은 매월 1일부터 말일까지 A사의 조립 라인

표 4. 바코드와 RFID를 적용했을 때 공정 표준 시간

구분	공정명	바코드 적용 (sec)	RFID 적용 (sec)
MAIN SET 조립	준비작업	59.99	59.99
	SET 조립	233.72	233.72
	최종검사	163.27	163.27
	포장	74.38	56.71
	합계	531.36	518.8

표 5. VDP의 공수효율

월	생산수량	작업공수	실적공수	공수효율
1월	5267	59,784	52,670	88.1%
2월	1674	19,602	16,740	85.4%
3월	2254	25,213	22,540	89.4%
4월	2656	30,494	26,560	87.1%
5월	데이터 유실			
6월	3315	36,752	33,150	90.2%
7월	432	4,620	4,320	93.5%
8월	2336	26,975	23,360	86.6%
9월	500	5,663	5,000	88.3%
10월	1550	19,472	15,500	79.6%
11월	2752	33,398	27,520	82.4%
12월	600	7,034	6,000	85.3%
합계	23336	269,007	233,360	86.7%

에서 생산된 제품 중 출하 검사에 합격하여 출고가 완료된 제품의 개수이며, 작업공수, 실적 공수 및 공수 효율은 다음과 같이 산출하였다.

작업공수

= VDP를 생산하기 위해 작업을 수행한 전체 시간
= 작업자 수 × 작업시간

실적공수

= 정해진 수량을 생산하기 위해 필요한 표준 노동력
= 생산 수량 × 리드타임

$$\text{공수효율} = \frac{\text{실적공수}}{\text{작업 공수}}$$

A사의 경우 2005년 한 해 동안 23,336대의 VDP를 생산했으며, 측정된 평균 공수 효율은 86.7%이었다.

지금까지 바코드를 부착하는 기존 공정의 문제점에 대해 상세히 분석하였다. 다음 절에서는 바코드를 대신해 RFID를 부착했을 경우 기대되는 효과에 대해 분석하고자 한다.

3.2 RFID 도입 후 공정 분석

전술한 바와 같이, 바코드를 대신해 RFID를 도입하게 되면, 기존 포장공정에서 박스 집기(단기), 바코드 확인, 바코드 부착, 모델 구분 라벨 부착 및 바코드 부착(8대 포장의 단계가 생략할 수 있다. 이에 본 연구에서는 RFID가 도입된 후의 공정에 대한 시뮬레이션을 수행하였다.

3.2.1 실험 설계

RFID의 도입 효과를 분석하기 위해 내수용 포장공정과 시뮬레이션을 통해 수집된 표준시간 및 공수효율에 대한 데이터를 비교함으로써, 실제 개선 효과에 대한 예측을 하였다. 이를 위해 외주 구매로 조달하고 있는 포장 박스와 카톤 박스에 정보가 입력되지 않은 RFID 태그를 부착해 납품받는 것으로 가정하였다. 정보가 입력된 상태로만 부착이 가능한 바코드와 달리 RFID는 공정의 순서와 관계없이 자유롭게 정보를 입력할 수 있는 장점이 있으나, 정보 입력을 위한 인력의 추가 투입이 필요하다는 단점이 있다. 인력 투입에 대한 비용 분석은 5장에서 할 것이다.

3.2.2 표본의 수 결정 및 실험 결과

모 비율의 검정 시 유의수준을 α , 오차한계를 d 이하로 하고자 하는 경우에 최소 표본 크기 n 은 $n \geq p(1-p)(z/\alpha/d)^2$ 이다.

본 실험에서는 유의수준 $\alpha = 0.05$, 최대 허용 오차 $d = 0.01$ 로 설정하였고, 공수효율 $p = 0.867$ 이다.

실험은 6번에 걸쳐 총 4,730대의 VDP에 대해 RFID 적용을 가정하여 생산을 실시하였으며, 바코드 부착 공정을 제외한 다른 공정은 기존의 VDP를 생산할 때와 동일한 조건에서 실험을 진행하였다. 실험 결과 RFID 적용을 가정하였을 때 89.1%의 공수 효율이 측정되었고, 이는 바코드를 사용할 때 보다 공정의 효율이 약 2.4% 개선된 효과이다. 앞에서 표준 시간의 감소가 약 2.36%로 나타난 것과 대체로 일치하는 실험 결과이다. 자세한 데이터는 아래의 표 6에 명시하였다.

위 데이터는 리드타임을 현재와 같은 10분으로 상정했을 때의 공수 효율이며, 리드타임의 변화에 따른 공수 효율의 변화를 시뮬레이션하면 그림 3과 같다.

그림 3의 시뮬레이션 결과에서 알 수 있듯이, RFID를 적용해도 리드타임을 현행 10분 이하로 줄이면 공수 효율이 떨어짐을 알 수 있고 이로써 표 6에서 리드타임을 10분으로 상정하고 수행한 분석은 옳다고 할 수 있다.

3.2.3 실험 결과에 대한 검정

실험을 통해 RFID를 바코드로 대체했을 때 공수 효율이 증가하였음을 알 수 있었다. 이를 검정하기 위한 귀무

표 6. 실험 데이터

실험 순서	샘플 개수	작업 공수	실적 공수	공수 효율
1	1,000	11,148	10,000	89.7%
2	1,000	11,099	10,000	90.1%
3	400	4,651	4,000	86.0%
4	500	5,624	5,000	88.9%
5	1,480	16,573	14,800	89.3%
6	350	4,000	3,500	87.5%
합계	4,730	53,095	47,300	89.1%

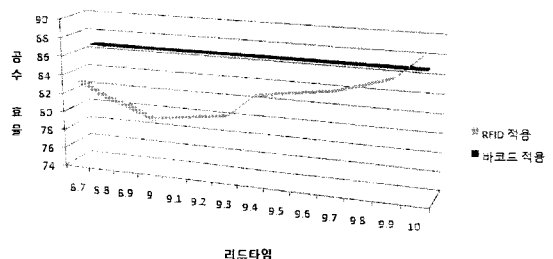


그림 3. 리드타임의 변화에 따른 공수 효율의 변화

가설과 대립가설을 다음과 같이 설정하였다.

H0: $p = 0.867$

H1: $p > 0.867$

이 실험은 표본의 크기 n 이 충분히 큰 경우이므로 검정 통계량 Z_0 는 근사적으로 표준정규분포 $N(0,1)$ 을 따르고, 정규검정을 적용할 수 있다. 유의 수준 α 를 5%로 정하면 귀무가설의 기각역은 $Z_0 > Z_{0.05}$ 으로 결정된다.

$p_0 = 0.867$, $p_1 = 0.891$, $n = 4730$ 이므로 검정통계량은 $Z_0 = 4.87$ 이고, $Z_{0.05} = 1.645$ 이므로, $Z_0 = 4.876 > 1.645 = Z_{0.05}$ 이므로 귀무가설을 기각한다. 이로써, 공수효율은 86.7%보다 높다고 판단되며 RFID 도입을 통해 공정 개선이 가능하다는 것을 알 수 있다.

5. RFID 도입 효과 평가

이상의 논의로부터 기존의 바코드를 대신해 RFID를 도입함으로써 공정을 개선할 수 있고, 이는 곧 생산 원가의 절감으로 직결시킬 수 있음을 알 수 있었다. 그러나 RFID 시스템을 공정 관리에 도입하기 위해서는 초기 투자비용이 요구되고 바코드에 비해 고가인 RFID 태그 가격 또한 중소기업에게는 큰 부담이 될 수 있다. 이에 본 연구에서는, RFID 도입효과를 분석하기 위해 추가비용과 절감비용을 산출하였고, RFID 가격의 변화 추이에 따른 도입 효과도 분석하였다.

5.1 RFID 도입으로 인한 추가 비용

공정관리를 위해 바코드 대신 RFID를 도입하기 위해서는 RFID 리더, 안테나 및 미들웨어 등과 같은 RFID 관련 장비, 태그 및 포장용 박스 구매 비용과 RFID 태그에 정보를 입력하기 위한 인건비 등이 추가로 소요된다.

5.1.1 RFID 관련 장비 구입비용

A기업의 포장 공정에 RFID를 도입하기 위해서는 세 세트의 안테나와 리더/라이터 장비, S/W솔루션 등이 필요하다. 세 세트의 안테나는 벨트 컨베이어에 필요한 두 세트와 출하검사에 필요한 한 세트가 포함된 것이다. A사의 제조 및 유통을 위한 RFID 태그의 주파수를 915MHz로 가정하고 이에 따른 태그와 장비를 구매하기 위한 예상 비용을 산정하였다. 다른 회사와의 연동을 위해서는 EPC Global 표준을 따르는 장비를 구매하여야 하며, Alien Technology의 제품을 기준으로 예산을 책정한 결과는 아래 표 7에서 보는 바와 같이 약 1,300만원의 초기 투자비

용이 요구됨을 알 수 있다.

5.1.2 태그 및 포장용 박스 가격

RFID시스템 구축 비용과는 별도로 박스에 붙는 RFID 태그 가격을 고려해야 한다. 4장에서 언급한 바와 같이, A기업은 RFID 태그가 부착된 박스를 구매한다. 현재 태그의 가격은 개당 200원 정도(2005년 Alien Tech. 기준)이며, VDP 포장용 박스의 가격은 약 550원 정도이나 RFID 태그를 박스에 부착한 상태로 생산할 경우 약 570원까지 단가가 올라갈 것이다. 이를 종합해 보면, 박스에 RFID 태그를 부착할 경우 약 220원의 가격 상승 요인이 발생하고, 이를 VDP 1년 생산량인 23,336개에 대해 환산하면 연간 약 513만 원 정도의 추가 비용이 발생한다.

5.1.3 RFID 태그에 정보를 입력하는 데 소요되는 인건비

RFID 태그에 정보를 입력하는 추가 공정은 현재 바코드를 출력하는 인원이 담당하게 함으로써 추가 비용이 발생하지 않는다. 현재 바코드 출력은 라인에서 이루어지는 작업이 아니기 때문에 바코드 출력 담당 직원은 직접 투입 인원이 아닌 간접 인원으로 분류되어 있다. 바코드 담당 직원의 업무를 RFID 태그에 정보를 입력하는 업무로 전환할 수 있기 때문에 조립라인에서 RFID 도입으로 인한 추가 공정이 발생하지는 않는다.

5.2 RFID 도입으로 인한 절감 비용

5.2.1 공수 감소로 인한 인건비 절감

2005년에 A사는 23,336대의 VDP를 생산했으며, 그 당시 투입된 실제 작업공수는 269,007시간이다. RFID를 도입했을 경우의 공수효율은 표 5에서 확인한 89.1%를 적용하였다. 89.1%를 적용하면 작업공수는 261,908시간이 되고, 결과적으로 약 7,099시간의 공수 절감 효과를 얻을 수 있다. 표 8은 RFID 도입 후 작업공수의 변화를 요

표 7. RFID 시스템 도입 비용

장비명	모델명	가격(천)	비고
Reader	Alien 915MHz ALR9800 Reader	4,300원	read/write 가능
Antenna	Alien 915MHz Circular Polarized Antenna	438원	3set
Middleware	RFID Emulator	7,700원	대체 가능
합계		13,314원	

약한 것이다.

그러나 표 8에서 나타난 작업 공수의 변화는 전체 생산 공정이 아닌 포장 공정의 개선으로 인해 유발된 것이며, 이는 현재 포장공정에 투입된 인력 2명이 수행하던 작업량이 1명의 작업량으로 줄어들었음을 의미하는 것이다. 결국 RFID의 도입으로 인해 포장공정의 효율이 높아지게 되면, 포장 공정에 배치했던 1인의 작업자를 다른 생산 업무에 배치할 수 있게 되고 그 결과는 전체 공정의 작업 시간 감소, 특히 특근이나 초과 근무 시간의 감소로 이어진다. VDP를 생산하는 작업자들은 대개 주부 사원과 산업 기능 요원으로 구성되어 있으며, 이들의 평균임금을 시급 3,700원 정도로 했을 때 절감되는 비용을 산출하면 표 8과 같다. 이때 생산 팀의 인원은 약 40명, 이들의 월 평균 초과 근무 시간은 40시간으로 산정하였다.

표 8에서 보는 바와 같이, 개인별 공수 절감 효과는 월 약 14.8시간이 되며, 이 시간은 초과 근무 시간의 절감으로 나타난다. 이를 연간 비용으로 환산하며 약 2,485만 원 정도의 인건비가 절감된다. 그러나 본 실험에서는 포장 공정에 대한 분산을 고려하지 않고, 시간 대비 인력의 감축을 제안했기 때문에 실제보다 더 큰 비용절감 효과가 산출되었을 수 있으며, 이에 대한 추가 분석을 수행 중에 있다.

5.2.2 바코드 부착 비용 절감

RFID가 부착된 박스의 구매로 인해, 더 이상의 바코드가 필요하지 않게 된다. 표 9는 바코드 구매비용을 산출한 것이다.

VDP는 포장과정에서 3가지의 바코드 라벨을 부착하게 된다. 제품에 모델표시라벨을 부착하며, 제품을 포장하는 박스에 2개의 이너박스 라벨이 붙는다. 8개의 제품은 하나의 카톤 박스에 다시 포장되는데 여기에도 1개의 라벨이 붙는다.

VDP 한대에 포함된 바코드 라벨의 가격은 31.65원이다. A사의 경우 2005년에 23,336대의 VDP를 생산했으므로 바코드 공정을 RFID로 대체하면 연간 738,584원(23,336개×31.65원)의 비용을 절감할 수 있게 된다.

5.3 RFID 도입 효과 평가

표 8. RFID 도입 후 작업공수의 변화

	생산수량	공수효율	작업공수 (hour)
바코드사용	23,336	86.7%	269,007
RFID 적용	23,336	89.1%	261,908

이상의 논의를 통해 RFID를 공정관리에 도입했을 때 추가로 부담해야 할 비용과 절감할 수 있는 비용에 대해 알아보았다. RFID의 도입에 가장 큰 영향을 미치는 부분은 칩의 가격으로, 칩의 가격이 어느 정도나 빠르게 낮아지느냐에 따라 RFID 도입의 경제성을 결정하게 된다. RFID 칩의 가격에 따른 도입 효과를 분석하기 위해 RFID 칩이 500원, 400원, 300원, 200원 및 130(2007년 11월 Alien Tech. 기준)원 경우를 가정해 총 비용을 산출하였다.

전술한 바와 같이, 바코드 가격이 200원 정도 이었을 경우 RFID 시스템의 1년간 운영비용은 초기 투자비용이 약 1,300만원이며, 연간 생산량에 따른 태그 비용이 약 513만원이다. 종합하면 첫째 약 1,813만 원 이상의 투자가 필요하고 이듬해부터는 500만 원 정도의 비용이 발생한다. 한편 RFID도입으로 절감할 수 있는 비용은 직접 노동비와 자재비용을 더해 약 2,560만원이다. 즉, RFID 태그의 가격이 200원 정도라면 도입 첫 해부터 이익을 볼 수 있게 된다. 그러나 현실적으로 A사가 태그를 개당 200원에 구입하기는 쉽지 않다. 당장 RFID 시스템을 구축한다면 400원에서 500원 사이의 가격에 태그를 구입할 수

표 9. RFID 도입 전후 인건비 비교

	RFID 적용전	RFID 적용후
연간 작업공수 (hr)	269,007	261,908
개인별 월간 작업 시간(hr)	560.43	545.58
줄어든 작업 시간(1인당)		-14.85
월간 개인별 작업시간(hr)	기본 근무시간 + 초과 근무시간(40)	기본 근무시간 + 초과 근무시간(25.2)
개인별 인건비 (원)	기본급+148,000	기본급+93,240
연간 인건비 (만원)	기본급+7100	기본급+4,475

표 10. 바코드 인쇄비용

	가격	비고
이너박斯拉벨	10원	5원×2개
카톤박斯拉벨	0.5원	4원×0.125개
모델표시라벨	2.4원	1개
바코드 인쇄 리본	18.75원	6원×3.125개
합계		31.65원

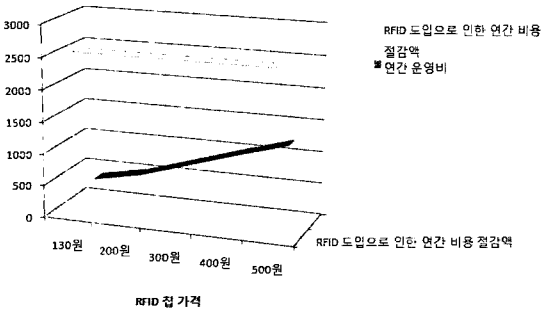


그림 4. 태그 가격에 따른 초기 투자비용과 절감비용

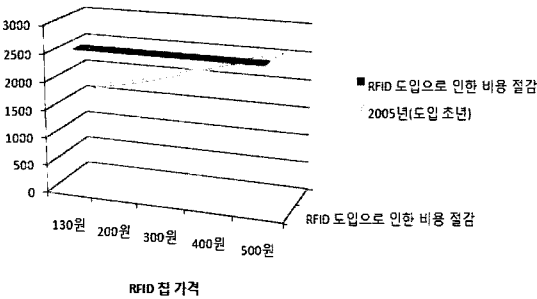


그림 5. 태그 가격에 따른 운영비용과 절감비용

있을 것으로 예상된다. 태그 가격이 400원이 넘을 경우 RFID 도입으로 인한 효과는 미미한 것으로 나타났다. A 사에서도 이와 같은 이유로 RFID의 도입을 망설이고 있다. 그러나 RFID 도입 이후 약 1년이 경과한 시점부터는 초기 투자비용을 충분히 회수하게 되는 것을 알 수 있다. 이를 태그 가격대별 비용 대 효과를 비교 분석하면 그림 4 및 5와 같다.

6. 결 론

본 연구를 통해 현재 사용 중인 바코드 시스템을 RFID로 대체할 경우 태그 구입 가격에 따라 비용을 절감할 수 있다는 결론을 도출하였다. 이는 RFID를 도입해 얻을 수 있는 유통 과정에서의 이익을 고려하지 않은 결과이지만, A사의 제조 프로세스에서 변동비용(variable costs) 감소로 인한 이익을 얻을 수 있다는 것을 보여준다. 변동비용의 감소는 향후 RFID를 확대 적용하거나 생산량이 늘어

났을 때 더 큰 강점을 가질 수 있다는 것을 의미한다.

Alien Technology에서는 자사의 태그를 100만개이상 구입하는 고객에게 12.9센트에 공급하겠다고 발표한 바 있으며, 전문가들은 향후 3년 이내에 태그의 가격이 10센트(약 90원) 미만으로 내려갈 것이라고 예상하고 있다. 이는 RFID 도입이 더 이상 미래의 이야기가 아니라는 것을 보여준다. RFID가 확산되어 갈수록 더욱 많은 제조업체들이 자사 제품에 대한 RFID 도입 여부를 놓고 고심하게 될 것이다. 본 논문에서는 A사의 사례를 통해 RFID시스템 구축으로 인한 비용 변동 요인에 대하여 살펴보았다. 분석 결과 납득할 만한 가격에 태그를 구입할 수 있다면, 제조업에서도 RFID 도입 이후의 수익성이 충분하였다. 여러 업체가 연합해 태그를 대량 구매하는 것과 같은 비용 절감 방법을 찾는 것이 RFID 도입의 성패를 좌우할 것으로 보인다. 제조업 생산성 향상에 새로운 이슈로 떠오른 RFID를 어떻게 이용하느냐에 따라 기업의 경쟁력에 도 변화가 찾아올 것이다.

참 고 문 헌

1. 장명희, 이동만 (2005), “유통업에서의 RFID도입 방향”, 한국경영정보학회 춘계학술대회.
2. 조대진 (2005), “RFID 이론과 응용”, 홍릉과학출판사.
3. 김종득 (2004), “신 물류 정보시스템으로서의 활용을 위한 RFID의 산업화 방향”, 통상정보연구, Vol. 6, No. 2.
4. 전홍배 (2006), “제품 라이프 사이클 관리에서 RFID 응용에 관한 연구”, IE Interfaces, Vol. 13, No. 3, pp. 181-189.
5. Bhyotani Manish and Moradpour Shahram (2005), “RFID Field Guide”, Prentice Hall.
6. Hsiao-Tseng Lin, Wei-Shuo Lo and Chiao-Ling Chiang (2006), Using RFID in Supply Chain Management for Customer Service, 2006 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics.
7. 허운나 (2005), “[RFID/USN 시대 앞당기자] 전자상품코드(EPC)”, 디지털 타임즈.
8. Saar, S. and Thomas, V. (2003), Toward trash that think: Product tags for environmental management, Journal of Industrial Ecology, Vol. 6, No. 2, pp. 133-146.
9. Zhang Min, Li Wenfeng, Wang Zhongyun, LI Bin, and Ran Xia (2007), A RFID-based Material Tracking Information System, IEEE.



손 미 애 (myesohn@skku.edu)

1985 성균관대학교 산업공학과 학사
1988 한국과학기술원 산업공학과 공학석사
2002 한국과학기술원 경영정보공학과 공학박사
1988~2004 한국국방연구원
2004~현재 성균관대학교 조교수

관심분야 : 시맨틱웹, 웹서비스, 온톨로지, 지능형에이전트, 모델링&시뮬레이션



김 원 (vital00@hanmail.net)

2001~현재 성균관대학교 시스템경영공학과

관심분야 : RFID, 생산관리, 공정관리



강 성 재 (vital00@hanmail.net)

2001~2007 성균관대학교 시스템경영공학과 졸업
2007~현재 LG CNS

관심분야 : JAVA, 유비쿼터스 컴퓨팅, 생산관리