

RFID 도입을 위한 경제성 분석 방안에 관한 연구 : 택배물류 산업을 중심으로

A Method of Economic Analysis for RFID Applications Focused on Courier Sector

구훈영(Hoonyoung Koo)*

초 록

RFID 확산이 어려운 이유 중 하나는 구체적 경제성 분석 방법의 부재라 할 수 있다. 기존 문헌 분석과 과급 효과가 큰 택배산업 사례를 통해 RFID 도입에 따른 비용/혜택 분석을 포함한 경제성 분석 방법을 제시하였다. RFID 적용 효과의 기대 수준을 낙관적, 보수적, 비판적으로 정의하여 분석하고, 태그 단가 등에 따른 민감도 분석을 통해 RFID 비용과 RFID 기술 기대 수준에 따른 불확실성을 반영하였다. 본 연구의 결과는 RFID 도입을 위한 의사결정에 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

ABSTRACT

The absence of a concrete method for economic analysis is one of the main reasons that the RFID is not so widespread. Through literature survey and a case study of a courier service company we propose a novel method of economic justification including cost and benefit analysis. In order to reflect the uncertainties caused by the RFID technology itself and the estimated investment cost, we propose optimistic, conservative and pessimistic estimations of benefits and a sensitivity analysis of investment costs. This paper may contribute the systematic evaluation of cost and benefit of RFID adoption.

키워드 : RFID, 경제성 분석, 택배물류
RFID, Economic Analysis, Courier Service

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT 산업원천 기술개발 사업의 일환으로 수행하였음(10033098, 소포물류 RFID 프로세스 기술개발).

* 한국전자통신연구원, 선임연구원

2010년 01월 13일 접수, 2010년 02월 02일 심사완료 후 2010년 02월 05일 게재확정.

1. 서 론

RFID(무선인식, Radio Frequency Identification)는 무선주파수를 이용하여 상품과 사물 등의 객체를 인식하는 기술로 유비쿼터스 사회를 가시화할 수 있는 기반 기술로 인식되며 정부와 산업, 학계의 상당한 관심이 모아져 왔다[12]. 특히, 미국의 월마트에서 실시하고 있는 RFID 도입 의무화 사례를 보면 품절(Out-of-stock) 16~26% 감소의 놀라운 정량적 기대효과를 제시하고 있다[17].

그러나, 신기술 초기의 일반적 특성인 느린 확산 속도로 실질적인 도입은 더딘 편이다[15]. 특히, 국내의 경우 RFID가 관심은 높지만 정부 주도의 시범사업 이외에 민간부문의 확산이 기대에 못 미치는 것이 사실이다. RFID 산업 실태 조사 보고서에 따르면, 물류/유통 산업분야의 경우 RFID/USN 기술의 도입비율이 3.3%로 상당히 저조한 편이다[8]. 이는 프로토타입이나 한시적 파일럿 등을 포함한 수치이므로 실제 적용비율은 그 보다 더 떨어질 것이다.

택배 산업은 RFID 도입 관점에서 세계 2위의 시장으로 2016년에 30억불 규모로 예상된다[20]. 기술적 관점에서도 차량, 컨테이너, 파렛, 단품의 다양한 태그 부착 대상을 고려할 수 있어 체계적 경제성 분석의 재 활용성이 높다고 할 수 있다. 또한 택배 산업의 성장

성도 상당한 편으로, 국내 택배 시장은 2005년 5억 개에서 2008년 10억 4천만 개로 4년간 두 배의 성장을 기록하고 있다[4, 5]. 택배에 RFID가 도입된다면 연간 10억 개의 태그가 소요될 것이며, 매년 10% 이상의 성장을 지속할 것으로 예상된다. 택배 사업을 포함하는 우편물류에 대한 RFID 기술 도입 방안에서도 기술 수준, 정책, 표준화 전반에 대한 검토와 함께 물류처리의 효율화 및 지능화에 따른 기대 효과를 강조하고 있다[9].

택배물류의 업무 프로세스는 <그림 1>에서와 같이 접수국에서의 택배 접수를 시작으로 발송 물류센터에서 구분과 운송, 도착 물류센터에서의 구분과 운송, 배달국에서의 배달로 종료된다[20, 23]. 택배의 특징으로는 보통 100kg 이하의 소형을 대상으로 하며, 배달 시간에 대한 신뢰와 배달 현황 정보 제공으로 안전성과 정확성을 제공한다[5]. 택배 운송망은 크게 물류센터 간의 직접 운송 체계인 분산직송형과 수 개의 허브를 이용하여 운송 효율화를 도모하는 허브/스포크형으로 구분된다.

본 논문에서는 기존 문헌의 비교 분석과 택배물류 산업을 대상으로 한 경제성 분석을 통해 RFID 도입 검토를 위한 체계적인 경제성 분석 방법을 제시하고자 한다. 제 2장에서는 기존의 RFID 관련 경제성 분석 문헌을 비교 분석하고, 제 3장에서는 경제성 분석 방법을 제시하며, 제 4장에서는 택배물류 사



<그림 1> 택배물류 프로세스

례를 기술한다. 제 5장에서는 결과를 요약하고 추후 연구방향에 대해 제시한다.

2. 기존 연구

RFID 도입이 늦어지는 이유는 기술적, 비용적, 분석적 요소로 다양하지만 경제적 타당성에 대한 설득력이 중요한 요인 중 하나이다[1, 8, 10~13, 15, 18]. [15]는 RFID 도입 상의 이슈로 ROI(투자수익률, Return on Investments) 분석이 어려운 것과 함께 기술적, 개념적 이슈를 들어, 구조적인 성과지표를 제시하고자 하였다. 즉, 공급망 관리(SCM, Supply Chain Management)의 성과지표 관리를 위한 참조 모델 중 하나인 SCOR 모델 [14]을 기반으로 KPI(주요 성과지표, Key Performance Indicators) 모델을 제시함으로써 해당 지표에 대한 측정을 정확히 하면 ROI를 제시할 수 있다는 것이다. [1, 10~12]에서도 월마트 등 상당 규모의 RFID 도입이 가시화되고 있으나 기술적 문제와 정량적 ROI 데이터 부재에 따른 더딘 확산을 지적하고 있다. [8]에서는 실제 기업들을 대상으로 조사한 결과 RFID 도입을 망설이는 가장 큰 이유로 도입 효과 불신이라는 경제적 타당성 문제와 시스템 신뢰도라는 기술적 이슈를 지적하였다. 또한 RFID를 도입한 기업을 대상으로 한 도입 후 애로사항에서도 태그 인식 등의 기술적 이슈와 유지보수 비용의 비용적 이슈가 가장 큰 것으로 조사되었다.

기존의 RFID 관련 경제성 분석은 시물레이션을 이용한 방법과 실제 현장 측정에 의한 사례 연구로 구분할 수 있다. [20]에서는 단

순한 시물레이션만을 사용하는 방법이 아닌 ABC(활동기준 원가계산, Activity-based Costing) 방법을 이용하여 택배당 단위비용을 기준으로 개선 전과 후를 비교하였다. 그러나, ABC 방법 자체의 복잡성에 대한 언급과 구체적인 적용 방법에 대한 설명없이 도입 비용 및 개선 효과를 산정하여 활용에는 무리가 있다고 판단된다. [6, 11, 16, 19]에서는 시물레이션을 이용하여 비용과 효과를 산출하였는데, 입력 요소의 분포를 결정하는 문제의 어려움에 대해서는 언급 없이 결과의 산포에만 초점을 맞추어 기술하고 있다. [16, 19]와 같이 공급망에서 재고관리의 개선 효과 검증을 위해서는 시물레이션이 자주 사용되고 있으나, 실제 주문과 재고 보충 등에 대한 지수 분포 가정은 숫자의 해석력 부족에 의해, 의사결정자들에게는 오히려 불신의 가능성을 키울 수도 있다. 즉, 신기술 도입을 위한 경제적 타당성 분석은 면밀한 비용, 효과 분석을 통해 직관적이며 설득력 있는 숫자를 제시하는 것이, 과정에 대한 이해가 어려운 시물레이션 결과를 신뢰하라는 것보다 의사결정자들에게는 더 적절해 보일 수 있다. 물론, 운영 수준의 상세한 분석이 필요한 경우와 같이 시물레이션이 적절한 경우도 있겠으나, RFID 도입을 위한 ROI 분석과 같은 사업 기획 초기의 분석에서는 숫자의 설득력이 더 중요할 것으로 판단된다.

숫자의 설득력을 보여주는 사례 분석은 구조적 분석을 제시하지 못하고, 해당 사례의 비용과 효과 요소를 설명하는데 국한적으로 제시되어 RFID 도입 검토를 위해 활용하는데 어려움이 있다[1, 2, 22, 23]. [24]에서는 ROI 분석 방법이 아닌, 실제 도입한 기업의

설문 조사 결과를 바탕으로 RFID 도입과 다양한 변수(IT 투자비용, 의무부착화, 업계 표준화, 조직 특성 등)와의 관계를 통계적으로 분석하였다. 이는 실제 도입한 기업의 경제성을 회수기간 측면에서 분석한 것으로 RFID 도입을 위한 경제성 분석에는 응용이 적절치 않다. 본 논문에서는 기존의 RFID 도입을 위한 경제성 분석 문헌을 근거로 하고, 실제 사례를 이용하여 수정한 체계적 경제성 분석 방법을 제시하고자 한다.

3. RFID 도입 검토를 위한 경제성 분석 방안

경제성 분석을 위해서는 사업 환경 분석, 현행 업무 프로세스 분석, 적용 대상 선정 및 RFID 기반의 새로운 업무 프로세스 설계 등이 선행되어야 한다[3]. 새롭게 도출된 RFID 적용모델의 구현을 위한 비용 요소와 RFID 적용을 통해 개선이 기대되는 혜택 요소를 도출하는 것이 RFID 도입 경제성 분석의 가장 핵심적인 부분이라 할 수 있다. 본 장에서는 비용 및 혜택 요소의 구조화를 통해 재 활용성을 제고하고, 이후 분석의 구체적인 틀을 제시하고자 한다. 경제성 분석은 주로 프로토타입이나 파일럿 이전의 타당성 검토 단계에서 수행되므로, 비용 요소나 혜택 요소의 산정 및 결과 해석에 있어 모호한 부분이 존재한다[7]. 이러한 모호한 부분에 따른 의사결정의 신뢰도를 제고하기 위해, 비용 요소의 민감도 분석이나 예상 혜택에 대한 기술적 신뢰 수준에 따른 분석으로 RFID 도입 전략을 제시하고자 한다. 즉, 기술 성숙에 초

점을 맞춘 검토가 필요한지, 비용 이슈에 대한 고려가 필요한 경우인지를 판단하기 쉽도록 하고자 한다.

3.1 비용 및 혜택 요소

RFID 도입 검토를 위한 경제성 분석 관련 문헌은 크게 다음의 3가지로 구분할 수 있다(<표 1> 참조). (1) 비용 요소와 혜택 요소 도출을 통한 ROI 또는 NPV(순현재가, Net present value) 분석 방법[1, 6, 14, 22, 23], (2) RFID 적용 효과 중심의 사례 분석[2, 12, 21], (3) 공급망에서의 재고 관리에 중점을 둔 운영 시뮬레이션 분석[16, 19]. (1)에 해당되는 연구에서는 <표 1>에서 보는 바와 같이 비교적 다양한 항목을 대상으로 분석이 이루어 졌다. 그러나 해당 사례나 특성에 맞는 항목만을 구성하여 다른 경우에 적용 시 활용성이 떨어질 수 있다. (2)와 (3)에 해당되는 연구는 효과 분석에 초점이 맞춰져 있어, 비용 요소와 전제조건에 대한 분석은 전혀 다루어 지지 않았다. 기존 연구에서 제시된 비용 요소와 혜택 요소를 구분하여 구조화하였고, 비용/혜택 분석을 위한 전제 조건 항목도 도출하여, 균형 있고 활용도 높은 템플릿을 구성하고자 하였다.

기존 연구 분석을 통한 항목 구조화에 추가하여, 비용/혜택 분석을 위한 중요 항목을 택배 물류 사례 분석을 통해 도출하였다. 새롭게 제시된 항목으로는 (1) 전제 조건 요소로서 인건비 예측, (2) 비용 요소로서 반영구 태그와 일회용 태그, (3) 혜택 요소로서 데이터 및 모니터링 정확도 향상 정량화를 위한 생산성 절감 도출 방안이다.

〈표 1〉 RFID 경제성 관련 문헌의 비용 및 혜택 요소

구분	항목		경제성 분석					효과적 분석			시뮬레이션		
			[1]	[6]	[14]	[22]	[23]	[2]	[12]	[21]	[16]	[19]	
전체 조건	분석 기간		○			○	○						
	태그 부착 대상 수요 예측		○	○		○							
	인건비 예측												
	할인율		○			○							
비용	초기 투자 비용	도입 준비 비용				○							
		장비 구입 비용	태그 발행기		○	○	○	○	○				
			고정형 리더		○	○	○	○	○				
			휴대용 리더		○	○	○	○	○				
			반영구 태그			○	○						
	시스템 구축 비용	설치 비용		○	○	○	○	○					
		SW 개발비용		○	○	○	○	○					
	연간 운영 비용	일회용 태그		○			○	○					
		유지보수 비용		○	○	○	○						
	혜택	효율성 증가 (업무별)	신속성 증가	리드타임 감소		○		○	○		○	○	○
생산성 증가				○	○	○	○	○	○	○			
정확도 증가			데이터정확도 증가			○	○			○	○	○	○
			작업정확도 증가				○		○	○	○	○	○
운영비 절감		기존 장비 교체 효과							○		○		

인건비 예측이란 RFID 도입 효과 계산 시 주로 사용되는 인건비 계산에 있어, 인건비 상승분에 대한 고려가 필요하다는 것이다. 일반적으로는 분석 시점의 해당 연도 또는 직전 연도 인건비 기준으로 계산되는 경우가 보통이다. 이러한 경우, 전체 분석 기간을 고려하지 못하거나 매년 동일한 인건비 절감을 가정하여 RFID 도입 효과를 지나치게 보수적으로 추정하게 하는 문제가 있다[1, 6, 22, 23].

반영구 태그와 일회용 태그는 일반적으로 구분 없이 사용되고 있는데, 실제로 반영구 태그는 초기 투자 비용으로 처리되어야 하며, 소모성의 일회용 태그는 연간 비용으로 처리해야 한다. 이를 위해 일회용 태그 부착 대상에 대해서는 분석 기간 동안의 물량 예측과 태그 단가에 대한 예측이 동시에 이루어져야 한다. 이 경우, 물량 예측과 태그 단가 예측은 둘 다 어려운 또 다른 차원의 문

제로, 예측치 추정이 어려운 경우, 물량 증가율과 태그 단가 감소율의 관계를 가정하여 예측 문제를 해결할 수도 있다.

‘데이터 및 모니터링 정확도 향상’ 항목 정량화를 위한 생산성 절감 도출 방안이란, RFID 도입의 가장 큰 장점 중 하나인 물류의 가시성에 대한 효과 측정을 의미한다. 일반적으로 가시성에 대한 RFID의 효과를 언급하지만 정량적 측정안에 대한 제시는 찾아보기 힘들다. 그러나, 이러한 효과는 실제로 2차, 3차의 개선 효과가 있으며 장기적으로 효율적이고 효과적인 운영 프로세스를 구축 가능하게 한다. 이에 대한 측정 방안으로 RFID를 이용하여 확보할 수 있는 가시성 수준을 RFID가 아닌 기존의 바코드 또는 수작업에 의해 확보하려 할 경우의 업무 부하를 계산하는 것이다. 이를 통해, 가시성 향상에 따른 RFID 도입 효과를 산정할 수 있으며, 예측 수준에 대한 조절을 통해 효과 반영 수준을 조절할 수도 있다. 이는 다음 장의 사례 분석을 통해 보다 구체적으로 설명한다.

<표 1>에서 전제 조건이란 비용 요소와 혜택 요소를 도출하여 경제성 여부를 판단할 ROI나 NPV를 계산하기 위한 입력 요소이다. 분석 기간은 도입할 RFID 시스템의 수명주기(감가상각이나 내용연수 등을 고려)나 분석 시스템의 운영 기간을 고려하여 결정하는데 주로 5년이나 7년을 사용한다[1, 22, 23]. 태그 부착 대상 수요 예측이란 연간 소요될 태그 물량 계산을 위해 필요한 것으로 일반적으로 시장 예측과 점유율 예측을 조합하여 계산한다. 인건비 예측은 인건비 절감 비용 계산을 위해 사용되며 내부적인 인건비 예측 자료가 없는 경우 인건비 통계나 연간

물가 상승률을 이용할 수 있다. 할인율은 NPV 계산 시 사용되며, 연차별로 상이하게 발생하는 현금 흐름을 동일 기준으로 만들기 위해 사용된다. 주로 해당 업계 할인율을 사용하며, 근래 몇 년간의 국제 금리를 활용할 수도 있다.

비용 요소는 크게 초기 투자 비용과 연간 운영 비용으로 구분할 수 있다. 사업 완료된 기준으로 그 전에 발생하는 것은 초기 투자 비용으로 후에 발생하는 것은 연간 운영 비용으로 구분할 수 있다.

초기 투자 비용은 도입 준비 비용, 장비 구입 비용, 시스템 구축 비용으로 구분된다. 도입 준비 비용은 사전 타당성 검토를 위한 환경분석, 업무 분석 및 설계, 경제성 분석, 프로토타입 및 파일럿 비용 등이 포함된다. 장비 구입 비용은 RFID 장비인 태그발행기, 리더(안테나 포함), 반영구 부착 태그로 구성되며, 장비 단가에는 해당 장비 설치를 위한 구조물 등을 포함하여 산정하는 것이 시스템 구축 비용의 설치 비용과 구분을 위해 바람직하다. 시스템 구축 비용의 설치비용은 개별 장비를 설치하는 것이 아닌 RFID 시스템 차원의 설치 비용으로 리더, 안테나, 태그 등의 튜닝, 현장 실험 등을 위해 소요되는 비용을 의미한다. 이외에 소프트웨어 개발 비용이 소요되는데 이는 RFID 장비와 연결되는 로컬 호스트에 필요한 컨트롤러, 미들웨어, 응용 프로그램과 응용 프로그램 서버에서 작동될 응용 프로그램을 포함한다.

연간운영비용은 일회용 태그 비용과 유지보수 비용으로 구성된다. 유지보수 비용은 RFID 장비 및 소프트웨어 유지보수를 위해 소요되는 비용으로, RFID/USN 산업실태 조

사 보고서에 조사된 산업별 유지보수 비용을 활용할 수 있다[8].

혜택 요소는 효율성 증가와 운영비 절감으로 구분할 수 있는데, 대부분 RFID 도입에 의한 효과라 하면 더 빠르고, 더 정확해지는 효율성 측면의 요소이다. 효율성은 크게 신속성 증가와 정확도 증가로 구분할 수 있으며, 운영비 절감은 효율성 측면이 아닌 RFID 체계로 변화한 결과로 발생하는 부차적이지만 직접적인 비용 절감 부분이다.

<표 1>에서 보듯이 일반적으로 RFID 도입 효과라 하면 바코드 스캔을 대체하면서 생산성이 증가하는 것을 우선적으로 고려한다. 이는 개별 단위 작업 속도가 빨라져서 단위 시간당 산출이 증가하거나 작업 시간이 줄어드는 것이다. 이는 주로 줄어든 처리 시간만큼의 인건비 절감액을 그 효과로 산정한다. 재고조사 시간단축의 경우는 생산성 증가로 구분할 수 있다.

리드타임 감소는 업무 공정별 리드타임이 줄어 들어 다음 공정으로 전환이 빨라져서 전체 제품 또는 서비스의 제공 주기가 짧아지는 것을 의미한다. 리드타임 감소는 생산성 감소와 동일하게 인건비 절감액으로 산정하는데, 실제로 줄어든 전체 공정 리드타임에 의한 부수적인 효과들이 있어, 생산성 증가와는 구별하여 분석할 필요가 있다.

정확도 증가는 업무 처리 속도는 동일하지만 정확한 업무 처리로 업무 수행 품질이 높아지는 것을 의미한다. 데이터 정확도는 인수인계, 입고검수와 같은 물류 흐름에 대한 확인 정보가 바코드나 육안 확인 체계일 때보다 정확해 지는 것을 의미한다. 바코드는 주로 작업자의 의지에 의존하므로, 물량이

급격히 증가했을 경우, 데이터 획득이 부정확한 경우가 자주 발생한다.

작업 정확도는 업무 오류를 미연에 방지하거나 발생했을 경우 작업자가 바로 알 수 있도록 함으로써 작업 오류를 줄이는 효과를 의미한다. RFID를 이용함으로써 구분 오류나 적치 오류 발생 시, 작업자 인터페이스(경광등, 비퍼, 전광판, 이동형 단말기 등)를 통해 작업 정확도를 높일 수 있다.

모니터링 정확도란 업무 프로세스 전체에서 비정상적인 상황에 대한 실시간 확인을 통해 금전적 손실을 최소화하고 매출을 극대화할 수 있는 효과를 의미한다. 물류의 주 통로에 RFID 시스템을 설치함으로써 의도되지 않은 물품 유출에 따른 도난이나 분실을 미연에 방지하고 위조 여부를 판별할 수 있으며, 진부화되는 재고물량을 최소화할 수 있다.

운영비 절감의 요소인 기존 장비 대체 효과는 RFID 체계로 일부 또는 전부 전환함으로써 이전의 바코드 중심 체계에서 구입 및 소모되던 자산과 재료의 구입비용이 절감되는 것을 의미한다. 바코드 스캐너는 휴대용 RFID 리더로 대체되면 더 이상 구입할 필요가 없다.

3.2 기술 및 비용의 불확실성에 대한 고려

비용 요소와 혜택 요소를 도출한 후, 각 요소별 정량화를 수행한다. 이 경우, 정량화의 신뢰성을 확보하기 위해 수치의 근거가 명확해야 한다. 예측의 성격 상, 수치를 결정하는 과정에서 불확실성이 상존하기 마련이다. 이를 해결하기 위해, 재고관리비용 산정 등을 위한 상세한 운영 수준의 분석에서는

시뮬레이션을 이용하기도 한다[16, 19]. 그러나, 시뮬레이션을 위한 도착분포, 서비스 분포 등의 입력값을 결정하는 것도 쉽지 않다. 이 경우, 전문가 인터뷰에 의한 정량화를 수행할 수 있는데, 정량화되는 수치의 불확실성을 고려하기 위해 몇 개의 수치를 동시에 도출할 수 있다.

비용 요소의 경우, RFID 전문가 인터뷰를 통해, 적절한 장비를 선정하고 이에 따른 비용을 산정한다. 운영 비용이 큰 경우와 초기 투자 비용이 월등히 큰 경우를 구분하여, 태그 비용과 리더 비용으로 민감도 분석을 수행함으로써 불확실성을 반영할 수 있다. RFID 전문가에 의한 비용 요소의 예측치를 다양하게 고려함으로써 미래에 결정될 비용에 대한 불확실성을 고려할 수 있는 것이다.

RFID 기술적용에 따른 혜택의 경우, 업무 전문가 인터뷰를 통해, 개선되는 항목과 그 개선값 계산을 위한 수치를 도출할 수 있다. 또한, 작업 개선 시뮬레이션을 통해서도 개선 효과를 측정할 수 있는데, 컴퓨터 시뮬레이션으로 모델링하는 방법과 동작시간 분석을 통해 실측하는 방법을 사용할 수 있다. 이 경우, RFID 기술의 신뢰도와 성숙도에 따라 개선의 수준은 달라지기 때문에, 각 적용방안별로 향후 개선의 수준을 낙관적, 보수적, 비관적 관점으로 구분하여 추정함으로써 기술의 불확실성을 고려할 수 있다. 기술적용에 따른 혜택은 기본적으로 경험이 없는 상태에서 진행되는 것이므로 향후 발생할 수 있는 숨겨진 비용 요소를 고려하여야 한다. 그러나, 숨겨진 비용요소를 명시적으로 산정할 방법이 없기 때문에 혜택 산정에서 중립적인 관점이 아니라 보수적 관점의 시나리오

를 고려하는 것이 바람직하다.

개별 비용 요소와 혜택 요소에 대한 정량화가 완료되면, 기간에 따라 현금 흐름을 계산한다. 비용 요소를 초기 투자와 연간 운영비용으로 구분하여 나열하고, 혜택 요소에 대해서는 개별 정량화 결과를 연간 변동 요인을 고려하여 기간별로 나열한다. 기간별 현금 흐름은 NPV 분석과 ROI 및 회수 주기(Return period) 분석을 통해 의사결정을 지원하게 된다.

기간별 현금흐름이 작성되면 NPV를 적용하여 최종 금액을 산정한다. 기술에 의한 혜택 수준 3가지(낙관, 보수, 비관)와 태그/리더 비용 예상 종류 수에 따라 NPV 값의 조합이 결정된다.

ROI는 전체 투입요소에 대한 순이익 비율로 $(\text{총혜택} - \text{총비용}) / \text{총비용} * 100(\%)$ 으로 계산된다. 이는 투자된 금액의 몇 %가 수익인지를 계산하는 것으로 투입 비용이 서로 다른 대안의 비교를 위해서도 사용된다.

회수 주기는 초기 투입 비용으로 시작되는 음의 현금 흐름이 양으로 전환되는 시점을 구하는 것으로 NPV나 ROI가 같더라도 회수 주기가 짧은 것이 위험을 보다 빨리 안정화할 수 있는 대안이라 할 수 있다.

기술과 비용에 따른 경제적 타당성이 NPV, ROI, 회수주기로 도출되면 RFID 도입 전략을 기술 위험 해결에 맞출 것인지, 비용 위험 해결에 맞출 것인지 결정할 수 있다. 이를 통해, 경제성 분석 이후의 상세화된 분석 방향을 결정할 수 있다.

4. 택배물류 사례 분석

국내 택배시장 점유율 상위업체의 하나인

A사에 대해 <표 1>을 참조하여 비용 요소와 혜택 요소를 도출하고 경제성 분석을 수행하였다. 기업 정보 보안을 위해 비용 및 혜택 요소의 금액적 가치는 변형되어 정량화되었다. NPV의 명목적 가치는 다르지만 ROI와 자본회수기간은 변함이 없으므로 경제적 타당성을 검토하기에는 무리가 없다고 판단된다.

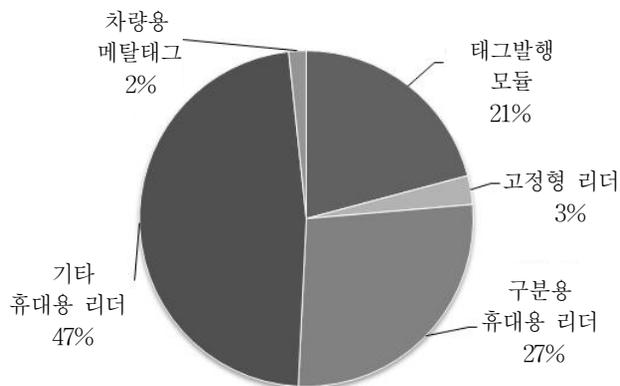
4.1 비용 및 혜택 요소

비용 및 혜택 요소를 결정하기 위해서는 우선적으로 전제조건을 결정해야 한다. 분석 기간은 일반적으로 사용되는 5년과 7년 중에 중장기 사업 및 투자계획 주기 등을 고려하여 5년으로 결정하였다[1, 22, 23]. 태그 부착 대상인 택배물량에 대해서는 A사 내부의 장기 물량 예측 자료를 적용하였다. 인건비 증가율은 최근 2년 간 평균임금 인상률 중 최소 상승률을 적용하였다. 인건비는 혜택 요소 측정에 사용되는데 보수적 기대 효과 추정을 위해 증가율 근거를 상당히 보수적으로

선정한 것이다. 할인율은 A사의 기존 경제성 분석 시에 사용된 할인율을 적용하였다.

비용요소는 초기 투자 비용과 연간 운영 비용으로 구분하여 산정하였다. 초기 투자 비용 중 도입 준비 비용은 발생하지 않았으므로 제외하였다. 장비 구입 비용은 태그 발행기, 고정형 리더, 휴대용 리더 및 반영구 태그인 차량용 메탈 태그의 구입 비용으로 <그림 2>와 같다. 장비 구입 비용은 구분용 휴대용 리더와 기타 휴대용 리더의 비율이 74%로 가장 높고, 고정형 리더의 비율이 3%로 장비 구입비용의 대부분을 리더 비용이 차지하고 있다. 태그 발행 모듈은 태그 발행기를 신규로 구입하는 것이 아니라 기존의 바코드 프린터에 RFID 모듈을 추가함으로써 장비 구입 단가를 상당히 줄일 수 있게 하였다. 차량용 메탈 태그는 차량 인식을 위한 반영구 태그로 운행되는 정기적인 차량과 비정기 차량 및 태그 여유분으로 구성된다.

시스템 구축 비용은 설치비와 소프트웨어 개발 비용으로 구성된다. 설치비의 경우 설치비의 대부분을 차지하는 고정형 리더가



<그림 2> 장비 구입 비용의 구성

10% 미만이므로 장비비의 3%로 하였다. 소프트웨어 개발 비용은 이전의 유사 프로젝트 개발 경험과 기존 RFID 시스템 활용을 고려해 장비비의 15%로 산정하였다.

연간 운영 비용에는 일회용 태그와 유지보수 비용이 포함되는데, 일회용 태그는 택배에 부착될 5년 간의 소요 개수에 대한 비용으로 산정하였다. 일회용 태그의 소요 비용은 연간 택배물량 전망과 태그 비용 전망을 고려하여 구하여야 하는데, 각각의 예측치를 적용하기 어려운 경우, 물량 증가율과 태그 단가 하락율의 상쇄 수준을 고려하여 적용할 수 있다. 연간 유지보수 비용은 RFID/USN 산업실태 조사 보고서[8]에 조사된 산업별 유지보수 비용을 활용하였다. 택배 산업과 유사

한 물류/유통 산업의 RFID 투자비용 중 연간 유지보수 비용 비율을 계산하면 평균 6.6%인데, 전국 규모의 대량 설치 수준을 고려하여 장비비의 8%로 보수적으로 산정하였다. 이상의 비용요소를 정리하면 <표 2>와 같다.

혜택 요소는 크게 효율성 증가와 운영비 절감으로 구분할 수 있으며, 효율성 증가는 업무별로 구분하여 산정하는 것이 효과 산정을 중복없고 빠짐없이 할 수 있게 도움을 준다. 택배물류는 접수에서 배달까지를 접수, 발착, 구분, 배달의 4개 업무로 구분하여 산정한다. 혜택 요소도 비용 요소와 동일하게 변형된 금액 가치를 적용한다.

각 업무 분야별로 효율성 증가가 예상되는

<표 2> A사 RFID 투자 예상 비용

항 목		비 용	비 고
초기 투자비용 합계		2.51	
장비비	소 계	2.13	
	태그발행 모듈	0.45	바코드 프린터에 추가되는 RFID 모듈
	고정형 리더	0.06	바코드 오버헤드 스캐너 대체, 물류센터 및 배달사무소 출입문에 설치
	구분용 휴대용 리더	0.59	구분기 슈트 및 배달사무소에 각1기 배치
	기타 휴대용 리더	1.03	접수/배달용 PDA 대체
	차량용 메탈태그	0.04	정기편 및 비정기편 차량과 여유분 고려
설치비	0.06	장비비의 3% (고정형이 10% 미만이므로)	
SW 개발	0.32	장비비의 15% (기존 RFID 시스템 활용)	
연간 운영 비용 합계		6.19	
일회용 태그	5.39	5년간 태그 비용	
유지보수 비용	0.80	초기 투자비의 8%×4년	
총 합		8.70	

항목을 도출하였다. 업무별 혜택 요소를 산정하면서 효율성 증가의 어떤 항목과 대응되는지를 판단하는 것은 해당 혜택을 정확히 정의하고, 정량화하며 타 혜택 요소와 중복되거나 빠지는 부분이 없도록 하는데 상당한 도움이 된다. 반대로, 효율성 증가의 항목별로 해당 업무에서 개선되는 부분이 없는지 살피는 것도 혜택 요소 도출에 상당한 도움을 줄 수 있다. 혜택 요소의 정의는 다음 <표 3>과 같다.

업무별 혜택 요소와 효율성 증가 항목 간의 양방향 분석을 통해 도출된 혜택 요소와 그 대응 관계를 정리하면 <그림 3>과 같다.

<그림 3>의 혜택 요소 중, 정량화가 모호하거나 과장될 수 있는 발착효율성 향상, 인수인계 효과, 구분생산성 향상 항목은 이후 분석에서 제외되었다.

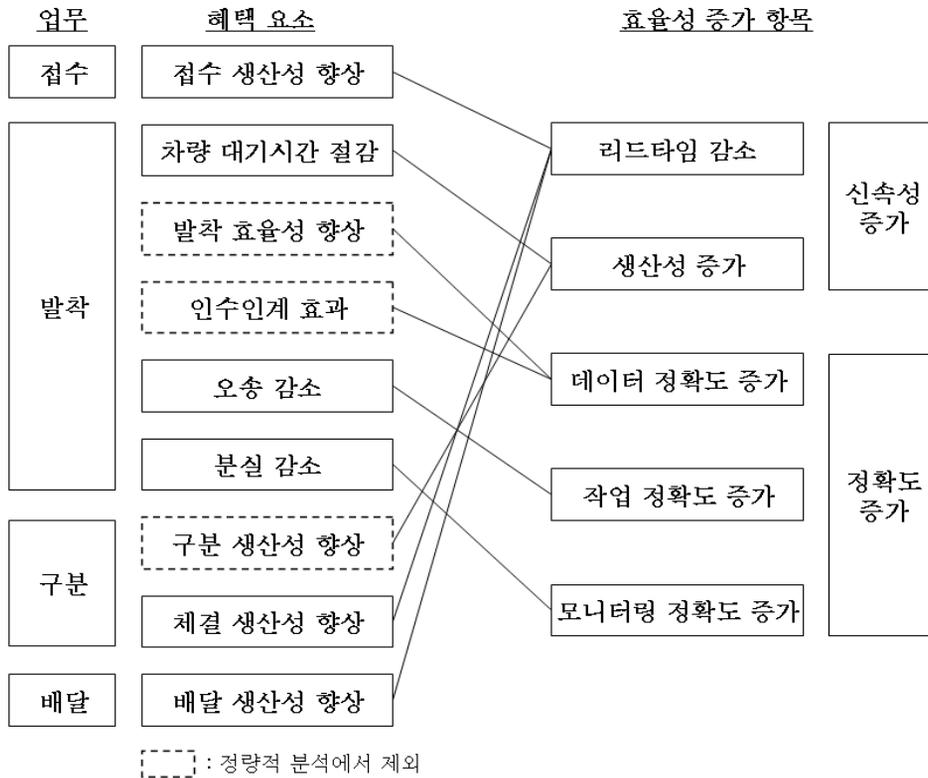
접수 생산성 향상은 다량 접수 대상인 계약택배 물량, 택배당 절감 시간, 연간 인건비 등을 산출하여 다음과 같이 산정한다.

‘접수 생산성 향상분=계약 택배 물량×택배당 절감 시간×시간당 인건비’

택배당 절감 시간은 기존 바코드 스캔 방법으로 택배 10개와 100개를 접수하는 경우와 RFID 휴대용 리더를 이용하여 접수하는 경우를 동작 시간 분석으로 추정하였다. 택

<표 3> 혜택 요소

혜택 요소	주요 내용
접수 생산성 향상	<ul style="list-style-type: none"> 수집에서 수백 개의 다량택배 접수 시, RFID 휴대용 리더를 이용한 일괄인식으로 기존의 바코드 스캔을 위한 택배상자 이동 적재 및 개별 스캔 제거 이로 인한 접수 리드타임 단축을 통한 이후 물류센터 처리 효율성 제고
차량 대기 시간 절감	<ul style="list-style-type: none"> 물류센터 출입문에서 차량 인식을 통해, 업무 지시와 실행이 동기화됨으로써 불필요한 차량의 대기 시간을 최소화 차량 공회전 절감으로 연료 및 탄소 절감
발착효율성 향상	<ul style="list-style-type: none"> 접수 및 체결 정보를 활용한 효과적 업무계획 수립 배송추적 정확도 제고 체결정확도 관리 지원 특급 서비스 업무편의성 향상 등
인수인계 효과	<ul style="list-style-type: none"> 물류센터 간 인수인계 적용 시, 개별 택배를 대사하기 위해 바코드 스캔하는 비용에 대한 절감 효과
오송 감소	<ul style="list-style-type: none"> 발착처리 시, 일괄인식으로 오발송되는 택배를 실시간 확인 처리
분실 감소	<ul style="list-style-type: none"> 도착, 구분, 발송 구간별 정확한 실시간 확인으로 분실 관리 수준 제고
구분 생산성 향상	<ul style="list-style-type: none"> 구분기 인입 시, 기표지가 위로 오도록 컨베이어에 작업할 필요 없이 인입만 하면 됨 바코드 스캐너가 오인식하던 비닐 포장 택배도 구분기를 이용할 수 있어 기계구분율이 증가됨
체결 생산성 향상	<ul style="list-style-type: none"> 발송 시, 일괄인식으로 체결작업을 수행하므로, 구분기 슈트에서의 개별 택배에 대한 바코드 스캔 작업이 제거됨
배달 생산성 향상	<ul style="list-style-type: none"> 배달 준비 시, 배달자료 등록을 위한 바코드 스캔을 RFID 휴대용 리더에 의한 일괄인식으로 대체



〈그림 3〉 혜택 요소와 효율성 증가 항목

배 크기, 무게와 적재 상태, 접수 인력의 작업 경험 등을 가정하여 낙관, 보수, 비관적 상황을 설정하고 이에 따른 접수 시간 절감분을 산출하였다. 시간당 인건비는 접수 인력 연간 평균 인건비를 계산하고, 연간 근무시간을 실제 초과근무시간을 고려하여 시간단위로 계산하여 현실화할 수 있다. 이상의 산식을 요약하면 다음 <표 4>와 같다.

차량 대기시간 절감은 공회전 연료 절감액과 탄소배출권 절감액으로 구분하여 산정한 후 합산하였다. 탄소배출권 관련하여 경유 리터당 이산화탄소 배출량은 에너지 관리 공단에서 제시하는 0.00259 톤/리터를 사용하였고,

탄소배출권 가격은 한국경제 기사 “경기침체로 유럽 탄소배출권 가격 폭, 2009년 2월 2일”을 참조하여 톤당 20,060원으로 가정하였다.

오송과 분실 감소액은 기존의 오송에 의한 처리 비용과 분실에 따른 배상액 등의 처리비용을 RFID 적용 후 예상 절감율을 현업 인터뷰를 통해 도출하였다. 이 경우, RFID 기술의 개선 수준을 낙관, 보수, 비관적 상황을 가정하여 충분히 설명함으로써 현업의 예상 절감율을 도출이 원활하도록 한다.

체결 생산성 향상은 물류센터와 접수사무소를 구분하여 산정하였다. 물류센터의 경우, 주간 및 야간 작업 시의 인력 절감분과 해당

〈표 4〉 접수 생산성 향상 산출을 위한 산식표

구분	내용	비고
A	연간 계약 택배 물량	
B	택배당 절감 시간 (초)	동작시간 분석
C	접수 단축 시간 (초)	$A \times B$
D	연간 업무 시간 (52주, 주당 5.5일, 일당 8시간)	
E	연간 평균 초과근무시간	
F	평균 연간 근무시간	$D + E$
G	평균 연간 근무시간 (초)	$F \times 3600$
H	접수 생산성으로 인한 연간 인력 절감 (명)	C/G
I	전년도 노무비 (원)	
J	전년도 해당 인력 (명)	
K	현업 평균 인건비	I/J
L	접수 생산성 향상으로 인한 인건비 절감액	$H \times K$

인건비를 적용하여 산정하였다. 현업 담당자 인터뷰를 통해, 체결 작업 제거 시 절감되는 수준을 도출하였다. 접수사무소의 경우 기존 체결작업이 수행되지 않고 있어, 분실 및 배송현황 조회에 문제가 발생되고 있었다. 이를

해결하기 위해, RFID 기반 자동 체결을 가정하였고, 이로 인한 혜택을 추정하였다. 그러나, 기존에 없던 작업이기 때문에 오히려 업무 부담이 늘어나 혜택이 아니라 비용 요소처럼 보여지지만, RFID 적용 시 정확한 체결

〈표 5〉 A사 RFID 적용 후 예상 혜택

혜택 요소 항목			혜택		
			낙관	보수	비관
업무별 개선 효과	접수	접수 생산성 향상	2.57	1.95	1.35
	발착	차량 대기 시간 절감	0.42	0.34	0.28
		오송 감소	0.28	0.18	0.07
		분실 감소	1.02	0.64	0.25
	구분	체결 생산성 향상	4.40	4.23	4.06
	배달	배달 생산성 향상	0.74	0.43	0.32
기존 장비 교체 효과			2.08	2.08	2.08
총 합			11.5	9.8	8.41

정보를 갖게 됨으로써 발생하는 효과를 기존의 바코드 시스템에서 확보하기 위한 노력과의 차이로 계산할 수 있다. 즉, 바코드 스캔으로 체결 정보를 획득할 때에 비해, RFID 적용을 통한 절감 시간을 산정한 것이다. 대상 물량과 인건비는 접수 생산성 향상 항목과 유사하게 도출하였고, 체결을 위한 개별 스캔 시간 역시 동작 시간 분석을 통해 택배당 절감 시간을 산정하였다.

배달 생산성 향상은 접수 생산성과 체결 생산성 향상 항목과 유사하게 물량, 인건비, 택배당 절감 시간을 산정하여 도출하였다. 생산성 향상 항목들에 대한 동작 시간 분석 결과는 현업 리뷰를 통해 현실성을 재검토하여 적용하였다.

마지막으로 기존 장비 교체 효과는 기존 구분기에 사용중인 바코드 스캐너와 업무용 PDA의 대체 효과로 내용연수와 계약 시 단가를 이용하여 연간 절감 비용을 계산하였다.

이상의 결과를 요약하면 <표 5>와 같이 A사에 RFID를 적용함으로써 발생가능한 혜택 요소의 금액적 가치는 RFID 기술 수준에 따라 8.4에서 11.5로 나타났다.

이상과 같이 산출된 비용 및 혜택 요소를 이용하여 NPV, ROI, 자본회수주기 등의 경제성 분석을 수행한다.

4.2 경제성 분석

비용 요소 및 혜택 요소 분석의 과정에서 도출된 연도별 비용 및 혜택을 이용하여, NPV, ROI와 자본회수 주기를 산출하고, RFID 투자비용 중 가장 중요한 태그 단가를 기준으로 민감도 분석을 수행하였다.

우선 연도별 비용 및 혜택을 요약하면 <표 6>과 같다.

할인율을 적용하여 NPV를 계산하면 낙관적 효과 기준 2.11, 보수적 0.69, 비관적 -0.54로 비관적인 효과 예상의 경우를 제외하면 경제적 타당성을 갖는다고 볼 수 있다. 낙관적 효과 기준 ROI는 27%, 자본회수주기(BEP, break even point)는 4년으로 분석되었다. 이상의 결과를 정리하면 다음 <표 7>과 같다.

이상과 같이 RFID 기술 측면에서의 불확실성은 <표 7>에 요약된 것처럼 낙관적, 보수적, 비관적 가정을 통해 반영되었다. 이제 RFID 투자 비용 측면의 불확실성을 고려해 보자. 이는 민감도 분석을 통해 반영될 수 있는데, RFID 투자 비용 중 큰 비중을 차지하며, 오랜 기간 영향을 주고, 불확실성이 높은 항목을 선정하는 것이 바람직하다. RFID 투자의 경우, 반영구 태그를 이용한 일회성 투자의 경우 RFID 리더 단가를 기준으로 민

<표 6> 연도별 비용 및 혜택

구분		Y+1	Y+2	Y+3	Y+4	Y+5	총합
비용		3.59	1.28	1.28	1.28	1.28	8.70
혜택	낙관	1.77	1.99	2.26	2.57	2.93	11.51
	보수	1.53	1.71	1.93	2.19	2.49	9.85
	비관	1.32	1.47	1.65	1.86	2.10	8.41

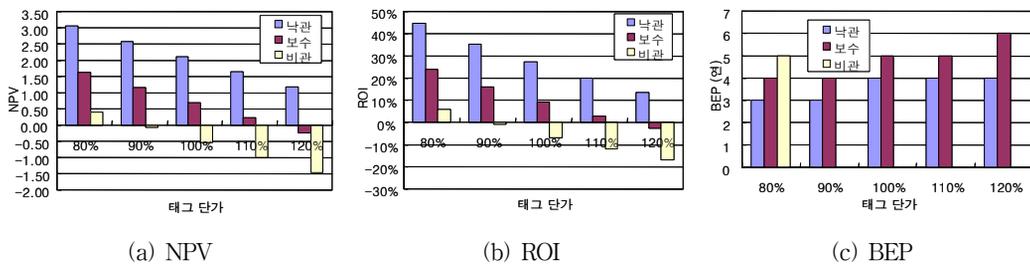
〈표 7〉 A사 RFID 적용에 따른 경제성 분석 결과

구 분	NPV	ROI	BEP
낙관적 효과	2.11	27%	4년
보수적 효과	0.69	9%	5년
비관적 효과	-0.54	-7%	6년

감도 분석을 실시하는 것이 바람직하고, 일회용 태그를 사용하며 태그 부착 대상이 많은 소모성 투자의 경우 RFID 태그를 기준으로 하는 것이 합리적이다. 이 경우, 후자에 속하므로 태그 단가를 기준으로 민감도 분석을 수행하였다. 민감도 분석은 현재 태그 단가를 기준으로 단가가 10%, 20% 하락한 경우와 10%, 20% 상승한 경우로 비교 분석하였다(〈그림 4〉 참조).

A사의 경우 내부 투자 결정 절차와 기준이 있으나, 설명의 편의를 위해 물류 개선을 위한 투자 결정 시, ROI 20%와 4년 미만의 자본회수주기를 참고한다고 가정하자. 〈그림 4〉에서 (b)와 (c)를 이용하여 아래 〈그림 5〉와 같이 RFID 기술 불확실성과 RFID 비용 불확실성에 대한 의사결정 기준을 정리할 수 있다.

A사의 경우, 낙관적 기술 수준을 예상하는 경우에 주로 투자 타당성이 있는 것을 알 수 있는데 이는 RFID 투자 비용보다는 RFID 기술 수준이 충분히 성숙된 것을 검증하는 것이 필요함을 의미한다. 기술적 측면의 성숙도와 함께 실제 해당 적용 방법 및 실제 환경에서의 기술적 신뢰도를 검증하는 것이 RFID 투자를 위해 가장 중요한 일이라 할



〈그림 4〉 태그 단가에 따른 민감도 분석 결과

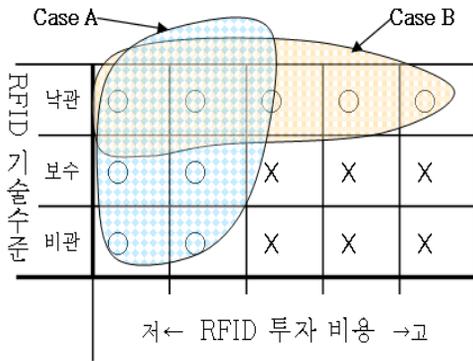
낙관	○	○	○	○	×
보수	○	×	×	×	×
비관	×	×	×	×	×
단가	-20%	-10%	0%	10%	20%

(a) ROI

낙관	○	○	○	○	○
보수	○	○	×	×	×
비관	×	×	×	×	×
단가	-20%	-10%	0%	10%	20%

(b) BEP

〈그림 5〉 A사의 RFID 투자 적격 여부



〈그림 6〉 RFID 기술수준 및 투자비용 조합에 따른 투자 적격 패턴

수 있다. <그림 6>에서 보는 바와 같이 본 논문에서 제시하는 RFID 기술 불확실성과 RFID 투자 비용 불확실성 측면의 조합으로 투자 적합성을 분석하면 해당 사례의 RFID 기술 적용을 위해 세밀히 분석되어야 할 것이 무엇인지를 가늠하게 해준다.

<그림 6>의 Case A는 RFID 투자 비용이 줄어든다면 RFID 기술수준에 크게 영향을 받지 않으며 투자 타당성을 갖는 상황을 의미하며, Case B는 반대의 경우를 보여 준다. 몇 가지 사례를 통해, 자동화 수준이 높은 물류 환경에서는 Case B와 같이 투자 비용보다는 기술 수준 확인이 더 필요하고, 적당한 수준의 자동화 환경에서는 Case A와 같이 태그 단가나 리더 단가와 같은 투자 비용이 더 중요한 경향을 알 수 있었다. Case A의 경우는 태그 가격 등의 RFID 투자 비용이 충분히 안정화된 후 도입을 고려하는 것이 잠재적 위험 요소 제거를 위해 바람직할 것이다. 반면에 Case B는 혜택 요소에 대한 재확인과 RFID 기술 성숙도 및 신뢰도에 대한 상세 검토 후 추진하는 것이 바람직할 것이다.

5. 결 론

RFID 도입의 장애 요인인 도입 효과에 대한 불신의 대안으로 체계적인 경제성 분석 방안을 제시하고자 하였다. 기존 문헌과 택배물류 대상의 사례 분석을 바탕으로 비용 요소 및 혜택 요소 도출을 위한 구조화된 템플릿을 제시하고, 각각의 정의 및 도출방안을 제시하였다.

RFID 도입 검토를 위한 경제성 분석에서 고려되어야 할 주요 변수로 'RFID 기술 기대 수준'과 'RFID 투자 비용'을 산정하고, 이들의 불확실성을 분석 틀에 반영하였다. RFID 기술 기대 수준은 각 혜택 요소 산정 시 개선 효과를 낙관적, 보수적, 비관적으로 산출하게 하여 전체 혜택 요소의 합이 RFID 기술이 충분히 효과를 보는 경우와 일반적인 경우, 최악의 효과 수준인 경우를 일관성 있게 산정할 수 있도록 하였다. RFID 투자 비용은 일회성 또는 소모성의 투자 성격에 따라 태그나 리더 단가 등에 따른 민감도 분석을 수행함으로써 투자 비용 변동에 의한 불확실성을 반영하고자 하였다.

RFID 기대 수준과 비용 민감도 분석의 조합에 대해 NPV, ROI 및 자본회수주기를 계산하고 해당 사업의 투자 적격성 검토 기준을 이용하여 각 조합의 적격 여부를 도출하였다. 이를 통해 기술 수준에 민감한 경우인지 투자 비용에 민감한 경우인지를 판단할 수 있으며, 경제성 분석 이후의 상세 분석 방향을 설정할 수 있을 것으로 판단된다.

본 논문에서 제시한 경제성 분석의 틀은 기존 문헌과 다수의 사례 분석 경험을 토대로 도출된 것이나, 향후 분석될 RFID 적용

모델의 다양성 및 분석 수준에 따라 추가되거나 수정될 부분이 반영되어야 한다. 특히, 산업별 특성에 따른 RFID 적용 모델을 분석하여, 통일된 템플릿과 함께 산업별 템플릿을 구성하는 것도 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 김대기, 김정영, “SCM 차원에서 본 RFID 기술 도입에 따른 ROI 분석 모형에 관한 연구”, 한국항만경제학회지, 제22권, 제3호, 2006, pp. 43-57.
- [2] 김문정, “RFID를 이용한 SCM 구축효과에 관한 연구-한국타이어 사례를 중심으로”, 한국유통과학회 2006년 동계학술대회 발표논문집, 2006, pp. 489-514.
- [3] 류옥현, 이재광, 노성호, “RFID 비즈니스 어플리케이션 개발 방법론 : RAM”, 한국 IT서비스학회지, 제5권, 제2호, 2006, pp. 199-210.
- [4] 박수호, “불꽃튀는 택배시장 선두 경쟁”, 매경이코노미, 2009.
- [5] 박찬석, “택배 시장의 동향과 시사점”, 우정정보, 제66권, 2006, pp. 1-22.
- [6] 송영일, 이재홍, “RFID 사업의 경제성 분석 : 국방 탄약관리중심으로”, *Entrue Journal*, 제5권, 제2호, 2006, pp. 123-133.
- [7] 신현동, 임춘성, 전남주, 차종혁, “물류/유통산업의 u-Business 전략계획 방법론에 관한 연구”, 한국경영과학회/대한산업공학회 춘계공동학술대회, 충북대학교, 2005, pp. 497-505.
- [8] 이승민 등, “국내 RFID/USN 산업 실태 조사”, 한국전자거래진흥원 RFID/USN 센터, 2008.
- [9] 이용준, 오세원, “우정사업의 RFID 기술 도입 방안”, 우정정보, 제56권, 2004, pp. 1-17.
- [10] 이재인, 정기호, “RFID 적용에 의한 부산항의 항만물류 개선에 관한 연구”, 한국콘텐츠학회 2005 춘계종합학술대회 논문집, 제3권, 제1호, 2005, pp. 300-303.
- [11] 이종민, 임상환, 엄완섭, “RFID를 활용한 SCM에 관한 연구”, 2005 한국경영과학회/대한산업공학회 춘계공동학술대회, 2005, 충북대학교, pp. 895-898.
- [12] 임득수 등, “RFID/USN 응용 서비스 투자성과분석 연구”, NCA V-PER-05025, 한국전산원, 2005.
- [13] 장경열, 이충훈, 김재곤, 임승길, 유우식, “항만컨테이너터미널 게이트 입/출입 관리에서의 RFID 적용에 관한 실증 연구”, *IE Interfaces*, 제20권, 제1호, 2007, pp. 69-78.
- [14] 정지훈, 이용한, “RFID 도입에 대한 프로세스 중심 비용편익분석 모형 및 틀 개발”, 한국전자거래학회지, 제13권, 제3호, 2008, pp. 173-188.
- [15] Bendavid, Y., Lefebvre, E., Lefebvre, L. A., and Fosso-Wamba, S., “Key performance indicators for the evaluation of RFID-enabled B-to-B e-commerce applications : the case of a five-layer supply chain,” *Inf Syst E-Bus Manage*, 2008.
- [16] Fleisch, E. and Tellkamp, C., “Inventory

- inaccuracy and supply chain performance : a simulation study of a retail supply chain,” *International Journal of Production Economics*, Vol. 95, 2005, pp. 373-385.
- [17] Hardgrave, B. C., Waller, M., and Miller, R., “Does RFID reduce out of stocks?,” *Information Technology Research Institute, Sam M. Walton College of Business, University of Arkansas*, 2005.
- [18] Harrop, P. and Holland, G., *RFID for postal and courier services 2006~2016*, IDTechEx, 2005.
- [19] Lee, Y. M., Cheng, F., and Leung, Y. T., “Exploring the impact of RFID on supply chain dynamics,” *Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference*, 2004, pp. 1145-1152.
- [20] Oztaysi, B., Baysan, S., and Dursun, P., “A novel approach for economic-justiication of RFID technology in courier sector : a real-life case study,” *RFID Eurasia 2007 1st Annual*, 2007.
- [21] Sahin, E., Dallery, Y., and Gershwin, S., “Performance evaluation of a trace-ability system-An application to the radio frequency identification technology,” *Proceedings of the 2002 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, Vol. 3, Yasmine Hammamet, Tunisia, Oct. Vol. 6, No. 9, 2002, pp. 647-650.
- [22] Subirana, B., Eckes, C., Herman, G., Sarma, S., and Barrett, M., “Measuring the impact of information technology on value and productivity using a process-based approach : the case for RFID technologies,” *MIT Sloan working paper*, No. 4450-03, 2003.
- [23] Ustundag, A. and Cevikcan, E., “Return on investment analysis for evaluation of RFID implementation on cargo operations,” *RFID Eurasia 2007 1st Annual*, 2007.
- [24] Whitaker, J., Mithas, S., and Krishnan, M. S., “A field study of RFID deployment and return expectations,” *Production and Operations Management*, Vol. 16, No. 5, 2007, pp. 599-612.

저 자 소개



구훈영

2002년

2002년~2005년

2005년~현재

관심분야

(E-mail : koohy@etri.re.kr)

서울대학교 산업공학과 (공학박사)

LG CNS 과장

한국전자통신연구원(ETRI) 선임연구원

확률모형, 확산모형, 물류