韓國컴퓨터情報學會 論文誌
第15卷 第6號, 2010. 6.

2010-15-6-5-1

RFID 시스템 기반 물류프로세스 유효성 평가

최 용 정*, 한 대 희*, 정 해 준***, 한 우 철**, 김 현 수***

The Evaluation of Effectiveness on RFID system based Logistics process

Yongjung Choi*, Daehee Han*, Haejune Jeong***, Woochul Han**, Hyunsoo Kim***

요 약

전 세계적으로 RFID 시스템이 구축된 응용사례 살펴보면, 소매 및 소비재 상품분야, 금융 및 안전 분야, 자동차 및 수송분야, 레저 및 스포츠 분야, 물류분야, 건강관련 분야 등 다양한 산업분야에서 RFID 시스템이 도입되고 있다. 이는 제품의 가시성 및 정보의 투명성을 확보하여 합리적인 의사결정을 수행하여 운영 효율성 및 경쟁력을 제고시키기 위해서이다. 하지만 RFID 시스템을 도입하기 전에 RFID 시스템 구축 후 도출되는 효과에 대한 유효성이 검증되어야만 RFID 시스템 구축을 위한 기업의 의지를 강화시킬 수 있고, 이를 통하여 산업 전반의 RFID 기반 시스템 도입이 활성화되고 더 나아가 국가 산업경쟁력이 제고되는 시너지효과를 창출할 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 RFID 시스템 도입의 유효성을 검증하기 위하여 정량적 분석뿐만 아니라 정성적 분석까지 통합하여 분석할 수 있도록 쇼케 퍼지적분 기반의 합리적인 유효성 평가모형을 제안하는데 그 목적이 있다. 본 연구에서 제안된 유효성 평가모형을 국내 C사에 적용해 본 결과, C사의 물류프로세스에 RFID 시스템 구축이 효과가 있는 것으로 나타났다.

Abstract

Looking at the application examples related to RFID systems around the world, it is easy to find that RFID systems are introduced in various industries, such as retail and consumer goods sectors, financial and security sectors, automotive and transport sector, leisure and sports sector, logistics, and health-related fields. This is because they can get their operational efficiency and competitiveness by means of product's visibility and transparency of information through RFID systems. However, it is required that evaluation of effectiveness on introducing RFID systems should be performed to strengthen construction willingness of RFID systems before actual introduction of the RFID systems in the process. This activity affects to introduction of RFID systems in industry-wide and then, will be able to create a synergy effect such as national industrial competitiveness improvement. The purpose of this study is to offer rational method on

• 제1저자 : 최용정 교신저자 : 김현수
• 투고일 : 2010. 06. 10, 심사일 : 2010. 06. 12, 게재확정일 : 2010. 06. 19.
* 경기대학교 산업기술종합연구소 ** 대림대학 산업경영과 *** 경기대학교 산업경영공학과
※ 본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업(KEIT-10030102)의 연구결과로 수행되었음.

effectiveness analysis before and after RFID based process. Accordingly, the proposed Choquet fuzzy integral-based model will be allowed rational analysis by integrating quantitative and qualitative analysis. Through the effectiveness analysis of C company's RFID based process using the proposed evaluation model, we could identify that RFID-based logistics process was more effective than existing process.

▸ Keyword : RFID(Radio Frequency IDentification), 물류프로세스(Logistics process), 쇼케퍼 지적분(Choquet fuzzy integral)

Ⅰ. 서 론

자재 공급업체에서 소매에 이르는 모든 거래 Partner들 사이에 물리적 의미인 원료와 부품뿐만 아니라 정보, 자금, 지식의 흐름 등을 통합적으로 관리운영하여 불확실성을 줄이고 전체 최적화를 달성하여 궁극적으로 최소의 비용과 최고의 고객만족 달성을 목표로 하고자 하는 경영패러다임인 SCM (supply chain management) 상에서 RFID(Radio Frequency IDentification) 시스템을 도입함으로써 기대되는 효과로는 효과적인 재고관리, 입출고 리트타임 및 검수 정확도 향상, 보안성 강화 및 운영 효율성 제고 등으로 정의할 수 있다. 전 세계적으로 RFID 시스템이 구축된 응용사례 건수를 살펴보면(2006년 기준), 소매 및 소비재 상품분야가 총 347건으로 가장 많았고, 그 다음으로는 금융 및 안전 분야(241건), 자동차 및 수송분야(230건), 레저 및 스포츠 분야(211건), 물류분야(119건), 건강관련 분야(111건) 등으로 다양한 산업분야에서 RFID 시스템이 도입되고 있다[1,2,3].

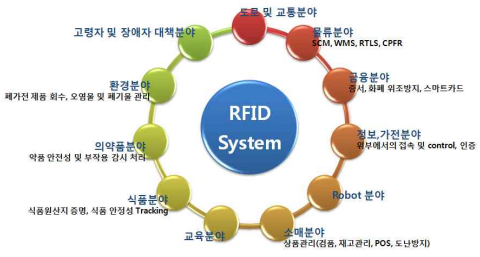

그림 1. RFID 시스템 적용분야
Fig 1. Application sectors of RFID system

IDTechEx RFID Knowledgebase에 등록된 국가별 RFID 시스템 구축사례 건수를 살펴보면[4], 2005년 기준으로 미국(520건), 영국(163건), 일본(118건), 독일(69건), 중국(59건) 순 인 것으로 나타났고, 한국은 36건으로 8위에 위치하였다. 그러나 2010년 1월 기준으로 살펴보면, 총 3900건(111개국 전체) 중에서 미국(1298건), 영국(384건), 중국(267건), 독일(204건), 프랑스(161건) 순으로 나타났고, 한국은 TOP 10 국가에 포함되지 못한 상태이다. 이는 합리적 관리 및 비용절감을 위해서 다양한 산업에서 IT기술을 응용하고 있는 세계적 흐름에 부응하지 못하고 있어 국가경쟁력이 저하될 우려가 있다.

국가 산업경쟁력을 제고시키기 위해서는 공급망(Supply chain) 전반에서 공유되는 정보에 대한 투명성을 지원하고, 문제 발생시 해결에 소요되는 시간, 비용 절감, 공급망 전체 참여자의 서비스수준을 향상 및 합리적 의사결정을 위하여 산업 전반에 있어서 RFID 시스템 기반의 물류프로세스 구축이 시급히 필요한 실정이다.

하지만 RFID 시스템을 도입하기 전에 RFID 시스템 구축 후 도출되는 효과에 대한 유효성이 검증되어야만 IT기반의 프로세스 도입을 위한 기업 투자리스크를 줄일 수 있다.

따라서 본 연구에서는 RFID 시스템 도입 유효성을 검증하기 위하여 정량적 분석은 물론 정성적 분석까지 통합하여 분석할 수 있도록 쇼케 퍼지적분 기반의 평가모형을 제안하는데 그 목적이 있다.

본 연구의 전개순서로는 Ⅱ장에서는 국외 산업별 RFID 구축사업 및 국내 정부기관의 RFID 구축사업에 대해서 언급하고, RFID 기반 프로세스의 유효성을 평가하기 위한 쇼케 퍼지적분에 대해서 정리하였으며, Ⅲ장에서는 RFID 시스템의 유효성을 평가할 요인 및 변수들에 대해서 정의하였고, 평가모형에 대한 평가절차를 정리하였다. Ⅳ장에서는 제안된 평가모형을 국내 C사를 대상으로 실증분석을 수행하였고, 마지막으로 Ⅴ장에서는 결론 및 추후 연구과제에 대해서 정리하였다.

Ⅱ. 이론적 고찰

본 장에서는 RFID 시스템 구축현황에 대해서 언급하고 RFID 시스템 도입 유효성 평가를 위한 퍼지이론에 대해서

파악해 보고자 한다.

2.1 RFID 산업 동향

RFID를 통한 SCM은 유통물류에 엄청난 변화를 예고하고 있다. SCM분야에서 RFID 시스템이 접목되어감에 따라 개별인식의 한계를 가지고 있던 POS(point of sales) data가 다수의 태그(tag)를 동시에 일괄 인식하는 것이 가능해졌으며, 많은 데이터를 실시간 처리할 수 있게 됨에 따라 물류프로세스의 단순화를 통한 상품인식 소요시간의 감소에 의한 인건비 절감효과 뿐만 아니라 물류서비스에 대한 대응력 제고로 인하여 새로운 수익창출이 가능할 것으로 사료된다.

세계적인 유통업체인 Wal-Mart의 RFID 도입을 시작으로 9.11 테러 이후 세계적으로 보안문제가 중요한 이슈가 대두되면서 해운, 항공 물류 분야에 대한 RFID 도입이 확산되었고, 의류, 식음료, 가전 및 제약 유통업체를 중심으로 RFID 도입이 빠르게 확산되었다[5].

1) 유통・물류분야 : Wal-Mart가 2006년 말까지 전 공급업체를 대상으로 RFID 도입 및 확산사업을 추진하였으며, Fujitsu는 케이스(Case)/팔렛트(pallet) 단위 태그 부착 상품을 위한 서비스뿐 아니라 아이템(item) 단위까지 도입하는 사업을 진행
2) 국방분야 : 미국 국방부가 실시간 자산관리 및 효율적인 군수품 조달관리를 위한 RFID 시스템을 단계적으로 도입하고 있고 2007년부터 전 품목으로 확대하여 진행
3) 항공・항만분야 : McCarran 국제공항과 일본 나리타공항 등에서 단계적으로 수하물관리 사업을 진행
4) 의료・보건분야 : 미국 식약청과 Pfizer 등이 위조약품을 식별하고 약품 유통망 강화를 위해 RFID를 적용한 사업을 진행

또한 국내에서의 RFID 도입은 2004년 IT839전략을 통한 사업화 기반 사업을 필두로 하여 900MHz 대역을 중심으로 조달, 국방, 물류 등 성공 가능성이 높고 타 분야에 대한 파급효과가 큰 6개 과제를 선정하여 시범사업을 진행하여 2005년 8월에 구축을 완료하였으며 동년 12월까지 시범운영을 실시하여 업무 프로세스 단축 및 생산성 향상 등의 효과가 있는 것으로 확인하였다[6].

1) 조달청 : 신구물품에 태그(tag)를 부탁하여 개별 물품 관리를 가능하게 하는 물품등록과 기존에 수작업으로 진행되던 물품의 취득, 보관, 이동, 변동, 재물조사, 처분 업무를 지원하는 물품관리시스템 시범사업을 진행
2) 국방부 : 탄약제조업체로부터 납품된 탄약에 대한 재고(수량, 유통기한 및 검사주기), 적송 및 이관, 수불, 무장출고, 반납관리 등 수작업으로 관리 중인 탄약관리업무를 실시간 처리하는 국방 탄약관리시스템 사업을 진행
3) 산업자원부(현, 지식경제부) : 동명통산에서부터 현대모비스를 거쳐 보세장치장을 통과하여 해외기지로 이동되는 자동차 부품 및 컨테이너에 RFID 기술을 적용하여 실시간 물류정보를 화주에게 제공하는 수출입 국가물류 인프라 지원사업 진행
4) 해양수산부 : 컨테이너 및 차량에 RFID를 부착하여 컨테이너 위치 인식과 경로추적, 항만 터미널 업무자동화를 통해 국가 물류경쟁력 향상을 도모하는 항만 효율화 사업을 진행
5) 한국공항공사 : 탑승하는 승객들의 수하물에 RFID 기술을 적용하여 수하물의 실시간 위치 추적, 수하물의 분실, 분류오류방지, 수하물과 탑승객의 비교, 분실 수하물관리 및 추적 등의 항공사하물 추적통제시스템 시범사업을 진행
6) 기타(유통분야) : 신세계 백화점, 롯데쇼핑 및 이마트 등 국내 대형 유통업체를 중심으로 RFID 도입을 위한 자체 시범사업을 실시

또한 2006년에는 u-IT839전략을 새롭게 추진하면서 8대 서비스와 9대 신성장 동력에 속하는 전자식별(RFID)이 바코드를 대체할 차세대 기술로써 주목받으면서 상품의 제조, 유통, 판매, 재고관리를 위한 프로세스관리 뿐만 아니라 도서 및 의료분야 등 다양한 영역으로 확대・보급되면서 환경부에서는 병원에서 배출하는 폐주사기, 장갑 등 감염성 폐기물의 배출, 운반 및 처리에 이르는 유통과정에 RFID를 적용하여 투명하고 효율적인 감염성 폐기물관리시스템 시범사업을 진행하였으며, 2008년 8월부터 전국적으로 확대하여 적용하고 있다.

상기 언급된 RFID 적용사업 이외에도 다양한 분야 및 주체들에 의해서 관리의 효율성을 제고하기 위한 목적으로 RFID 기술을 도입하였거나 도입 중에 있다(표 1 참조).

표 1. 국내 물류관련 RFID 구축사례
Table 1. Various Study of RFID based Logistics

사업명	주요내용	주관기관
RTLS/USN 기반 u-Port 구축	부산항 컨테이너 터미널의 하역장비위치를 추적할 수 있는 RTLS를 구축하여 장비운용을 최적화	국토해양부, 지식경제부
항공화물 RFID 인프라 구축	수출항공화물의 입고 및 항공기 적재여부 파악 등을 위해	국토해양부, 지식경제부

	수출화물 터미널에 리더기 설치 및 항공물류정보시스템 구축	
내륙 물류거점 정보시스템 구축	주요 내륙물류기지 및 고속도로 톨게이트 등에 RFID 리더기를 설치하여 물류정보를 제공하고, 차량반·출입자동화(무정차통과)에 활용	국토해양부, 지식경제부
차세대 지식기반 항공화물 RFID 시범사업	항공화물탑재용기(ULD) 추적, 재고관리 및 위치파악 등 항공물류고도화	인천광역시
수입쇠고기 추적서비스	수입쇠고기 추적시스템 구축을 통한 수입통관 시점부터 가공 및 판매까지의 전 유통과정 추적/실제 유통물량 파악	국립수의 과학검역원
개성공단 통행 및 전략물류 관리시스템 구축	개성공단으로 반출입되는 전략물자, 인원, 차량 등에 RFID를 적용하여 출입절차를 효율적으로 관리하기 위한 시스템 구축	통일부
대관령 한우 RFID시스템 구축	한우의 생산/도축/가공/유통/판매과정 관리	강원도

2.2 퍼지측도와 쇼케 퍼지적분

본 절에서는 본 연구에서 제안하는 RFID 시스템 도입을 위한 유효성 평가모형에서 이용되는 쇼케 퍼지적분에 대한 이론적 배경을 소개한다.

퍼지측도(Fuzzy measure)는 Sugeno에 의하여 제안된 비가법적 집합함수로서 주관적인 평가문제에 다방면으로 이용되며 다음과 같이 정의된다[7, 8, 9].

유한집합 $X=\{x_1,x_2,\cdots,x_n\}$에서 임의의 부분집합 A(A는 crisp집합)를 구간 $[0,\ 1]$내의 실수값에 대응시키는 함수를 g라 할 때, g:$P(X)\rightarrow[0,\ 1]$이 다음 세 조건을 만족할 때 g를 퍼지측도라 한다.

1) 유계성: $g(\phi)=0,\ g(X)=1$
2) 단조성: $A,\ B\in P(X)$일 때, $A\subset B$이면 $g(A)\le g(B)$
3) 연속성: $A_1,A_2,\cdots,A_n$가 X의 부분집합일 때, $A_1\subset A_2\subset\cdots\subset A_n$ 또는 $A_1\supset A_2\supset\cdots\supset A_n$이면 $\lim_{n\rightarrow\infty} g(A_n)=g\left(\lim_{n\rightarrow\infty} A_n\right)$ 여기서, $A_1,A_2,\cdots,A_n$는 X의 부분집합이다.

퍼지측도 $g(A)$는 X의 임의의 부분집합 A에 대한 주관적인 평가값이라 할 수 있다. 그러나 퍼지측도에서는 가법성이 성립하지 않으므로 각 원소의 측도를 알아도 부분집합 A의 측도를 알 수 없다. $g(\phi)=0,\ g(X)=1$을 제외한 (2^n-2)개의 측도를 모두 알아야 하는 단점이 있다. 따라서 각 원소의 측도로부터 집합 A의 측도를 일정한 법칙으로 정하는 것이 가능한 λ-퍼지측도가 고안되었으며, 그 정의는 식(1)과 같다[10].

$$g_\lambda(A\cup B)=g_\lambda(A)+g_\lambda(B)+\lambda g_\lambda(A)g_\lambda(B) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \text{식(1)}$$

단, $A,B\in X,\quad A\cap B=\phi,\ -1<\lambda<\infty$

λ-퍼지측도는 퍼지측도에 매개변수 λ를 도입한 것으로서 λ에 따라서 그 특성은 다음과 같다.

① 우가법적 성질 :
if $\lambda>0,\ g_\lambda(A\cup B)>g_\lambda(A)+g_\lambda(B)$

② 가법적 성질 :
if $\lambda=0,\ g_\lambda(A\cup B)=g_\lambda(A)+g_\lambda(B)$

③ 열가법적 성질 :
if $\lambda>0,\ g_\lambda(A\cup B)<g_\lambda(A)+g_\lambda(B)$

한편, 서로 소인 집합열 $A_1,A_2,\cdots,A_n$에 대하여 λ-퍼지측도는 식(1)로부터 유도되어 식(2)와 같이 일반화된다.

$$g_\lambda\left(\bigcup_{i=1}^{n}A_i\right)=\begin{cases}\dfrac{1}{\lambda}\left(\prod_{i=1}^{n}(1+\lambda g_\lambda(A_i))-1\right) & \text{if } \lambda\neq 0\\ \sum_{i=1}^{n}g_\lambda(A_i) & \text{if } \lambda=0\end{cases} \quad \cdots\cdots\cdots \text{식(2)}$$

Sugeno가 제안한 λ-퍼지측도가 이를 사용하는 계산과정이 복잡하였기 때문에 최근 연구에서는 계산방법을 간단하게 해주는 Tskamoto가 제안한 또 다른 λ-퍼지측도가 평가연구에 널리 사용되고 있다[11, 12, 13]. Tskamoto가 제안한 λ-퍼지측도 f_λ는 다음 식(3)과 같이 정의된다.

$$f_\lambda=\begin{cases}((1+\lambda)^u-1)/\lambda & \text{if } \lambda\neq 0\\ u & \text{if } \lambda=0\end{cases} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{식(3)}$$

여기에서 $f_\lambda(u)$는 퍼지측도 $g(\cdot)$와 동일하다. 또한 u는 AHP법에서 구한 중요도 $w(\cdot)$와 같은 의미를 가지고 있으며, λ가 가지는 성질은 Sugeno의 식과 동일하다.

임의의 보통집합 X에 대하여 퍼지측도 $g:P(X)\rightarrow[0,1]$가 정의되어 있고, X를 정의구역으로 하고 구간$[0,1]$을 치역으로 하는 함수 $h(x_i)\ge h(x_2)\ge\cdots\ge h(x_n)$이라 할 때, $A(A\subseteq X)$에서의 함수 h의 퍼지측도 g에 대한 Choquet 퍼지적분은 식(4)와 같이 정의된다[14, 15, 16].

$$\int_A h(x)\cdot g(\cdot)=h(x_n)g(H_n)+[h(x_{n-1})-h(x_n)]g(H_{n-1})$$
$$+\cdots+[h(x_1)-h(x_2)]g(H_1)$$

$$= \sum_{i=1}^{n} [h(x_i) - h(x_{i+1})] g(H_i) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \text{식(4)}$$

여기서, $h(x_{n+1}) = 0, \quad H_i = \{x_1, x_2, \cdots, x_i\}$

특히, 퍼지측도 $g()$가 가법적일 때, Choquet 퍼지적분은 통상의 가중합이 된다. Choquet 퍼지적분은 주관적인 판단이 개입되는 평가문제에 유용하다. 즉, $h()$를 평가항목에 대한 평가치, $g()$를 평가항목이 전체평가에 기여하는 정도, 즉 중요도라 할 때, 이들을 종합하는 유용한 방법으로 사용된다.

Choquet 퍼지적분의 계산과정은 <그림 2>와 같으며, 여기서 Choquet 퍼지적분의 결과는 그림의 면적과 같다.

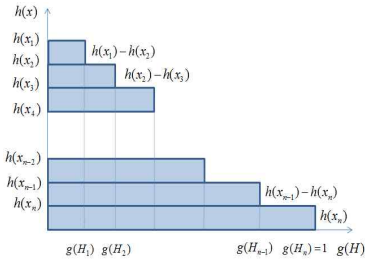

그림 2. Choquet 퍼지적분
Fig 2. Choquet fuzzy integral

III. RFID system 도입을 위한 평가도구 개발 및 평가모형

본 장에서는 RFID 시스템 도입 유효성 평가를 위한 평가도구에 대해서 정의하고, 평가모형에 대해서 언급하도록 한다.

3.1 평가도구 개발

물류성과를 측정하는 기존 연구들을 살펴보면, Kearney는 생산성, 유용성, 성과를 기준으로 평가하였고, Coyle et al.은 비용, 생산성 및 서비스(시간, 정확성, 일관성, 손실 등)를, Mentzer와 Firman은 효과성, 지분, 생산성 및 수익성을, 그리고 Germain et al.은 비용(투자 수익률, 물류비, 주문처리비, 매출액, 시장 점유율, 주가) 및 차별화 전략(고객 서비스)을, Bowersox는 자산관리, 물류비용, 생산성, 고객 서비스 및 품질요인을 기준으로 물류성과를 평가하는 지표로 제시하였다[17, 18, 19, 20, 21].

Supply Chain Council의 SCOR Model(Supply Chain Operations Reference Model)은 가치 사슬 프로세스에 대한 준거모형을 제시하고 있는데 구체적으로 기업프로세스의 현재 상태와 목표를 분석하고 운영적인 성과에 대해

표 2. SCOR Model 성과지표
Table 2. Performance Index of SCOR Model

분류	성과항목	정의	지표
고객 지향적인 지표	공급사슬 인도 신뢰성	정확한 제품을 정확한 장소 및 정시에 정확한 조건과 포장으로 정확한 수량을 정확한 설명서와 함께 정확한 고객에게 인도하는데 있어서 공급사슬의 성과	인도성과 충족률 완전주문 충족
	공급사슬 대응성	공급사슬이 고객에게 제품을 제공하는 속도	주문 충족 리드타임
	공급사슬 유연성	경쟁우위를 달성하고 유지하기 위해 시장변화에 대응하는 공급사슬의 민첩성	공급사슬 대응시간 생산 유연성
내부 지향적인 지표	공급사슬 비용	공급사슬을 운영하는데 관련된 비용	판매된 제품비용 총 공급사슬 관리비용 부가가치 생산성 보상 및 반품처리비용
	공급사슬 자산관리 효율성	수요충족을 지원하기 위해 자산을 관리하는 조직의 효율성으로 이것은 고정자본과 유동자본을 포함한 모든 자산관리를 포함함	현금화 사이클타임 공급재고 입수 자산회전율

벤치마크 자료와 비교하는 방법으로 공급사슬 성과의 측정도구를 개발하였다. SCOR Model의 성과를 평가하기 위한 지표는 <표 2>와 같다[5].

기존 연구들을 토대로 본 연구에서 RFID system 도입 유효성을 평가하기 위한 평가변수들에 대한 정의는 <표 3>과 같다. 물류활동의 순차적 흐름에 따라 발생하는 유효성을 평가하기 위하여 물류활동의 영역별 분류 즉 조달물류영역, 사내물류영역, 판매물류영역 및 리버스물류영역으로 정의하였고, 품질보증/서비스영역을 별도로 구성하여 전반적인 분석을 수행하도록 평가도구를 개발하였다. 또한 기존의 정량적 분석뿐만 아니라 정성적 분석도 병행하여 수행 가능하도록 분류하여 정의하였다.

표 3 RFID system 유효성 평가도구
Table 3. Evaluation items for measuring effectiveness of RFID system

평가 영역	평가 변수	평가변수명	데이터 유형
조달물류 (F1)	F101	주문/발주비용	정량적
	F102	조달물류비용	

평가 영역	평가 변수	평가변수명	데이터 유형
	F103	초과주문 손해비용	
	F104	입하 접수/검수 작업비용	
	F105	출하접수/검수 작업비용	
	F106	입/출하 접수/검수관련 부대비용	
	F107	접수작업 정확도	정성적
	F108	검수작업 정확도	
	F109	입고계획 이행률	
	F110	재고진부화 정도	
	F111	재고관리 가시화 정도	
	F112	보관효율	
	F113	장기재고율	
	F114	불용재고율	
사내물류 (F2)	F201	피킹 작업비용	정량적
	F202	제조비용절감	
	F203	공정운용비용	
	F204	제조노무비용	
	F205	제품 바코드(라벨) tag 발행비용	
	F206	제품 tagging 작업비용	
	F207	포장 바코드(라벨) tag 발행비용	
	F208	포장 tagging 작업비용	
	F209	내부회전율/생산성 향상비용	
	F210	보안관련 절감비용	
	F211	데이터 입력 작업비용	
	F212	생산과 일정관리수준	정성적
	F213	프로세스 유연성	
	F214	실시간 정보발생에 따른 데이터 사용성	
	F215	사내 분배계획 효과성	
판매물류 (F3)	F301	품절로 인한 손해비용	정량적
	F302	재고관리비용	
	F303	재고조사(실사) 노무비용	
	F304	바코드 손상 재발행 비용	
	F305	바코드 tagging 노무비용	
	F306	재고진부화 처리비용	
	F307	안전재고 유지비용	
	F308	제품 결품으로 인한 판매손실비용	
	F309	배송 작업비용	
	F310	송장 발행비용	
	F311	배송오류 클레임 비용	
	F312	배송관련 부대비용	
	F313	도난으로 인한 손해비용	정성적
	F314	데이터 관리수준	
	F315	자산실사 작업비용수준	

평가 영역	평가 변수	평가변수명	데이터 유형
	F316	보관효율	
	F317	장기재고율	
	F318	불용재고율	
	F319	출고(판매)계획 이행율	
	F320	배송 정확도	
	F321	배송시간 신뢰도	
	F322	차량적재율	
	F323	바코드 재발행비용(건수)	
	F324	계산작업 노무비용(시간)	
리버스물류 (F4)	F401	제품 재활용률	정성적
	F402	폐기물 처리율	
	F403	물류단위당 연료사용량	
	F404	회송차량에 대한 적재율	
	F405	제품회수 및 폐기의 용이성	
	F406	회수 가능한 운반용기의 사용률	
	F407	리콜작업 노무비용(시간)	
	F408	리콜작업 손실(회수)비용(시간)	
품질/서비스 (F5)	F501	품질관리/개선비용	정량적
	F502	위조로 인한 손해비용	
	F503	수리부품 재고유지비용	
	F504	수리작업 노무비용	
	F505	반품 처리비용	
	F506	반품 회수비용	
	F507	제품의 안정성(도)	정성적
	F508	고객만족도	
	F509	대응수준(문제해결 프로세스)	
	F510	출장수리 서비스비용(시간)	
	F511	고객접객 노무비용(시간)	

3.2 평가모형

RFID 시스템 도입에 따른 유효성분석을 수행하기 위하여 본 연구에서 제안하는 평가모형(RFIDS-CFI)은 <그림 3>과 같다. 본 연구에서 제안하는 평가모형은 RFID system 도입 전·후에 대한 정량적 및 정성적 데이터를 통합하여 보다 합리적인 효과분석을 수행하기 위하여 쇼케 퍼지적분을 적용하였다.

본 연구에서 제안하는 평가모형의 장점은 첫째, 효과분석에 대한 정량적 및 정성적 데이터를 함께 고려하여 분석을 수행할 수 있고, 둘째, 효과가 클 것으로 기대되어지는 영역의 가중치를 고려하여 결과가 산출되어지며, 셋째, 영역 가중치들의 중복성(비독립성)을 고려하여 가중치에 반영되어 분석되어지는 장점을 가지고 있다. RFIDS-CFI 평가모형의 평가절차는 다음과 같다.

단계 1 : 평가변수들에 대한 데이터 수집
단계 2 : 평가요인들에 대한 가중치 산출(일관성 검토)
단계 3 : 평가요인들에 대한 중복성 산출
단계 4 : 퍼지측도 $g(\cdot)$ 산출
단계 5 : AS-IS 및 TO-BE 프로세스에 대한 평가치 $h(\cdot)$ 산출
단계 6 : 쇼케 퍼지적분 수행

RFIDS-CFI 평가모형의 단계 6을 통하여 도출된 분석결과를 토대로 RFID 시스템 도입 전 프로세스(AS-IS 프로세스) 대비 도입 후 프로세스(TO-BE 프로세스)에 대한 효과성을 판단한 후 RFID 시스템 구축여부를 결정하면 된다.

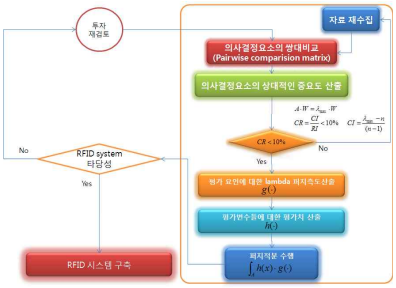

그림 3. RFIDS-CFI 모형
Fig 3. RFIDS-CFI model

Ⅳ. 실증적 분석

본 연구에서 제안한 평가모형인 RFIDS-CFI 모형을 C사의 프로세스에 적용하여 RFID system 도입을 통한 유효성(효과성)을 검증하고자 한다. C사의 물류활동에 대한 평가영역(조달물류, 사내물류, 판매물류, 리버스물류, 품질/서비스)별 평가변수들에 대한 데이터는 <표 4>와 같다.

표 4. AS-IS 및 TO-BE 프로세스 평가데이터
Table 4. Data of AS-IS and TO-BE process

평가영역		평가변수	AS-IS (단위: 원, 성숙도)	TO-BE (단위: 원, 성숙도)
조달물류	정량적	F101	300,000,000	270,000,000
		F102	540,000,000	486,000,000
		F103	20,000,000	18,000,000
		F104	90,000,000	81,000,000
		F105	100,000,000	95,000,000
		F106	30,000,000	28,500,000
	정성적	F107	0.147	1.000
		F108	0.234	0.384
		F109	0.384	0.384
		F110	0.234	1.000
		F111	0.384	1.000
		F112	0.384	1.000
		F113	0.234	0.631
		F114	0.384	1.000
사내물류	정량적	F201	30,000,000	28,500,000
		F202	80,000,000	77,600,000
		F203	50,000,000	48,500,000
		F204	200,000,000	194,000,000
		F205	6,300,000	6,300,000
		F206	5,000,000	5,000,000
		F207	6,300,000	6,300,000
		F208	4,000,000	4,000,000
		F209	50,000,000	45,000,000
		F210	50,000,000	50,000,000
		F211	10,000,000	8,000,000
	정성적	F212	0.384	0.631
		F213	0.384	0.384
		F214	0.234	0.631
		F215	0.384	0.384
판매물류	정량적	F301	50,000,000	50,000,000
		F302	50,000,000	40,000,000
		F303	40,000,000	34,000,000
		F304	2,000,000	1,900,000
		F305	1,200,000	1,140,000
		F306	60,000,000	54,000,000
		F307	200,000,000	160,000,000
		F308	300,000,000	240,000,000
		F309	594,000,000	564,300,000
		F310	10,000,000	9,500,000
		F311	100,000,000	95,000,000
		F312	20,000,000	19,000,000
	정성적	F313	0.384	0.631
		F314	0.234	1.000
		F315	0.234	0.631
		F316	0.384	1.000
		F317	0.384	0.384
		F318	0.384	0.384
		F319	0.631	1.000
		F320	0.631	1.000

평가영역		평가변수	AS-IS (단위: 원, 성숙도)	TO-BE (단위: 원, 성숙도)
		F321	0.631	1.000
		F322	0.384	0.631
		F323	0.384	0.384
		F324	0.384	0.384
리버스 물류	정성적	F401	0.234	0.631
		F402	0.384	0.631
		F403	0.384	0.631
		F404	0.384	0.631
		F405	0.384	1.000
		F406	0.384	0.631
		F407	0.384	0.384
		F408	0.384	0.631
품질/ 서비스	정량적	F501	300,000,000	291,000,000
		F502	50,000,000	50,000,000
		F503	100,000,000	95,000,000
		F504	500,000,000	485,000,000
		F505	20,000,000	19,400,000
		F506	100,000,000	97,000,000
	정성적	F507	0.384	0.631
		F508	0.384	0.631
		F509	0.384	0.631
		F510	0.384	0.631
		F511	0.384	0.384

평가요인들인 조달물류영역, 사내물류영역, 판매물류영역, 리버스물류영역 및 품질/서비스영역들에서의 RFID 도입의 필요성이 높은 영역 즉 RFID 시스템 도입으로 인한 기대효과가 클 것으로 기대되는 영역들에 대한 중요도를 파악해 본 결과는 <표 5>와 같이, 리버스물류 영역관리에서 그 중요성이 가장 높은 것으로 나타났고(0.346), 그 다음으로는 판매물류 영역(0.273), 품질/서비스영역(0.227), 사내물류영역(0.105) 및 조달물류영역(0.049)인 것으로 나타났다.

표 5. 평가요인별 상대적 중요도
Table 5. Weights by evaluation factors

Data Matrix						상대적 중요도 (w)
	조달	사내	판매	리버스	품질	
조달	1.0000	0.3333	0.2000	0.2000	0.2000	0.049
사내	3.0000	1.0000	0.3333	0.3333	0.3333	0.105
판매	5.0000	3.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.273
리버스	5.0000	3.0000	1.0000	1.0000	3.0000	0.346
품질	5.0000	3.0000	1.0000	0.3333	1.0000	0.227
$\lambda_{\max} = 5.191$, CI = 0.0478, CR = 4.268%						

표 6. 평가요인별 상호작용계수(λ)
Table 6. λ by evaluation factors

Data Matrix						상호작용계수 (λ)
	조달	사내	판매	리버스	품질	
조달	0.000	-0.200	0.000	-0.100	-0.100	-0.100
사내	-0.200	0.000	-0.100	-0.200	-0.200	-0.175
판매	0.000	-0.100	0.000	-0.300	-0.400	-0.200
리버스	-0.100	-0.200	-0.300	0.000	-0.300	-0.225
품질	-0.100	-0.200	-0.400	-0.300	0.000	-0.250
$\lambda = -0.190$						

평가요인들에 대한 중요도에 대한 독립성을 보장하기 위하여 평가요인들에 대한 중복성을 파악해 본 결과는 <표 6>과 같이, 평가요인들에 대한 중복성이 19%정도의 중복성을 가지고 있는 것으로 나타났다. 평가요인들 간의 중복성을 고려한 요인들에 대한 퍼지측도$g(\cdot)$를 산출한 결과는 <표 7>과 같다.

표 7. λ 퍼지측도($g(\cdot)$)
Table 7. λ fuzzy measure($g(\cdot)$)

평가요인	조달	사내	판매	리버스	품질
weight	0.049	0.105	0.273	0.346	0.227
λ-measure	0.055	0.115	0.294	0.370	0.246
λ-measure 정규화	0.051	0.107	0.273	0.342	0.227

표 8. 평가치($h(\cdot)$)
Table 8. Evaluation data($h(\cdot)$)

$h(\cdot)$	h(x1)	h(x2)	h(x3)	h(x4)	h(x5)
AS-IS	0.644	0.903	0.789	0.599	0.842
TO-BE	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

평가변수들에 대한 데이터를 평가치로 변환시키면 <표 8>과 같고, 앞서 산출된 퍼지측도와 평가치를 통합시키기 위하여 쇼케 퍼지적분을 수행하면 <표 9>와 같다. C사의 경우에 대해서 RFID 시스템을 도입하기 위한 효과성을 분석해 본 결과 RFID 도입에 따른 TO-BE 프로세스에 대한 효과(1.000)가 AS-IS 프로세스(0.741)보다 큰 것으로 나타나 RFID 시스템을 도입하여 동종업계에서의 경쟁력 제고를 위한 IT기반 관리프로세스를 구축해 나가야 할 것이다.

표 9. Choquet 퍼지적분을 이용한 평가결과
Table 9. Evaluation result using Choquet fuzzy integral

평가 대상	$h(\cdot)$		$g(\cdot)$		적분값
AS-IS	h(x2)-h(x5)	0.060	g(x2)	0.107	0.741
	h(x5)-h(x3)	0.053	g(x2,x5)	0.334	
	h(x3)-h(x1)	0.146	g(x2,x5,x3)	0.607	
	h(x1)-h(x4)	0.044	g(x2,x5,x3,x1)	0.658	
	h(x4)	0.599	g(x2,x5,x3,x1,x4)	1.000	
TO-BE	h(x1)-h(x2)	0.000	g(x1)	0.051	1.000
	h(x2)-h(x3)	0.000	g(x1,x2)	0.157	
	h(x3)-h(x4)	0.000	g(x1,x2,x3)	0.430	
	h(x4)-h(x5)	0.000	g(x1,x2,x3,x4)	0.773	
	h(x5)	1.000	g(x1,x2,x3,x4,x5)	1.000	

V. 결론

Stephen Brown은 "RFID 시스템 도입은 성공을 향한 일보의 전진이라는 것은 의심할 바 아니지만 명심해야 할 것은 지금 이 순간에도 많은 RFID system에 둘러싸여 있지만 그것의 도입이 모든 사업에 적합하다고 할 수 없다는 사실이다" 라고 말하고 있듯이[22], RFID system 도입 시에 유효성분석은 매우 중요하다.

또한 RFID 시스템 도입을 위한 유효성 평가에 있어서 정성적 요인만을 고려하여 분석하는데 있어서 많은 애로사항이 발생하고 있다. 일반적으로 비용(cost) 대비 효과(benefit) 기반의 분석인 ROI(Return On Investment)분석은 계량 가능한 경제적 효과에만 중점을 두고 있기 때문에 잠재적인 전략효과는 분석에 포함시키지 못하고 있다. 그러나 최근 기업들은 전략적인 목적으로 신기술을 도입하는 경향이 두드러지게 나타나고 있는 추세이기 때문에 전략적 가치에 대한 정성적 효과도 분석에 함께 고려될 것을 기대하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 RFID 시스템의 도입이 해당 기업의 사업에 대한 효과성을 파악하기 위하여 정량적 분석뿐만 아니라 정성적 분석을 동시에 수행하여 보다 합리적인 의사결정을 도출할 수 있도록 Choquet 퍼지적분을 이용한 유효성 평가모형을 개발하여 실제기업인 C사의 RFID 시스템 도입에 대한 유효성을 평가하였다. 본 연구결과를 종합해보면 다음과 같다.

첫째, 합리적인 유효성평가를 수행하기 위하여 평가척도를 물류활동의 순차적 흐름에 따른 평가영역인 조달물류, 사내물류, 판매물류, 리버스물류 및 품질/서비스로 1차 분류하였고, 2차 분류에서는 정량적 그리고 정성적으로 나누어 평가변수를 정의하였다. 둘째, 국내 C사의 경우 물류활동 영역들 중에서는 RFID 시스템 도입으로 인하여 가장 큰 효과가 창출될 것으로 기대하는 영역이 리버스물류영역인 것으로 나타났고, 그 다음으로는 판매물류영역, 품질/서비스영역, 사내물류영역 및 조달물류영역인 것으로 나타났고, 셋째, C사의 RFID 시스템 도입 유효성 평가에서 유효성이 있는 것으로 나타나 RFID 기반 물류활동으로 유형적 및 무형적 효과를 창출하는 것으로 분석되어졌다.

추후 연구과제로는 ROI분석 모델과 본 연구에서 제안하는 평가모형을 통합시키고 동종업종에 대한 심층(In-depth)분석을 수행하여 경쟁력지수를 개발하고자 하며 이를 통해 RFID 시스템 도입에 따른 벤치마킹 참조모델을 제안하고자 한다.

참고문헌

[1] 김진노, 소홍석, 정하재, "RFID 구축사례 심층분석," 전자통신동향분석, 제21권, 제2호, 161-169쪽. 2006년 4월.

[2] 노귀용, 송진국, 정창렬, "u-창고관리를 위한 RFID 테그 기반의 위치 보정 기법," 한국컴퓨터정보학회 논문지, 제14권, 2호, 149-155쪽, 2009년 2월.

[3] 정경권, 박현식, 최우승, "RFID를 이용한 일상생활 모니터링 시스템 개발," 한국컴퓨터정보학회 논문지, 제14권, 제7호, 49-56쪽, 2009년 7월.

[4] IDTechEx, *http://www.idtechex.com.*

[5] 경기대학교, "*제품의 수리 및 반품 관련 역물류 프로세스 설계*," 지식경제부 u-Green Logistics Solution 및 Service 개발 2차년도 연구보고서,70-74쪽, 2009년 6월.

[6] 김천곤, "물류산업의 RFID 활용사례와 정책방향," KIET 산업경제, pp. 3-13, 2009년 6월.

[7] 주종문, "*퍼지적분을 이용한 기업우량도 평가모델*," 경남대학교 대학원 석사학위논문, 1997년.

[8] Chen, Y. W. and Tzeng G. H., "Using fuzzy integral for evaluating subjectively perceived travel costs in a traffic assignment model," European Journal of Operational Research, Vol. 130, No. 3, pp. 653-664, 2001.

[9] Murofushi T. and Sugeno, M., "An interpretation of fuzzy measures and the choquet integral as an integral with respect to a fuzzy measure," Fuzzy Sets and Systems, Vol. 29, No. 2, pp. 201-227, 1989.

[10] 이철규, 오주삼, 조윤호, "퍼지적분에 의한 국도에서의 ITS 구축우선순위 결정방안," 대한토목학회논문집, 제22(3-D)권, 471-481쪽, 2002년.

[11] 금종수, 양원재, “퍼지측도 및 쇼케적분을 이용한 연안해역의 통항 안전성 평가에 관한 연구,” 한국항해항만학회지, 제28권, 제5호, 395-403쪽, 2004년.
[12] 이철영, 이석태, “상호연관성을 지닌 계층구조형문제의 평가 알고리즘,” 한국항만학회지, 제7권, 제1호, 5-12쪽, 1993년.
[13] Tskamoto, Y., "Transformation form probability measures to fuzzy," Journal of Japan Automatic Measurement and Control, Vol. 19, No. 3, pp. 269-270, 1982.
[14] 김재환, 이상엽, “퍼지기반의 부동산개발프로젝트 리스크 평가,” 주택연구, 제14권, 제2호, 5-38쪽, 2006년.
[15] Sugeno, M., Narukawa, Y. and Murofushi, T., "Choquet integral and fuzzy measures on locally compact space," Fuzzy Sets and Systems, Vol. 7, No. 2, pp. 205-211, 1998.
[16] Tseng, F. M. and Chiu, Y. J., "Hierarchical fuzzy integral stated preference method for Taiwan's broadband service market," The International Journal of Management Science, Omega 33, pp. 55-64, 2005.
[17] Kearney, A. T., "Measuring and Improving Productivity in Physical Distribution," National Council of Physical Distribution Management, pp. 37-48, 1984.
[18] Coyle, J. J., Bardi, E. J. and Langley Jr, C. J., *The Management of Business Logistics*, MN: West Publishing Co, 1992.
[19] Mentzer, J. T. and Firman, J., "Logistics Control System in the 21st Centry," Journal of Business Logistics, Vol. 15, No. 1, pp. 215-227, 1994.
[20] Germain, R., Cornelia D. and Nancy S., "The Implications of Just-In-Time for Logistics Organization Management and Performance," Journal of Business Logistics, Vol. 17, No. 2, pp. 19-34, 1996.
[21] Bowersox, D. J., Closs, D. J. and Helferich, *Logistical Management*, Macmillan Publishing Co., pp. 497-506, 1986.
[22] EPCglobal US Releases, "EPC Value Model to Identify Value of RFID Technology Investments", *http://www.stanford.edu/group/scforum/Welcome*.

저 자 소 개

최 용 정
2001: 경기대학교 산업공학과 공학석사
2008: 경기대학교 산업공학과 공학박사
2008-2009:
KRRI 국가물류표준화연구단
2009-현재: 경기대학교 산업기술종합 연구소 상임연구원
관심분야: Green Logistics, Service Quality, Fuzzy theory.

한 대 희
1999: 경기대학교 산업공학과 공학석사
2008: 경기대학교 산업공학과 공학박사
2006-2008:
대림대학 산업경영과 전임강사
2009-현재: 경기대학교 산업기술종합 연구소 상임연구원
관심분야: Green Logistics, RFID

정 해 준
2003: 경기대학교 산업공학과 공학석사
2008: 경기대학교 산업공학과 박사수료
2007-현재:
GLOBE 사업단 경기대 연구원
관심분야: e-SCM, ROI, Green Logistics, QMS

한 우 철
건국대학교 산업공학과 공학박사
현재: 대림대학 산업경영과 교수
관심분야: 품질경영시스템, 경영정보시스템

김 현 수
1988: Ohio State Univ. 산업공학과 공학석사
1996: Ohio State Univ. 산업공학과 공학박사
1997-현재:
경기대학교 산업경영공학과 교수
관심분야: Reverse Logistics, Green Logistics, e-SCM