

시스템 다이내믹스를 활용한 RFID 도입 효과 분석

Analysis of RFID Utilization using System Dynamics

- ▶ 투고자 : 백승원 (고려대학교 디지털경영학과)
- ▶ 원고 매수 : 표지(1), 본문 및 참고문헌(), 저자 약력(1)
- ▶ 그림의 수 : 8개

시스템 다이내믹스를 활용한 RFID도입 효과 분석

백승원, 김동완, 주정은, 구상희

Analysis of RFID Utilization using System Dynamics

Sung-won Baek, Dong-wan Kim, Jung-eun Ju, Sang-hoe
Koo

국문요약

유비쿼터스 시대가 도래하면서 많은 기업들이 RFID(Radio Frequency Identification)의 도입에 대한 관심을 보이고 있다. 그러나 RFID의 도입 비용이 높고, 도입 후 효과에 대한 예측이 어렵기 때문에 기업은 도입을 미루고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 시스템 다이내믹스 방법론을 활용하여, 소매업이 RFID 시스템 도입을 할 때, 기업의 수익 및 업무 효율성, 고객 만족도에 미치는 효과를 분석하는 모델을 구축하고 시뮬레이션을 수행하였다. 이러한 분석과정을 통해, RFID의 활용은 매장 및 창고관리자동화에 긍정적인 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다. 또한 자동화에 가장 큰 영향을 미치는 요인으로는 자동화 수준임을 밝혔으며, 자동화 수준이 높아지게 되면, 수익과 업무효율 및 고객 만족도가 증가됨을 확인할 수 있었다.

Keyword : RFID, 시스템 다이내믹스, 창고관리자동화, 매장관리자동화

1. 서론

한국 RFID/USN협회에 의하면 RFID 시장규모는 2003년 549억 원에서 2006년에는 2,368억 원에 이르렀으며, 2007년 올해는 더욱 증가하여 시장 규모가 4,716억 원에 이를 것으로 예측된다[RFID Journal KOREA 2007.01]. RFID 기술이 적용 가능한 산업분야로는 유통, 물류, 제조, 의약, 건설, 통신 등으로 매우 다양하며, 그 중에서 물류 및 유통분야에서의 활용이 가장 활발한 편이다. 소매업의 경우 세계적 소매업체인 월마트를 필두로 하여 많은 해외 성공 사례가 보여 지고 있으며, 국내 소매업에서도 RFID를 유통 업무에 도입한 사례가 나타나고 있다. L마트의 경우 서울역점을 시작으로 스마트 선반을 이용해 일부 상품의 정보와 재고 수량을 실시간으로 파악하는 미래형 점포를 시범 운영하고 있다. 또한, E마트는 무인계산대와 휴대폰을 이용한 결제서비스를 사용 중에 있다[서울경제신문 2007.01.24]. 하지만 이러한 성장세에도 불구하고 물류, 유통 분야의 경우, RFID 도입을 고려하고 있는 기업은 33.7%에 불과한 것으로 조사되었다[RFID Journal KOREA 2007.01]. 이는 기업들이 RFID 기술의 유용성에 대해서는 인식하고 있음에도 불구하고, 도입 효과를 분석할 수 있는 모델이 존재하지 않아서 도입에 대한 의사결정을 미루고 있기 때문으로 판단된다. 또

한 기업이 모델을 가지고 효과 분석을 한다 하더라도 대개 단기적 관점으로 분석하는 경우가 일반적이기 때문에, 도입효과가 장기적으로 발생하는 RFID 시스템의 경우에는 특히 더 그러하다. 이에 본 연구에서는 소매업의 RFID 도입 후 효과를 장기적인 관점에서 분석할 수 있는 모델을 제시하고, 분석의 결과를 토대로 기업의 RFID 도입 의사 결정을 지원하고자 한다.

2. 배경연구

본 연구에서는 시스템 다이내믹스 방법을 활용하여, 소매업에서의 RFID 도입 효과에 대하여 분석한다. 본 장에서는 본 연구의 방법론인 시스템 다이내믹스에 대해 소개하고, 연구의 대상인 RFID의 개념 및 RFID 도입 효과 분석에 관련된 기존 연구에 대해 간략히 살펴본다.

2.1 시스템 다이내믹스(System Dynamics)

1950년 MIT의 Jay W. Forrester교수에 의해 개발된 산업동태론[Jay W. Forrester 1961]에서 출발한 시스템 다이내믹스는 사회과학, 자연과학, 공학으로 적용 영역이 점차 확대되어 가고 있다[김도훈 2001]. 시스템 다이내믹스에서는 대상 시스템을 구성하는 요소들을 순환적 인과관계나 피드백 구조로 모델링하며, 그 모델을 기반으로 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하여, 시뮬레이션 결과를 분석함으로써, 주어진 시스템이 갖는 문제의 해결 방법을 찾는다.

2.2 RFID(Radio Frequency Identification)

RFID란 라디오 주파수를 이용하는 무선인식장치기술이다. RFID의 가장 일반적인 의미로는 태그에 저장된 데이터를 리더기를 이용하여 수집한 후, 애플리케이션을 이용하여 해당 정보를 해석하는 기술을 의미한다[엄경섭 2004]. 최근에는 RFID 태그의 기술이 더욱 소형화, 지능화 되면서, 일상생활에 다양한 분야로 활용 영역이 확대되고 있다[Jeremy Landt 2001].

지금까지 진행되어 온 RFID 도입 효과 분석에 관한 연구는 크게 사례를 통해 그 효과를 분석한 연구[엄경섭 2004, 정수환 2006, 최정목 2005]와 주요성공요인을 밝혀내고 각 요인별 효과를 측정하는 연구로 나눌 수 있다[정성영 2005].

RFID 도입에 대한 사례 연구는 해외사례를 통한 연구[엄경섭 2004]와 제조업, 물류업, 소매업 등 산업별로 사례를 분석한 연구를 들 수 있다[정수환 2006].

RFID 도입 효과에 관련된 연구로는 SWOT분석방법을 이용하여 도입 효과를 분석한 연구[정수환 2006], 운영, 전략, 재무 등 경영 분야별로 나누어 효과를 분석한 연구[최정목 2005], 전문가 인터뷰를 통해 RFID 도입의 주요성공요인(Critical Success Factor)을 밝힌 연구[정성영 2005] 등이 있다.

이러한 RFID 사례 연구 및 도입 효과 분석에 관한 기존 연구들은 단기적인 관점에서 도입 효과를 측정하거나, 단순히 기대되는 RFID 도입 효과를 전문가의 직관이나 문헌연구를 통

해 제시한 경우가 대부분이다. 하지만 RFID 시스템은 도입 즉시 그 효과를 측정할 수 있는 시스템이 아니기에, RFID 도입 효과는 장기적인 관점에서 그 효과가 측정되어야 한다. 이에 본 연구에서는 시스템 다이내믹스 방법론을 통해 RFID 시스템의 도입으로 인해 영향을 미치는 각 요소들을 밝혀내고, 이들 요소들 간의 인과 관계를 바탕으로 도입 효과 측정 모델을 구축하고자 한다. 그리고 구축된 모델을 이용하여 RFID 도입 효과를 장기적이며 동태적인 관점에서 분석을 하고자 한다.

3. RFID 도입효과분석모델

본 장에서는 본 연구의 핵심인 RFID 도입효과 분석 모델을 설명한다.

3.1 연구방법

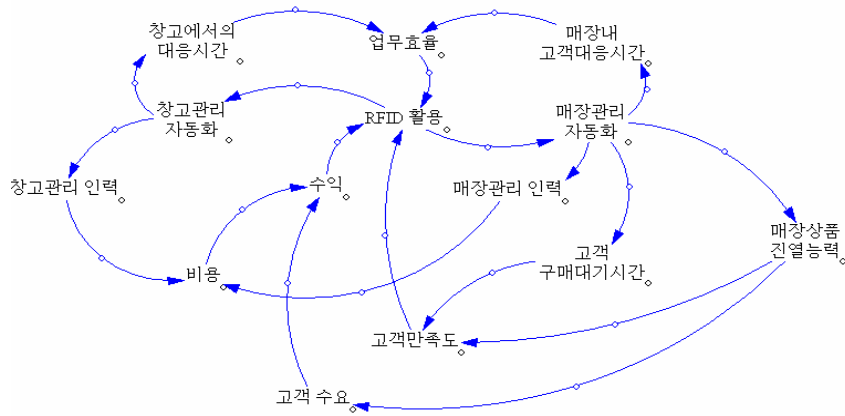
본 연구에서는, 먼저 분석의 목적 및 범위를 정하고, 정해진 목적 및 범위에 맞도록 모델을 구축한 후, 구축된 모델을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 분석 모델은 먼저, RFID 도입 효과 분석에 필요한 요소들을 밝혀내고, 이들 간의 인과 관계를 규명하여 인과지도를 작성한 후, 이를 바탕으로 시뮬레이션이 가능한 분석모델로 변환하여 작성하였다.

3.2 분석의 목적 및 범위

본 분석의 목적은 소매업에서 RFID 시스템을 적용하였을 때, 그 효과를 예측하고자 하는 것이다. RFID의 도입 효과는 RFID의 용도를 고려할 때, 창고 관리 부분과 매장 관리 부분으로 한정하였다.

3.3 인과지도

분석 모델은 인과지도를 근거로 작성된다. 인과지도는 모델을 구성하는 요인 사이의 인과관계를 도식화 한 것이다. RFID도입 효과 분석에 필요한 인과지도는 (그림 1)과 같다.



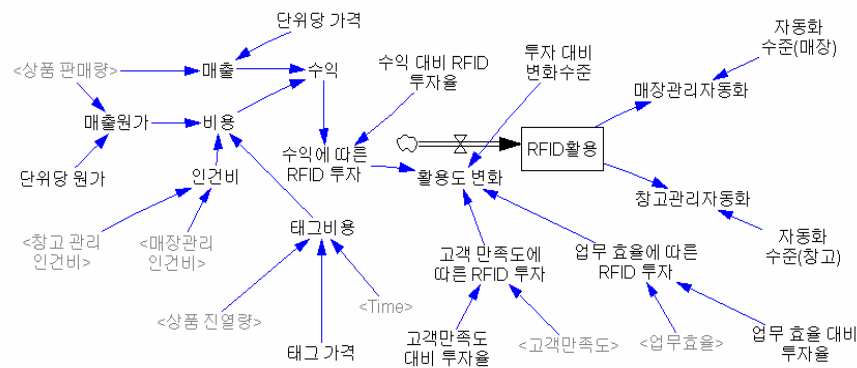
(그림 1) RFID 도입 효과 분석에 필요한 인과지도

(그림 1)에 명시된 인과관계를 설명하면 다음과 같다. RFID는 주로 매장관리 자동화와 창고 관리 자동화에 활용된다. 첫째, 매장관리 자동화의 경우, RFID를 활용하면, 매장관리의 자동화 수준이 향상되게 되며, 이에 따라 결품률 및 상품 파악시간, 구매대기시간이 줄어들게 된다. 결품률과 구매대기시간은 고객만족도에, 상품파악시간은 업무효율성에 영향을 주게 된다. 둘째, 창고관리 자동화의 경우, 이로 인해 재고파악시간이 줄어들게 된다. 줄어든 재고파악시간은 업무 효율성에 영향을 미친다. RFID 도입 효과는 활용도의 증가에 의해 영향을 받는데, 활용도의 증가는 고객만족도, 업무효율, 수익에 의해 영향을 받게 된다.

3.4 분석모델 구축

본 절에서는 앞 절에서 생성한 인과지도를 바탕으로 시뮬레이션을 위한 분석모델을 구축한다. 모델 및 시뮬레이션을 위해 본 연구에서는 Vensim_PLE (<http://www.vensim.com>) 라는 시스템 다이내믹스 분석 툴을 사용하였다. 분석모델은 RFID 활용, 매장관리 및 창고관리, 매장 및 창고 인건비에 대한 부분으로 나누어 구축하였다.

3.4.1 RFID 활용 모델



(그림 2) RFID 활용과 관련한 모델

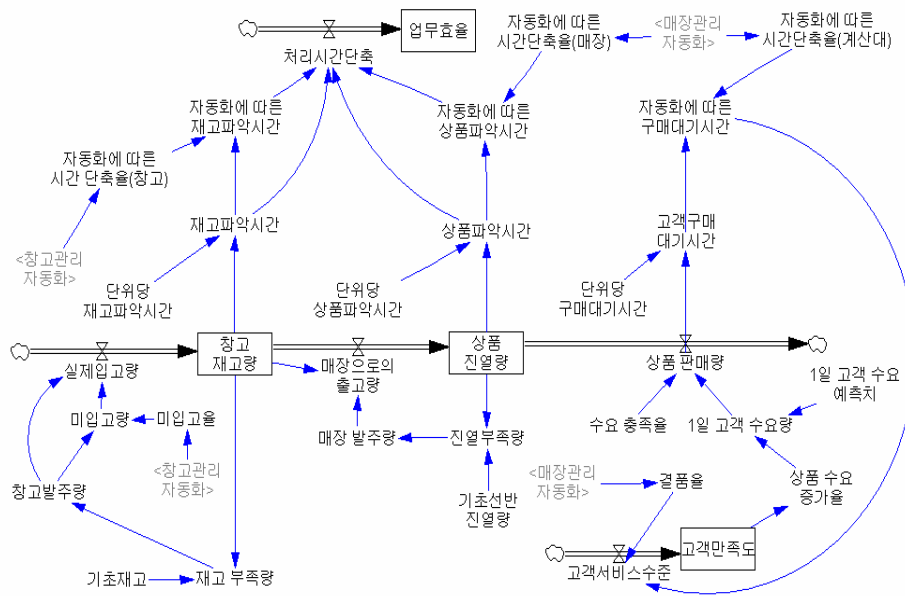
RFID 활용에 대한 모델은 위의 (그림 2)와 같다.

RFID 활용은 활용도 변화 정도에 따라, 그 수준이 결정된다. RFID 활용도 변화는 RFID 투자비율에 영향을 받는데, RFID 투자비율은 수익, 고객만족도, 업무효율의 변화에 의한 투자비율로 구성된다. 여기서 수익은 매출에서 비용을 뺀 것이다. 그리고 고객만족도와 업무효율 등은 매장관리와 창고관리 모델에 의하여 결정된다.

또한 RDID 활용은, 모델에 나타난 바와 같이, 매장관리 자동화와 창고관리 자동화에 영향을 주게 된다. 여기서 매장관리 자동화는 매장 내 진열된 상품을 파악하는 데 소요되는 시간 및 인력 수, 판매된 제품에 대한 정보전송능력을 의미한다. 그리고 창고관리 자동화는 창고의 재고파악 및 재고보충, 검품, 수주 및 발주에 걸리는 시간 및 인력의 수 등을 나타낸다.

3.4.2 매장관리 및 창고관리 모델

매장관리 및 창고관리 모델은 (그림 3)에 나타난 바와 같다. RFID는 매장 및 창고 프로세스의 일부분에만 적용되어 활용되므로 이에 관련한 부분만을 모델 적용 대상으로 하였다. 특히 창고관리 부분의 경우 실제 RFID 적용으로 인해 영향을 받는 부분만을 고려하여 모델화하였다.

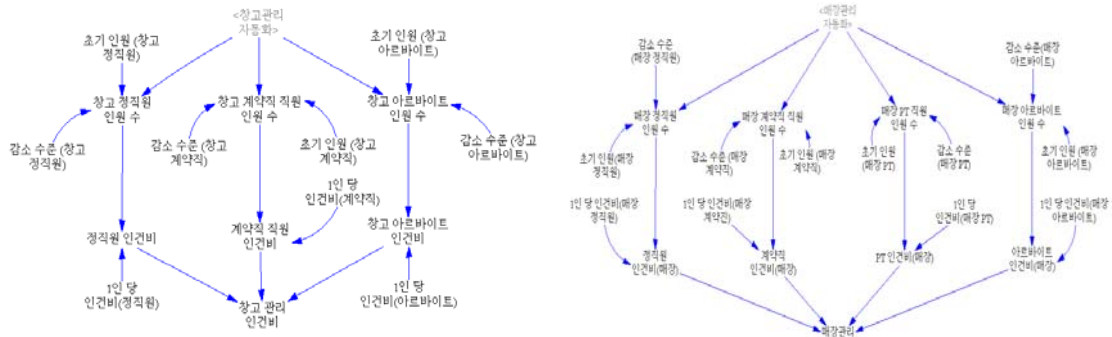


(그림 3) 소매업 프로세스와 자동화 모델

모델의 윗부분은 창고와 매장부분에서 자동화 수준에 관한 부분으로, 처리시간 단축 량은 재고파악시간, 상품파악시간, 구매대기시간의 영향을 받게 된다는 인과관계를 모델화한 것이다. 모델의 오른쪽 부분은 매장관리 자동화로부터 고객 만족도에 이르는 인과관계를 보여 주고 있다. 모델의 왼쪽 하단 부분은 창고관리 자동화 수준에 따른 창고 재고량의 변화 관계를 보여준다.

3.4.3 매장 및 창고 인건비 모델

매장 및 창고 인건비에 대한 부분을 모델로 나타낸 것이 (그림 4)와 같다.



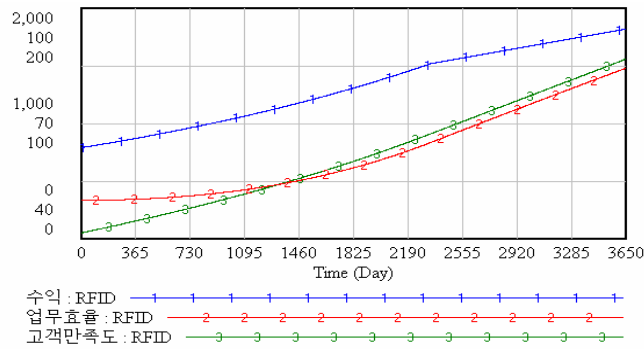
(그림 4) 창고 및 매장 인건비 모델

RFID를 도입하여 매장 및 창고 자동화 수준이 향상되면, 창고직원의 초기인원과 감소인원이 산출되고, 감소 인원과 1인당 인건비에 의하여 인건비 감소액이 산출된다. 매장관리 및 창고관리의 인력은 정규직원, 계약직직원, 파트타이머(Part Timer), 아르바이트(Arbeit) 등으로 구성되며, 인건비 감소액은 구성원 별로 산출된다. 초기인원이란 RFID 시스템을 도입하기 이전에 투입하였던 인원을 의미한다. 초기 도입 시점에서 RFID 활용 수준이 100%에 이르는 시점까지, 인원은 초기인원으로부터 최소 필요인원까지 지속적으로 감소할 것으로 가정한다.

3.4.4 시뮬레이션

본 절에서는 RFID 활용에 따른 수익 및 고객만족도, 업무효율의 변화를 예측하기 위해 시뮬레이션을 실행한 결과를 설명한다. 기간은 1일 단위로 변화모습을 분석하였으며, 최장 10년까지 총 3,650일간의 변화를 분석하였다.

(그림 5)는 시간의 흐름에 따라 수익, 업무효율, 고객만족도에 대한 시뮬레이션 결과를 그래프로 나타낸 것이다. 그림에 따르면, RFID 시스템이 도입됨에 따라 창고관리자동화 및 매장관리자동화 수준은 높아지고, 이에 수익, 업무효율, 고객만족도는 증가함을 확인할 수 있다. 이렇게 증가된 수익, 업무효율, 고객만족도는 자동화 수준에 다시 피드백 되어 긍정적인 영향을 주게 된다.

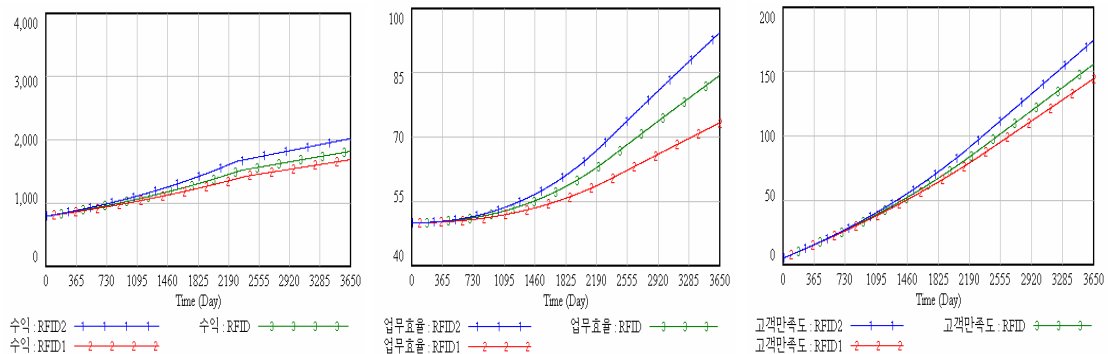


(그림 5) 수익 업무효율, 고객만족도의 변화

모델에 의하면, 매장관리 자동화 및 창고관리 자동화에 가장 큰 영향을 미치는 변수로 자동화수준(매장)과 자동화수준(창고)으로 나타난다. 여기서 자동화 수준이란 매장 및 창고 내에서 RFID를 실제 작업에 활용하고 있는 수준을 말한다. 따라서 자동화 수준 정도를 변화시켜서 시뮬레이션을 해 봄으로써 수익, 업무효율, 고객만족도의 변화를 예측해 보았다.

(그림 6)은 매장 및 창고관리자동화 수준을 변화시킬 때에, 수익 및 업무효율성 그리고 고객만족도의 변화 모양을 나타내는 그래프이다.

만약에 매장 및 창고의 자동화 수준이 1인 경우는 매장 및 창고에 RFID가 도입되어 최소한의 인력으로 운영되어, 업무 자동화가 완전하게 이루어진 것이다. RFID1은 매장 자동화 수준을 0.5 그리고 창고 자동화 수준을 0.6으로 설정한 경우이며, RFID2는 매장 자동화 수준을 0.8, 창고 자동화 수준을 0.9로 설정한 경우이고, RFID은 매장의 자동화 수준을 0.65 창고의 자동화 수준을 0.75로 설정한 경우이다. 위 그래프들의 결과를 살펴보면, 매장 및 창고의 자동화 수준이 높을수록 수익 및 업무효율, 고객만족도의 증가 폭이 시간의 흐름에 따라 점차 커지는 것을 확인할 수 있다. 이는 자동화 수준과의 관계가 양의 피드백 루프를 형성



(그림 6) 자동화 수준에 따른 수익, 업무효율, 고객만족도의 변화

하기 때문이다. 따라서 기업의 경영진들은 RFID 도입에 그치지 않고 자동화 수준을 높이기 위한 전략을 세운다면, 좀 더 빠른 기간 내에 도입 효과를 향상시킬 수 있을 것이다. 전략의 예로 RFID를 업무에 활용시키기 위해 종업원을 대상으로 교육 프로그램을 운영한다든가, 고객을 대상으로 RFID 사용을 유도하는 캠페인을 실시하는 등의 전략 등이 있을 것이다.

4 결론 및 한계

많은 기업들이 RFID의 유용성을 인식하고 있음에도 불구하고, 그 효과에 대한 불확실성 때문에 RFID 도입을 결정하지 못하고 있다. 이에 본 연구는 소매업에서의 RFID 도입 후 효과를 분석할 수 있는 모델을 제시하고자 한다.

기존의 RFID 효과분석 관련 연구들은 단기적인 관점에서 보여 지는 효과를 분석하거나, 각 요소간의 선형적인 상관관계의 규명에만 초점을 맞추고 있다. 하지만, RFID는 도입 후 즉시 그 효과를 볼 수 없고, 장기적인 관점에서 분석해야 하며, 여러 요인들 간의 인과관계 및 피드백 구조를 고려해야 올바른 효과를 측정할 수 있다. 이에 본 연구는 동태적 관점에서 각 요인들 간의 인과관계 및 피드백 구조로 모델을 작성하기에 유용한 시스템 다이내믹스 방법론을 이용하여 분석을 수행하였다. 본 연구에서 제시한 모델은 매장관리와 창고관리, 특히 매장관리에 중점을 둔 모델이다. 분석을 위해, 먼저 RFID의 효과 분석을 위한 인과지도를 작성하고, 둘째, 이 인과지도를 기반으로 분석모델을 구축하였고, 마지막으로 구축한 모델을 이용하여 시뮬레이션을 실행하였다.

시뮬레이션 결과, RFID 활용 증가로 인해 매장관리 자동화 수준이 높아지면, 소요되는 인력은 줄어들어 인건비를 감소시키고, 상품과약시간 및 고객 구매대기시간이 단축되어 업무 효율은 높아지게 된다는 사실을 확인하였다. 또한 상품의 결품률이 떨어지고 구매대기시간이 단축됨에 따라, 대고객서비스수준도 높아짐을 확인할 수 있었다. 그리고 창고측면을 살펴보면, RFID의 활용이 늘어날수록 매장과 마찬가지로 인건비가 줄어들며, 발주에 대한 미입고율이 줄어들게 되고, 재고과약시간이 줄어들어 업무효율이 높아지게 된다.

또한 매장과 창고의 자동화 수준이 높아지면, RFID 활용을 더욱 높아진다는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 자동화 수준을 높이기 위해서는 RFID 관련 교육 프로그램을 운영한다거나, 캠페인을 통한 고객 이용을 유도하는 등의 노력이 필요하다.

그리고 본 연구의 모델에서의 각 수식에서 필요한 상수 값은 안산 A마트의 전문가의 인터뷰를 통해 획득한 데이터를 바탕으로 작성하였다. 하지만 일반적인 소매업의 특성을 고려하여 모델을 구축하였기 때문에 초기 상수 값이나 수식을 일부만 변형하면 RFID 도입 효과 분석의 틀로 이용 가능할 것이다.

본 연구는 소매업 내 여러 프로세스 중에서 창고관리와 매장관리 측면만을 한정하여 RFID 효과를 분석하는 모델로 구축하였다. 따라서 물류부분(SCM) 중에서 외부 업체와의 연계되어 있는 부분은 아주 단순화하거나 고려대상에서 제외하였다. 또한 정보가 부족하거나 정성적인 특성을 지닌 일부 변수의 경우, 단순한 수식이나 상수 값으로 가정하여 모델을 구축하였다. 또한 시뮬레이션 기간도 RFID 도입 후 10년이라는 기간 동안, RFID 활용이 100%에 도달하게 될 것이라는 가정 하에서 시뮬레이션을 진행한 점도 있다. 따라서 향후 연구에서는 이러한 부분까지 고려한다면, 효과분석을 더욱 더 정교하게 할 수 있을 것이다.

또한 RFID의 활용분야는 매우 다양하므로 소매업뿐 아니라 다른 산업분야에서도 효과를 분석할 수 있는 모델이 필요하다. 이에 향후 일반적으로 통용할 수 있는 RFID 효과 분석 모델에 대한 연구가 수반되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 김도훈, 「시스템 다이내믹스」, 대영문화사, 2001
- [2] 김사혁, "RFID 도입 비용에 대한 산업 분석 동향", 「정보통신정책」, 제 16권, 제 3호, 통권 341호, 2004, pp.80
- [3] 심성재, "RFID기술의 활용과 전망", 「한국외국어대학교 외국학 종합연구센터 국제지 역정보」, 제 9권, 제 1호, 통권 138호, 2004
- [4] 엄경섭, "해외 RFID 도입 사례 분석을 통한 산업별 도입 기대효과에 관한 연구", 경희대학교 석사학위논문, 2004
- [5] 이순희, "시스템 다이내믹스를 이용한 비만인의 에너지 균형 모델 개발", 중앙대학교 박사학위논문, 2003
- [6] 정성영, "RFID시스템의 주요성공요인과 성과측정에 관한 연구", 중앙대학교 석사학위 논문, 2005
- [7] 정수환, "RFID 도입 사례 분석을 통한 산업별 기대효과에 관한 연구", 단국대학교 석사학위논문, 2006
- [8] 최정목, "화장품업계의 제품추적시스템 적용기술 및 도입효과에 대한 연구", 단국대학교 석사학위논문, 2005
- [9] 한국전산원, "IT 정책 및 산업동향", 「IT ISSUES WEEKLY」, 2006, pp.1-13
- [10] Jay W. Forrester, *Industrial Dynamics*, M.I.T. Press, 1961
- [11] John D. Sterman, *Business Dynamics*, McGraw-Hill, 2000
- [12] Jenery Landt, "Shrouds of Time - The History of RFID", *AIM Publication*, 2001, pp.1-11
- [13] 서울경제신문, <http://economy.hankooki.com>
- [14] RFID Journal KOREA, <http://www.rfidjournal korea.co.kr>

저자 약력

1. 백승원

약 력 : 고려대학교 경영정보학과 학사

고려대학교 디지털경영학과 석사과정 재학 중(EC System 전공)

연락처 : paekmir@korea.ac.kr

2. 김동완

약 력 : 고려대학교 경영정보학과 학사

고려대학교 디지털경영학과 석사과정 재학 중(EC System 전공)

연락처 : jeros001@korea.ac.kr

3. 주정은

약 력 : 덕성여자대학교 경영학과 학사

고려대학교 디지털경영학과 석사(EC System 전공)

고려대학교 디지털경영학과 박사수료(EC System 전공)

연락처 : kquilt@korea.ac.kr

4. 구상회

약 력 : 고려대학교 경영학과 학사

미국 남가주대학교(University of Southern California) 전산과학과 석사

미국 남가주대학교(University of Southern California) 전산과학과 박사

현 고려대학교 경상대학 경영정보학과 교수

연락처 : skoo@korea.ac.kr