

국내 RFID 시장의 확산 분석 및 예측 모형

손동민 · 문성현 · 정봉주[†]

연세대학교 정보산업공학과

Analysis and Forecasting of Diffusion of RFID Market in Korea

Dongmin Son · Seonghyeon Moon · Bongju Jeong

Department of Information and Industrial Engineering, Yonsei University

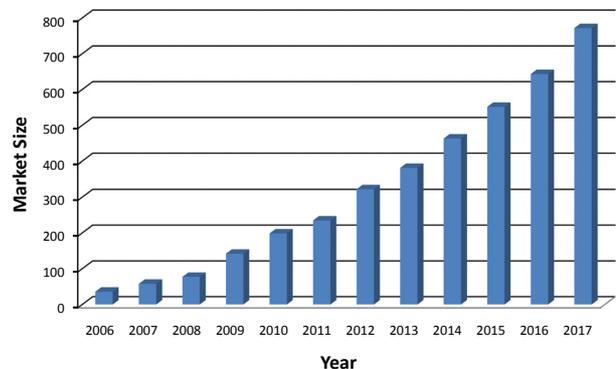
In recent decades, RFID (Radio Frequency IDentification) technology has been recognized as one of the most core competencies in implementing ubiquitous society. However, Korea has not seen good success in diffusion of RFID even though Korean government continues funding many projects to diffuse the technology in industries. Most previous researches overestimate the growth of Korean RFID market in contrary to real market situation. This study aims to analyze the Korean RFID market and find a reasonable forecasting model for it. Our experimental results show that Bass forecasting model provides the more realistic estimates than any other models and the analyses of forecasting error provide useful information for the better forecasting. We also observed that government policy plays a crucial role in the diffusion of RFID technology in Korea.

Keywords: RFID Market, Forecasting of Diffusion, Diffusion Model, Government Policy

1. 서론

RFID(Radio Frequency IDentification)는 각 주파수 대역에 해당하는 RF 신호를 사용하여 객체들을 식별하는 비접촉 인식 기술로서(Jeong, 2005), 초창기에는 아군과 적군을 구별하는 신호를 보내는 용도로 군용 항공기에서 사용되었다. 2000년대 초반 이후에는 사람 중심에서 사물 중심으로 컴퓨팅의 주체가 변화된 유비쿼터스 컴퓨팅 시대가 본격적으로 도래함에 따라, Ubiquitous-Life를 실현시켜줄 핵심 기반 기술로 RFID가 각광받기 시작했다. 또한 RFID는 IC 칩과 무선을 통해 식품, 동물, 사물 등 다양한 개체의 정보를 초소형 칩에 내장시켜 이를 무선주파수로 추적할 수 있도록 함으로써, 우리 생활의 모든 분야, 식료품부터 축산물 관리, 폐기물 관리, 환경관리, 물류, 유통, 보안 등 다양한 영역에 이르기까지 비즈니스 혁신을 가져다줄 것이며, 삶의 질 또한 획기적으로 개선시켜 줄 것으로 기대되었다(Jang, 2004). 이러한 기대는 RFID 시장의 급속한 성장을 이끌었으며, 2017년에는 771억불에 달하는 세계 RFID 시

장이 형성될 것이라고 전망하였다(<Figure 1> 참고).



Source : IDTechEx, BCC, VDC, FUji-Kezai, Frost and Sullivan, NIPA 자료 기반 추정, ETRI(2008. 5).

Figure 1. Forecasting of the Global RFID Market

RFID의 중요성이 증가함에 따라 세계 각국에서 RFID 확산

본 논문은 정석물류학술재단 지원에 의하여 연구되었음.

[†] 연락저자 : 정봉주 교수, 120-749 서울시 서대문구 연세로 50(신촌동), 연세대학교 정보산업공학과, Fax : 02-2123-4013,

E-mail : bongju@yonsei.ac.kr

2013년 12월 11일 접수; 2014년 3월 24일 수정본 접수; 2014년 5월 17일 게재 확정.

을 위한 신기술 개발, 표준화 사업 등을 지속적으로 추진하고 있으며, 성공 사례(Best Practice)도 점차 늘어나고 있다. 반면 국내에서는 2003년 이전까지 RFID 관련 확산 성공 사례가 거의 전무한 실정이었으나 2003년부터 정부 주도 하에 RFID 시범 사업을 적극 추진하였고, 2004년 'IT-839 정책', 2007년 'RFID/USN 확산 종합대책' 등을 발표하면서 RFID 확산에 많은 노력을 기울여 왔다.

하지만 정부의 이러한 노력에도 불구하고 실제로 RFID를 사용하는 산업 내 종사자들의 만족도는 낮은 수준이었다. 2009년 국내 RFID/USN 산업 실태조사에 따르면 공공·민간 부문 238,465개 사업체(수요자) 중에서 RFID/USN 시스템을 도입한 사업체는 20,169개(8.46%)에 불과하며, 이들 중에서도 17,429개 사업체는 추가 도입 계획이 없다고 응답했다. 또한 RFID/USN 시스템을 도입하지 않은 210,592개 사업체의 34.8% (73,286개)는 현재 사용 중인 시스템만으로 충분하다는 반응을 보였는데, 이는 RFID 시스템이 기존 시스템에 비해 훨씬 우수한 성능을 갖고 있음에도 불구하고 현장의 인식률은 현저히 낮다는 것을 알 수 있게 해주는 조사이다. 그럼에도 많은 연구자 및 전문가들은 국내 RFID 시장의 초기 급격한 성장에 고무되었고, 장밋빛 미래를 전망하였다. 일례로 한국 RFID/USN 융합협회는 2010년도 4/4분기 RFID/USN 관련 산업동향 보고서에서 2011년 국내 RFID 시장 규모가 8,973억 원에 이를 것으로 전망하였으나 실제 2011년도 국내 RFID 시장 규모는 7,220억 원에 그쳤다. 이는 2003년부터 2010년까지 RFID 시장의 연평균 성장률을 이용해 단순 예측한 결과로서 부정확할 뿐만 아니라 과도한 기대감을 형성하게 하는 부정적 효과도 있다.

또한 한국전자통신연구원은 2013년에 국제 RFID 시장의 규모가 381억 달러에 달할 것이라고 예상하였으나(Figure 1) 참고), 실제 2013년 국제 RFID 시장 규모는 78억달러에 그칠 것으로 조사되고 있다(출처: IDTechEx RFID 분야 시장전망 보고서). 심지어 이 보고서에서는 2024년 국제 RFID 시장 규모가 300억 달러에 달할 것이라고 전망하고 있지만, 최근 몇 년간 경험한 예측치와 실제 규모 간의 차이는 이 예측치가 신뢰할 수준의 값이 아니라는 사실을 알려준다. 많은 주요 기관들의 시장 규모 예측 오차가 이와 같이 큰 이유는 이들의 예측이 연평균 성장률(Compound Annual Growth Rate; CAGR)이나 세계 IT 시장 내 국내 IT 시장 점유율 등의 간단한 지표로 근거로 이뤄져 왔기 때문이며, 보다 현실적이고 정확한 예측이 필요하다고 판단된다.

이에 본 연구는 국내 RFID 시장의 확산 예측을 실시하고, 오차 요인 분석을 통해 보다 현실적인 확산 예측 모형에 대한 가능성을 타진해보고자 한다. 이를 위해, 국내 RFID 시장 규모 데이터를 기본적인 세 가지 확산 모형에 적용한 뒤, 이를 가장 잘 설명할 수 있는 모형을 도출하고자 한다. 그리고 해당 확산 모형의 예측치와 실제 시장규모 간의 차이가 발생한 원인을 분석하여 예측 오차를 줄일 수 있는 수정된 확산 예측 방법을 제시하고, 최종적으로는 수정된 확산 모형을 활용한 국내

RFID 시장의 확산 예측을 통해 향후 전망을 살펴본다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 RFID 시장 확산 예측 및 전략 연구와 다양한 분야에 주요 확산 예측 모형(Bass, Logistic, Gompertz)을 적용한 연구에 대한 기존 문헌을 고찰하고, 제 3장에서는 주요 확산 모형에 대해 살펴본다. 그리고 제 4장에서는 국내 RFID 시장 예측에 가장 적합한 확산 모형을 도출한 뒤, 오차 요인 분석을 통해 유의미한 시사점을 도출하고, 이를 토대로 예측 오차를 줄일 수 있는 새로운 확산 예측 모형으로 개선하여 향후 확산 예측을 수행한다. 마지막 제 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

2. 기존 문헌연구

2.1 RFID 시장 확산 전망 연구

서론에서 언급한 바와 같이, 최근 지속적으로 RFID에 대한 관심이 증가함에 따라 국내 RFID 시장의 확산 전망에 관한 연구나 확산 전략 도출에 관한 연구들이 꾸준히 진행되고 있다. 몇몇 연구는 세계 RFID 시장이 1996년 이후 25% 이상 지속적으로 성장한 점을 들어 향후 이러한 추세가 계속 될 것이라고 전망하였으며, SWOT 분석을 통해 RFID 확산의 Driver와 Barrier를 파악하고 주요 Barrier인 태그 가격의 하락 정도에 따른 분석을 실시하였다(Lee, 2004). 또한 RFID 시장이 2008년까지 전년 대비 50% 증가 폭으로 성장할 것이라고 예측한 보고서와(Kim, 2005), RFID 시장이 2006년 대비 2010년에 25배 성장할 것이라고 예측한 보고서도 있었다(Ahn, 2006). 이 외에도 RFID 적용 시 효과가 가장 클 것으로 기대되는 물류 산업에 대해 RFID의 확산을 전망한 연구(Kim, 2009), 철강 및 전자 산업에서의 RFID의 확산 전망에 관한 연구(Song, 2010) 등도 있다. 그러나 앞서 언급한 연구들은 기존 데이터를 활용한 정량적 분석이 아닌 상황적, 직관적 예측 결과로서 예측 전망에 대한 객관적 근거가 매우 미흡하다는 단점이 있으며, 이는 서론에서 언급한 과도한 시장 전망의 원인이기도 하다.

2.2 RFID 시장 확산 전략 연구

현재까지 국내 RFID 시장의 확산 예측을 정량적 모형으로 접근한 연구는 찾아볼 수 없다. 따라서 본 절에서는 RFID 시장 확산 전략에 관한 연구들에 대해 기술하고자 한다. Jeong(2005)은 정부의 공공부문에 대한 시범 사업 추진 성과 및 파급 효과를 분석하여 향후 RFID/USN 시장의 활성화 전략을 제시하였는데, 간단히 요약하자면 RFID/USN의 조기 상용화 및 확산을 위해서 정부의 지속적인 투자가 필요하며, 수요처 및 기업의 인식도 제고되어야 한다는 점에 논의의 초점을 맞추었다. 또한 Kim(2008)은 우리나라가 유비쿼터스 사회로 확산되기 위해서 추진된 국내 RFID/USN 시범사업 추진 현황을 고찰하고 향후 정책 방향에 대해 논의하였으며, 실제 수요 기업들을 대상으로

로 설문 조사 기반의 RFID/USN 이용 행태 분석을 실시하고, 향후 서비스 활성화를 위한 시사점을 도출하는 연구도 있었다 (Park *et al.*, 2006). 또한 Rim(2009)은 정부(지식 경제부)의 RFID/USN 목표 및 전략을 분석하고 이를 통해 기대할 수 있는 효과와 New IT 혁신 전략을 제시하였다. 이외에도 Park(2012)은 RFID 도입 기업을 대상으로 구조 방정식 모형 기법을 활용하여 RFID 실행 성공에 미치는 영향요인을 분석하였으며, 분석 결과를 기반으로 RFID 시장 활성화를 위한 전략적 시사점을 제시하였다. 종합해보면, 대부분의 연구들이 RFID 시장의 확산 요인 분석이나 정부 정책 분석을 통한 시사점을 제공하고 있지만, 정량적 확산 예측을 토대로 한 보다 객관적인 측면의 논의는 이뤄지지 않고 있음을 알 수 있다.

2.3 확산 예측 모형

다양한 산업 분야에서의 확산 예측 모형으로 가장 널리 알려진 모형은 Bass 모형, Logistic 모형, 그리고 Gompertz 모형이다. 이 중에서도 Bass 모형은 1969년 마케팅 분야에서 처음 활용된 이후에 기존 제품 혹은 신제품의 미래 수요를 예측하는 데에 폭 넓게 활용되어 왔으며, 짧은 기간의 과거 시장 데이터만으로도 신제품의 중장기 수요 예측을 시도하기에 효과적인 모형이다(Moon *et al.*, 2007).

국내에서도 다양한 Bass 모형 적용 연구들이 있는데, Lee(2007)는 국내 전자지급결제서비스 시장에 Bass 모형을 적용하여 개별 전자지급결제서비스별 수요를 분석하고 예측하는 연구를 진행하였다. 또한 Kim(2000)은 확산 모형을 적용하여 정보통신분야 30대 전략품목을 대상으로 시장 예측 연구를 진행하였으며, Bass 모형의 기본 가정을 국내 시장 환경에 맞게 완화시킴으로써 보다 확장된 형태의 확산 모형들을 소개하였다.

Gompertz 모형은 기존 S자 성장 곡선 모형들과 달리 비대칭 형태를 띠는 특징을 가지고 있다. 이에 Park(2004)은 소프트웨어 신뢰성 성장 모형에 Gompertz 모형을 적용한 연구를 진행하였는데, 이는 소프트웨어 신뢰성 테스트 중 발견되는 불량 수는 현실적으로 비대칭이기 때문에 Gompertz 모형을 적용하는 것이 적합하다고 보았기 때문이다. Satoh(2000)는 소프트웨어 신뢰성 성장 모형에 Gompertz 성장 모형을 발전시킨 Discrete Gompertz 식을 적용하는 연구를 진행하였으며, Lee(2006)는 Gompertz 성장 곡선을 이용하여 소프트웨어 개발 성공률 및 완료율을 추정하는 연구를 진행하였다.

Logistic 모형은 Bass 모형과 함께 신제품 확산에 가장 많이 사용되는 모형으로서 Hong(2012)은 Logistic 모형과 Bass 모형의 적분 상수를 각각 모수로 취급하는 경우와 제거하는 경우로 나누어 총 4개의 모형을 제안하였으며, 86개 국내의 확산 데이터를 제시한 4개 모형에 적용하여 각 모형의 특징 및 장단점을 분석하였다. 이외에도 수정 지수 성장 모형, Logistic 성장 모형, Gompertz 성장 모형, Bass 확산 모형 등 다양한 성장 곡선 모형의 형태와 특징을 제시하고, 1 메가 D-ram 선적 데이터

를 활용하여 각 모형들의 장·단기 예측력을 비교 분석하는 연구 등이 진행되었다(Lee *et al.*, 2002).

또한 다양한 산업 분야에서 확산 모형을 활용한 정량적 수요 예측 연구가 진행되어 오고 있는데, Chung(2008)은 Bass 모형을 활용하여 외식 산업의 수요를 예측하는 연구를 진행하였다. 또한 Choi(2008)은 외국학술지 지원센터의 원문복사서비스에 대한 수요 예측을 실시하여 경제적 가치를 분석하고, 분석 결과를 통해 사업지원 관련 실무자들에게 제공할 수 있는 유의미한 시사점을 도출하는 연구를 진행하였다. 그리고 Lee(2012)는 신규 사회서비스의 잠재 시장 규모를 예측하는 데에 Bass 모형을 활용하였으며, 정책적 효과 및 지속적 정책 집행 여부, 정책 시행의 우선순위 등을 판단할 수 있는 기초 자료를 제공할 수 있다는 점에서 의미가 있다고 하겠다. 앞서 언급한 연구들 외에도 다양한 산업 및 시장의 정량적인 확산 예측을 수행하는 데에 있어서 일반적인 확산 모형을 적용한 연구들은 활발하게 이루어져 왔으나, RFID 시장의 확산을 정량적으로 예측하고 분석하는데 이를 적용한 연구는 미진한 실정이다.

3. 국내 RFID 확산 예측 모형

3.1 Bass 모형

본 논문에서 국내 RFID 시장의 확산 예측을 위해 먼저 기존의 가장 일반적인 세 가지 모형을 적용하고자 한다. 먼저 Bass 모형은 다양한 분야의 확산 예측에 폭넓게 사용되는 모형으로서 주로 신제품 및 신기술이 시장을 형성하고 확산되는 과정을 예측하는 모형이라고 할 수 있다(Bass, 1969). 이 중에서도 Mixed-Influence Model은 분석 대상의 확산에 미치는 영향 요인을 내·외부적 영향으로 분류하여 모수로 포함한 모형이다. 여기서 내부적 영향이란 Inter-personal effect, 즉 채택자(adopter)가 비 채택자(Non adopter)의 선택에 미치는 영향을 의미하며, 외부적 영향이란 Promotion effect, 즉 비 채택자의 선택에 주위의 홍보가 미치는 영향을 의미한다고 할 수 있다. 이 모형은 특정 제품의 확산이 어떻게 진행될 것인지, 시장의 한계치(Threshold)에 언제 도달할지 등을 알 수 있으며 특히 전자 제품 수요 확산 예측에 주로 활용되고 있어 본 연구에서 예측하고자 하는 국내 RFID 시장의 수요를 예측하는 데 적합하다고 기대할 수 있다. 본 연구에서 사용하는 Mixed-Influence Model의 기본 공식은 아래의 식 (1)과 같다.

$$\frac{dN(t)}{dt} = (a + bN(t))[\bar{N} - N(t)] \quad (1)$$

위 식에서, $\frac{dN(t)}{dt}$ 는 t 시점의 채택자 수의 변화율, $N(t)$ 는 t 시점까지의 누적 채택자 수, N_0 는 초기($t=0$ 일 때) 누적 채택자 수를 의미하는 것이며, a , b , \bar{N} 는 추정해야 하는 모수이다.

첫 번째 모수는 혁신 계수라고 일컬어지는 a 이다. 이는 t 시점에서 혁신자 그룹의 신제품 구입 확률을 설명해 줄 수 있는 모수로서, 이 값이 클수록 신제품 자체의 확산력(높은 기술력, 대중 매체를 통한 광고 효과 등)이 높다고 할 수 있다. 또한 시간 t 에 관계없이 일정한 상수 값(식 (4) 참조)을 갖기 때문에 외부적 영향 계수라고도 표현한다.

두 번째 모수는 모방 계수로 표현되는 b 이다. 이는 t 시점의 수용자들이 다음 시점의 잠재적 수용자 그룹에게 미치는 입소문으로 인해 발생하는 신제품 구입(기존 수용자 모방)을 설명해 줄 수 있는 모수로서, 이 값이 클수록 구전 효과의 정도가 크다고 할 수 있다. 또한 기존 수용자가 시장 내에 남은 잠재적 수용자들에게 영향을 미치기 때문에 내부적 영향 계수라고도 표현한다. 마지막 모수는 잠재적 최대 시장규모를 나타내는 \bar{N} 이다. \bar{N} 은 예측하려는 시장의 잠재적 총 규모를 설명해 주는 모수이며, 이를 통해 현재 시장의 수명 주기 내 위치나 거시적 관점의 향후 시장 전망 등을 도출할 수도 있다. 이후의 Logistic 모형과 Gompertz 모형은 모수 b 와 \bar{N} 를 포함하는 모델로서, Bass 모형에서 설명한 것과 동일한 의미를 갖는다.

다음은 Bass 모형이 포함하는 모수를 추정하는 방법에 대해 살펴보도록 하자. 확산 모형의 모수 추정 방법으로는 크게 세 가지가 있다. 첫 번째 방법은 선형 회귀 분석을 활용한 추정 방법인 OLS(Ordinary Least Square) 방법, 두 번째는 우도추정함수를 활용한 MLE(Maximum Likelihood Estimation) 방법, 세 번째는 관찰 값과 예측 값의 차이 제곱 합을 최소화하는 목적함수를 두고, 이를 달성하기 위한 모수를 삼차원 공간에서 탐색하여 추정하는 NLS(Non-linear Least Square) 방법이다. 세 가지 방법 중에서 NLS 방법이 가장 우수하다고 알려져 있으나 NLS 방법 역시 삼차원 공간 상에서의 모수 추정 시 각 모수의 초기 값에 결과가 크게 영향을 받는다는 점과 데이터 수가 적을수록 추정의 안정성이 보장되지 않는 단점을 지니고 있다고 알려져 있다(Hong *et al.*, 2011; Hong *et al.*, 2013).

본 논문은 국내 RFID 산업과 같은 정부 주도형 산업의 경우에 있어서 보다 현실적인 확산 예측 모형을 수립하기 위한 방법론을 제시하는 것이 핵심인 논문으로서, 다양한 연구들에서 전통적으로 가장 많이 적용되어온 OLS 방법을 모수 추정 방법으로 채택하였다.

먼저 Bass 확산 모형부터 살펴보면, Bass 확산 모형의 경우에 연속적인 시간 축을 토대로 예측이 진행되기 때문에 이산적인 시간을 토대로 관측된 데이터를 이용하여 연속적인 시간에 대한 확산 예측 모형을 추정해야 하는 문제점이 있다. 이를 해결하기 위해 Bass(1969)는 관측된 데이터의 구간을 한 단위로 보고 식 (1)을 $N(t+1)-N(t)$ 로 변경하여 OLS로 추정하는 것을 제안하였다. 즉, 식 (1)을 이에 맞게 수정하면 아래의 식 (2)와 같으며, 이는 다시 식 (3)으로 표현이 가능하다.

$$\begin{aligned} \frac{dN(t)}{dt} &= N(t+1) - N(t) \\ &= a\bar{N} + (b\bar{N} - a)N(t) - b[N(t)]^2 \end{aligned} \quad (2)$$

$$= A_1 + A_2N(t) + A_3[N(t)]^2 + e(t) \quad (3)$$

이제 OLS 방법을 이용하여 식 (3)의 회귀 계수를 추정하면, Bass 모형의 모수 \bar{N} , a , b 에 대한 관계식을 도출할 수 있게 되며, 계산식은 아래의 식 (4)~식(6)과 같다.

$$a = \frac{A_1}{\bar{N}} \quad (4)$$

$$b = -A_3 \quad (5)$$

$$\bar{N} = \frac{-A_2 \pm \sqrt{A_2^2 - 4A_1A_3}}{2A_3} \quad (6)$$

3.2 Logistic 모형

Logistic 모형은 Mixed-Influence Model이 내·외부적 영향 모수를 모두 고려한 것과 달리 내부적 영향 모수(b)만 고려한 모형이다. 여기서 내부적 영향 모수만 고려한다는 것은 Logistic 모형이 특정 제품의 확산 과정에 사람들 입소문 효과만이 영향을 준다는 가정을 갖고 있다는 의미이다. 국내 RFID 시장의 경우, 기업들 간의 모방효과가 매우 크다는 사실을 볼 때, 본 모형에 대한 검토가 필요할 것으로 보인다. 또한 가장 널리 적용되는 Bass 모형과 채택자 수의 변화율($\frac{dN(t)}{dt}$) 식이 유사한 형태를 띠므로, 비교 대상으로 사용 가능한 모형이라고 할 수 있다. Logistic 모형의 기본 공식은 아래의 식 (7)과 같다.

$$\frac{dN(t)}{dt} = bN(t)[\bar{N} - N(t)] \quad (7)$$

이제 Logistic 모형의 모수 추정 방법에 대해 살펴보도록 하자. 우선 식 (7)을 Bass 모형의 경우와 유사한 방식으로 수정하면 식 (8)을 구할 수 있으며, 이는 다시 식 (9)와 같이 표현이 가능하다.

$$\frac{dN(t)}{dt} = N(t+1) - N(t) \quad (8)$$

$$\begin{aligned} &= b\bar{N}N(t) - b[N(t)]^2 \\ &= A_2N(t) + A_3[N(t)]^2 + e(t) \end{aligned} \quad (9)$$

동일하게 OLS 방법을 이용하여 식 (9)의 회귀 계수를 추정하면 Logistic 모형의 모수 \bar{N} 와 b 에 대한 관계식을 구할 수 있게 되며, 계산식은 아래의 식 (10), 식 (11)과 같다.

$$b = -A_3 \quad (10)$$

$$\bar{N} = \frac{A_2}{b} \quad (11)$$

3.3 Gompertz 모형

Gompertz 모형은 Logistic 모형과 기본 공식의 형태가 매우

유사하다는 특징을 갖는다. 특이한 점은 앞서 설명한 두 개의 확산 모형(Bass, Logistic)과 달리 비대칭 형태의 확산 커브를 갖는다는 점이다. 즉, Gompertz 모형의 변곡점은 $0.37\bar{N}$ 지점에 위치한다. 이는 다른 제품에 비해 초기 성장도가 빠른 제품의 확산 예측에 본 모형이 적합하다고 해석할 수 있겠지만, 다른 측면에서 보면 초기 수요가 매우 높은(e.g. 초기 수용자가 확보된 최첨단 제품) 제품들의 확산을 과도하게 예측할 수 있다는 문제점도 존재한다. 본 연구의 대상인 RFID 시장은 다른 시장에 비해 상대적으로 성장세가 빠른 경우에 해당하므로 이러한 특성을 반영할 수 있는 Gompertz 모형에 대한 검토가 필요하다. Gompertz 기본 모형은 아래의 식 (12)와 같다.

$$\frac{dN(t)}{dt} = bN(t)[\ln\bar{N} - \ln N(t)] \quad (12)$$

Gompertz 모형도 Bass 모형, Logistic 모형과 마찬가지로 접근하면 모수 \bar{N} 와 b 에 대한 관계식을 구할 수 있게 되며, 이는 아래의 식 (13), 식 (14)와 같다.

$$b = A_2 \quad (13)$$

$$\bar{N} = \exp(A_1/b) \quad (14)$$

4. 국내 RFID 시장의 확산 예측 및 분석

본 장에서는 2003년부터 2012년까지의 국내 RFID 시장 데이터(출처 : RFID/USN 관련 산업 동향, 한국RFID/USN협회)를 위에서 언급한 3가지 모형에 적용하여 확산 예측을 실시하고자 한다. 그런데 확산 예측을 실시하기 전에, 두 가지 측면에 대해 짚고 넘어갈 필요성이 있다. 첫째는 모수 추정에 사용하는 데이터에 대한 것이다.

국내 RFID 산업은 크게 태그, 리더, 센서 노드 등의 부품 및 기기 생산 · 공급 부문과 응용 서비스 부문으로 나눌 수 있으며 본 논문에서 사용하는 시장 규모 데이터는 두 부문의 수요를 합산한 값이다. 이는 본 논문이 분석하려는 대상이 국내 RFID 시장 전체의 성장과 국내 RFID 산업에 대한 정부의 투자 간의 상관관계이기 때문이다. 즉, 하위 부문별 데이터가 아닌 합산 데이터를 사용하여 확산 예측을 진행하는 것이 산업 관점에서의 포괄적 전망을 가능하게 할 뿐만 아니라, 정부의 투자가 RFID 시장 전반에 미치는 영향까지도 분석할 수 있게 된다. 따라서 본 연구에서는 거시적인 관점에서 국내 RFID 시장과 정부 정책간의 관계를 효과적으로 분석하기 위해, 하위 부문별 세부 데이터가 아닌 시장 합산 데이터를 대표 값으로 사용하였다.

두 번째는 예측오차 측정 지표이다. 본 연구에서는 예측 후에 모형 간에 예측 정확도를 비교하기 위해 예측오차 측정 지표로 MAPE(Mean Absolute Percentage Error)를 사용하였다. 이는 MAPE가 상대적 오차 측정 지표이자 단위가 없는 비율 지

표이므로 모형 간 비교를 용이하게 해주기 때문이며, MAPE를 구하는 식은 아래의 식 (15)와 같다.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \times 100\% \quad (15)$$

위의 식에서 n 은 예측오차를 측정하는 총 구간의 길이, A_t 는 t 시점의 실제 값, F_t 는 t 시점의 예측 값을 뜻하며, 0에 가까울수록 실제 값에 가깝게 예측했음을 의미한다.

4.1 확산 예측 모형에의 적용

앞서 서술한 바와 같이 본 절에서는 2003년부터 2012년까지의 국내 RFID 시장 데이터를 Excel로 분석하여 모수를 계산하고 이를 3가지 모형에 적용하였다. 이렇게 도출한 확산 예측 모형의 예측 값과 실제 데이터를 비교하여 MAPE를 계산하였으며, 그 결과 Bass 모형이 가장 예측 오차가 적은 것을 알 수 있다. 각 모형별 MAPE를 아래의 <Table 1>에 정리하였다.

Table 1. Forecasting error for each diffusion model(MAPE)

Bass	Logistic	Gompertz
17.50	67.40	41.36

위의 실험 결과를 통해서 지금까지의 국내 RFID 시장의 확산은 Bass 모형이 가장 잘 예측한다는 점을 확인할 수 있다. 우리는 왜 Bass 모형이 다른 모형(Logistic, Gompertz 모형)에 비해 더 좋은 예측 정확도를 보이는지 분석할 필요가 있다. 먼저 Gompertz 모형은 다른 두 모형(Bass, Logistic)과 달리 변곡점이 확산 커브 앞 쪽($0.37\bar{N}$)에 고정적으로 위치하고 있어서 초기에 과도한 예측 결과를 나타낼 뿐만 아니라, 상대적으로 더 빨리 시장 포화 지점에 도달하기 때문에 다른 모형에 비해 예측 오차가 크다고 판단된다. 두 번째로 확산이 모방 효과(내부적 영향 모수 b)를 통해 이루어지는 Logistic 모형은 변곡점이 확산 커브의 정중앙($0.5\bar{N}$)에 위치하기 때문에 급격한 변화를 보이는 대상의 예측보다는 초기에 서서히 확산되다가 시장이 성숙기에 접근함에 따라 비교적 빠르게 확산되는 대상의 예측에 더욱 효과적이다. 따라서 세 가지 모형 중에 가장 큰 예측 오차를 갖는다. 반면 Bass 모형은 앞서 언급한 두 모형들과는 달리, 예측하려는 대상의 데이터 특성에 따라 변곡점이 $[0, 0.5]$ 구간 내에서 탄력적으로 위치할 수 있기 때문에 다른 모형들보다 더욱 정확한 예측을 수행한다고 볼 수 있다. 그러나 Bass 모형이 갖는 17.5%의 오차 역시, 정확한 예측이라고 하기에는 아쉬움이 따르는 수준이다. 이에 다음 절에서는 1) RFID 시장의 확산 예측 오차가 큰 요인을 분석하여 시사점을 제시한 뒤, 2) 국내 RFID 시장을 보다 정확하게 예측할 수 있는 수정된 모형을 제안하고, 3) 수정된 모형을 이용하여 국내 RFID 시장의 확산 예측 및 향후 전망을 진행할 것이다.

4.2 오차 요인 분석

2003년 이전까지 국내에서 제대로 된 시장을 형성하지 못했던 RFID 시장은 정부 주도하의 시범 사업이 진행됨에 따라 점차 성장 해왔다. 이는 1990년대에 시장이 형성되지 않았던 국내 RFID 시장이 2003년을 기점으로 빠르게 성장하고 있다는 점에서도 알 수 있는데, 여기에서 우리는 확산 모형의 오차 원인을 찾기 이전에 정부의 투자가 국내 RFID 시장의 확산에 어떤 영향을 미쳤는지 먼저 확인할 필요성을 느꼈다. 이를 위해 본 절에서는 정부의 투자가 국내 RFID 시장 확산에 영향을 주었다는 명제부터 확인할 것이다.

정부 투자가 국내 RFID 시장 확산에 영향을 미쳤는지 확인하기 위해서 우리는 2003년부터 2012년까지의 국내 RFID 시장 규모에서 정부 투자분을 제외한 값을 3가지 확산 모형에 적용하였으며, 실제 데이터와 비교하기 위해 모형별 실험 결과(예측치)를 <Figure 2>에 정리하였다.

우선 제 4.1 절의 <Table 1>과 아래의 <Figure 2>를 통해 국내 RFID 확산 예측에 상대적으로 가장 적합한 모형이 Bass 모형임을 확인할 수 있다. 다음으로 본 절에서 가장 주목해야 할 부분은 정부의 투자 효과이다.

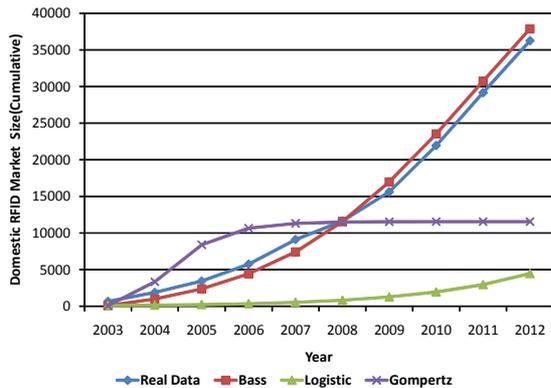


Figure 2. Comparison of diffusion models for RFID market forecasting

<Figure 2>를 보면 본격적으로 시장이 형성되기 시작한 2003년 이후 2007년까지의 실제 데이터가 Bass 모형으로 예측한 결과보다 큰 것을 쉽게 확인할 수 있는데, 예를 들어 2007년 누적 시장 규모로 보면 약 2000억 원의 차이가 발생한다. 이러한 사실을 통해 우리는 RFID 확산 초기 정부의 적극적인 투자가 초반 RFID 시장의 형성 및 선도에 영향을 미쳤다는 점을 알 수 있다. 그러나 2008년부터는 Bass 모형의 예측치가 실제 데이터를 넘어서는 모습을 확인할 수 있다. 우리는 여기에서 첫 번째 시사점을 도출할 수 있다.

시사점 ①
국내 RFID 시장의 형성 초기에는 정부 투자의 효과가 존재하지만, 2007년 이후로 그 효과가 점차 줄어들어 가는 모습을 보인다.

즉, 초기 시장 형성 기간에는 정부의 적극적인 투자가 시장의 성장 동력 역할을 했다는 것을 알 수 있다. 대부분의 전문가 및 연구자들의 장밋빛 전망이 과도한 예측이 된 이유도 초기 RFID 시장의 성장을 정부 투자의 효과는 무시한 채 시장 자체의 성장이라고 단정 지었기 때문이다. 그러나 어느 시점 이후 정부 투자가 시장 성장 동력으로서 그 효과를 발휘하지 못하고 있는데, 그 이유를 확인하기 위해 이번에는 전체 시장 규모 대비 정부 투자 비율(이하 정부 투자 비율)을 살펴보았다. 이는 아래의 <Table 2>에 정리하였다.

Table 2. Government investment ratio to total market investment

Year	2003	2004	2005	2006	2007
Ratio	0.86	0.35	0.20	0.27	0.18
Year	2008	2009	2010	2011	2012
Ratio	0.25	0.15	0.11	0.08	0.05

<Table 2>를 보면 RFID 시장의 성장과 정부 투자 간의 관계 변화를 유추할 수 있는데, 그 중 투자 효과가 미비한 2007년 이후를 보면 정부가 투입한 투자 금액은 비교적 꾸준한 수준을 이어온 것에 비해 정부 투자 비율은 초기에 꾸준히 20% 이상의 높은 비중을 차지하던 것이 2007년을 기점으로 10%대로 하락하는 것을 볼 수 있다. 즉, 앞서 도출한 시사점을 설명할 수 있는 두 번째 시사점을 도출할 수 있다.

시사점 ②
국내 RFID 시장 규모 대비 정부 투자 비율 감소를 통해 2007년 이후 나타나는 정부 투자 효과의 감소를 확인할 수 있으며, 시장의 성장 초기부터 정부의 투자가 비슷한 수준으로 유지되었다는 점에 비추어 볼 때 이는 국내 RFID 시장이 자가 성장력을 갖게 되었다고 판단하는 근거가 된다.

다시 말해서, 비슷한 수준으로 유지되어 온 정부 투자 대비 RFID 시장의 성장 속도가 증가하였기 때문에 정부 투자 비율이 감소한 것이며, 이는 국내 RFID 시장이 2007년부터 정부 투자에 의존하는 형태가 아닌 자가 성장하는 시장이 되었다고 판단할 수 있는 근거가 된다.(단, 2008년은 투자는 비슷한 수준이나 세계 금융 위기의 여파로 시장 규모가 축소되어 정부 투자 비율이 잠시 증가) 여기서 2005년에 20%였던 정부 투자 비율이 2007년에 18%가 되었다고 해서 시장이 급성장했다고 판단할 수 있는가 하는 의문을 제기할 수 있는데, 실제 2005년 대비 2007년의 실제 정부 투자 금액은 약 2배로 오히려 절대적 투자 금액은 대폭 증가하였다. 하지만 정부 투자 비율은 3% 감소한 것을 알 수 있는데, 이는 그만큼 국내 RFID 시장이 자체적으로 성장했다는 의미이므로 20%에서 10%대로 하락한 정부 투자 비율은 2007년 이후 국내 RFID 시장이 스스로 성장할 수 있는 힘을 갖게 된 도약기라고 해석하기에 충분한 근거가 된다.

결론적으로 우리는 이 부분에서 Bass 모형의 예측 오차가 높게 산정되었다고 보았다. 즉, 정부 투자 비율이 감소하고 있음에도 불구하고 시장이 도약기에 접어들었기 때문에 발생하는 예측 오차로 해석한 것이다.

그렇다면 국내 RFID 시장이 왜 2007년을 기점으로 변화를 보이는 것인지 생각해 볼 필요가 있다. 이를 파악하기 위해서는 먼저 시장이 본격적으로 형성되기 시작한 2003년 이후의 정부 정책을 전체적으로 살펴볼 필요가 있는데, 정부가 실시하는 관련 정책은 해당 시장의 성장과 직접적으로 연결되기 때문이다. <Figure 3>은 2003년 이후 정부가 실시한 RFID 관련 주요 정책들을 정리한 것이다.

Term	Government-led Term					Market-led Term
Year	2003	2004	2005	2006	2007	~ 2012
Policy	Government-led pilot project	IT-839 Policy	Pilot Project targeted at public sector		RFID/USN Diffusion Comprehensive Plan	

Figure 3. Government policy timeline for the diffusion of RFID market in Korea

<Figure 3>의 정부 정책들을 간단히 하나씩 살펴보면, 먼저 2003년부터 실시한 정부 주도 시범 사업은 RFID 시장 성장의 시작 단계라고 볼 수 있으며, 다양한 분야에 적극적인 초기 투자를 실시한 정책이다. 2004년에는 IT-839 정책을 실시하였는데 이 중 8대 서비스에 RFID가 포함되었으며, 정부가 RFID를 미래 IT 시장의 핵심 중 하나로 선정한 정책이라고 할 수 있다. 또한 2005년에는 RFID 적용의 파급 효과가 클 것으로 예상되는 12개 공공 부문에 대하여 RFID 시범 사업을 추가 실시하는 정책을 발표하였으며, 2007년에는 2012년까지 RFID 시장에 3,119억 원을 투자하는 계획을 포함한 RFID/USN 확산 종합 대책을 발표하였다. 해당 정책 연대표에서 본 논문이 주목하고 있는 시점은 RFID/USN 확산 종합 대책을 발표한 2007년이다. RFID 시장의 확산 측면에서 보면 정부 주도 시범 사업 실시 시점(2003년)은 정부가 여러 산업계에 RFID의 필요성을 대두시키고 홍보를 시작한 시점으로서 RFID 확산의 도입기 또는 정부 주도 확산기라고 해석할 수 있으며, RFID/USN 확산 종합 대책 발표 시점(2007년)은 정부의 투자 계획과 확산 계획을 산업계에 구체적으로 제시한 시점으로서 RFID 확산의 성장기 또는 시장 주도 확산기라고 볼 수 있다. 여기에서 우리는 마지막 시사점을 도출하였다.

시사점 ③

국내 RFID 시장은 초기에 정부 주도하에 성장했기 때문에 정부 정책에 매우 의존적인 성향을 보이며, 2007년 RFID/USN 확산 종합 대책 발표가 시장의 성격을 바꾸는 역할을 했다고 판단된다. 이에 해당 시점을 중심으로 RFID 시장을 정부 주도 확산기와 시장 주도 확산기로 분류한다.

즉, 국내 RFID 시장은 초기(2003년)에 정부 주도의 시범 사업을 통해 성장하였으며, 이후 2007년 본격적인 확산 대책을 발표하면서 시장이 자가 성장을 시작했다고 볼 수 있으므로 다른 산업보다 더욱 정부 정책에 의존적인 시장이라고 요약할 수 있겠다. 이는 앞서 2007년을 기점으로 투자 효과 감소에도 불구하고 시장이 급성장 한 것과 연결되며, 국내 RFID 시장의 보다 정확한 확산 예측을 위해서는 시장의 특성이 변화하는 지점 이후를 재 예측해야 한다고 판단하였다.

4.3 수정된 확산 예측 모형

우리는 제 4.1절에서 국내 RFID 시장의 실제 데이터를 적용하여 3가지 확산 모형을 평가하였으며, 제 4.2절에서는 여기에서 발생하는 예측 오차의 요인을 분석하기 위해 몇 가지 시사점을 도출하였다. 종합해보면, 국내 RFID 시장은 확산 초반에 정부가 적극적인 투자와 홍보를 통해 시장을 주도하였으며, 본격적인 성장기에 접어들 2007년에는 RFID/USN 확산 종합 대책을 발표함으로써 민간 투자가 활성화 될 수 있는 환경을 조성하였다고 볼 수 있다. 따라서 기존 연구들이 사용한 방법이나 기본 Bass 모형을 그대로 국내 RFID 시장 예측에 사용할 수 없으며, 시장의 특성이 변화(정부 비중 감소)한 2007년 이후를 분리하여 예측하여야 보다 의미 있는 예측이 가능할 것이라는 결론을 얻는다.

실제로 2003년 시장이 형성된 이후 다양한 매체와 연구들은 국내 RFID 시장에 대한 장밋빛 전망을 주장하였다. 심지어 한국 전자 통신 연구원은 국내 RFID 시장의 2018년 시장규모를 13조 3천6백억 원으로 예측하기도 하였다. 하지만 이들의 예측 방법은 세계 IT 시장에서 국내 IT 시장이 차지하는 점유율이나 연평균 성장률(CAGR)을 토대로 한 단순 산술 예측이어서 정확도를 논하기가 어려운 상황이며, 예측치 자체도 매우 과도하게 추정되고 있는 상황이다. 이에 본 절에서는 예측 오차를 개선할 수 있도록 앞서 도출한 시사점을 바탕으로 수정된 확산 예측 방법을 적용하여 국내 RFID 시장의 보다 현실적이고 정확한 확산을 예측하고자 한다.

먼저 국내 RFID 시장 내 정부 투자 비율이 유의한 변화를 보이는 시점을 발견하였으며, 이 변화의 원인이 국내 RFID 산업이 정부 시행 정책에 의존도가 높다는 점에 있다고 판단하였다. 따라서 해당 시점인 2007년을 기점으로 이전을 ‘정부 주도 확산기’, 이후를 ‘시장 주도 확산기’로 분리하였으며, 정부 주도 확산기까지는 기본 Bass 모형을 사용하여 예측하고 시장 주도 확산기를 지나가면 이 지점을 초기 시점($t' = 0$)으로 두고 다시 Bass 모형을 사용하여 이후를 재 예측하는 방식을 사용하였다. 그리고 이 방법으로 예측한 결과를 제 4.1절에서 제시한 기본 Bass 모형의 예측 값 및 실제 데이터와 비교하는 분석을 진행하였다. 이를 나타낸 그래프는 아래의 <Figure 4>와 같다.

그래프를 보면, 전체 구간에 대해 기본 Bass 모형을 적용하여 예측한 결과보다 2007년 이후를 새로 예측한 Bass 모형이

실제 데이터에 더욱 근접하는 것을 확인할 수 있다. 실제로 예측 오차(MAPE)를 계산해 보면 기본 Bass 모형이 0.1750, 제안한 Bass 모형이 0.1056으로 약 7%의 예측 오차가 감소한 것을 알 수 있으며, 누적 잠재 시장 규모(\bar{N})도 약 7조 5,330억 원에서 약 6조 원으로 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 국내 RFID 시장에 대해 앞서 다양한 연구들이 예측했던 확산 전망보다 훨씬 현실적인 결과라고 볼 수 있으며, 정부의 초기 적극적인 투자 및 홍보로 인해 형성되어 있는 과장된 기대감을 어느 정도 줄여준 값이라고 판단된다.

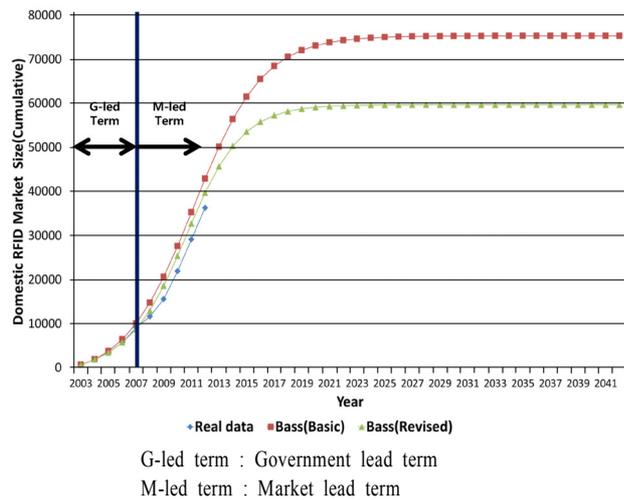


Figure 4. Forecasting of Korea RFID market

요약하면, 국내 RFID 시장은 초기에 정부 투자를 기반으로 빠르게 성장하였으며, 이에 많은 연구들은 RFID 시장이 초반의 급격한 성장세를 꾸준히 유지할 것이라고 예측하였다. 하지만 이러한 예측들은 정부의 초기 적극적인 투자 및 홍보로 인해 형성된 기대감 때문에 과대평가된 결과이며, 보다 현실적인 예측 결과를 얻기 위해서는 정부 정책의 영향을 고려한

예측을 실시해야 한다고 판단하였다. 이에 본 논문에서는 시사점 ①~③을 토대로 국내 RFID 시장을 정부 주도 성장기와 시장 주도 성장기로 분리하여 예측하였으며, 기존의 예측 모형과 비교하여 더 나은 예측 결과를 도출할 수 있다는 점을 확인하였다.

5. 토의 및 결론

RFID는 최근 몇 년간 유비쿼터스 사회를 실현할 수 있는 핵심 기술로 각광받아 왔다. 이에 정부도 RFID의 성공적인 확산을 위해 다양한 시범 사업과 정책들을 시행하여 적극적으로 투자하고 홍보하는 자세를 취했다. 이러한 노력으로 국내 RFID 시장은 빠른 속도로 성장을 거듭하였으나, 실제 확산은 기대에 크게 못 미치고 있다. 그럼에도 불구하고 기존의 대부분 예측치들이 매우 과도한 시장 전망을 보여주고 있는데, 이는 다분히 정책적, 상황적 논리에 근거한 예측 결과로 풀이된다.

이에 본 연구는 우선 국내 RFID 시장에 대한 정량적 분석을 통하여 기존의 과도한 성장 전망에 대한 원인을 규명하고, 기본적인 확산 예측 모형을 통하여 설명 가능한 모형을 제시하고자 하였다. 세 가지 기본 확산 모형(Bass, Logistic, Gompertz)을 적용하였으며, 이 중 Bass 모형이 가장 우수한 성능을 보였으나 Bass 모형의 예측 오차가 여전히 크다는 점 때문에 오차 요인 분석을 수행하였다. 분석 결과는 다음 세 가지로 요약될 수 있다.

첫째, 초기 국내 RFID 시장에서 정부의 투자 효과는 존재하지만 2007년 이후로는 정부 투자의 효과가 미비해짐을 알 수 있었다.

둘째, 2007년부터 정부 투자 비율이 감소하는 모습을 보이는데 이는 비슷한 수준의 투자에 비해 시장은 꾸준히 성장하고 있기 때문이다.

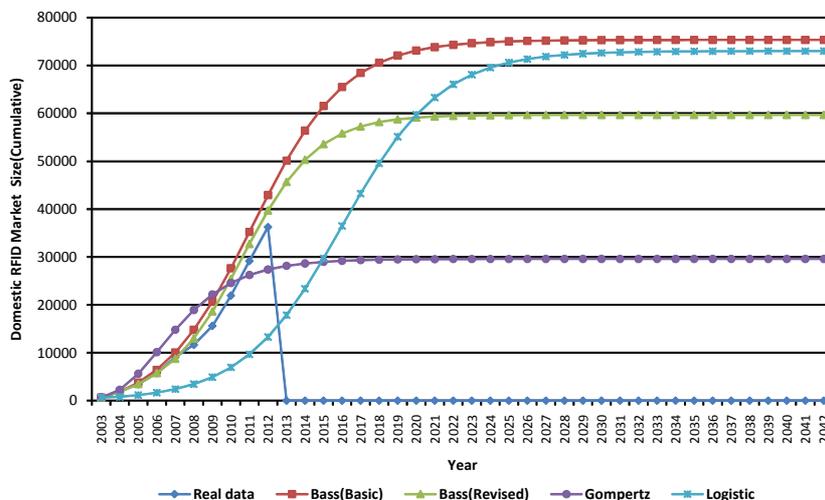


Figure 5. Experimental result(Overall)

셋째, 시장이 투자 비율 감소에도 불구하고 성장하는 모습을 보이는데, 이는 RFID 산업이 초기부터 정부의 주도하에 성장해왔기 때문에 정책 의존적 경향이 크며 특히 2007년 정부가 시행한 RFID/USN 확산 종합 대책으로 시장이 반응하여 국내 RFID 시장이 정부 주도 확산기에서 시장 주도 확산기로 변화하였기 때문이라고 볼 수 있다.

따라서 우리는 기본 Bass 모형의 예측 오차를 줄이기 위해, 시장의 특성이 변화되는 시점을 RFID/USN 확산 종합 대책이 실시된 2007년으로 두고 2007년 이후를 Bass 모형으로 재 예측하는 방법을 사용하였다. 기본 Bass 모형과 수정된 모형의 예측치, 그리고 실제 데이터를 토대로 비교 분석을 실시한 결과, 수정된 방법을 사용한 경우의 예측 오차가 10% 수준(기본 Bass 모형 예측오차의 60% 수준)으로 보다 정확한 확산 예측 모형을 얻을 수 있었으며, 각 모형별 예측 결과를 실제 데이터와 비교해서 볼 수 있도록 <Figure 5>를 추가하였다.

이러한 결과가 시사하는 바는 RFID와 같은 정부 주도형 기술에 대한 확산 예측의 경우, 정부 정책에 대한 요인이 매우 중요한 영향을 미치며, 이를 반영함으로써 현실적인 예측이 가능하게 된다는 점이다.

본 연구에서는 RFID 시장 전망에 대한 기존 예측의 비현실성에 초점을 맞추어 이에 대한 원인을 분석하고, 보다 현실적인 확산예측 모형에 대한 가능성을 보여주었다. 향후 이를 근거로 보다 엄밀한 확산예측모형의 개발이 가능하다고 보인다. 예를 들어 대부분의 첨단 IT 제품의 경우 잠재 채택자 수가 시간에 따라 증가하는 형태를 띠게 된다. 이러한 시장은 동적 확산 예측 모형의 적용이 타당하다고 보이며, 국내 RFID 시장의 확산 예측에 적용할 경우 보다 나은 결과를 기대할 수 있을 것이다. 또한 본 논문에서는 OLS 모수 추정 방법을 적용하였는데, 추후 연구에서는 효과적인 모수 초기값 설정 방법 수립을 통해 NLS 모수 추정 방법을 적용한 확산 예측 및 분석도 진행할 수 있을 것이다.

참고문헌

- Ahn, H.-T. (2006), *RFID market, 25 times growth in 2010*, KOTRA.
- Bass, F. M. (1969), A New Product Growth Model for Consumer Durables, *Management Science*, **15**, 215-227.
- Choi, J.-H. and Park, Y.-J. (2008), Economic value analysis of document delivery services at foreign journal supporting center by the parameter estimates of bass diffusion model, *Journal of the Korean Society for Information Management*, **25**(1), 61-74.
- Chung, U.-Y. and Kwon, B.-H. (2006), A study of demand prediction for the food service industry by Bass model, *Journal of Hotel and Resort*, **5**(1), 95-107.
- Hong, J.-S., Kim, T.-G., and Koo, H.-Y. (2011), A parameter estimation of Bass diffusion model by the hybrid of NLS and OLS, *Journal of Korean Institute of Industrial Engineers*, **37**(1), 74-82.
- Hong, J.-S., Koo, H.-Y. (2012), Comparison of the bass model and the logistic model from the point of the diffusion theory, *Journal of Korean Management Science*, **37**(2), 113-125.
- Hong, J.-S. and Koo, H.-Y. (2013), Constrained NLS method for long-term forecasting with short-term demand data of a new product, *Journal of Korean Management science*, **38**(1), 45-59.
- Jang, B.-J. (2004), Trend of RFID/USN technology development and future direction, *Journal of Internet Computing and Services*, **5**(3), 77-83.
- Jeong, B.-M. (2005), The current state of RFID/USN pilot project in public sector and the strategies for activating, *Journal of Information Processing*, **12**(5), 122-128.
- Kim, C.-G. (2008), RFID/USN policy direction for ubiquitous society, *Journal of Korea Information and Communication Society*, **25**(1), 52-58.
- Kim, C.-G. (2009), Case study of RFID in logistic industry and development for policy direction, *KIET*, **129**, 3-13.
- Kim, K.-H., Kim, J.-S., Kang, K.-I., and Jun, C.-H. (2000), Market Forecasting Modeling Using the Diffusion Model for the Strategic Items in Information/Telecommunication Area, *Electronics and Telecommunications Trends*, **15**(6), 178-189.
- Kim, S.-W. (2005), *RFID market, Continuing high growth until 2008*, KOTRA.
- Lee, C.-R. (2007), Forecasting demand for electronic payment applying diffusion model, *Korean Institute of Finance*, **5**, 1-96.
- Lee, B.-J., Kim, N.-H., and Seo, J.-M. (2012), An Exploratory Study of Application of the Bass Diffusion Model to Forecasting the Demand of Social Services, *Journal of Korean Social Welfare Administration*, **14**(2), 27-55.
- Lee, E.-G. (2004), Diffusion of RFID promotion situation and forecasting, *Korea Information Society Development Institute*, **16**(6), 1-24.
- Lee, E.-G. (2004), The study of RFID diffusion and outlook for RFID : environment, price, and policy, *Korea Information Society Development Institute*, **16**(13), 1-23.
- Lee, G.-H. and Lee, C.-K. (2002), A comparison study of demand forecasting techniques using growth curve models, *Sogang Journal of Business*, **13**(2), 195-228.
- Lee, S.-U. (2006), Estimation of software project success and completion rate using gompertz growth function, *Journal of Information Processing D*, **13**(5), 709-716.
- Moon, S.-W. and Ha, T.-J. (2007), A study on the mid/long-term demand forecasting model of new technology product, *Journal of Knowledge Studies*, **5**(2), 255-281.
- Park, S.-G. and Lee, S.-U. (2004), A software reliability growth model based on gompertz growth curve, *Journal of Information Processing D*, **11**(7), 1451-1458.
- Park, S.-J., Choe, H.-C., Ku, J.-E., and Kim, S.-J. (2006), An analysis on RFID/USN usage behavior, *Electronics and Telecommunications Trends*, **21**(2), 74-87.
- Park, Y.-J. and Rim, M.-H. (2012), Factors analysis affecting success of RFID implementation, *Journal of Korea Information and Communication Society*, **37**(2), 155-167.
- Rim, M.-H., Park, Y.-J., and Pyo, C.-S. (2009), The new IT innovation strategies through the RFID/USN promotion, *Electronics and Telecommunications Trends*, **24**(2), 19-31.
- Satoh, D. (2000), A discrete Gompertz equation and a software reliability growth model, *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, **83**(7), 1508-1513.
- Song, S.-R. (2010), u-IT new technology verification diffusion project : steel, electronic industry, the introduction of RFID becoming hit, *Logistics magazine*.