

통신서비스의 늦은 수요 확산 현상에 관한 연구 : Fax 서비스를 중심으로

임병락* · 최문기** · 박명철***

The Late Take-off Phenomenon in the Diffusion of
Telecommunication Services : Focused on the Fax Markets

Byeong-Lak Lim* · Munkee Choi** · Myeong-Cheol Park***

■ Abstract ■

Telecommunication services are distinctive in that their adoptions are influenced by network effect resulting in 'the late take-off phenomenon' and the 'critical mass' problem. In this paper we examined, so called, 'the late take-off phenomenon' in the diffusion process of telecommunication services. We compared the parameters of the diffusion process of consumer durables with those of fax services in the US and Korea. By analyzing the parameters of a new diffusion model based on the threshold model proposed by Markus, we found that 'the late take-off phenomenon' resulted from the low heterogeneity of the threshold distribution for the potential adopters. A simulation approach was proposed for the theoretical implication of the 'critical mass' problem in the start-up telecommunications services.

Keyword : Network Effect, Diffusion of Innovation, Telecommunication Services, Critical Mass

1. 서론

통신서비스에서 가입자의 효용은 다른 가입자수

가 증가할수록 커진다(Rohlfs[22]). 네트워크 효과(network effect)는 이렇게 동일 제품 사용자 수의 증가가 제품 효용에 정의 외부 효과가 있는

논문접수일 : 2001년 9월 26일 논문게재확정일 : 2002년 4월 10일

* 한국정보통신대학원대학교(ICU) 경영학부 박사과정

** 한국정보통신대학원대학교(ICU) 경영학부 교수

*** 한국정보통신대학원대학교(ICU) 경영학부 부교수

현상을 설명하는 개념으로서 전화, 팩스, 전자 메시지 시스템(Electronic Messaging System), 비디오텍스트 시스템(Videotext System)등과 같이 커뮤니케이션이 제품의 주 기능인 통신서비스에서 더욱 그 중요성이 증가하는 개념이라고 할 수 있다(Allen[1], Economides[4], Katz & Shapiro[8], Liebowitz & Margolis[11], Rohlfs[22], Williams, Rice, & Rogers[30]).

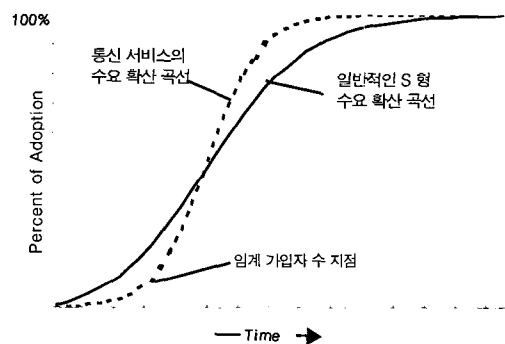
네트워크 효과는 가입자 수의 증가가 제품의 효용에 직접적인 영향을 미치는 직접 네트워크 효과(direct network effect-수요자 측 네트워크 효과)와 하드웨어-소프트웨어 관계(hardware-software paradigm), 구매 사후 서비스(post-purchase services) 등과 같이 제품의 효용에 간접적인 영향을 미치는 간접 네트워크 효과(indirect network effect-공급자 측 네트워크 효과)로 구분하여 생각할 수 있다(Katz & Shapiro[8], Liebowitz & Margolis[11]). 통신서비스의 경우는 직접 네트워크 효과가 있는 경우라고 할 수 있으며 이러한 직접 네트워크 효과는 통신서비스의 수요확산에 있어서 채택률(the rate of adoption)에 영향을 미치는 중요한 요인이 된다(Katz & Shapiro[8], Mahler & Rogers[15], Schoder[24]).

통신서비스의 수요확산에 있어서 볼 수 있는 또 다른 특징은 임계 가입자수(critical mass) 존재 현상이다. 임계 가입자수는 통신서비스의 수요확산이 스스로 유지되기(self-sustaining) 위한 최소한의 가입자 수로서(Rogers[20], Valente[28]) 통신서비스의 기본적인 기능이 가입자들 간의 연결을 통한 커뮤니케이션임을 고려할 때 임계 가입자수의 확보는 새로 시작한 통신서비스에서 서비스의 다른 효용이 나타날 수 있게 하는 일종의 관문이라고 할 수 있다(Allen[1]).

통신서비스의 수요 확산에 관한 문헌에서 보면 [그림 1]과 같이 임계 가입자수에 도달하기 전에는 누적 구매자수의 증가가 완만한 반면 임계 가입자수 지점(critical mass point) 이후에는 급속도로 빨라져서 결과적으로 늦은 수요확산 시작 현상(late take-off phenomenon)이 나타난다(Williams, Rice,

& Rogers[30]).

이러한 네트워크 효과에 대한 이론적 연구는 주로 독과점, 사회후생, 가격 전략, 호환성 선택 문제 등 경제학적인 관점에서 이루어지고 있고(Katz & Shapiro[9, 10], Liebowitz & Margolis[11], Economides[4, 6]) 임계 가입자수에 관한 연구는 Granovetter[7], Valente[28], Oliver & Marwell[19], Markus[16, 17]등에 의해 집단 행동(collective behavior)에 관한 분야에서 활발하게 연구가 진행되고 있다. 그러나 네트워크 효과가 수요확산에 미치는 영향에 관한 이론적인 또는 실증적인 연구는 많이 이루어지고 있지 않은 실정이다.



[그림 1] 일반적인 수요확산 형태와 통신서비스의 수요확산 형태
(Williams, Rice, & Rogers[30] pp. 73)

네트워크 효과와 임계 가입자수에 대한 대표적인 실증적인 연구로는 Allen[1]의 연구가 있다. Allen[1]은 프랑스 PTT의 videotext 시스템인 Minitel의 사례를 들어 임계 가입자가 Minitel의 성공에 어떠한 영향을 미치는가를 분석하였다.

Allen[1]은 네트워크 효과가 대부분의 잠재 가입자들로 하여금 어떤 최소한의 기존 가입자 규모(critical mass)가 그 시스템에 가입하게 하는 중요한 요인이라고 설명하고 있다. 즉 Minitel의 경우 서비스 초기에 이러한 가입자 규모에 도달하게 되어 성공적인 수요확산에 이르게 되었으며 다른 나라의 videotext 시스템의 경우 이 임계 가입자수를 확보하지 못함으로써 수요 확산에 실패하게 되었

음을 지적하고 있다. 즉 Minitel의 성공요인으로 (1) 서비스 초기의 무료 공급 전략 (2) 보조금 지원 전략 (단말기의 무료 공급 뿐 아니라 마케팅 등의 활동을 포함한 보조금 정책) (3) 가입자수 증가에 대한 기대감 형성 전략(순차적인 서비스 개통으로 조만간 많은 사람들이 Minitel을 사용하게 될 것이라는 기대감을 형성) 4) 디렉토리 서비스 등의 가치 창출 등을 제시하고 있다.

위와 같은 통신서비스의 수요확산에 관한 배경을 바탕으로 본 논문에서는 다음과 같은 연구 과제를 설정하였다.

첫째, 통신서비스에서와 같이 늦은 수요확산 시작 현상(late take-off phenomenon)을 Bass 모형과 같은 일반적인 수요확산 모형으로 분석할 경우 늦은 수요확산 현상이 나타나는 통신 서비스의 수요 확산 모형의 모수(parameter)가 일반적인 내구재 수요확산의 모수와 어떤 차이점을 보이는가?

둘째, 일반적인 수요 확산 모형을 사용하여 늦은 수요확산 현상을 분석하였을 경우 모수의 차이점이 나타난다면 이에 대한 이유를 이론적으로 어떻게 설명해야 하는가?

셋째, Minitel의 사례와 같이 서비스 초기의 무료 공급 전략이 필요한 경우 무료 공급 수량은 어떻게 결정되어야 하는가?

본 논문의 목적은 이러한 의문에 대한 해답을 찾기 위함이며 다음과 같이 구성된다. 우선 2장에서 직접 네트워크 효과가 있다고 생각되는 통신서비스 중 fax 서비스의 수요확산과 일반적인 내구재의 수요확산과의 차이점을 분석하였다. 3장에서는 구매자의 구매확률을 threshold 모형과 결합한 수요확산 모형을 통해 앞의 차이점을 설명하며 4장에서는 시뮬레이션을 통해 늦은 수요확산 시작 현상과 임계 가입자수 문제에 대한 이론적인 시사점을 도출하였다. 마지막으로 5장에서는 본 연구의 결론과 연구의 한계를 제시하였다.

2. 통신 서비스 수요 확산 과정의 특징

2.1 일반적 수요확산 모형

혁신의 확산(diffusion of innovation)은 새로운 아이디어가 어떤 채널을 통해 사회적 시스템 내에서 시간에 따라 전파되어 가는 과정이라고 할 수 있다(Rogers[21]). 이러한 확산 이론이 경영학의 마케팅 분야의 연구에 사용되게 된 계기는 Bass[2] 확산 모형이라고 할 수 있다(Mahajan, Muller, & Bass[12]). Bass[2] 모형은 마케팅의 여러 분야에서 수요 예측분야(sales forecasting), 수요확산에 있어서의 국가간 차이 분석 등과 같은 설명적(descriptive) 분야, 가격 결정, 광고 전략 등과 같은 규범적인(normative) 분야에서 사용되어 왔으며 Bass[2] 모형 이후 이 모형에 대한 확장 모형 및 모수 추정에 관한 많은 후속 연구가 이루어졌다(Mahajan, Muller, & Wind[14]).

Bass[2] 모형은 기본적으로 다음과 같은 가정에서 출발한다.

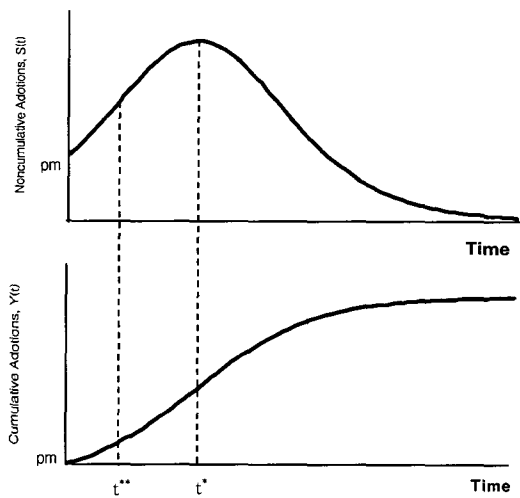
- 1) 제품 수명 주기 동안 불변하는 잠재적 포화수준이 존재한다.
- 2) 확산 기간동의 모든 시점에서 구매자의 위험률(hazard function) 즉, 어느 시점까지 구매하지 않았던 개인이 그 시점에 구매할 조건부 확률이 해당 시점에서의 누적 구매자의 구매확률분포함수의 선형 함수로 결정된다.

위의 가정으로부터 t 시점의 당기 구매자 수(S(t))와 누적 구매자 수(Y(t))는 다음 식 (1)과 같이 유도된다.

$$\begin{aligned}
 S(t) &= mf(t) = m \frac{dF(t)}{dt} \\
 &= m \frac{p(p+q)^2 e^{-(p+q)t}}{(p+qe^{-(p+q)t})^2} \quad (1)
 \end{aligned}$$

$$Y(t) = mF(t) = m \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}} \quad (2)$$

여기서 모수 p 와 q 는 각각 외부 영향과 내부 영향을 설명하는 상수이며 m 은 포화수준을 의미한다. 식 (1)과 식 (2)의 누적구매자 수와 당기구매자 수를 시간에 따라 그리면 [그림 2]와 같다.



[그림 2] Bass[2] 확산 모형에서의 누적 구매자수와 당기 구매자수

[그림 2]에서 t^* 와 t^{**} 는 각각 당기 구매자수가 최대가 되는 시점과 채택률(the rate of adoption)이 최대인 시점이 된다. 여기서 t^* 는 누적 구매자수 식 (2)의 변곡점이고 t^{**} 는 당기 구매자수 식 (1)의 변곡점이므로 식 (2)과 식 (1)의 일계 미분치가 0이 되는 t 를 각각 구하면,

$$t^* = -\frac{1}{p+q} \ln \frac{p}{q} \quad (3)$$

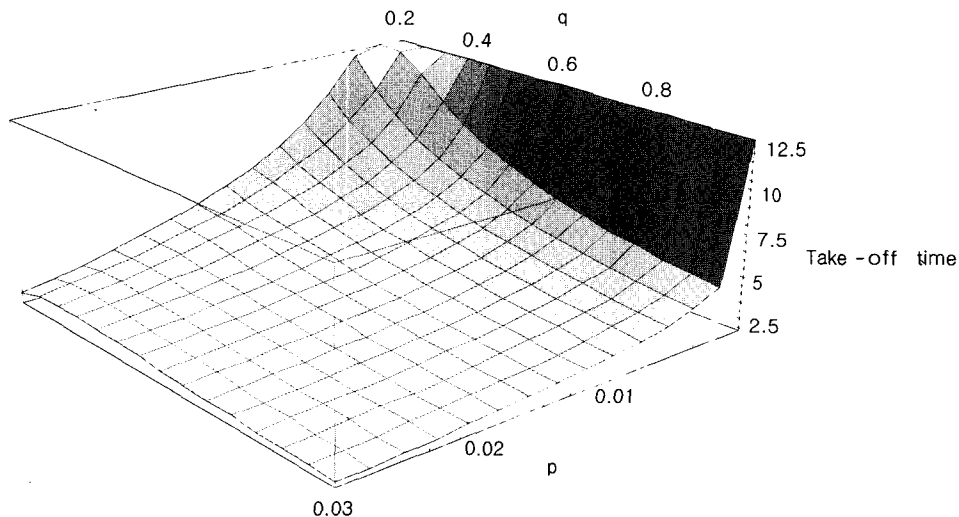
$$t^{**} = -\frac{1}{p+q} \ln \left[(2 + \sqrt{3}) \frac{p}{q} \right] \quad (4)$$

가 된다.

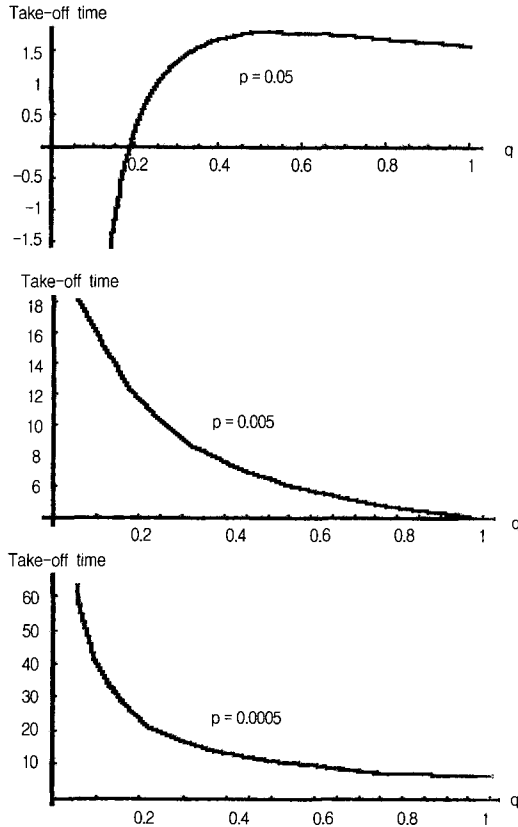
t^{**} 는 채택률이 최대인 시점으로서 수요확산의 관점에서 본다면 판매량이 급격히 증가하는 시점, 즉 수요확산이 실제적으로 시작하는 시점(take-off point)이라고 할 수 있으며 식 (4)에서 t^{**} 가 p 와 q 의 함수로 결정되므로 p, q 의 변화에 따른 수요확산 시작 시점(t^{**} , take-off point)의 변화를 살펴보면 [그림 3]과 [그림 4]와 같다.

[그림 3]과 [그림 4]에서 t^{**} 시점에 대해 다음과 같은 사항을 발견할 수 있다.

- i) p 값이 큰 경우($p > 0.01$) q 값에 큰 민감도



[그림 3] Bass 모형에서의 모수 p 와 q 의 변화에 따른 수요 확산 시작 시점



[그림 4] Bass 모형에서 고정된 p값의 변화에 따른 수요확산 시작 시점의 변화

를 갖지 않고 t**시점이 빠르다

ii) p값이 작은 경우 (0.001 < p < 0.01) q값에 따라 t**시점이 달라진다.

즉, q값이 작을 수록 t**시점이 늦다

iii) p값이 극히 작은 경우 (p < 0.001) q값에 관계없이 대체적으로 t**시점이 늦다.

2.2 통신 서비스와 일반 내구재의 수요확산 모수 비교

본 논문에서는 일반내구재와 통신서비스의 수요 확산 시작 시점 (t**)의 관점에서 비교해 본다. 즉 판매량이 급격히 증가하기 시작하는 시점 (t**)에 대한 일반내구재의 수요확산과 fax 시장에서의 수요확산과의 차이점을 비교해 보도록 한다.

분석에 사용된 데이터는 다음과 같다.

- (1) Bass[2]-9개의 내구재
- (2) Tanny & Derzko[27]-12개의 내구재
- (3) Sultan, Farley, & Lehmann[26]-15개의 수요 확산 연구(평균값)
- (4) 미국 fax 시장과 한국 fax 시장

<표 1> Bass[2]의 9개 내구재에 대한 모수 추정 결과¹⁾

제 품	분석기간	p	q	t'	t**
1 Electric refrigerators	1920 ~ 1940	0.0026	0.2156	20.25	14.21
2 Home freezers	1948 ~ 1961	0.0181	0.1711	11.87	4.91
3 Black and white television	1948 ~ 1961	0.0279	0.2510	7.88	3.15
4 Water softeners	1948 ~ 1961	0.0177	0.2060	10.97	5.08
5 Power lawnmowers	1948 ~ 1961	0.0092	0.3370	10.40	6.60
6 Electric bed coverings	1948 ~ 1961	0.0059	0.2438	14.90	9.63
7 Automatic coffee makers	1948 ~ 1961	0.0171	0.3014	9.01	4.87
8 Steam irons	1948 ~ 1960	0.0280	0.3279	6.91	3.21
9 Recover players	1952 ~ 1961	0.0247	0.6541	4.83	2.89
평 균		0.0168	0.3009	10.78	6.06

주) 1) Bass[2]의 데이터는 원래 11개의 내구재를 포함하고 있으나 Tanny & Derzko[27]의 데이터에서 Airconditioners와 Clothes' dryers를 포함하고 있으므로 이 둘을 제외한 9개의 내구재의 수요확산 데이터만 사용한다. 이 논문에서는 Bass[2]가 OLS(Ordinary Least Squares) 모수 추정 방법으로 구한 모수를 사용하였다. 또 OLS 모수 추정 방법에서 p와 q는 a와 b의 비선형 함수 형태로 결정되므로 p와 q에 대한 표준오차는 구할 수 없다.

〈표 2〉 Tanny & Derzko[27] 데이터에 대한 모수 추정 결과-NLLS 모수 추정 방법¹⁾

제 품	분석기간 수 ²⁾	p ³⁾	q ³⁾	t*	t**
1 Airconditioners	13	0.0094 (0.0020)	0.3748 (0.0402)	9.59	6.17
2 Clothes' dryers	13	0.0136 (0.0023)	0.3267 (0.0364)	9.34	5.47
3 Ultrasound	14	0.0013 (0.0009)	0.6206 (0.0812)	9.92	7.80
4 Mammography	14	0.0004 (0.0002)	0.8607 (0.0747)	8.91	7.38
5 Foreign language	12	0.0019 (0.0011)	0.6968 (0.0867)	8.45	6.57
6 Accelerated program	12	0.0008 (0.0009)	0.9173 (0.1700)	7.67	6.24
7 Refrigerator (India)	14	0.0070 (0.0010)	0.2437 (0.0374)	14.16	8.91
8 Refrigerator (NZ)	14	0.0042 (0.0010)	0.1995 (0.0214)	18.95	12.49
9 Airconditioners (Japan)	13	0.0013 (0.0002)	0.3818 (0.0496)	14.83	11.40
10 Television (UK)	8	0.0171 (0.0046)	0.6645 (0.0792)	5.37	3.44
11 Record players (Czech.)	14	0.0158 (0.0017)	0.2747 (0.0236)	9.83	5.30
12 Television (US)	13	0.0196 (0.0036)	0.2223 (0.0571)	10.04	4.60
평 균		0.0168	0.3009	10.78	6.06

주) 1) Bass[2]는 모수 p, q, m을 추정하는 데에 있어 OLS(Ordinary Least Squares) 모수 추정 방법을 사용하였으나 Srinivasan & Mason[25]에 의하면 NLLS(NonLinear Least Squares) 모수 추정 방법이 전반적으로 OLS 모수 추정 방법보다 우수한 모수 추정 결과를 보인다. 따라서 본 논문에서도 NLLS 모수 추정방법을 사용하였다.

2) Tanny & Derzko[27]의 데이터에서는 분석기간 수만을 분석 자료에 포함하여 본 표에서 분석기간은 표시하지 않았다.

3) 괄호속의 값은 추정표준오차(95% asymptotic standard error)

〈표 3〉 15개의 수요확산 연구에 대한 평균값(Sultan, Farley, & Lehmann[26])

p	q	t*	t**
0.03	0.38	5.30	2.98

〈표 4〉 Fax 수요확산 데이터의 모수추정 결과-NLLS 모수 추정 방법

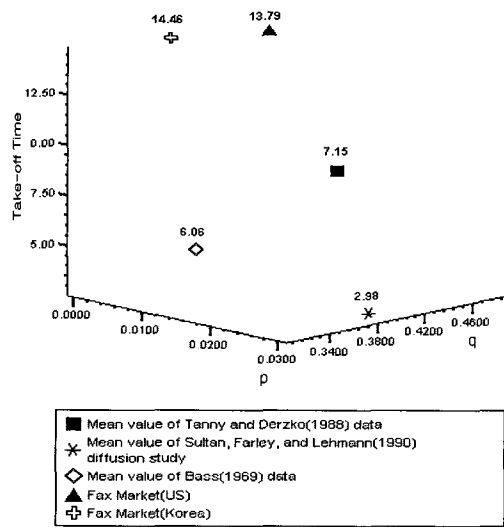
제 품	분석기간	p ³⁾	q ³⁾	t*	t**
1 Fax (Korea) ¹⁾	1980-1997	0.0004 (0.0003)	0.3833 (0.0879)	17.89	14.46
2 Fax (US) ²⁾	1976-1993	0.0002 (0.0001)	0.4667 (0.0434)	16.61	13.79
평 균		0.0011	0.4024	15.93	12.58

주) 1) 자료출처 : 전기전자공업통계, 한국전자공업진흥회, 각년호.

2) 자료출처 : Predicast Basebook. Information Access Company, 각년호.

3) 괄호속의 값은 추정표준오차(95% asymptotic standard error)

Bass[2] 모형에서 p 값은 외부정보(external source of information)에 의한 구매 영향 효과를 반영한다. 즉 기존 구매자에 구전효과의 영향에 의한 구매가 아닌 잠재적 구매자가 대중 매체 등의 외부 정보에 의해 영향을 받아 구매하는 것을 의미한다. 한편 q 값은 기존 구매자들의 잠재적 구매자에 대한 구전효과에 의한 영향을 반영한다.



[그림 5] 내구재와 fax의 수요확산 시작 시점 (t^{**}) 비교

앞의 <표 1>~<표 4>와 [그림 5]에서 볼 수 있는 바와 같이 fax 시장의 경우 q 값은 일반 내구재의 q 값과 큰 차이를 보이지 않으나 p 값은 상당히 작은 것을 볼 수 있다. 이를 Bass[2] 수요 확산 모형을 통해 해석한다면 fax의 수요확산에 있어서 대중매체 등의 외부영향(external influence)은 극히 작은 반면 구전효과 등의 내부영향(internal influence)이 fax의 수요확산에 있어서의 채택률을 결정하는 지배적인 영향이 되는 것을 의미한다고 할 수 있다.

그렇다면 여기서 생기는 의문은 다음과 같다. fax 시장의 수요확산에서 q 값이 일반 내구재의 수요확산에서 q 값과 비슷한 반면 p 값은 왜 작게 나타나는가? fax 가입자들이 대중매체의 영향을 받

아 구매하지 않는 반면 구전효과의 영향에 의해 구매하는 잠재적 가입자들에 대한 어떠한 행동 근거(behavioral rationale)가 존재하는가? 아울러 누적 가입자수가 매 구매시점마다 가입자의 위험률(hazard function)에 차별적으로 영향이 있는 네트워크 효과가 있는 경우의 수요확산을 Bass[2] 모형은 어떻게 설명할 수 있는가?

다음 장에서는 이러한 의문에 답하기 위하여 수요확산에 대한 새로운 모형을 제시한다.

3. 연구 모형의 수립과 적용

앞에서 살펴본 바와 같이 Bass[2] 모형은 잠재적 구매자의 구매확률이 매 구매 시점마다 외부 영향과 내부 영향에 의해 결정된다는 것을 기본 가정으로 한다. 이러한 Bass[2] 모형은 Rogers[21]의 일반적인 수요확산 이론에서의 커뮤니케이션 과정 이론을 반영하여 구전효과와 혁신효과 개념으로 대부분의 내구재 수요확산에 있어서 직관적인 해석을 가능하게 하는 장점이 있는 모형이다(Mahajan, Muller, & Srivastava[13]). 그러나 이 모형은 누적 가입자수의 규모가 소비자의 구매확률에 매 구매시점마다 차별적으로 영향이 있는 네트워크 효과가 있는 경우의 수요확산에 대해 직관적으로 설명하기 힘든 부분이 존재하고 구매시점에 누적 가입자수에 대한 잠재적 구매집단의 구매의사 분포를 반영하지 못하는 문제가 있다.

본 논문에서는 네트워크 효과, 즉 누적 가입자수의 증가가 잠재적 구매자의 구매확률에 구매시점마다 차별적인 영향을 갖는 수요확산 모형을 다음과 같이 제시한다.

3.1 Threshold 모형

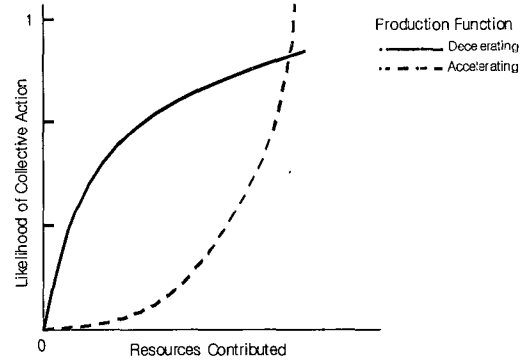
새로운 제품을 구매하거나 새로운 아이디어를 받아들이는 데에 있어서의 리스크를 수용하는 정

도는 각 개인마다 다르다(Valente[29]). 집단 행동론(collective behavior)에 있어서 threshold 모형은 각 개인이 사회시스템 내에서 어떠한 행동을 하게 되는 것이 기존의 그 행동을 이미 행한 사람의 규모에 따라 결정된다고 가정한다(Granovetter[7], Valente[29])

집단 행동론(collective behavior)에서 threshold는 각 개인이 어떤 행동을 하게 됨에 있어 반드시 존재해야 하는 이미 그 행동을 한 다른 개인들의 수를 의미한다(Markus[16]) 이를 수요확산의 관점에서 고려한다면 임계 가입자수(critical mass)가 '사회 시스템 수준(system-level)에 있어서 다수의 구매자가 구매 의사 결정을 하는 데 있어서 필요한 최소한의 누적 구매자수'라면 threshold는 '개인 수준(individual-level)에 있어서 각 개인이 구매 의사 결정을 하는 데 있어서 필요한 최소한의 누적 구매자수'라고 정의할 수 있다(Granovetter[7], Markus[16], Rogers[20])

사회학자 Oliver, Marwell, & Teixeira[18]과 Markus[16]에 의하면 상호작용 매체(interactive media)에서는 가입확률(likelihood of collective action)과 기여 자원(resource contributed)과의 관계를 나타내는 생산함수(production function)가 가속 곡선(accelerating curve)의 형태로 나타난다. 즉, 각 개인이 기여하는 자원과 집단행동 확률과의 관계가 [그림 5]와 같이 비선형적인 볼록 함수(convex function)의 형태로 나타난다. [그림 6]에서 생산함수가 가속 함수로 나타나는 이유는 각 개인의 기여 가능 자원과 관심(interest)의 이질성(heterogeneity)에 기인한다. 이는 어떤 집단행동(collective action)을 하게 하는 자원과 관심이 개인마다 다르기 때문이다.

통신서비스의 경우에 있어서는 수요확산이 포화 수준에 도달하는 데 있어 각 개인이 기여할 수 있는 자원이 작기 때문에 위 그림과 같이 가속 생산함수의 형태가 나타난다고 할 수 있다(Markus[16]). 통신서비스에서는 개인이 지불하는 자원은 일반적으로 누적 가입자 수가 증가할수록 작아진



[그림 6] 기여자원과 집단행동 확률의 생산 함수 (Markus[16])

다. 이는 통신기업의 서비스 한계비용이 일반적으로 가입자 수가 증가함에 따라 가격이 하락하기 때문이다(Economides[5])

3.2 수요확산 모형화

이 논문에서의 수요확산 모형의 기본 가정은 앞의 threshold 모형을 바탕으로 한다.

네트워크 효과에 의해 누적 가입자수가 증가함에 따라 잠재적 구매자의 구매확률이 증가하고 누적 가입자수에 대한 잠재적 구매자가 느끼는 threshold 값이 이질적인(heterogeneous) 구매자 집단의 threshold 분포를 반영한다. 즉 어떤 제품을 구매하는 데 있어 잠재적 구매자 집단이 느끼는 조건부 가입 확률이 누적 구매자수에 따라 가속 함수의 형태로 분포하며 여기서는 이러한 분포를 평균 μ 와 표준편차 σ 를 갖는 정규분포로 가정하고 이러한 잠재적 구매자 집단의 threshold 분포는 제품 수명주기 동안 변하지 않는다고 가정한다.

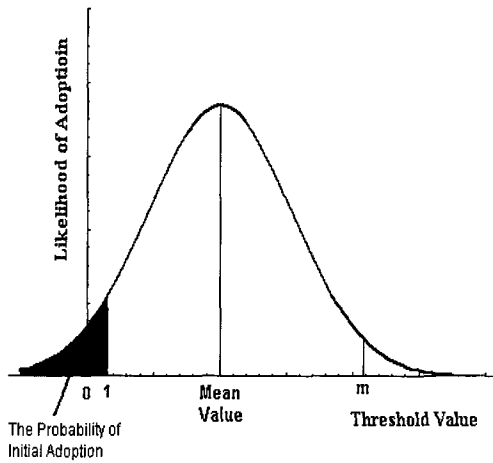
잠재적 구매자 집단의 threshold 값을 표현하는 확률 변수를 X 라 하면 X 의 확률 밀도 함수 $g_X(X)$ 는 다음과 같이,

$$g_X(X) = \Pr(X = x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad -\infty < X < \infty \quad (5)$$

이 되고 확률 분포 함수는

$$G_X(X) = \Pr(X \leq x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(w-\mu)^2}{2\sigma^2}} dw \quad (6)$$

가 된다.



[그림 7] Threshold 분포

위 [그림 7]에서 threshold 값은 개념적으로는 양의 값을 가져야 하나 본 논문에서는 1보다 작은 threshold 값에 대해서는 기존의 누적 구매자 수와 관계없이 구매하는 잠재적 구매자의 threshold 값을 표현하는 것으로 가정한다. 아울러 threshold 값이 잠재적 구매자 집단의 크기(포화수준) m보다 큰 경우에 대해서는 구매할 의사가 없는 threshold 값을 갖는 것으로 간주한다. 한편 t 시점까지 구매하지 않은 구매자가 t시점에 구매할 위험률(hazard function)은 다음과 같이 결정된다.

$$\begin{aligned} \frac{f(t)}{1 - F(t)} &= \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \int_{-\infty}^{mF(t)} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \int_{-\infty}^1 e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx \\ &\quad + \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \int_1^{mF(t)} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx \quad (7) \end{aligned}$$

여기서 m은 포화수준, 즉 잠재적 구매자 집단의 크기를 의미하고 mF(t)는 t 시점 이전의 누적 구매자수를 의미한다.

식 (7)에서 첫 번째 항은 기존의 누적 구매자수와 관계없이 구매하는 외부영향에 의한 구매확률-Bass[2] 모형에서의 외부영향에 의한 구매-을 의미하고 두 번째 항은 누적 구매자수에 영향을 받는 네트워크 효과의 영향에 의한 구매확률을 의미한다.

한편 t시점의 당기 구매자수는 식 (7)로부터 다음과 같이 결정된다.

$$\begin{aligned} S(t) &= mf(t) \\ &= \frac{[m - mF(t)]}{\sqrt{2\pi\sigma}} \int_{-\infty}^{mF(t)} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx \\ &= \frac{[m - mF(t)]}{\sqrt{2\pi\sigma}} \int_{-\infty}^{Y(t)} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx \quad (8) \end{aligned}$$

즉 t 시점의 당기 구매자수가 잠재적 구매자 집단의 크기(m)와 잠재적 구매자 집단의 threshold 분포 평균 (μ), 표준편차 (σ)에 의해 결정된다.

3.3 모형의 적용

앞의 2장에서서의 데이터를 식 (8)에 의해 모수 μ , σ , m을 비선형 모수 추정 방법에 의해 추정한 결과는 <표 5>와 <표 6>과 같다.

Tanny and Derzko[27]의 내구재 수요확산 데이터와 fax 시장의 수요 확산 데이터를 비교하기 위하여 각각의 threshold 확률 변수를 평균으로 나눈 분포를 그림으로 나타내면 [그림 8]과 같다.

<표 5>와 <표 6>에서 볼 수 있는 바와 같이 $1-2\sigma/\mu$ 값이 Tanny & Derzko[27]의 내구재 데이터의 평균이 -0.0838인 반면 fax의 수요 확산 데이터에서는 평균값이 0.0358로 더 크므로 Tanny & Derzko[27]의 내구재 수요확산 데이터 평균값의 threshold 분포는 fax 시장에 비해 더 이질적(heterogeneous)이라고 할 수 있다. 내구재 잠재적 구매

〈표 5〉 Tanny and Derzko[27] 데이터의 모수 추정 결과-비선형 모수 추정 방법¹⁾

제 품	$\mu^{2)}$	$\sigma^{2)}$	$m^{2)}$	R^2	σ/μ	$1-2\sigma/\mu$
1 Airconditioners	12689.81 (1977.01)	7004.20 (1271.73)	15453.95 (1044.53)	0.7634	0.5520	-0.1040
2 Clothes' dryers	12445.57 (1987.01)	6949.02 (1240.83)	13781.72 (969.19)	0.7606	0.5584	-0.1168
3 Ultrasound	110.50 (6.63)	55.74 (5.17)	166.78 (3.09)	0.8913	0.5044	-0.0088
4 Mammography	65.63 (3.96)	34.55 (3.30)	116.14 (1.72)	0.8963	0.5264	-0.0528
5 Foreign language	22.30 (1.84)	11.95 (1.44)	36.28 (0.99)	0.8624	0.5359	-0.0718
6 Accelerated program	34.99 (7.19)	20.82 (5.73)	62.96 (3.40)	0.5279	0.5950	-0.1900
7 Refrigerator (India)	780.41 (56.51)	389.11 (33.20)	963.30 (38.39)	0.9565	0.4986	0.0028
8 Refrigerator (NZ)	1802.00 (118.52)	882.83 (62.10)	2204.23 (101.69)	0.9826	0.4899	0.0202
9 Airconditioners (Japan)	10904.33 (798.55)	5225.54 (498.78)	18895.25 (872.40)	0.9683	0.4792	0.0416
10 Television (UK)	5959.47 (1316.90)	3941.42 (1047.40)	10272.51 (804.61)	0.7199	0.6614	-0.3228
11 Record players (Czech.)	2206.92 (151.94)	1203.02 (97.24)	2322.19 (64.49)	0.9118	0.5452	-0.0904
12 Television (US)	90405.88 (17636.05)	50305.73 (10608.22)	90180.52 (8137.29)	0.6947	0.5564	-0.1128
평 균	-	-	-	-	0.5419	-0.0838

주) 1) Bass[2] 데이터와 Sultan, Farley, & Lehmann[26]의 원 데이터는 입수하지 못한 관계로 이 논문에서는 Tanny & Derzko[27]의 내구재 데이터와 fax 시장의 수요확산 데이터만 논문의 모형을 사용하여 분석하였다. 또 직접 네트워크 효과가 없는 일반내구재에 있어서의 잠재적 구매자 집단의 threshold의 의미는 (1) 누적 구매자수가 증가할수록 제품의 정보 또는 품질에 대한 긍정적인 영향이 증가할 수 있으며 (2) 심리학적인 bandwagon effect로 해석할 수 있다(Katz & Shapiro[8]).

2) 데이터 단위는 3~6은 대, 그 외는 1000대이고 괄호속의 값은 추정표준오차(95% asymptotic standard error)

〈표 6〉 Fax 수요확산 데이터의 모수 추정 결과-비선형 모수 추정 방법

제 품	$\mu^{1)}$	$\sigma^{1)}$	$m^{1)}$	R^2	σ/μ	$1-2\sigma/\mu^{2)}$
Fax (Korea)	2684.84 (423.77)	1280.07 (233.01)	3417.22 (313.04)	0.7701	0.4768	0.0464
Fax (US)	8359.02 (1032.83)	4074.58 (1240.83)	13455.96 (909.85)	0.8489	0.4874	0.0252
평 균	-	-	-	-	0.4821	0.0358

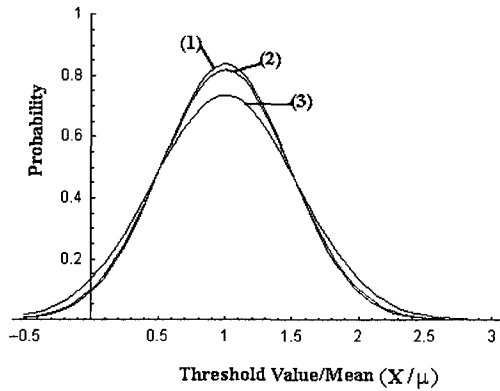
주) 1) 데이터 단위는 1000대. 괄호속의 값은 추정표준오차(95% asymptotic standard error)

2) 정규분포에서 확률변수가 $\mu-2\sigma$ 보다 작을 확률은 2.5%이다. 표에서는 내구재의 잠재적 구매자의 threshold 분포와 fax 잠재적 구매자의 threshold 분포를 비교하기 위하여 threshold 확률변수 X를 평균 μ 로 나눈 분포를 비교한다. 이 경우 2.5%의 확률을 갖는 X/μ 값은 $1-2\sigma/\mu$ 가 된다.

자 집단의 threshold 분포에 비해 fax 잠재적 구매자의 threshold 분포의 상대적으로 낮은 이질성

(heterogeneity)은 수요 확산에 있어서 초기 구매 확률을 낮게 만들며 이에 따라 fax 시장에서 늦은

수요확산 시작 현상(late take-off phenomenon)이 나타난다고 할 수 있다.



[그림 8] Threshold/mean 분포 비교 (1) Fax (Korea) 수요확산 데이터 (2) Fax (US) 수요확산 데이터 (3) Tanny & Derzko[27] 내구재 수요확산 데이터 평균

따라서 여기서 얻을 수 있는 이론적인 시사점으로는 (1) 통신서비스의 수요확산에 있어서 늦은 수요확산 시작 현상은 구매자 집단의 threshold 분포의 상대적으로 낮은 이질성(heterogeneity)에 기인하며 (2) 이러한 threshold 분포의 낮은 이질성

(heterogeneity)에 의해 출시 초기에 통신 서비스에 있어서의 구매자의 구매확률이 일반 내구재에 비해 누적 구매자수의 영향($X < 1$ 인 threshold의 확률)을 더 많이 받는다고 할 수 있다.

4. 시뮬레이션

4.1 threshold 분포와 수요확산

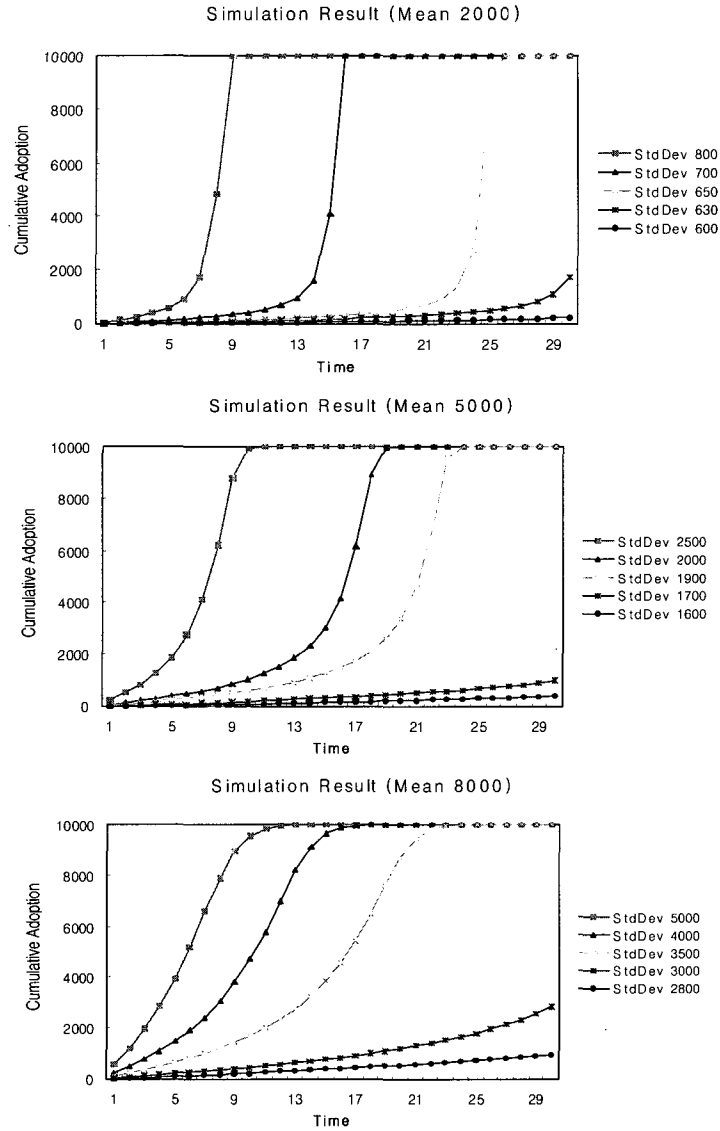
잠재적 구매자 집단의 threshold 분포에 있어서 threshold 확률 변수 X 의 평균(μ)과 표준편차(σ)가 수요확산에 있어서 어떠한 영향이 있는지를 보기 위하여 포화수준(m)을 10000으로 가정하고 $\langle \text{표 7} \rangle$ 과 같이 평균(μ)과 표준편차(σ)를 변화시켜 가며 시간에 따른 수요확산을 시뮬레이션 하였다.

시간에 따른 누적 구매자수의 시뮬레이션 결과는 [그림 9]와 같다.

시뮬레이션 결과에서 볼 수 있는 바와 같이 threshold 값의 동일한 평균에 대해서는 표준편차가 작을수록 늦은 수요확산 시작 현상이 나타나는 것을 볼 수 있다. 즉 구매자 집단의 threshold 분포의 이질성(heterogeneity)이 낮을수록 수요 확산은 늦게 이루어진다고 할 수 있다.

<표 7> 시뮬레이션 플랜

	포화수준(m)	Threshold 분포 평균(μ)	Threshold 분포 표준편차(σ)
Plan 1	10000	Mean 2000	StdDev 800
			StdDev 700
			StdDev 650
			StdDev 630
			StdDev 600
Plan 2	10000	Mean 5000	StdDev 2500
			StdDev 2000
			StdDev 1900
			StdDev 1700
			StdDev 1600
Plan 3	10000	Mean 8000	StdDev 5000
			StdDev 4000
			StdDev 3500
			StdDev 3000
			StdDev 2800

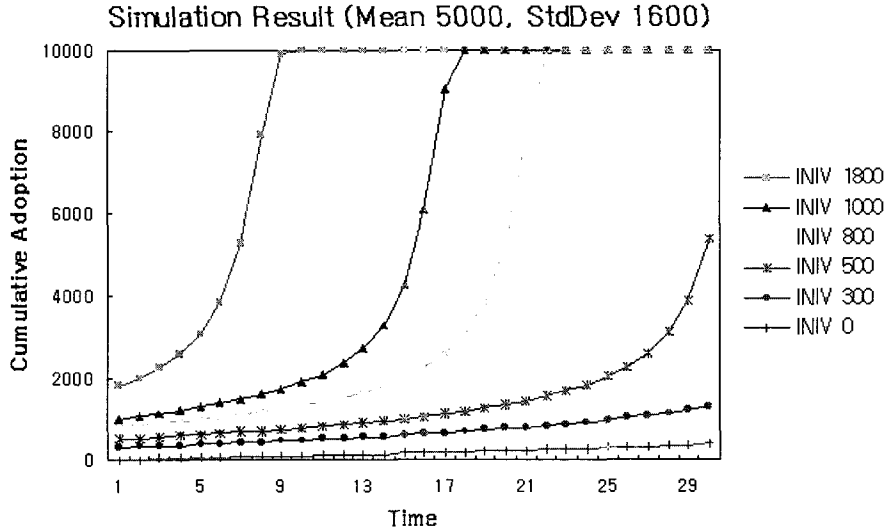


[그림 9] 시뮬레이션 플랜 1, 2, 3의 시간에 따른 누적구매자수

4.2 서비스 초기 무료 공급

Allen[1]이 지적한 바와 같이 통신서비스에서는 일반적으로 임계 가입자수(critical mass)에 도달하는 것이 통신서비스의 성공적인 수요확산에 있어서 중요한 요인이 되므로 통신 기업에 있어 초기 가입자의 확보는 중요하다. 또 Mahler & Rogers [15]는 Schmitz, Rogers, Phillips, & Paschal[23]을

인용하면서 Minitel의 무료 공급 전략과 유사한 사례로 Santa Monica의 PEN(Public Electronic Network)의 예를 들고 있는데 이 시스템은 도서관, 정부기관, 그 밖의 공공장소에서 접속이 가능한 무료 단말기를 제공하였다. 이와 같이 낮은 이질성(heterogeneity)을 갖는 threshold 분포를 갖는 통신서비스의 경우 Minitel과 PEN 사례의 경우에



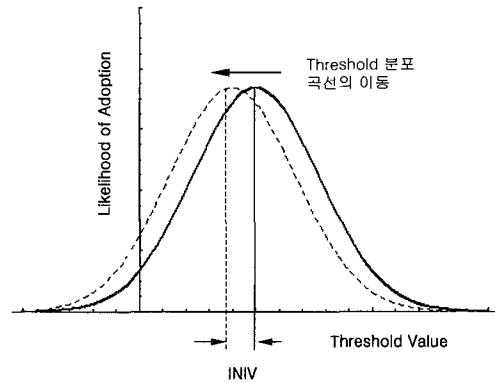
[그림 10] 서비스 초기 무료공급량 변화에 따른 누적구매자수의 변화

서와 같이 초기 보조금 지원 전략을 통한 무료 공급 전략이 효과적이다.

초기 무료 공급의 수요확산에 대한 영향을 살펴 보기 위하여 앞의 시뮬레이션의 결과에서 임계 가입자확보에 실패하여 포화수준에 도달하지 못한 threshold 분포를 갖는 경우(Mean 5000, StdDev 1600)에 초기 무료공급량(INIV)을 변화시켜 가면서 수요 확산을 시뮬레이션 한 결과는 [그림 10]과 같다.

시뮬레이션 결과에서 볼 수 있는 바와 같이 초기 무료 공급이 없는 경우 포화수준에 도달하지 못한 threshold 분포를 갖는 서비스에서 초기 무료 공급량을 변화시킴에 따라 포화수준에 도달하는 시점이 다르게 나타나는 것을 볼 수 있다.

Minitel, PEN(Public Electronic Network)의 사례에서의 서비스 초기의 무료공급은 본 논문의 수요확산 모형에서 잠재적 구매자 집단의 threshold 분포를 무료공급량 만큼 좌향 평행 이동시키는 효과가 있다. 즉 평균 μ , 표준편차 σ 를 갖는 잠재적 구매자 집단의 threshold 분포에서 초기($t=0$)에 INIV만큼 무료공급을 하는 경우 [그림 11]과 같이 threshold 분포 곡선을 좌측으로 INIV만큼 평행 이동시킨 효과와 같다.



[그림 11] 서비스 초기 무료 공급의 Threshold에 대한 영향

이 경우 당기구매자수는 다음과 같이

$$S(t) = \begin{cases} \frac{m}{\sqrt{2\pi\sigma}} \int_{-\infty}^1 e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx + INIV & ; \text{ for } t=0 \\ \frac{[m - mF(t)]}{\sqrt{2\pi\sigma}} \int_{-\infty}^{mF(t)+INIV} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx & ; \text{ for } t \geq 1 \end{cases} \quad (9)$$

가 된다.

한편 [그림 10]의 시뮬레이션 결과에서 볼 수 있는 바와 같이 초기 무료 공급량이 클수록 포화수준

($m = 10000$)에 빨리 도달하는 것을 볼 수 있다. 초기 공급량의 결정은 다음과 같이 주어진 기업의 이윤 계획 기간(planning period) 동안 할인 이윤(discounted profit)을 최대화하는 동적 최적화(dynamic optimization) 문제의 해를 구함으로써 결정될 수 있다 (Mahahan, Muler, & Bass[12]).

$$\begin{aligned} \text{Max } \pi &= \text{Total discounted profit} \\ &\quad - \text{the planning period} \\ \text{s. t. } &\text{a given life cycle growth pattern} \end{aligned}$$

이러한 동적 최적화 문제를 본 논문의 모형을 사용하여 적용하면 다음과 같다. 초기 무료 공급량을 α 라 하고 어떤 통신 서비스에 대한 잠재적 구매자 집단의 threshold 분포가 평균 μ , 표준편차 σ 인 정규분포를 따르고 t 시점의 통신서비스의 가격을 $P(t)$, 단위비용을 $C(t)$, 이윤 계획 기간(Planning period)을 N 이라 하고 그 기간의 평균 자본비용(cost of capital)을 r 라 하자. 또 문제를 단순화하기 위해 초기 시점 ($t = 0$)에서는 INIV만큼 무료로 공급한다고 하고 초기 무료 공급에 따른 포화수준의 변화는 없다고 가정한다. 이 경우 순현재가(Net Present Value) 동적 최적화 문제는 초기 무료 공급량 α 에 대해서는 $P(0)$ 가 0이므로 식 (9)의 $S(t)$ 에서,

$$\begin{aligned} \text{Max } \pi &= \text{Max} \sum_{t=0}^{N-1} \frac{1}{(1+r)^t} [P(t) - C(t)] S(t) \\ &= \text{Max} \left[\alpha C(0) + \sum_{t=1}^{N-1} \frac{1}{(1+r)^t} [P(t) - C(t)] \right. \\ &\quad \left. \frac{[m - mF(t)]}{\sqrt{2\pi\sigma}} \int_{-\infty}^{mF(t)+\alpha} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx \right] \quad (10) \end{aligned}$$

가 된다.

5. 결 론

이 논문에서는 통신서비스 중에서 fax의 늦은 수요확산 시작 현상(late take-off phenomenon)을 일반적인 수요확산 모형인 Bass[2] 모형을 통해 분

석하여 수요 확산에 있어서 일반 내구재와 fax의 차이점을 발견하고 이에 대한 threshold 모형을 바탕으로 새로운 수요확산 모형을 사용하여 그 원인을 분석하였다.

Bass[2] 모형을 사용하여 fax의 수요확산을 분석한 결과 fax 서비스의 늦은 수요 확산 시작 현상은 수요 확산에 대한 외부 영향(external influence)이 일반 내구재의 외부영향에 비해 상당히 작기 때문임을 알 수 있었다. Threshold 모형을 바탕으로 한 본 논문의 모형으로 분석한 결과 이러한 원인은 통신서비스에 대한 잠재적 구매자 집단의 threshold 분포가 제품의 상호작용 특성에 기인하여 일반 내구재에 비해 threshold 분포의 이질성(heterogeneity)의 정도가 작기 때문이다. 아울러 Minitel 사례와 같이 통신서비스에서 초기 가입자 확보를 위한 무료 공급 전략은 잠재적 구매자의 threshold 분포를 출시 초기에 좌향 평행 이동시켜 잠재적 구매자의 가입 확률을 증가시키는 효과가 있는 것임을 알 수 있었다.

본 논문에서 제시한 수요 확산 모형은 잠재적 구매자 집단의 threshold 분포를 반영하여 Bass[2] 모형과 같은 일반적인 수요 확산 모형에서 모수를 해석하는데 있어서의 구매자의 행동 근거(behavioral rationale)를 직관적으로 설명하기 힘든 부분을 가능하게 하고 잠재적 구매자의 누적 구매자수에 대한 구매 의사 분포를 반영할 수 있는 장점이 있다. 아울러 임계 가입자수 현상이 존재하는 통신서비스에서 초기 가입자 확보를 위한 무료 공급량의 결정을 본 논문의 모형을 사용하여 기업의 동적 이윤 최적화 문제의 해를 구함으로써 결정될 수 있다.

하지만 연구의 한계 또한 존재하는데 이는 Bass, Jain, & Krishnan[3]이 지적하는 바와 같이 본 논문의 모형이 당기 구매자 수를 시간에 대해 대수적인 양함수(closed-form solution) 형태의 해로 구할 수 없어 시간에 따른 수요확산을 명료하게 보여주기 힘든 부분이 존재하고 Markus[16]가 지적하는 바와 같이 threshold는 시스템 수준에서 거시적으

로 해석하는 것 보다 개인수준의 커뮤니케이션 네트워크(personal network)에서 미시적으로 해석하는 것이 보다 정확할 수 있다는 것이다. 또 threshold 분포를 정규 분포로 가정한 것에 대해서는 실증적인 분석을 통해 분포 가정의 적합성에 대한 검증의 필요성이 있다 하겠다. 아울러 시뮬레이션의 결과를 실제적으로 적용하기 위해서는 이에 대한 보다 더 심층적인 후속 연구가 필요할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Allen, D., "New telecommunications services : Network externalities and critical mass," *Telecommunications Policy*, Vol.13(1988), pp.255-264.
- [2] Bass, F.M., "A new product growth model for consumer durables," *Management Science*, Vol. 15(1969), pp.215-227.
- [3] Bass, F.M., D. Jain, and T. Krishnan, "Modeling the marketing-mix influence in new-product diffusion," In Mahajan, V., Muller, E., and Wind, Y., *New product diffusion models*, Kluwer Academic Publishers, Massachusetts(2000), pp.99-122.
- [4] Economides, N., "Compatibility and the creation of shared networks," In M.E Guerin-Calvert and S.S. Wildman, *Electronic Services Networks : A business and public policy challenge*. Praeger Publishing Inc., New York, 1991.
- [5] Economides, N. and C. Himmelberg, "Critical Mass and Network Size with Application to the US Fax Market," *Discussion Paper no. EC-95-11*, Stern School of Business, N.Y.U., 1995.
- [6] Economides, N., "Durable goods monopoly with network externalities with application to the PC operating systems market," *Quarterly Journal of Electronic Commerce*, Vol. 1, No.3(2000).
- [7] Granovetter, M., "Threshold models of collective behavior," *American Journal of Sociology*, Vol.83(1978), pp.1420-1443.
- [8] Katz, M.L., and C. Shapiro, "Network externalities, Competition, and Compatibility," *American Economic Review*, Vol.75(1985), pp.424-440.
- [9] Katz, M. and C. Shapiro, "Technology adoption in the presence of network externalities," *Journal of Political Economy*, Vol. 94(1986), pp.822-841.
- [10] Katz, M. and C. Shapiro, "Systems competition and network effects," *Journal of Economic Perspectives*, Vol.8(1994), pp.133-150.
- [11] Liebowitz, S.J., and S.E. Margolis, "Network externality : An uncommon tragedy," *Journal of Economic Perspectives*, Vol.8(1994), pp.133-150.
- [12] Mahajan, V., E. Muller, and F.M. Bass, "New product diffusion models in marketing : A review and directions for research," *Journal of Marketing*, Vol.54(1990), pp.1-26.
- [13] Mahajan, V., E. Muller, and R.K. Srivastava, "Determination of adopter categories by using innovation diffusion models," *Journal of Marketing Research*, Vol.27(1990), pp.37-50.
- [14] Mahajan, V., E. Muller, and Y. Wind, (eds) *New product diffusion models*, Kluwer Academic Publishers, Massachusetts, 2000.
- [15] Mahler, A. and E.M. Rogers, "The diffusion of interactive communication innovations and the critical mass : the adoption of telecommunications services by German banks,"

- Telecommunications Policy*, Vol.23(1999), pp.719-740.
- [16] Markus, M.L., "Toward a 'critical mass' theory of interactive media : Universal access, interdependence and diffusion," *Communication Research*, Vol.14(1987), pp.491-511.
- [17] Markus, M.L., "Critical mass contingencies for telecommunications consumers. The 'critical mass' in the diffusion of interactive technologies," In M. Carnevale, M. Lucertini, and S. Nicosia, *Modeling the innovation : communications, Automation and Information*, Elsevier. Amsterdam(1990), pp.103-112.
- [18] Oliver, P.E., G. Marwell, and R. Teixeira, "A theory of the critical mass. I. Interdependence, group heterogeneity, and the production of collective action," *American Journal of Sociology*, Vol.91(1985), pp.522-556.
- [19] Oliver, P. E. and G. Marwell, "The paradox of group size in collective action ; A theory of critical mass. II," *American Sociology Review*, Vol.53(1988), pp.1-8.
- [20] Rogers, E.M., "The 'critical mass' in the diffusion of interactive technologies," In M. Carnevale, M. Lucertini, and S. Nicosia, *Modeling the innovation : communications, Automation and Information*, Elsevier, Amsterdam(1990), pp.79-94
- [21] Rogers, E. M., *Diffusion of innovations*. 4th ed. Free Press, New York. 1995.
- [22] Rohlfs, J., "A Theory of interdependent demand for a communications services," *Bell Journal of Economics and Management Science*, Vol.5(1974), pp.16-37.
- [23] Schmitz, J., E.M. Rogers, K. Phillips, and D. Paschal, "The Public Electronic Network (PEN) and the homeless in Santa Monica," *Journal of Applied communication Research*, Vol.23(1995), pp.26-43.
- [24] Schoder, D., "Forecasting the success of telecommunication services in the presence of network effects," *Information Economics and Policy*, Vol.12(2000), pp.181-200.
- [25] Srinivasan, V. and C.H. Mason, "Nonlinear Least Squares estimation of new product diffusion models," *Marketing Science*, Vol.5 (1986), pp.169-178.
- [26] Sultan, F., J.U. Farley, and D.R. Lehmann, "A meta-analysis of applications of diffusion models," *Journal of Marketing Research*, Vol.37(1990), pp.70-77.
- [27] Tanny, S.M., and N.A. Derzko, "Innovators and imitators in innovation diffusion modeling," *Journal of Forecasting*, Vol.7(1988), pp.225-234.
- [28] Valente, T.W., *Network models of the diffusion of innovations*, Hampton Press, Cresskill, NJ, 1995.
- [29] Valente, T.H., "Social network thresholds in the diffusion of innovations," *Social Networks*, Vol.18(1996), pp.69-89.
- [30] Williams, F., E. Rice, and E.M. Rogers, *Research methods and the new media*, Free Press. New York. 1988.