

다세대 내구성 소비재의 수요분석을 위한 확산모형*

박세훈

성균관대학교 경영학부 교수
(sehoon@yurim.skku.ac.kr)

.....

첨단기술 다세대 제품들의 세대간 대체 및 확산과정을 묘사하기 위해서 다세대 확산모형들, 가령 Norton and Bass (1987), Mahajan and Muller(1996), Jun and Park(1999)의 모형들이 개발되었다. 그 중에서 Jun and Park (1999)은 다세대 제품들에서 획득할 수 있는 판매량자료를 두 가지 타입, 즉 최초구매수요와 업그레이드수요를 구분할 수 있는 자료(타입 I)와 구분할 수 없는 자료(타입 II)로 양분하고서, 타입 I 자료와 타입 II 자료에 각각 적용할 수 있는 타입 I 모형과 타입 II 모형을 개발하였다. 또한 그들은 Norton and Bass의 모형과 Mahajan and Muller의 모형은 타입 I 자료에만 적용할 수 있고 오직 그들의 타입 II 모형만이 타입 II 자료에 적용할 수 있는 유일한 모형이라고 주장하였다.

PC와 같은 내구성 소비재의 경우에 개인소비자별로 최초구매를 하는 것인지 또는 업그레이드를 하는 것인지 확인하는 것은 자료수집과정에서 많은 비용이 요구 되므로, 시장조사기관이 제공하는 대부분의 다세대 내구성 소비재에 대한 판매량 자료는 타입 II 자료가 된다. 그러므로 본 연구에서는 보다 일반적으로 획득가능한 타입 II 자료에 적용할 수 있는 새로운 다세대 확산모형을 제시하였다. 또한 전세계 PC 판매량자료를 사용하여 Jun and Park의 타입 II 모형(즉 JP2)과 본 연구에서 제시한 새로운 모형(즉 NB2)과의 경험적 비교를 행하였다. NB2 모형과 JP2 모형이 제공하는 모수추정치들의 액면타당성, 모형의 적합능력과 예측타당성 등의 기준에서 볼 때, 경험적 비교 결과는 NB2 모형이 JP2 모형보다 우수하다는 것을 보여 주었다.

.....

1. 서 론

새로운 기술들(newer technologies)은 예전의 기술들(older technologies)을 지속적으로 대체하여 왔다. 가령 지난 100여년 동안 전세계에서 사용한 주요 에너지 원천들(primary energy sources)을 살펴보면, 석탄(coal)은 나무(wood)를 대체하였고, 석유(oil)는 석탄을 대체하였으며, 천연가스(natural gas)와 핵에너지(nuclear energy)는 석유를 대체하고 있는 중이다(Peterka 1977). 최근에는 반도체를 비롯한 개인용 컴퓨터(PC) 등의 첨단기술 전

자제품들(high-technology electronic products)에서 볼 수 있는 신규세대(new generation)와 이전세대들(earlier generation)간의 대체과정은 과거의 기술들(technologies)간에 벌어진 대체 보다도 훨씬 빠르게 진행하고 있다. 가령 DRAM(dynamic random access memory) 반도체를 생각해 보면, 1970년에 1K 메모리 칩(memory chip)이 시장에 도입된 이후에 30년이 되지 않는 기간동안 4K, 16K, 256K, 1M, 4M, 16M... 등으로 신규세대와 이전세대들 간에 더 빠른 기술적 대체와 각 세대별 확산과정을 목격할 수 있었다. 또한 DRAM 반도체와 같은 첨단기술산업재(high-technology

industrial good)를 부품(device)으로 사용하는 응용기(application)인 PC를 생각해 보면, 최초의 PC는 1981년에 도입된 8086 microprocessor를 장착한 1세대 PC이었지만, 보다 빠르고 강력한 80286 processor를 장착한 2세대 PC에 의해서 대체되었다. 그 다음에는 2세대 PC 역시 32-bit applications와 다중 작업(multitasking)이 가능한 80386 processor를 장착한 3세대 PC에 의해서 대체되었고, 이 또한 보다 강력한 power와 속도를 구현하고 보다 많은 기능들을 제공하는 80486 processor를 장착한 4세대 PC에 의해서 대체된 경험을 갖고 있다. 최근에는 Pentium I, II, III, IV processor를 장착한 새로운 PC들이 더 빠른 속도로 시장에 진입하면서 보다 급격한 세대간 대체과정(substitution process)과 확산과정(diffusion process)이 나타난 결과, 각 세대별 판매량의 급격한 성장과 쇠퇴를 짧은 기간동안 동시에 목격하게 되었다.

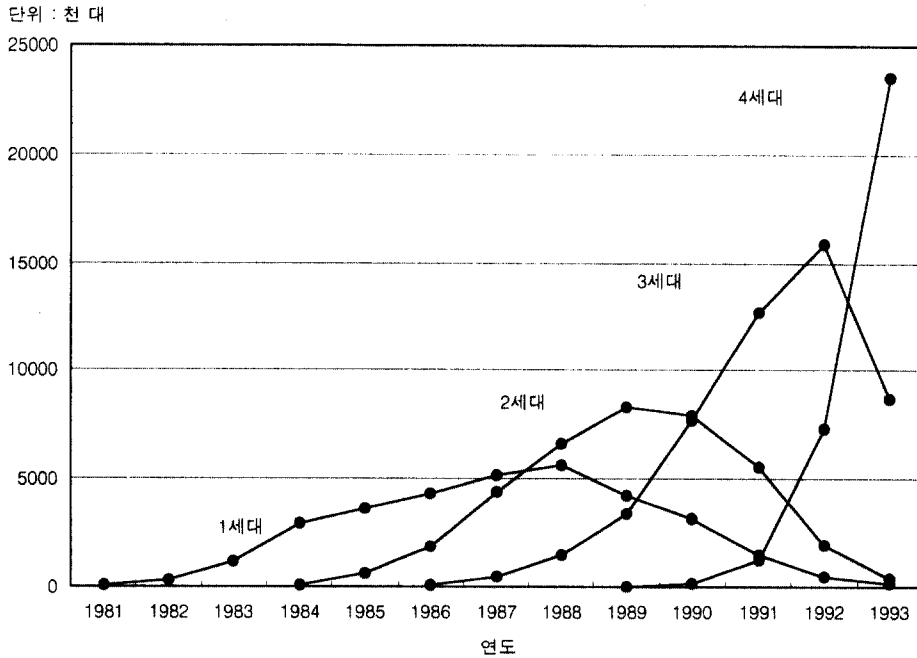
〈그림 1〉은 1세대(8086 processor 장착), 2세대(80286 processor 장착), 3세대(80386 processor 장착), 4세대(80486 processor 장착) PC의 확산과 대체과정의 결과를 보여주는 1981년부터 1993년까지 연도별 전세계 PC의 판매량을 나타내고 있다. 본 연구에서는 이와 같이 내구성 첨단기술제품들(high-technology products)에서 볼 수 있는 빠른 기술혁신에 의하여 생산되는 다세대 제품들(multigenerational products)의 수요를 분석하기 위하여 세대간의 대체 및 확산과정을 동시에 포착하는 모형을 제시하고자 한다.

신규세대 제품의 시장도입은 이전세대 제품들이 충족시키지 못했던 소비자들의 욕구충족을 가능하게 하므로 새로운 수요를 창출하여 기존의 잠재시장(potential market)을 확대할 수도 있지만,

동시에 이전세대 제품들의 (잠재) 구매자들에게 신규 제품으로 대체할 수 있는 기회를 제공한다. 즉 이전세대 제품들로부터 신규세대 제품으로의 대체과정(substitution process)은 궁극적으로 이전세대 제품들의 수요를 감소시키는데 다음과 같은 두 가지 경우로 나타날 것이다. 첫째, 신규세대 제품이 시장에 존재하지 않는다면 이전세대제품을 수용(adoption) 하였을 소비자들이 이전세대 제품 대신에 신규세대 제품을 최초구매(first-purchase) 하는 경우와 둘째, 이미 이전세대 제품을 수용한 소비자들이 이전세대 제품으로부터 신규세대 제품으로 업그레이드(upgrade)하는 경우를 생각해 볼 수 있다. 그런데 신규세대 제품이 이전세대 제품들에 비해서 우월할지라도 모든 잠재구매자들에게 즉각적으로 수용될 수 없고 확산과정(diffusion process)을 거치게 된다. 이전세대 제품 또한 신규세대 제품으로의 대체효과(substitution effects)가 발생할지라도 그 나름의 잠재시장에서 확산이 지속되어 이전세대 제품에 대한 최초구매 수요(first-purchase demand)가 상당 기간동안 성장하였다가 궁극적으로 감소·소멸하는 것을 볼 수 있다.

앞에서 언급한 바와 같이 내구성 첨단기술 제품들에서 볼 수 있는 다세대 제품들(multigenerational products)의 세대간 대체 및 확산과정을 묘사하기 위해서 Bass(1969)의 내구성 소비재(consumer durable good)에 대한 최초구매 확산모형(first purchase diffusion model)을 기반으로 하여 다세대 확산모형들(multigeneration diffusion models)이 개발되었고, 그 대표적인 예로서 Norton and Bass(1987), Mahajan and Muller(1996), Jun and Park(1999)의 연구를 들 수 있다.

Norton and Bass(1987)는 DRAM 반도체와



〈그림 1〉 전세계 PC 판매량(81-93): 관찰치

같은 산업재(industrial good)의 세대간 대체 및 확산과정을 동시에 포착하는 모형을 제시하였다. 즉 그들은 DRAM 반도체는 PC와 같은 응용기기(applications)의 부품(device)으로 사용되는 산업재로서 최종 사용자(end user)가 신제품을 수용하는 것으로 보기보다는 PC와 같은 응용기기(제조회사)들을 신제품 수용자(adopters)로 간주하였다. 신제품 수용자인 응용기기(제조회사)들은 기간당(per time period) 한 단위(one unit) 보다는 여러 단위(multiple units)의 DRAM 반도체를 구매할 것이고, 더 새로운 세대의 DRAM 반도체로 업그레이드하기 前에는 여러 기간에 걸쳐서 기존에 수용한 DRAM 반도체를 반복구매(repeat purchase)한다는 이론적인 틀과 가정 하에서 다세대 확산모형을 개발하고, 그들의 모형을 전세계

DRAM 반도체 출하량 자료 등에 적용하였다. Mahajan and Muller(1996)는 IBM 메인프레임 컴퓨터(mainframe computer)의 1955년부터 1978년까지 각 세대별로 실제로 시스템을 사용중인(systems in use) 누적 수용자들(cumulative adopters)의 수를 동태적으로 관찰한 자료를 사용하여 IBM 메인프레임의 4개 세대들에 대한 수요분석을 행할 수 있는 모형을 제시 하였다. IBM 메인프레임의 세대간 대체 및 확산과정에서 수용자(adopters)는 최종 사용자(end user)로서 DRAM 반도체와는 달리 여러 단위를 반복구매하기 보다는 한 단위를 최초구매(first purchase)하여 더 신규 세대로의 업그레이드가 있기 전에는 기존에 수용한 세대를 지속적으로 사용한다는 이론적인 틀과 가정 하에서 다세대 확산모형을 개발하였다.

Jun and Park(1999)은 다세대 제품들에서 획득할 수 있는 판매량자료(sales data)를 두 가지 타입(type), 즉 최초구매 수요(first-purchase demand)와 업그레이드 수요(upgrade demand)를 구분할 수 있는 자료(타입 I)와 최초구매 수요와 업그레이드 수요를 구분할 수 없는 자료(타입 II)로 양분하고서, 타입 I 자료에 적용할 수 있는 타입 I 모형과 타입 II 자료에 적용할 수 있는 타입 II 모형을 각각 개발하였다. 즉 그들은 Mahajan and Muller(1996)가 사용한 IBM 메인프레임의 각 세대별로 실제로 시스템을 사용중인 누적 수용자들(cumulative adopters)의 수를 관찰한 자료는 타입 I 자료의 예로 들면서 그들의 타입 I 모형을 적용하였고, 전세계 DRAM 반도체의 세대별 출하량 자료는 타입 II 자료의 예로 들면서 그들의 타입 II 모형을 적용하였다.

그런데 타입 I 자료를 획득하기 위해서는 개개인별로 최초구매(first purchase)를 하는 것인지 또는 이전세대를 사용하다가 업그레이드(upgrade)를 하는 것인지 조사를 하여야만 이것이 가능하겠지만, 이는 자료수집 과정에서 많은 비용이 요구되므로 PC와 같은 내구성 소비재(consumer durable good)의 경우에 시장조사기관이 제공하는 대부분의 세대별 동태적 판매량자료는 타입 II이다(Jun and Park 1999). 본 연구에서는 이렇게 보다 일반적으로 획득가능한 타입 II 자료를 사용하여 다세대 제품들의 수요를 분석하기 위해서 적용가능한 새로운 모형을 제시하고, <그림 1>에서 보여준 1981년부터 1993년까지의 연도별 전세계 PC 판매량자료를 사용하여 Jun and Park(1999)의 타입 II 모형과 본 연구에서 제시한 모형간의 경험적 비교(empirical comparison)를 행하고자 한다.

II. 기존 모형의 검토

2.1 Bass(1969)의 최초구매 확산모형

신제품의 수요 성장을 묘사하고 예측하기 위하여 개발된 확산모형들의 대부분은 단일 신제품(a single new product), 즉 단일 세대(single generation)를 대상으로 하였고, 그 신제품이 기존 제품들과는 독립적인 것으로 가정하였다. 이러한 확산모형들 중에서 가장 대표적인 모형으로 Bass(1969)의 최초구매 확산모형(first-purchase diffusion model)을 들 수 있다. Bass의 모형은 TV, 세탁기와 같은 내구성 소비재(consumer durable good)를 대상으로 하고 있으므로 소비자의 반복구매(repeat purchase)는 없고, 구매자는 단지 한 단위(one unit)만을 구입하는 것으로 가정하였다. 따라서 신제품 수용자들(adopters)의 수는 신제품의 판매량(unit sales)과 같은 것으로 간주할 수 있다.

Bass는 신제품의 잠재수용자들(potential adopters)은 대중매체 커뮤니케이션(mass media communication)과 구전 커뮤니케이션(word-of-mouth communication)의 두 가지 커뮤니케이션 수단에 의해서 영향을 받고 신제품을 수용(adoption)하게 된다고 가정한다. 즉 신제품 수용자들은 대중매체 커뮤니케이션에 의한 영향, 즉 외부영향(external influence)을 받고 신제품을 수용한 집단과 구전 커뮤니케이션에 의한 영향, 즉 내부영향(internal influence)을 받아서 신제품을 수용한 집단으로 양분되는데, Bass는 첫번째 집단과 두번째 집단을 각각 혁신자(innovators) 집단과 모방자(imitators) 집단으로 명명하였다. 그러므로 Bass의 모형은 아직까지 신제품을 수용하지 않은 잠재구매자가 t 시

점에서야 비로소 신제품을 수용할 조건부확률(conditional probability), 즉 해저드 함수(hazard function)에 대하여 다음과 같은 기본적인 전제(premise)로 표현된다.

$$\frac{f(t)}{[1-F(t)]} = p + qF(t) \quad (2.1)$$

여기서 $f(t)$ 는 t 시점에 수용이 발생할 확률 또는 t 시점에 신제품을 수용하는 궁극적 잠재시장의 일부분(fraction)이고, $F(t)$ 는 t 시점 바로 이전까지 신제품을 수용한 궁극적 잠재시장의 부분(fraction)을 나타내고, 해저드 함수를 표현한 식(2.1)의 오른쪽에서 p 와 q 는 각각 외부영향을 나타내는 혁신계수(coefficient of innovation)와 내부영향을 나타내는 모방계수(coefficient of imitation)이다.

식(2.1)은 다음과 같은 미분방정식으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} f(t) &\equiv \frac{dF(t)}{dt} = [p + qF(t)][1 - F(t)] \\ &= p + (q - p)F(t) - q[F(t)]^2 \end{aligned} \quad (2.2)$$

여기서 만약 $F(0) = 0$ 이라면 미분 방정식(2.2)의 해(solution)는 다음과 같다.

$$F(t) = \frac{[1 - \exp[-(p + q)t]]}{1 + \left(\frac{q}{p}\right) \exp[-(p + q)t]} \quad (2.3)$$

궁극적 수용자들(ultimate adopters)의 총수, 즉 잠재시장의 크기(market potential)를 M 으로 표

시하고 각 수용자는 단지 한 단위(only one unit)만을 구매한다면, t 시점의 판매율(sales rate) $S(t)$ 와 t 시점까지의 누적 판매량(cumulative sales) $Y(t)$ 는 각각 다음과 같이 표현된다.

$$S(t) = Mf(t) \quad (2.4)$$

$$Y(t) = MF(t) \quad (2.5)$$

여기서 $F(t)$ 는 식(2.3)과 같고 $f(t)$ 는 $F(t)$ 를 시간 t 에 대해서 미분한 것이다. 또한 식(2.2)의 양변에 잠재시장의 크기 M 을 곱하고 식(2.4)와 식(2.5)와 같이 표현된 $S(t)$ 와 $Y(t)$ 를 사용하여 변화된 식(2.2)를 나타내면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} S(t) &= \left[p + \left(\frac{q}{M}\right)Y(t) \right] [M - Y(t)] \\ &= pM + (q - p)Y(t) - \left(\frac{q}{M}\right)[Y(t)]^2 \end{aligned} \quad (2.6)$$

Bass의 모형은 식(2.4) 또는 식(2.6)과 같이 나타낼 수 있는데, 식(2.4)는 시간 영역(time domain)에서 그리고 식(2.6)은 누적수용영역(cumulative adoption domain)에서 Bass 모형을 표현한 것이다(Bass, Krishnan, and Jain 1994). Bass 모형을 이용하여 신제품의 수요 성장을 묘사하고 예측하기 위해서는 과거의 판매량 자료를 사용하여 Bass 모형에서의 3개의 모수들(parameters)인 p , q , M 을 추정하여야 한다. 그러나 실제의 판매량자료는 연속적 시간(continuous time)으로 나타나지 않고 이산적 시간(discrete time)으로, 가령 연도별, 분기별 등으로 나타나 있으므로 식(2.4) 또는 식(2.6)을 이산적 형태(discrete analog)의 회귀모형(regression model)으로 표현하여야 한다. 이제부터는 t 를 연속적 시

간인 t 시점(time t) 대신에 이산적 시간이 t 期 (period t)를 나타내는 것으로 본다.

Bass(1969)는 식(2.6)의 이산적 형태로서 다음과 같은 회귀모형을 도출하고 그 모형의 모수들인 p, q, M 을 추정하기 위한 OLS(ordinary least squares) 추정절차를 제안하였다.

$$S(t) = \left[p + \left(\frac{q}{M} \right) Y(t-1) \right] [M - Y(t-1)] \\ = pM + (q-p)Y(t-1) - \left(\frac{q}{M} \right) [Y(t-1)]^2 \quad (2.7)$$

여기서 $S(t)$ 는 t 期の 판매량이고, $Y(t-1)$ 은 $(t-1)$ 期까지의 누적 판매량이다. 그러나 OLS 추정 절차를 사용하면 식(2.7)에서 독립 변수들인 $Y(t-1)$ 과 $[Y(t-1)]^2$ 간에 다중공선성(multicollinearity)이 발생할 가능성이 높으므로 모수추정치들은 불안정하고 잘못된 부호(wrong sign)를 가질 수 있다. 이러한 OLS 추정절차의 문제점을 극복하기 위하여 Schmittlein and Mahajan(1982)은 MLE(maximum likelihood estimation) 절차를 제안하였다. 하지만 MLE 추정절차는 단지 표본추출 오차들(sampling errors)만을 고려하고 있으므로 Srinivasan and Mason(1986)은 식(2.4)를 이산적 판매량자료에 적용할 수 있도록 다음과 같은 회귀모형을 제시하고서 모형의 모수들을 직접적으로 추정하기 위한 NLS(nonlinear least squares) 추정절차를 제안하였다.

$$S(t) = M[F(t) - F(t-1)] \quad (2.8)$$

여기서 $F(\bullet) = [1 - \exp(-(p+q)\bullet)] / [1 + (q/p)\exp(-(p+q)\bullet)]$ 이다.

2.2 점유율 대체모형

기술적 대체(technological substitution)에 대해서 가장 많이 언급되는 모형으로는 Fisher and Pry(1971)의 연구를 들 수 있다. 그들은 새로운 기술(new technology)은 예전의 기술들(older technologies)을 완전히 대체한다는 가정 하에서 "예전의 기술에 대한 새로운 기술의 부분 대체(fractional substitution)의 부분율(fractional rate)은 대체되어야 하는 남겨진 예전의 기술의 양에 비례한다."는 기본 전제를 가지고 그들의 시장점유율모형(market share model)을 다음과 같은 수식으로 표현하였다.

$$\dot{f}_1 / f_1(t) = c_{01}[1 - f_1(t)] \quad (2.9)$$

여기서 $\dot{f}_1 = d/dt[f_1(t)]$ 이고, $f_1(t)$ 는 새로운 기술의 t 시점에서의 부분시장점유율(fractional market share)이고, c_{01} 은 비례 상수(constant of proportionality)이다. 만약 $f_{10} = f_1(t_0)$ 와 $f_{00} = 1 - f_1(t_0) = 1 - f_{10}$ 인 초기 조건(initial conditions)하에서 미분 방정식(2.9)의 해(solution)를 구하면 다음과 같다.

$$f_1(t) = 1 / [1 + (f_{00}/f_{10})\exp[-c_{01}(t - t_0)]] \quad (2.10)$$

식(2.10)은 일종의 로지스틱 함수(logistic function)이고, Fisher and Pry는 단지 2개의 경쟁하는 기술들에 있어서 점유율의 동태적 대체관계를 분석하므로 식(2.10)으로부터 추정(estimation)의 목적을 위하여 다음과 같이 보다 편리한 형태의 시간에 대한 일차 함수(linear function of time)

를 도출하였다.

$$\ln \left[\frac{f_1(t)}{1-f_1(t)} \right] = -\ln \left(\frac{f_{00}}{f_{10}} \right) + c_{01}(t-t_0) \quad (2.11)$$

Peterka(1977)는 Fisher and Pry의 모형을 확장하여 다세대(multiple generations)에 적용할 수 있는 시장점유율모형을 개발하였다. 신규 기술들의 시장침투(market penetration)는 생산자들(producers)과 소비자들(consumers)간의 복잡한 상호작용(interplay)의 결과이지만, Peterka의 연구는 생산자 입장에서의 거시 경제적 관점(macroeconomic view)을 강조한다. 즉 Peterka의 모형에서 다세대 간의 동태적 시장점유율의 대체관계는 세대간의 생산비용(production costs), 특정투자(specific investments) 그리고 전체성장율요인(total growth rate factor)에 의존한다. Fisher and Pry의 모형과 연관지어 Peterka의 다세대 점유율모형을 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$f_k(t) = 1 / \left[1 + \sum_{j \neq k} \left(\frac{f_{j0}}{f_{k0}} \right) \exp[-c_{jk}(t-t_0)] \right] \quad (2.12)$$

여기서 $f_{k0} = f_k(t_0)$ 이고 $f_{j0} = f_j(t_0)$ 이다. 또한 $c_{jk} = -c_{kj}$ 이고 $c_{11} = 0$ 이다. 만약 다음과 같이 정의한 기호(notation) K_{jk} 를 도입하면, 즉

$$K_{jk} = \ln \left(\frac{f_{j0}}{f_{k0}} \right) \quad (2.13)$$

식(2.12)는 다음과 같이 표현된다.

$$f_k(t) = 1 / \left[1 + \sum_{j \neq k} \exp[K_{jk} - c_{jk}(t-t_0)] \right] \quad (2.14)$$

또한 식(2.12)에서 모든 j 와 k 에 대하여 c_{jk} 가 상수(constants)라고 가정하면 식(2.14)로부터 다음과 같은 관계식을 도출할 수 있다.

$$\ln \left[\frac{f_k}{f_j} \right] = -K_{jk} + c_{jk}(t-t_0) \quad (2.15)$$

Peterka(1977)의 모형인 식(2.12) 또는 식(2.15)에서 새로운 기술(new technology)인 $k=1$ 과 예전기술(old technology)인 $j=0$ 만이 경쟁하는 시장을 생각하면, 식(2.12)와 식(2.15)는 Fisher and Pry의 모형을 나타내는 식(2.10)과 식(2.11)과 각각 상응한다는 것을 알 수 있다. 즉 Peterka의 대체모형(substitution model)은 Fisher and Pry 모형의 일반적 형태임을 알 수 있다. Fisher and Pry의 모형이건 Peterka의 모형이건 예전의 기술에 비해서 새로운 기술이 갖고 있는 장점(advantage)에 대하여 소비자들의 지체된 학습(delayed learning)을 반영하는 동태적 시간요소(dynamic time component)를 갖고 있고, 이는 새로운 기술의 확산효과(diffusion effects)를 나타낸다.

새로운 기술이 PC와 같이 첨단기술(high technology)인 경우에는 빠른 기술진보로 인하여 짧은 기간동안에 여러 세대들(several generations)이 발생하게 된다. 이 경우에 예전기술을 수용하고 있는 소비자들은 새로운 기술에 대한 잠재수용자들(potential adopters), 즉 잠재시장(potential

market)을 구성하므로 Fisher and Pry의 모형은 새로운 기술의 단일 세대(single generation)에 적용할 수 있는 시장침투모형(market penetration model)으로 해석할 수 있고 Peterka 모형은 새로운 기술의 다세대(multiple generations)에 적용할 수 있는 다세대 점유율모형으로 해석할 수 있다. 즉 예전기술이 $j=0$ 이고 새로운 기술의 최근 세대가 i -세대인 기간동안에 ($\tau_i \leq t < \tau_{i+1}$) 시장도입시기가 τ_k 인 $k(\leq i)$ 세대의 시장점유율의 예전기술의 시장점유율(즉 전체시장에서 차지하는 잠재시장의 비율)에 대한 비율의 자연대수(natural logarithm)는 식(2.15)로부터 다음과 같이 표현된다.

$$\ln \left[\frac{f_k}{f_{0t}} \right] = -K_{0k} + c_{0k}(t - \tau_k + 1) \quad (2.16)$$

그런데 PC와 같은 첨단기술 제품의 경우에는 빠른 기술진보로 인하여 1세대, 2세대, 3세대 PC 등의 다세대 제품들(multigenerational products)이 짧은 기간동안에 시장에 도입되고 또한 같은 제품군(product class)에 속해 있으므로 식(2.16)에서 모든 $k(\leq i)$ 에 대하여 K_{0k} 는 상수(constant) 값 c 를 갖는다고 가정할 수 있다. 또한 식(2.16)에서 k -세대 제품의 차별적 장점(differential advantage), 즉 품질(quality)을 반영하는 c_{0k} 를 q_k 로 나타내면, 식(2.16)으로부터 다음과 같은 k -세대의 시장점유율을 도출할 수 있다.

$$\begin{aligned} f_k(t) &= \frac{\exp[-c + q_k(t - \tau_k + 1)]}{1 + \sum_{i=1}^i \exp[-c + q_i(t - \tau_i + 1)]} \\ &= \frac{\exp[q_k(t - \tau_k + 1)]}{\exp(c) + \sum_{i=1}^i \exp[q_i(t - \tau_i + 1)]} \quad (2.17) \end{aligned}$$

Fisher and Pry의 모형과 이를 다세대 제품들에 적용할 수 있도록 확장한 Peterka의 모형은 시장점유율의 세대간 동태적 대체과정을 묘사하고 예측하는데 매우 유용한 모형으로 생각된다. 하지만 대체모형들(substitution models)이 갖는 단점은 단지 점유율모형(share model)에 불과하고 본 연구에서 관심을 갖는 다세대 제품들의 동태적 판매량수준들(sales levels), 가령 <그림 1>에서 보여준 1세대, 2세대, 3세대, 4세대 PC들의 연도별 판매량수준들을 직접적으로 설명하지는 못한다는 것이다. 그러나 마케팅의 입장에서는 상대적 개념인 시장점유율보다 절대적 개념인 판매량수준에서 다세대 제품들에 대한 시장의 반응을 살펴보는 것이 필요할 때도 있고, 또한 우리가 다세대 제품들의 판매량수준들을 성공적으로 예측할 수 있다면 이러한 지식으로부터 다세대 제품들의 시장점유율에 대한 정보는 쉽게 도출할 수 있다.

2.3 Jun and Park(1999)의 타입 II 모형

Jun and Park(1999)은 다세대 제품들의 대체 및 확산 과정을 동시에 포착하기 위해서 Norton and Bass(1987), Mahajan and Muller(1996) 등의 기존 연구들과는 달리 소비자 선택행동(consumer choice behavior)에 기반을 둔 선택확률들(choice probabilities)과 마케팅 믹스 변수들의 효과를 확산효과(diffusion effects)과 함께 반영한 모형을 개발하였다. 본 연구에서는 <그림 1>에서 보여준 전세계 PC 판매량자료만을 사용하여 PC의 세대별 수요를 분석하고자 하므로 Jun and Park(1999)의 모형에서 마케팅 믹스 변수들의 효과 부분은 제외하고서 그들의 모형을 살펴보기로 한다.

Jun and Park(1999)은 최종 사용자(end user)

를 신제품 수용자(adopter)로 간주하고, 내구성 첨단기술제품을 연구 대상으로 하므로 소비자가 구매하기로 선택한다면 단지 한 단위(one unit)만을 구매한다고 가정한다. 또한 각 시기(time period)에 소비자의 선택은 이전 시기들(pervious periods)의 선택으로부터 독립적이고 각 선택시기에 획득가능한 세대들에 대한 선택효용(choice utility)에 의존한다고 가정한다. 그들은 이러한 가정 하에서 모형을 개발하기 전에 다세대 제품들에서 볼 수 있는 판매량자료(sales data)를 두 가지 타입(type)으로 양분하고 있다. 즉 최초구매 수요(first-purchase demand)와 업그레이드 수요(upgrade demand)를 구분할 수 있는 자료를 타입 I(type I)으로 그리고 최초구매 수요와 업그레이드 수요를 구분할 수 없는 자료를 타입 II(type II)으로 명명하였다. Norton and Bass(1987)의 모형과 Mahajan and Muller(1996)의 모형은 단지 타입 I 자료에만 적용할 수 있다고 Jun and Park은 주장하면서, 타입 I 자료와 타입 II 자료에 각각 적용할 수 있는 그들의 타입 I 모형과 타입 II 모형을 개발하였다.

본 연구에서는 <그림 1>에서 보여준 4개의 세대들에 걸쳐서 발생한 PC 판매량자료에 적용하기 위하여 추정(estimation) 시에 궁극적으로 사용한 Jun and Park의 타입 II 모형을 제시한다. 먼저 그들은 타입 II 모형이 기반을 두고 있는 소비자들의 선택행동의 결과인 선택확률은 로짓모형(logit model)으로부터 도출하였다. 가령 가장 최근 세대가 i -세대인 기간동안 ($\tau_i \leq t < \tau_{i+1}$)에 아직까지 어떠한 세대도 수용하지 않는 소비자가 t 기에 비로소 k -세대 ($1 \leq k \leq i$)를 최초로 수용할 선택확률($p_k(t)$)은 다음과 같다.

$$p_k(t) = \frac{\exp(V_k(t))}{\exp(V_0(t)) + \exp(V_1(t)) + \dots + \exp(V_i(t))} \quad (2.18)$$

여기서 $V_0(t) = c$ 로서 소비자가 t 기에도 여전히 잠재수용자로서 머무를 때의 효용이고, $V_k(t) = q_k(t - \tau_k + 1)$ 으로서 소비자가 t 기에 k -세대를 수용함으로써 얻게 되는 효용을 나타낸다. $V_k(t)$ 의 표현에서 시간변수(즉 $(t - \tau_k + 1)$)는 다세대 제품들에서의 확산효과(diffusion effects)를 반영하고 있다. 즉 k -세대가 시장에 도입된 이후에 처음에는 k -세대에 대한 정보가 불확실하지만 시간이 지남에 따라서 구전 커뮤니케이션 등을 통하여 k -세대에 대한 불확실성이 감소되므로 소비자들의 k -세대에 대한 효용은 시간이 흐름에 따라서 통상적으로 증가한다는 것을 반영한다. 하지만 Jun and Park과는 달리 k -세대의 확산효과를 반영하기 위해서 시간변수 대신에 k -세대의 t 기까지의 누적 판매량 또는 t 기의 판매량을 사용할 수 있는데, 긍정적인 구전 커뮤니케이션 뿐만 아니라 부정적인 구전 커뮤니케이션을 통한 확산효과를 반영하기 위해서는 t 기의 판매량을 사용하는 것이 더 낫다고 생각된다. 또한 $V_k(t)$ 의 표현에서 모수(parameter)인 q_k 는 k -세대의 품질(quality)을 반영하는 것으로서 일반적으로 더 신규세대일수록 단조증가한다고 가정할 수 있다.

Jun and Park(1999)은 최종 사용자를 신제품의 수용자로 간주하고 구매 시에는 단지 한 단위만을 구매할 수 있다는 그들의 가정 하에서는 전세계 PC 판매량자료와 같은 타입 II 자료에서 최초구매 수요와 업그레이드 수요를 분간할 수 없기 때문에 타입 I 자료와는 달리 잠재시장(market potential)을 정의해야 한다고 주장한다. 즉 IBM 메인프레임

컴퓨터 자료(Mahajan and Muller 1996 참고)와 같은 타입 I 자료에서는 각 세대별로 실제로 제품을 사용중인 누적 수용자들의 수를 동태적으로 관찰할 수 있으므로 최초구매 수요와 업그레이드 수요를 구분할 수 있지만, PC 판매량자료와 같은 타입 II 자료에서는 최초구매자들(first purchasers)과 업그레이더들(upgraders)이 섞여 있는 각 세대별 판매량을 관찰할 수 있으므로 이 경우에는 잠재시장을 모든 세대들에 대한 누적 수용자들(cumulative adopters)이 아닌 누적 판매량(cumulative sales)의 궁극적인 값들(ultimate values)의 총수(total number)로 정의한다. 이러한 타입 II 자료에 대한 잠재시장의 정의에는 한 최종 사용자(end user)가 한번만 잠재시장의 크기에 계산되는 것이 아니라 어느 세대를 최초구매하는 것을 포함하여 신규세대들로 업그레이드하는 회수만큼 여러 번 잠재시장의 크기에 계산되어진다.

타입 II 판매량자료에서 가장 최근 세대가 i -세대인 기간동안 ($\tau_i \leq t < \tau_{i+1}$)에 잠재시장의 크기를 N_i 로, 그리고 $(t-1)$ 기까지의 모든 세대들에 대한 누적 판매량을 $Y(t-1)$ 으로 놓으면, t 기의 잠재구매자들(즉 잠재적 최초구매자들과 업그레이더들을 포함)의 총수는 $N_i - Y(t-1)$ 이 된다. 또한 타입 II 자료에서는 최초구매자들과 업그레이더들이 구분될 수 없으므로 잠재적 최초구매자들과 업그레이더들에게 모두 적용할 수 있는 t 기의 k -세대 ($1 \leq k < i$) 선택확률 ($p_k(t)$)을 식(2.18)과 같이 나타내면 다음과 같이 타입 II 모형을 표현할 수 있다.

i -세대가 가장 최근 세대(즉 1세대, \dots , i -세대가 존재)인 기간 ($\tau_i \leq t < \tau_{i+1}$):

$k=1, \dots, i$ 에 대해서

$$S_k(t) = (N_i - Y(t-1)) \frac{W_k(t)}{W_0(t) + W_1(t) + \dots + W_i(t)} \quad (2.19)$$

여기서 $W_0(t) = \exp(c)$, $W_k(t) = \exp(V_k(t)) = \exp(q_k(t - \tau_k + 1))$, $Y(t) = Y(t-1) + S_1(t) + \dots + S_i(t)$ 이고, $S_k(t)$ 는 k -세대 ($1 \leq k \leq i$)의 t 기 판매량이다.

Jun and Park의 타입 II 모형인 식(2.19)에서 오른쪽의 두번째 부분은 소비자들의 선택행동의 결과로 나타나는 k -세대의 선택확률 ($p_k(t)$)을 표현한데 반하여 앞에서 언급한 Peterka(1977)의 다세대 점유율모형인 식(2.17)에서 오른쪽 부분은 생산자(producers)입장에서의 생산비용, 특정투자, 전체성장율요인 등의 거시 경제적 관점으로부터 도출된 k -세대의 점유율을 나타내지만, 결과적으로 수학적 형태에서는 동일함을 알 수 있다. 그러나 Peterka의 모형이 점유율의 세대간 동태적 대체과정을 묘사하고 예측할 수 있는 점유율모형인데 반하여 Jun and Park의 모형은 다세대 제품들의 동태적 판매량수준들을 설명하고 예측할 수 있다는 것에서 두 모형의 차이가 있다.

식(2.19)로 표현된 Jun and Park의 타입 II 모형을 본 연구에서는 JP2로 명명하고 <그림 1>에 주어진 전세계 PC 판매량자료에 적용한다. 이 때 JP2 모형에서 추정해야 할 모수들의 수는 모두 9개(즉 1개의 c , 4개의 q_i , 그리고 4개의 N_i)이고, JP2 모형의 추정절차로 Jun and Park(1999)과 마찬가지로 비선형 최소자승법(nonlinear least squares method)을 사용한다.

III. 새로운 모형의 제시

본 장에서는 <그림 1>에 주어진 전세계 PC 판매량자료를 분석하기 위하여 Jun and Park(1999)의 타입 II 모형(즉 JP2)과는 다른 모형을 제시한다. PC의 경우에는 산업재인 DRAM 반도체와는 달리 내구성 소비재(consumer durable good)로 보는 것이 보다 합리적이므로 Jun and Park과 마찬가지로 최종 사용자들(end users)을 신제품의 수용자들로 간주하고 구매 시에는 단지 한 단위만을 구매할 수 있다는 가정 하에서 모형을 개발한다. 먼저 이런 가정 하에서 단일 세대(single generation) PC 판매량의 확산모형은 Bass(1969)의 최초구매 확산모형과 동일한 것이고 수식으로 표현하면 식(2.4) 또는 식(2.8)과 같다. 즉,

$$S(t) = Mf(t) \\ = M[F(t) - F(t-1)] \quad (3.1)$$

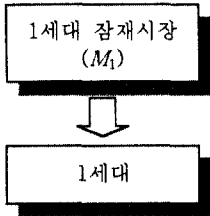
여기서 $S(t)$ 는 t 期の 단일 세대 PC 판매량(즉 수용자들의 수)이고, M 은 궁극적 수용자들(ultimate adopters)의 총수, 즉 단일 세대의 잠재시장의 크기이며, $f(t)$ 는 잠재수용자가 t 期에 PC를 사용할 확률로서 정의상 $f(t) = F(t) - F(t-1)$ 이고, $F(\bullet) = [1 - \exp(-(p+q)\bullet)] / [1 + (q/p) \cdot \exp(-(p+q)\bullet)]$ 이다.

다음으로 <그림 1>에서 보여 준 다세대(multi-generation) PC들 간의 확산과정과 대체과정을 수용자들의 동태적 흐름(flow dynamics)으로 나타내면 <그림 2>와 같다. <그림 2-a>의 1세대 PC 시장의 경우는 앞에서 언급한 단일 세대에 대한 Bass의 최초구매 확산모형인 식(3.1)을 그대로 적

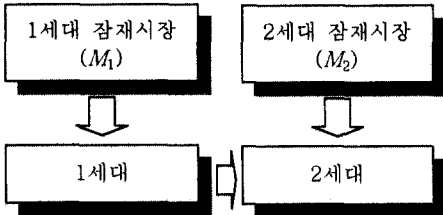
용할 수 있다. 2세대 PC 이상의 다세대 PC가 공존하는 기간동안을 포함하여 수용자들의 동태적 흐름을 묘사하기 위해서, 편의상 $i=1, 2, 3, 4$ 가 각각 1세대(8086 processor 장착), 2세대(80286 processor 장착), 3세대(80386 processor 장착), 4세대(80486 processor 장착) PC를 나타내는 것으로 놓는다. 먼저 1세대와 2세대만이 존재하는 PC 시장(즉 <그림 2-a>와 <그림 2-b>)을 가정하면, 2세대 PC의 잠재시장(M_2)는 다음과 같은 잠재적 수용자들로 구성된다: 1세대 PC를 통해서 욕구 충족이 불가능하므로 1세대 PC의 잠재시장(즉, M_1)에 속하지 않았고 당연히 1세대 PC를 수용하지 않았던 소비자들 중에서 2세대 PC의 시장도입으로 인해서 2세대 PC를 최초구매(first-time purchase) 할 수 있는 2세대 PC의 잠재적 수용자들(potential adopters)로 새롭게 창출된 부분과 과거에 1세대 PC를 수용하여 사용해 왔지만 2세대 PC의 시장도입으로 인해서 2세대 PC로 업그레이드(upgrade)할 수 있는 2세대 PC의 잠재적 수용자들로 새롭게 창출된 부분의 합으로서 2세대 PC의 잠재시장(M_2)을 정의할 수 있다. 즉 1세대 PC를 한 단위(one unit) 수용하였던 최종 사용자들(end users)은 더 이상 1세대 PC를 구매하지 않지만 그들 중에서 일부는 2세대 PC로 업그레이드할 수 있으므로 2세대 잠재시장에 새롭게 포함될 수 있다.

<그림 2-b>에서 보듯이 2세대 PC의 시장도입 이후($t \geq \tau_2$)에 2세대 PC의 t 期 판매량($S_2(t)$)은 2세대 잠재시장(M_2)으로부터의 확산과정(즉 t 期の 2세대 PC의 최초구매자들과 1세대 PC를 수용하였던 최종 사용자들 중에서 2세대 PC로의 업그레이드들이 발생)과 1세대 잠재시장(M_1)으로부터의 확산과 동시에 2세대 PC로의 대체과정(즉 t 期에

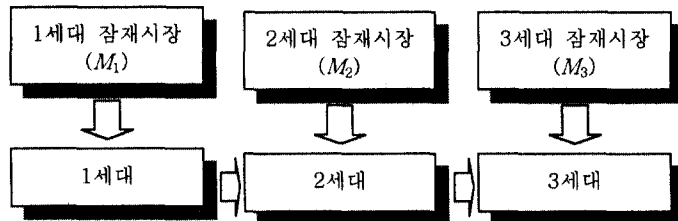
(a) 1세대 시장도입(1세대만이 존재: $\tau_1 \leq t < \tau_2$)



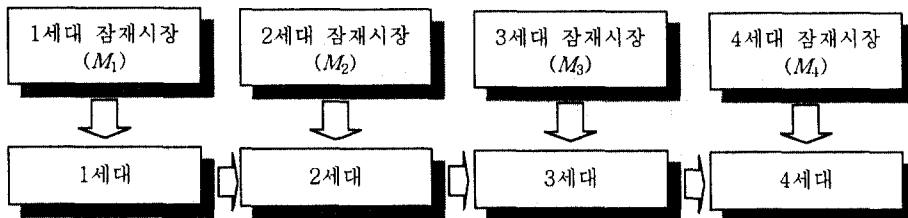
(b) 2세대 시장도입(1세대와 2세대가 존재: $\tau_2 \leq t < \tau_3$)



(c) 3세대 시장도입(1세대, 2세대, 3세대가 존재: $\tau_3 \leq t < \tau_4$)



(d) 4세대 시장도입(1세대, 2세대, 3세대, 4세대가 존재: $t \geq \tau_4$)



〈그림 2〉 4개의 PC 세대들에 걸친 수용자들의 동태적 흐름

1세대 PC를 최초구매하고자 했던 1세대 잠재수용자들 중에서 t 期에 2세대 PC를 구매하는 소비자들과의 상호작용(interaction)으로 인해서 1세대 PC 대신에 2세대 PC를 최초구매한 소비자들이 발생)의 결과이다. 그러므로 1세대 PC의 t 期 판매량 ($S_1(t)$)은 1세대 잠재시장(M_1)으로부터의 확산과 2세대 PC로의 대체과정, 즉 t 期에 1세대 PC를 최초구매하고자 했던 1세대 잠재수용자들 중에서 t 期에 2세대 PC를 구매하는 소비자들과의 상호작용으로 인해서 1세대 PC 대신에 2세대 PC를 최초구매한 소비자들을 차감한 결과이다. 그러므로 1세대와 2세대만이 존재하는 PC 시장에서 각 세대의 PC 판매량은 다음과 같은 수식으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} S_1(t) &= f_1(t)M_1 - f_2(t - \tau_2 + 1)f_1(t)M_1 \\ &= f_1(t)M_1[1 - f_2(t - \tau_2 + 1)] \end{aligned} \quad (3.2)$$

$$\begin{aligned} S_2(t) &= f_2(t - \tau_2 + 1)M_2 + f_2(t - \tau_2 + 1)f_1(t)M_1 \\ &= f_2(t - \tau_2 + 1)[M_2 + f_1(t)M_1] \end{aligned} \quad (3.3)$$

여기서 $S_i(t)$ 는 i -세대 PC의 t 期 판매량이고, M_1 은 1세대 PC의 잠재시장 크기(market potential)이고, M_2 는 2세대 PC에 의해서 새롭게 창출추가된 잠재시장 크기(incremental market potential)이고, $f_1(t) = F_1(t) - F_1(t-1)$ 이고, $f_2(t - \tau_2 + 1) = F_2(t - \tau_2 + 1) - F_2(t - \tau_2)$ 를 나타내며, $F_i(\bullet) = [1 - \exp(-(p_i + q_i)\bullet)] / [1 + (q_i/p_i)\exp(-(p_i + q_i)\bullet)]$ 이다. 또한 τ_2 는 2세대 PC가 시장에 도입된 시기이며, $t < \tau_2$ 에 대해서 $F_2(t - \tau_2 + 1) = 0$ 이다.

다음으로 1세대, 2세대, 3세대만이 존재하는 PC 시장(즉 <그림 2-a>, <그림 2-b>와 <그림 2-c>)을

가정하면, 3세대 PC의 잠재시장(M_3)은 다음과 같은 잠재적수용자들로 구성된다: 1세대와 2세대 PC를 통해서는 욕구 충족이 불가능하므로 1세대와 2세대 PC의 잠재시장인 M_1 과 M_2 에는 속하지 않았고 당연히 1세대와 2세대 PC를 수용하지 않았던 소비자들 중에서 3세대 PC의 시장도입으로 인해서 3세대 PC를 최초구매할 수 있는 3세대 PC의 잠재적수용자들로 새롭게 창출된 부분과 과거에 1세대 또는 2세대 PC를 수용하여 사용해 왔지만 3세대 PC의 시장도입으로 인해서 3세대 PC로 업그레이드할 수 있는 3세대 PC의 잠재적수용자들로 새롭게 창출된 부분의 합으로서 3세대 PC의 잠재시장(M_3)을 정의할 수 있다. <그림 2-c>에서 보듯이 3세대 PC의 시장도입이후($t \geq \tau_3$)에 3세대 PC의 t 期 판매량 ($S_3(t)$)은 3세대 잠재시장(M_3)으로부터의 확산과정(즉 t 期에 3세대 PC의 최초구매자들과 과거에 1세대 또는 2세대 PC를 수용하였던 최종 사용자들 중에서 t 期에 3세대 PC로의 업그레이더들이 발생)과 2세대 잠재시장(M_2)으로부터의 확산과 동시에 3세대 PC로의 대체과정(즉 t 期에 2세대 PC를 최초구매하고자 했던 2세대 잠재수용자들 중에서 t 期에 3세대 PC를 구매하는 소비자들과의 상호작용으로 인해서 2세대 PC 대신에 3세대 PC를 최초구매하는 소비자들이 발생), 또한 1세대 잠재시장(M_1)으로부터의 확산과 동시에 3세대 PC로의 대체과정(즉 t 期에 1세대 PC를 최초구매하고자 했던 1세대 잠재수용자들 중에서 t 期에 2세대 PC를 구매하는 소비자들과 3세대 PC를 구매하는 소비자들과의 동시 상호작용으로 인해서 1세대 PC 대신에 3세대 PC를 최초구매한 소비자들이 발생)의 결과이다. 이에 반해서 3세대 PC의 시장 도입이후에 2세대 PC의 t 期 판매량 ($S_2(t)$)은 2세대 잠재시장(M_2)

으로부터의 확산과 3세대 PC로의 대체과정(즉 t 期에 2세대 PC를 최초구매하고자 했던 2세대 잠재수용자들 중에서 t 期에 3세대 PC를 구매하는 소비자들과의 상호작용으로 인해서 2세대 PC 대신에 3세대 PC를 최초구매한 소비자들을 차감한 결과)과 1세대 잠재시장(M_1)으로부터의 확산과 동시에 2세대 PC로의 대체과정(즉 t 期에 1세대 PC를 최초구매하고자 했던 1세대 잠재수용자들 중에서 t 期에 2세대 PC를 구매하는 소비자들과의 상호작용으로 인해서 1세대 PC 대신에 2세대 PC를 최초구매한 소비자들이 발생)의 결과이다. 또한 3세대 PC의 시장도입이후에 1세대 PC의 t 期 판매량 ($S_1(t)$)은 1세대 잠재시장(M_1)으로부터의 확산과 2세대와 3세대 PC로의 대체과정, 즉 t 期에 1세대 PC를 최초구매하고자 했던 1세대 잠재수용자들 중에서 t 期에 2세대 PC를 구매하는 소비자들과의 상호작용만으로 인해서 1세대 PC 대신에 2세대 PC를 최초구매한 소비자들과 그리고 t 期에 2세대 PC를 구매하는 소비자들과 3세대 PC를 구매하는 소비자들과의 동시 상호작용으로 인해서 1세대 PC 대신에 3세대 PC를 최초구매한 소비자들을 차감한 결과이다.

마지막으로 <그림 2>와 같이 1세대, 2세대, 3세대, 4세대 모두가 존재할 수 있는 PC 시장을 가정하면, 4세대 PC의 잠재시장(M_4)에 대한 정의와 4세대 PC의 시장도입이후($t \geq \tau_4$)에 각 세대별 PC의 t 期 판매량은 앞에서 언급한 1세대, 2세대, 3세대만이 존재할 수 있는 PC 시장에서 수용자들의 동태적 흐름(flow dynamics)에 대한 분석으로부터 유추해 볼 수 있고, 그 결과는 다음과 같은 수식으로 표현할 수 있다.

$$S_1(t) = f_1(t)M_1[1 - f_2(t - \tau_2 + 1)] \quad (3.4)$$

$$S_2(t) = f_2(t - \tau_2 + 1)[M_2 + f_1(t)M_1][1 - f_3(t - \tau_3 + 1)] \quad (3.5)$$

$$S_3(t) = f_3(t - \tau_3 + 1)[M_3 + f_2(t - \tau_2 + 1)[M_2 + f_1(t)M_1]][1 - f_4(t - \tau_4 + 1)] \quad (3.6)$$

$$S_4(t) = f_4(t - \tau_4 + 1)[M_4 + f_3(t - \tau_3 + 1)[M_3 + f_2(t - \tau_2 + 1)[M_2 + f_1(t)M_1]]] \quad (3.7)$$

여기서 $S_i(t)$ 는 i -세대 PC의 t 期 판매량이고, M_1 은 1세대 PC의 잠재시장 크기(market potential)이고, M_i ($i=2, 3, 4$)는 i -세대 PC에 의해서 새롭게 창출추가된 잠재시장 크기(incremental market potential)이고, $f_i(t) = F_i(t) - F_i(t-1)$ 이고, $f_i(t - \tau_i + 1) = F_i(t - \tau_i + 1) - F_i(t - \tau_i)$ 를 나타내며, $F_i(\bullet) = [1 - \exp(-(\rho_i + q_i)\bullet)] / [1 + (q_i/\rho_i)\exp(-(\rho_i + q_i)\bullet)]$ 이다. 또한 τ_i 는 i -세대 PC가 시장에 도입된 시기이며, $t < \tau_i$ 에 대해서 $F_i(t - \tau_i + 1) = 0$ 이다.

식(3.4)부터 식(3.7)까지로 구성된 연립방정식 모형(simultaneous equation model)은 1세대, 2세대, 3세대, 4세대 PC가 존재하는 1981년부터 1993년까지의 전세계 PC 시장에서 세대간 대체과정과 세대별 확산과정을 반영하여 각 세대의 동태적 판매량을 나타내고 있다. 앞에서 언급한 3개의 세대들, 즉 1세대, 2세대, 3세대 PC만이 존재하는 기간동안에 각 세대의 동태적 판매량을 표현하는 수식들을 구해보면, 식(3.4), 식(3.5) 그리고 식(3.6)에서 $f_4(t - \tau_4 + 1)$ 을 0으로 놓은 식으로 구성된 연립방정식 모형이 된다. 또한 2개의 세대들, 즉 1세대와 2세대 PC만이 존재하는 기간동안에 1세대와 2세대 PC의 동태적 판매량을 표현하는 수식들을 구해보면, 식(3.4)와 식(3.5)에서 $f_3(t - \tau_3 + 1)$ 을 0으로 놓은 식으로 구성된 연립방정식 모형이

고, 이는 식(3.2)와 식(3.3)과 동일함을 알 수 있다. 그리고 1993년 이후에 $n(>4)$ 개의 세대들이 존재하는 PC 시장의 경우에도 4개의 세대들로 구성된 PC 시장의 수요분석을 위한 식(3.4)부터 식(3.7)까지로 구성된 연립방정식 모형을 확장하여 n 개의 세대들에 대한 수요분석 모형을 쉽게 구할 수 있다.

본 연구에서 제시한 다세대 확산모형은 결과적으로 수학적 표현(mathematical expression)에서는 Norton and Bass(1987)의 모형과 매우 유사하지만, 모형의 이론적인 틀과 가정에서는 많은 차이가 있다. 즉 본 연구에서 제시한 모형은 PC와 같은 내구성 소비재를 대상으로 하므로 최종 사용자를 신제품 수용자로 간주하고 구매 시에는 단정한 단위만을 구매할 수 있다는 가정 하에서 도출되었다. 반면에 Norton and Bass는 DRAM 반도체와 같은 산업재를 대상으로 하므로 최종 사용자가 신제품을 수용하는 것으로 보기보다는 PC와 같은 응용기기(제조회사)들을 신제품 수용자로 간주하고서 수용자들은 기간당 한 단위보다는 여러 단위를 구매할 것이고 또한 여러 기간에 걸쳐서 반복구매(repeat purchase)한다는 가정 하에서 그들의 모형을 도출하였다. 이렇게 兩 모형이 채용한 가정들의 차이로 인하여 도출된 兩 모형의 모수들(parameters), 가령 잠재시장의 의미와 크기, 그리고 수용자들의 동태적 흐름(flow dynamics)에서의 의미가 달라지게 되었다. 즉 兩 모형에서의 잠재시장의 구성을 살펴보면, NB2 모형에서 신규세대의 잠재시장은 이전세대의 잠재시장에 포함되지 않았지만 신규세대의 시장도입으로 인하여 새롭게 추가된 최초구매 잠재 수용자들과 이전세대를 이미 최초구매(수용) 하였지만 신규세대의 시장도입으로 인하여 신규세대로 업그레이드하고자 하는

잠재 수용자들의 sum으로 구성된 반면에, Norton and Bass의 모형에서 신규세대의 잠재시장은 이전세대의 잠재시장에 포함되지 않았지만 신규세대의 시장도입으로 인하여 새롭게 추가된 최초구매 잠재 수용자들만으로 구성되어 있다. 그 결과, 4개의 모든 세대가 존재하는 PC시장에서 최종 세대인 4세대 PC의 궁극적인 잠재시장 크기는 NB2 모형에서는 M_4 그 자체이지만, Norton and Bass의 모형에서는 $M_1+M_2+M_3+M_4$ 로 나타나게 된다. 또한 이전세대 수용자들의 신규세대 업그레이드는 NB2 모형에서는 <그림 2>에서 신규세대 잠재시장(4세대 잠재시장)으로부터 신규세대(4세대)로의 동태적 흐름으로 표현되지만, Norton and Bass의 모형에서는 <그림 2>에서 이전세대들(1세대, 2세대, 3세대)로부터 신규세대(4세대)로의 동태적 흐름으로 나타나게 되고, 이러한 兩모형에서의 수용자들의 동태적 흐름의 차이는 兩모형 간에 서로 다른 수학적 표현으로 나타나게 된다.

4개의 세대들로 구성된 PC 시장의 수요분석을 위한 식(3.4)부터 식(3.7)까지로 구성된 연립방정식 모형에는 각각 4개의 p_i , q_i , M_i 가 포함되어 있어서 추정해야 할 모수들(parameters)의 총수는 12개가 된다. 그러므로 추정에 사용할 자료의 수가 적은 경우(가령 본 연구의 대상인 13년에 걸친 PC의 연도별 판매량자료)에는 효율적인(efficient) 추정치를 구하는데 어려움이 있다. 따라서 다세대 첨단기술제품들(가령 다세대 PC들)이 같은 제품군(product class)에 속해 있으므로 확산과정이 유사하리라 생각되고, 또한 Jun and Park(1999)의 타입 II 모형(즉 JP2)과의 전세계 PC 판매량 자료를 이용한 경험적 비교(empirical comparison)를 위해서 Jun and Park의 타입 II 모형에 포함된 모수들의 의미와 수에 일치되도록 식(3.4)부터

식(3.7)까지로 구성된 연립방정식 모형에서 p_i 는 세대 i 에 관계 없이 모두 동일하게, 즉 모든 i 에 대하여 $p_i = p$ 로 가정하지만 q_i 는 세대 i 에 따라서 다를 수 있는 것으로 간주하고서 추정 모형(estimation model)을 설정한다. 이렇게 설정된 추정모형을 NB2 모형으로 명명하면, 결과적으로 NB2 모형에는 Jun and Park의 타입 II 모형(즉 JP2) 같이 9개의 모수들(즉 1개의 p , 4개의 q_i 와 4개의 M_i)이 포함되어 있다. NB2 모형의 모수추정을 위해서 SAS(1993)의 MODEL procedure에 나오는 비선형 3단계 최소자승(nonlinear three-stage least squares) 추정절차를 사용한다.

IV. 경험적 비교

본 연구에서 모형간 경험적 비교를 위하여 사용하는 자료는 <그림 1>에서 보여준 1981년부터 1993년까지 걸친 13개의 연도별(yearly) 전세계 PC 판매량자료이다. 이 자료에서 2세대(286PC), 3세대(386PC), 4세대(486PC)는 각각 1984년, 1986년, 1989년에 시장에 도입되었다.

Jun and Park(1999)은 본 연구의 대상인 세대별 PC 판매량처럼 그 수요 자체는 관찰되지만 최초구매 수요(first-purchase demand)인지 또는 업그레이드 수요(upgrade demand)인지 구분이 어려워 누적 수용자 수의 감소를 자료로서 파악할 수 없는 경우의 자료를 최초구매 수요와 업그레이드 수요의 구분이 가능한 타입 I 자료와 달리 타입 II 자료라 명명하였다. 그런데 대부분의 내구성 소비재(consumer durable good)의 경우에 시장 조사기관이 제공하는 동태적 판매량자료는 타입 II

자료이므로 Jun and Park은 이렇게 보다 일반적인 타입 II 자료의 수요분석을 위해서 앞에서 언급한 타입 II 모형을 개발하였는데, 본 장에서는 1981년부터 1993년까지의 연도별 전세계 PC 판매량자료를 사용하여 Jun and Park(1999)의 타입 II 모형(즉 JP2)과 본 연구에서 제시한 모형(즉 NB2)간의 경험적 비교(empirical comparison)를 행한다. Jun and Park이 원래 제시한 타입 II 모형에는 가격 변수와 같은 마케팅 믹스 변수들의 효과를 반영할 수 있게 되어 있지만, 세대별로 동태적인 PC 가격 변수 등의 외생변수들(exogenous variables)은 구할 수 없었고 또한 본 연구에서는 모형들의 이론적인 틀과 가정의 차이에 따라서 모형들이 나타내는 실제 적용에서의 차이를 분석하고자 하므로 전세계 PC 판매량자료만을 모형간 경험적 비교 분석에 사용한다.

NB2 모형의 추정절차(estimation procedure)로 Norton and Bass(1987)와 마찬가지로 비선형 3단계 최소자승법(nonlinear three-stage least squares method)을 사용하고, JP2 모형의 추정절차로는 Jun and Park(1999)과 마찬가지로 비선형 최소자승법(nonlinear least squares method)을 사용한다. <표 1>과 <표 2>는 1981년부터 1993년까지 걸친 PC 판매량자료의 전체영역(full data set)에 대한 NB2 모형과 JP2 모형의 추정결과(estimation results)를 각각 보여주고 있다.

<표 1>에서 보듯이 NB2 모형의 추정결과는 $M_4(p\text{값}=0.0867)$ 를 제외한 모든 계수추정치들이 1%의 유의수준(significance level)에서 통계적으로 유의하게 나타났다. PC 제품군의 혁신계수(coefficient of innovation)인 p 와 각 세대의 모방계수(coefficient of imitation)인 q_i 들은 모두 양(positive)의 값이고, 그 값들은 기존의 확산연

〈표 1〉 전체영역(81-93)의 전세계 PC 판매량자료에 대한 NB2 모형의 추정결과

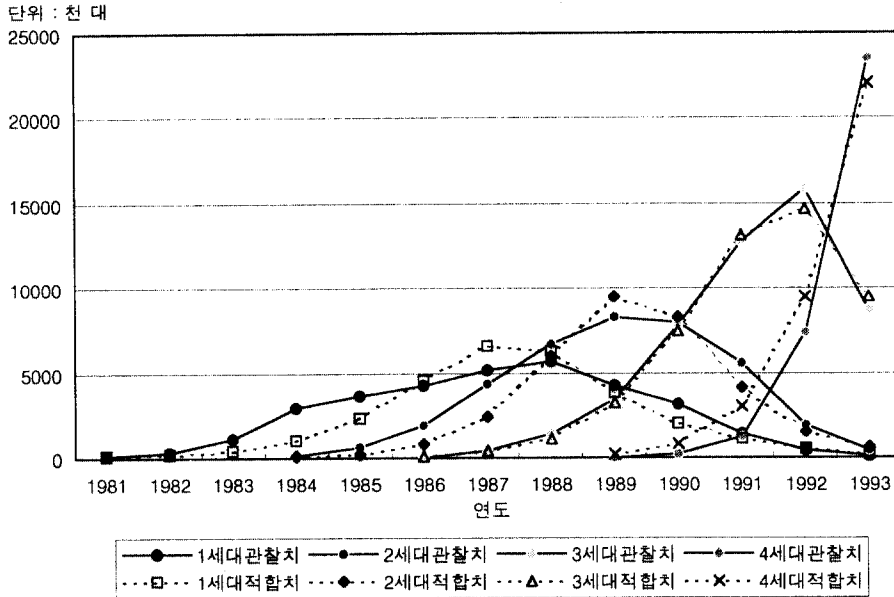
Parameter	Estimate	Approximate Standard Error	Approximate Prob > t
p	0.001226	0.000215	0.0001
q ₁	0.930782	0.0396	0.0001
q ₂	1.137383	0.0439	0.0001
q ₃	1.04287	0.0438	0.0001
q ₄	1.264647	0.1603	0.0001
M ₁	33218.41	2695.1	0.0001
M ₂	33407.71	2626.1	0.0001
M ₃	61288.55	4984.8	0.0001
M ₄	88255.12	45909.7	0.0867

〈표 2〉 전체영역(81-93)의 전세계 PC 판매량자료에 대한 JP2 모형의 추정결과

Parameter	Estimate	Approximate Standard Error	Approximate Prob > t
c	7.836504	0.6007	0.0001
q ₁	0.433854	0.0599	0.0001
q ₂	0.683472	0.0897	0.0001
q ₃	1.023094	0.1082	0.0001
q ₄	1.750863	0.1819	0.0001
N ₁	594329.5	714965	0.4252
N ₂	1009487	457577	0.0519
N ₃	531076.2	135352	0.0028
N ₄	161916.7	5197.2	0.0001

구들에서 추정한 계수 값들에 대한 연구(Sultan, Farley, and Lehmann 1990)에 비추어 볼 때 기존 연구들과 거의 같은 범위(range)에 속하고 있음을 알 수 있다. 또한 각 세대에 의해서 새롭게 창출추가된 잠재시장의 크기인 M₁의 값들은 이전 세대들(earlier generations)보다 신규세대(new generation)일수록 더 크게 나타났고(즉 M₁<M₂<

M₃<M₄), 이는 신규세대의 시장도입에 의해서 PC 시장이 급격히 성장하고 있음을 보여주고 있다. 〈표 2〉에서 보듯이 JP2 모형의 계수추정치들은 모두 양의 값을 갖고 있고, 그 중에서 N₁(p값=0.4252)과 N₂(p값=0.0519)를 제외한 모든 추정치들이 1%의 유의수준에서 통계적으로 유의하였다. 또한 Jun and Park(1999)이 기대하듯이

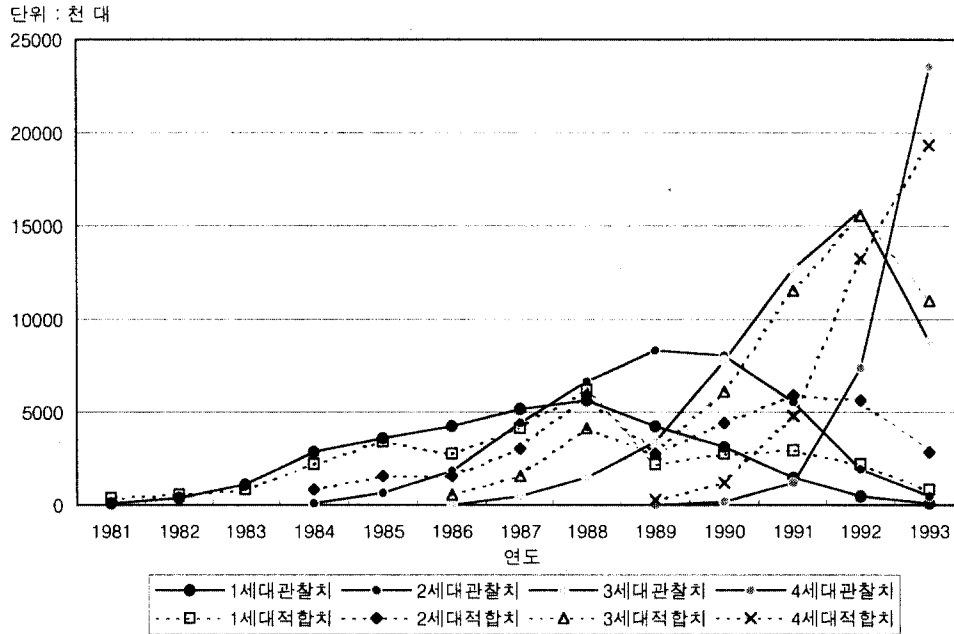


〈그림 3〉 전체영역(81-93)의 전세계 PC 판매량 : 관찰치와 NB2 모형의 적합치

확산효과(diffusion effects)의 세대간 차이를 반영하는 계수인 q_i 의 추정치들은 신규세대일수록 이전세대들보다 더 커짐(즉 $q_1 < q_2 < q_3 < q_4$)을 볼 수 있고, 이것은 이전세대들보다 신규세대에 대한 소비자들의 선택효용(choice utility)이 시간이 흐름에 따라서 더 빨리 증가함을 나타내준다. 결론적으로 추정된 계수들의 액면타당성(parameter face validity)에 있어서는 NB2 모형과 JP2 모형간의 뚜렷한 우열을 나누어 볼 수 없다.

〈그림 3〉과 〈그림 4〉는 각각 〈표 1〉과 〈표 2〉에 나타난 NB2 모형과 JP2 모형의 계수추정치들을 사용하여 구해낸 1981년부터 1993년까지의 전체영역에서의 연도별 4개 세대들의 PC 판매량에 대한 적합치(fitted values)들과 실제 관찰치(observed values)들을 함께 보여주고 있다. 〈그림 3〉에서 보듯이 NB2 모형이 제공하는 연도별 4개 세대들

의 PC 판매량에 대한 적합치들은 실제 관찰치들이 보여주는 각 세대의 생명주기(life cycle)에 전반적으로 매우 근접한 양상을 보이고 있다. 그러나 〈그림 4〉에서 보듯이 JP2 모형이 제공하는 연도별 PC 판매량에 대한 적합치들중에서 1세대 PC와 2세대 PC의 적합치들은 실제 관찰치들과 달리 3세대 PC의 시장도입 시기(1986년)와 4세대 PC의 시장도입 시기(1989년)에 감소하였다가 다시 증가하는 양상을 보임으로써 NB2 모형(즉 〈그림 3〉)보다 전반적으로 실제의 관찰치들과는 현격한 차이를 나타낸다. NB2 모형과 JP2 모형이 전체영역(즉 1981년부터 1993년까지)의 PC 판매량자료에 대해서 나타낸 이러한 적합결과(fitted results)의 차이는 〈표 5〉에서와 같이 각 모형의 전체영역에서의 SSE(sum of squares error) 값들의 차이로 요약되어 나타났다. 즉 NB2 모형을 사용하였



〈그림 4〉 전체영역(81-93)의 전세계 PC 판매량 : 관찰치와 JP2 모형의 적합치

을 때의 SSE는 31,906,754인데 반하여 JP2 모형을 사용하였을 때의 SSE는 166,612,825로서 NB2 모형보다 5배 이상 큰 값으로 나타났다. 그러므로 전체영역의 PC 판매량자료에 대한 모형의 적합능력(fitting ability)에 있어서는 NB2 모형이 JP2 모형보다 훨씬 우수한 결과를 보여주었다.

Mahajan and Muller(1996), Jun and Park (1999)과 마찬가지로 모형의 모수추정(parameter estimation)을 통한 모형간의 적합능력(fitting ability)과 예측타당성(predictive validity)을 동시에 비교하기 위해서 전체영역(즉 1981년부터 1993년까지)의 PC 판매량자료를 2개의 영역, 즉 1981년부터 1991년까지의 적합영역(fitted region)과 1992년과 1993년으로 구성된 예측영역(forecast region)으로 구분한다. 〈표 3〉과 〈표 4〉는 적합영

역의 전세계 PC 판매량자료에 NB2 모형과 JP2 모형을 각각 적용하여 구해낸 각 모형의 추정결과(estimation results)이다.

〈표 3〉에서 보여준 적합영역(즉 1981년부터 1991년까지)의 PC 판매량자료에 대한 NB2 모형의 추정결과는 〈표 1〉에서 보여준 전체영역(즉 1981년부터 1993년까지)의 PC 판매량자료에 대한 NB2 모형의 추정결과와 거의 동일한 양상을 나타내고 있다. 즉 모든 계수추정치들이 양의 값을 갖고 있고, $M_4(p=0.1472)$ 를 제외한 모든 계수 추정치들이 1%의 유의수준에서 통계적으로 유의하게 나타났고, 혁신계수인 p 와 모방계수들인 q_i 의 값들은 기존 확산연구들의 추정치들과 거의 같은 범위에 속하였다. 또한 M_1 의 값들은 통계적으로 유의하지 않은 M_4 를 제외하고는 이전세대보다 신규

〈표 3〉 적합영역(81-91)의 전세계 PC 판매량자료에 대한 NB2 모형의 추정결과

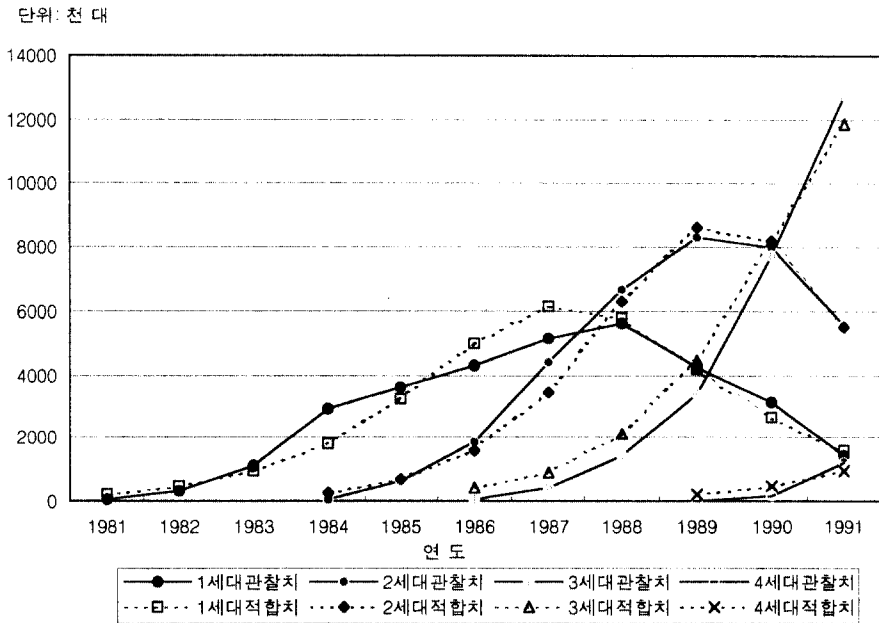
Parameter	Estimate	Approximate Standard Error	Approximate Prob > t
p	0.004136	0.000436	0.0001
q ₁	0.734101	0.0283	0.0001
q ₂	0.865376	0.0258	0.0001
q ₃	0.820287	0.0864	0.0001
q ₄	0.663792	0.1927	0.0088
M ₁	37507.02	1878.8	0.0001
M ₂	41115.1	2281.8	0.0001
M ₃	61267.07	17620.9	0.0084
M ₄	33585.1	20606.6	0.1472

〈표 4〉 적합영역(81-91)의 전세계 PC 판매량자료에 대한 JP2 모형의 추정결과

Parameter	Estimate	Approximate Standard Error	Approximate Prob > t
c	7.520251	0.5645	0.0001
q ₁	0.554102	0.0675	0.0001
q ₂	0.902685	0.1011	0.0001
q ₃	1.282295	0.1399	0.0001
q ₄	1.751279	0.2907	0.0002
N ₁	328053.9	301246	0.3079
N ₂	434748.8	151992	0.0211
N ₃	178618.1	27818.1	0.0002
N ₄	104217.5	4721.2	0.0001

세대일수록 더 크게 나타났다(즉 $M_1 < M_2 < M_3$). 전체영역과 적합영역에서 보인 NB2 모형의 추정결과와 마찬가지로 〈표 4〉에서 보여준 적합영역의 PC 판매량자료에 대한 JP2 모형의 추정결과는 〈표 2〉에서 보여준 전체영역의 PC 판매량자료에 대한 JP2 모형의 추정결과와 거의 동일한 양상을 나타냈다. 즉 모든 계수추정치들이 양의 값을 갖고

있고, N_1 (p값=0.3079)과 N_2 (p값=0.0211)을 제외한 모든 계수추정치들이 1%의 유의수준에서 통계적으로 유의하였다. 또한 Jun and Park(1999)이 기대하듯이 q_i 의 추정치들은 신규세대일수록 이 전세대보다 더 커지는 것(즉 $q_1 < q_2 < q_3 < q_4$)을 볼 수 있다. 결론적으로 말하면 적합영역(1981년부터 1991년까지)의 PC 판매량자료만 사용하여 구해낸



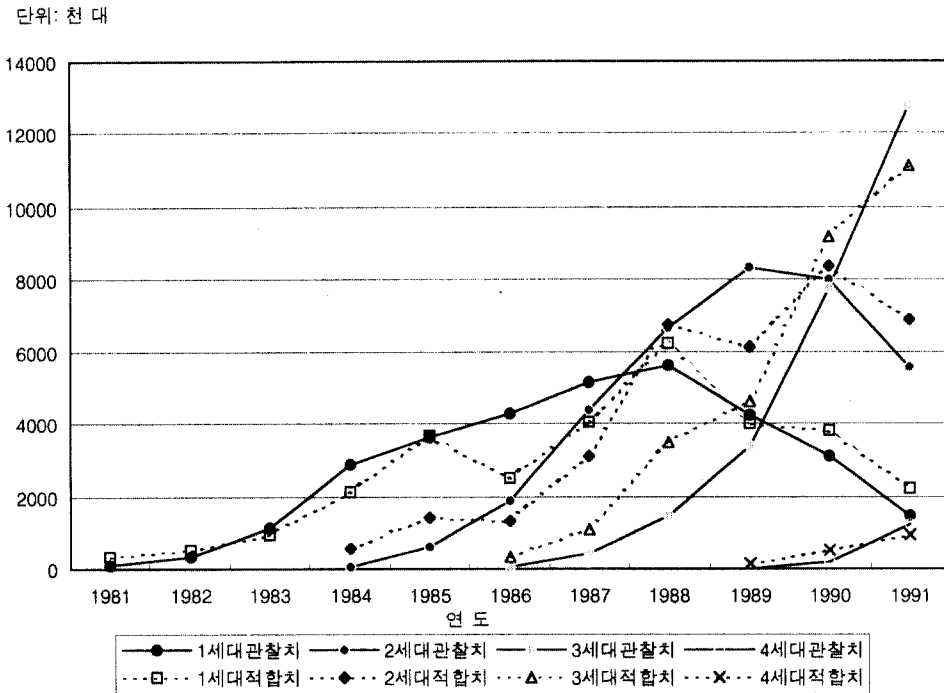
〈그림 5〉 적합영역(81-91)의 전세계 PC 판매량: 관찰치와 NB2 모형의 적합치

NB2 모형과 JP2 모형의 계수추정치들은 전체 영역의 PC 판매량자료를 사용한 경우와 같이 계수들의 액면타당성(parameter face validity)에 있어서는 NB2 모형과 JP2 모형간의 뚜렷한 우열을 나누어 볼 수 없다.

〈그림 5〉와 〈그림 6〉은 〈표 3〉과 〈표 4〉에서 보여준 NB2 모형과 JP2 모형의 계수추정치들을 각각 사용하여 구해낸 1981년부터 1991년까지의 적합영역에서의 연도별 4개 세대들의 PC 판매량에 대한 적합치들과 실제 관찰치들을 함께 나타내고 있다. 〈그림 5〉와 〈그림 6〉은 각각 전체영역에 대하여 분석한 〈그림 3〉과 〈그림 4〉와 거의 동일한 모습을 나타내고 있다. 즉 〈그림 5〉에서 보듯이 NB2 모형이 제공하는 적합치들은 실제 관찰치들에 매우 근접한 양상을 보이고 있으나, JP2 모형이 제공하는 적합치들은 〈그림 6〉과 같이 전반적

으로 실제의 관찰치들과는 현격한 차이를 나타낸다. 이렇게 NB2 모형과 JP2 모형이 적합영역(1981년부터 1991년까지)의 PC 판매량자료에 대해서 나타낸 적합결과의 차이는 〈표 5〉에서 각 모형의 적합영역(1981년부터 1991년까지)에서의 SSE 값들의 차이로 요약되어 나타났다. 즉 NB2 모형을 사용하였을 때의 SSE는 7,668,068인데 반하여 JP2 모형을 사용하였을 때의 SSE는 27,056,729로서 NB2 모형보다 3배 이상 큰 값으로 나타났다. 그러므로 적합영역(1981년부터 1991년까지)의 PC 판매량자료에 대한 모형의 적합능력에 있어서도 전체영역의 분석결과와 마찬가지로 NB2 모형이 JP2 모형보다 우수한 결과를 보여주었다.

NB2 모형과 JP2 모형의 예측타당성을 비교하기 위해서 적합영역(1981년부터 1991년까지)에서



〈그림 6〉 적합영역(81-91)의 전세계 PC 판매량: 관찰치와 JP2 모형의 적합치

추정된 각 모형의 모수들을 사용하여 4세대 PC와 3세대 PC의 1992년과 1993년(즉 예측영역)의 판매량을 예측하였고, 그 예측 판매량과 실제 판매량의 절대적 차이들의 평균인 MAD(mean absolute deviations)를 〈표 5〉에 보고하였다. 〈표 3〉에서 보듯이 4세대 PC의 경우에 충분하지 못한 자료(즉 1989년부터 1991년까지의 3년도 자료)로 인하여 NB2 모형이 제공하는 M₄의 추정치(즉 33585.1)는 통계적으로 유의하지 않았고 또한 M₃의 추정치(즉 61267.07)보다 작은 값으로 구해졌기 때문에 〈표 5〉에서 보듯이 NB2 모형이 제공하는 1992년과 1993년도 4세대 PC의 예측 판매량은 실제 판매량보다 훨씬 작게 나타났다. 그럼에도 불구하고 4세대 PC의 전반적인 예측성과(predictive

performance)를 나타내는 MAD에 있어서 JP2 모형(즉 14994)보다 NB2 모형(즉 13029)이 낮게 나타났다. 또한 3세대 PC의 경우에는 MAD에 있어서 NB2 모형(즉 2182)이 JP2 모형(즉 9412)보다 훨씬 낮게 나타났다. 즉 예측영역의 PC 판매량자료에 대한 모형의 예측타당성(predictive validity)에 있어서도 NB2 모형이 JP2 모형보다 우수한 결과를 보여주었다.

마지막으로 모형간의 적합능력과 예측타당성을 비교하기 위해서 전체영역(1981년부터 1993년까지)의 PC 판매량 자료 중에서 1981년부터 1992년까지의 자료를 적합영역으로 구분하여 각 모형의 계수들을 추정하고, 추정된 각 모형의 계수들을 사용하여 4세대 PC와 3세대 PC의 1993년도 판매

〈표 5〉 PC 판매량자료를 이용하여 NB2와 JP2 모형간의 적합도와 예측능력 비교

	NB2	JP2	실제판매량 (4세대)	실제판매량 (3세대)
전체영역(81-93)에서의 SSE(sum of squares error)	31,906,754	166,612,825	-	-
적합영역(81-91)에서의 SSE(sum of squares error)	7,668,068	27,056,729	-	-
예측판매량(4세대) 1992년	1815	701	7352	-
1993년	2977	161	23498	-
MAD(mean absolute deviations)	13029	14994	-	-
예측판매량(3세대) 1992년	12755	5032	-	15858
1993년	9979	721	-	8719
MAD(mean absolute deviations)	2182	9412	-	-
적합영역(81-92)에서의 SSE(sum of squares error)	12,065,111	64,667,495	-	-
예측판매량(4세대) 1993년	12832	3596	23498	-
AD(absolute deviation)	10666	19902	-	-
예측판매량(3세대) 1993년	14473	4188	-	8719
AD(absolute deviation)	5754	4531	-	-

량을 예측해 보았다. 각 모형의 추정결과와 각 모형의 계수추정치들을 각각 사용하여 구해낸 1981년부터 1992년까지의 적합영역에서의 연도별 4세대들의 PC 판매량에 대한 적합치들과 실제 관찰치들은 1981년부터 1991년까지의 자료를 적합영역으로 구분하여 앞에서 구해낸 분석 결과와 동일한 양상을 나타내고 있는데, 지면 절약상 따로 표와 그림으로 보고하지 않는다. NB2 모형과 JP2 모형이 적합영역(1981년부터 1992년까지)의 PC 판매량 자료에 대해서 나타낸 적합능력의 차이는 〈표 5〉에서 각 모형의 적합영역(1981년부터 1992년까지)에서의 SSE 값들의 차이로 요약되었다. 즉 NB2 모형을 사용하였을 때의 SSE는 12,065,111인데 반하여 JP2 모형을 사용하였을 때의 SSE는 64,667,495로서 NB2 모형보다 5배 이상의 큰

값으로 나타났다. NB2 모형과 JP2 모형의 예측타당성을 비교하기 위해서 1981년부터 1992년까지의 적합영역에서 추정된 각 모형의 계수들을 사용하여 4세대 PC와 3세대 PC의 1993년도 판매량을 예측하였고, 그 예측 판매량과 실제 판매량의 절대적 차이(absolute deviation)를 〈표 5〉에 보고하였다. 〈표 5〉에서 보듯이 1993년도 4세대 PC의 예측성적을 나타내는 AD에 있어서 JP2 모형(즉 19902)보다 NB2 모형(즉 10666)이 훨씬 낮게 나타난 반면에, 1993년도 3세대 PC의 예측성적을 나타내는 AD에 있어서 NB2 모형(즉 5754)이 JP2 모형(즉 4531)보다 약간 높게 나타난 결과를 보건대, 1993년도 PC 판매량에 대한 모형의 예측타당성에 있어서도 NB2 모형이 JP2 모형보다 전반적으로 우수하다고 볼 수 있다.

V. 요약 및 토론

반도체를 비롯한 PC 등의 첨단기술제품들(high-technology products)에서 볼 수 있는 신규세대(new generation)와 이전세대들(earlier generations)간의 대체 및 확산과정은 첨단기술의 특성상 과거의 기술들 간에 벌어진 것보다 훨씬 빠르게 진행되고 있다. 가령 PC를 생각해 보면, 20년이 채 안되는 기간동안에도 1세대, 2세대(286 PC), 3세대(386 PC), 4세대(486 PC), 5세대(586 PC) 등으로 이어지는 PC 세대간의 대체 및 확산과정을 목격할 수 있다. 그러므로 다세대 첨단 기술제품들의 수요를 제대로 분석하는 것은 마케터에게 매우 중요한 일인 동시에 어려운 작업이 되었다.

첨단기술 다세대 제품들(multigenerational products)의 세대간 대체 및 확산과정을 묘사하기 위해서 Bass(1969)의 최초구매 확산모형(first purchase diffusion model)을 기반으로 하여 다세대 확산모형들(multigeneration diffusion models)이 개발되었고, 그 대표적인 예로서 Norton and Bass(1987), Mahajan and Muller(1996), Jun and Park(1999)의 연구를 들 수 있다. Norton and Bass(1987)는 DRAM 반도체와 같은 산업재(industrial good)의 세대간 대체 및 확산과정을 묘사하기 위해서 최종 사용자가 신제품을 수용하는 것으로 보기보다는 PC와 같은 응용기기(제조회사)들을 신제품 수용자로 간주하고서 반복구매의 틀(repeat-purchase framework)을 활용한 다세대 확산모형을 개발하였다.

Mahajan and Muller(1996)는 IBM 메인프레임 컴퓨터의 각 세대별로 실제로 시스템을 사용중

인 누적 수용자들의 수를 동태적으로 관찰한 자료에 적용할 수 있는 모형을 제시하였다. Jun and Park(1999)은 다세대 제품들에서 획득할 수 있는 판매량자료(sales data)를 두 가지 타입, 즉 최초구매 수요와 업그레이드 수요를 구분할 수 있는 자료(타입 I)와 구분할 수 없는 자료(타입 II)로 양분하고서, 타입 I 자료와 타입 II 자료에 각각 적용할 수 있는 타입 I 모형과 타입 II 모형을 개발하였다. 또한 그들은 Norton and Bass의 모형과 Mahajan and Muller의 모형은 단지 타입 I 자료에만 적용할 수 있고 오직 그들의 타입 II 모형만이 타입 II 자료에 적용할 수 있는 유일한 모형이라고 주장하였다.

PC와 같은 내구성 소비재(consumer durable good)의 경우에 개인소비자 별로 최초구매를 하는 것인지 또는 업그레이드를 하는 것인지 확인하는 것은 자료수집 과정에서 많은 비용이 요구되므로, 시장조사기관이 제공하는 대부분의 다세대 내구성 소비재에 대한 판매량자료는 타입 II 자료가 된다. 그러므로 본 연구에서는 보다 일반적으로 획득가능한 타입 II 자료에 적용할 수 있는 새로운 다세대 확산모형을 제시하였다. 또한 타입 II 자료인 전세계 PC 판매량자료를 사용하여 기존의 다세대 확산모형들 중에서 타입 II 자료에 유일하게 적용할 수 있는 모형이라고 주장된 Jun and Park의 타입 II 모형(즉 JP2)과 본 연구에서 제시한 새로운 모형(즉 NB2)과의 경험적 비교(empirical comparison)를 행하였는데, 그 결과는 다음과 같다. 첫째, 적합영역(즉 1981년부터 1991년까지 그리고 1981년부터 1992년까지)의 PC 판매량자료만 사용하여 구해낸 NB2 모형과 JP2 모형의 모수추정치들은 전체영역(즉 1981년부터 1993년까지)의 PC 판매량 자료를 사용하여 구해낸 경우와 마찬가지로 모수추

정치들의 액면타당성(parameter face validity)에 있어서는 모두 전반적으로 우수하였고, NB2 모형과 JP2 모형간의 뚜렷한 우열을 나누어볼 수 없었다. 둘째, 모형의 적합능력(fitting ability)에 있어서는 적합영역의 PC 판매량자료만 사용한 경우와 전체영역의 PC 판매량자료를 사용한 경우 모두 NB2 모형이 JP2 모형보다 우수한 적합결과(fitted results)를 보여주었다. 셋째, 예측영역(즉 적합영역이 1981년부터 1991년까지의 경우에는 1992년과 1993년, 그리고 적합영역이 1981년부터 1992년까지의 경우에는 1993년)의 PC 판매량자료에 대한 모형의 예측타당성(predictive validity) 비교에서도 NB2 모형이 JP2 모형보다 우수한 예측성과(predictive performance)를 보여주었다. 결론적으로 NB2 모형과 JP2 모형이 제공하는 모수추정치들의 액면타당성, 모형의 적합능력과 예측타당성을 전반적으로 고려해 보면, NB2 모형이 JP2 모형보다 우수한 것으로 나타났다. 그러나 이러한 연구 결과는 4개 세대들로 구성된 PC 판매량자료를 사용하여 구해낸 잠정적 결론이고, 이를 일반적인 결과로 받아들이기 위해서는 보다 다양한 다세대 내구성 소비재들에 대한 NB2 모형과 JP2 모형간의 경험적 비교가 행해져야 할 것이다.

NB2 모형과 JP2 모형간의 우월성 비교를 위해서 고려해 볼 수 있는 또 다른 연구방법으로 시물레이션 연구(가령 박찬수 1995)를 들 수 있다.¹⁾ 즉 다음과 같은 시물레이션 연구 절차를 생각해 볼 수 있다: (1) Bass 모형에서 쓰인 함수를 사용하여 각 세대별 수요확산 커브를 만든다. 이 때 다양한 값의 모수들(즉, p , q , M)에 의하여 서로 다른

모양의 커브를 만든다. (2) 각 세대의 도입기를 다르게 하여 더욱 다양한 커브의 다세대 수요확산커브를 만든다. (3) 최초 10-15기의 자료만을 가지고 이후의 확산을 예측한다. 예측결과와 정확성으로 NB2 모형과 JP2 모형간의 우월성을 비교할 수 있다. (4) 더 나아가서 모수(가령 p , q) 값, 그리고 도입기 간격의 패턴과 NB2 모형의 우월성간의 관계도 파악할 수 있다. 이상과 같은 절차 중에서 단계 (1)과 (2)를 보다 보완해서 행하는 시물레이션 연구는 장래의 연구로 남겨 놓고자 한다.

마지막으로 본 연구의 경험적 비교에서 사용된 NB2 모형은 JP2 모형과 마찬가지로 9개의 모수들(즉 1개의 p , 4개의 q_i 와 4개의 M_i)을 포함하고 있는데, 그 이유는 Jun and Park(1999)이 원래 제안한 JP2 모형의 모수들의 수(즉 9개)와 일치시켜서 적합능력, 예측타당성 등을 비교하고자 한 것이고, 만약 관찰치의 수가 적은 경우에는 추정모형의 모수들의 수를 줄여서(가령 NB2 모형과 JP2 모형에서 모든 i 에 대하여 $q_i=q$ 로 가정하고서) 추정하여야 모수추정치의 안정성이 향상될 것이다.

1) 시물레이션 연구와 그 절차를 제안해 주신 제 1 심사자에게 감사드립니다.

참고문헌

- 박찬수(1995), "컨조인트 분석의 시장점유율 예측타당성에 관한 시뮬레이션 연구," *마케팅연구*, 10권 2호, pp. 19-36.
- Bass, F. M.(1969), "A New Product Growth Model for Consumer Durables," *Management Science*, 15 (January), pp. 215-227.
- Bass, F. M., T. V. Krishnan, and D. C. Jain(1994), "Why the Bass Model Fits without Decision Variables," *Marketing Science*, 13(Summer), pp. 203-223.
- Fisher, J. C. and R. H. Pry(1971), "A Simple Substitution Model of Technological Change," *Technological Forecasting and Social Change*, 3(March), pp. 75-88.
- Jun D. B. and Y. S. Park(1999), "A Choice-Based Diffusion Model for Multiple Generations of Products," *Technological Forecasting and Social Change*, 61, pp. 45-58.
- Mahajan, V. and E. Muller(1996), "Timing, Diffusion, and Substitution of Successive Generations of Technological Innovations: The IBM Mainframe Case," *Technological Forecasting and Social Change*, 51, pp. 109-132.
- Norton, J. A. and F. M. Bass(1987), "A Diffusion Theory Model of Adoption and Substitution for Successive Generations of High-Technology Products," *Management Science*, 33(9), pp. 1069-1086.
- Peterka, V.(1977), *Macrodynamics of Technological Change: Market Penetration by New Technologies*, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria.
- SAS Institute(1993), *SAS/ETS User's Guide*, Version 6 Edition, SAS Institute, Cary, N.C.
- Schmittlein, D. C. and V. Mahajan(1982), "Maximum Likelihood Estimation for an Innovation Diffusion Model of New Product Acceptance," *Marketing Science*, 1(Winter), pp. 57-78.
- Srinivasan, V. and C. H. Mason(1986), "Nonlinear Least Squares Estimation of New Product Diffusion Models," *Marketing Science*, 5(Spring), pp. 169-178.
- Sultan, F., J. U. Farley, and D. R. Lehmann(1990), "A Meta-Analysis of Applications of Diffusion Models," *Journal of Marketing Research*, 27(February), pp. 70-77.

Diffusion Models for Multiple Generations of Consumer Durables

Sehoon Park*

Abstract

This study deals with the dynamic sales behavior of successive generations of high-technology consumer durables. Norton and Bass(1987), Mahajan and Muller(1996), and Jun and Park(1999) have proposed extensions of the Bass(1969) diffusion model to capture simultaneously the substitution and diffusion patterns for each successive generation of technological innovation. Jun and Park categorize sales data for multigenerational products based on whether the data distinguish between upgrade demand and first-purchase demand. That is, they refer to the case where the two demands are distinguishable in the sales data as Type I and to the case where they are not distinguishable as Type II and then develop Type I and Type II models which can be applied to data of each type. Furthermore, they assert that the models of Norton and Bass(1987) and Mahajan and Muller(1996) can only be applied to data of Type I, but no existing model except for their Type II model can be applied in the case of Type II data.

In this article, I propose a new multigeneration diffusion model that can be applied to data of Type II. Then I apply the Type II model(JP2) of Jun and Park and the proposed model(NB2) in this study to the worldwide PC sales data(i.e. Type II data). Empirical comparison results reveal that in terms of fitting ability and predictive validity, the proposed model(NB2) performs better than the Type II model(JP2) of Jun and Park.

Key Words: Consumer Durables, Multiple Generations, Diffusion, Empirical Comparison

* Professor of Marketing, School of Business Administration, Sungkyunkwan University, Seoul, Korea