

☒ 연구논문

Bibliometrics를 이용한 마이크로프로세서의 기술확산 예측⁺

손소영 · 안병주
연세대학교 기전공학부

Forecasting the Diffusion of Microprocessor Technology Based on Bibliometrics

So Young Sohn · Byungju Ahn
Dept. of Computer Science and Industrial Systems Engineering, Yonsei University

Abstract

Technological forecasting for microprocessor market can provide timely insight into the prospects for significant technological changes in computer hardware as well as software. In this paper, we use bibliometrics to forecast R&D trend on microprocessor technology. Cumulative numbers of US Patents on several generations of microprocessor technology (pipeline, superpipeline, supersclar and VLIW) approved since 1980 are applied to fit diffusion models. Our study results provide both the maximum market potential and the maturity time for each generation of microprocessor technology. Such information is expected to make contribution on making better decisions with regard to strategic corporate planning, R&D management, product development and investment in new technology of microprocessor.

⁺ 이 논문은 1997년도 한국학술진흥재단의 연구비에 의해 연구되었음. (KRF-97-005-E00191)

1. 서론

Bibliometrics는 현재 발표된 연구 자료들을 조사함으로써 개발되어 확산되고 있는 기술 혹은 연구되는 기술 등에 대한 동향을 파악함으로써 관심 있는 기술의 확산 정도와 성숙 시기 등을 예측하는데 이용될 수 있는 방법중의 하나이다([2], [3], [5], [7], [10], [16]). 본 논문에서는 마이크로프로세서에 사용되는 중요한 몇 가지 기술(파이프라인, 슈퍼파이프라인, 슈퍼스칼라, VLIW)을 중점적으로 이들에 대한 연구추세와 이 기술이 성숙하게 될 시기에 대한 예측을 위해 Bibliometrics 방법을 이용하고자 한다.

마이크로프로세서는 부가가치가 높으며 최근 국내수요의 증가로 인하여 관심사가 높아졌으며 활발한 연구가 수행되고 있다. 마이크로프로세서의 기술동향 연구에서 주목해야할 특징으로는 세대간 기술대체속도가 상당히 빠르다는 것이다. 기본적으로 마이크로프로세서는 컴퓨터 및 이를 포함하는 장비들의 중심이 되는 장치로서 주변장치와 소프트웨어들은 마이크로프로세서의 기술변화에 민감하게 반응한다. 따라서 이러한 빠른 기술변화의 속도와 신기술의 출현시기 예측 등에 관한 연구결과는 신제품개발 및 생산 변화에 유연하게 대처할 수 있는 아이디어를 제시할 수 있을 것이다. 또한 신제품에 대한 마이크로프로세서 관련 하드웨어뿐 아니라 소프트웨어 제조업체들에게도 유용한 정보를 제공할 수 있어 큰 의의가 있다고 할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기술동향예측과 관련되어 연구된 방법론에 대하여 고찰하였고, 3장에서는 이러한 방법론을 마이크로프로세서의 세대별 기술 확산 추정모형에 적용하였다. 4장에서는 연구결과를 요약하고 향후 연구방향을 제시하였다.

2. 선행연구

Watts & Porter(1997)의 연구에서는 문헌고찰을 통하여 기술혁신에 대한 성공요인과 이러한 기술들이 앞으로 확산될 것에 대한 예측방법을 제시하고 있다. 이 논문에서는 세라믹 엔진과 관련되어진 기술에 대한 연구를 하였으며 이러한 특정 기술에 대한 문헌의 양은 상당히 많으며 이러한 문헌들 속에서 기술확산 정보를 얻기 위해서 Bibliometrics를 이용하였다. Bibliometrics는 문헌과 특허 혹은 방법론에 대한 인용(citation to measure)의 수를 측정하는 것으로 기술예측에 이용되고 있다. Bibliometrics를 이용한 연구에서는 다량의 문헌조사를 통한 기술예측에 대한 순차적인 방법을 다음과 같이 제시하고 있다.

1. Science Citation Index, Engineering Index, U.S. Patents와 같은 많은 데이터베이스에서 기본적인 주제와 관련된 항목을 조사한다.
2. 가능한 데이터베이스들로부터 요약문(electronic abstracts)을 다운 받는다. 보다 나은 검색을 하도록 주제에 대한 이해를 심화시키기 위해 누적되는 키워드를 조사한다.

3. 가장 유용한 데이터베이스에서 검색을 재실행한다. 요약문을 다운 받는다.
4. 키워드, 타이틀워드, 요약문, 구문 등을 조사한다. 관련된 연구, 응용, 주된 연구자들, 기술전파등을 얻기 위해 요약문들을 읽는다.
5. 전체적인 기술의 추이를 확인하기 위해 조사된 수를 점산도를 이용하여 타점한다.
6. 분야(교육기관, 정부기관, 산업기관)별로 수행되고 발표된 연구 및 행동양식 또는 관심사항을 조사한다.
7. 기술수명주기를 모형화한다.
8. 목표에 관련된 기술과 연구들을 군집화 시킨다.
9. 가능하면 미래기술 혹은 경쟁기술과 같은 항목을 조사한다.

이러한 순차적인 기본 방법을 통하여 기술발전 추이와 성공요인을 찾을 수 있다. Watts & Porter(1997)의 연구에서는 세라믹 엔진에 대한 기술예측을 하였으며 우선 관련된 키워드로 데이터베이스에서 자료를 모은 후 연구가 수행된 대학, 연구소, 기업 별로 자료의 수를 분류하고 기술의 추이를 점산도로 나타냈다. 이 결과 1986년에서 1987년 사이에 이에 대한 많은 연구가 있었다는 것을 확인할 수 있었으며 세라믹 엔진에 대한 관련 자료들을 군집화 시켜 이를 통해 많은 연구가 이루어진 부분이 재료 부분이었음을 알 수 있다. 또한 세라믹 코팅과 본딩 기술발전의 예측을 위해 관련된 특허자료를 수집하여 Fisher & Pry(1971) 수요확산모형을 추정하였다. Bibliometrics를 이용한 기술방향에 대한 예측방법의 몇 가지 단점은 다음과 같다. 자료의 건수를 사용하기 때문에 자료의 질이 반영되지 않는다는 점과 많은 경우 기술에 대한 기밀 때문에 개발된 기술이 출판물 혹은 특허의 형태로 공개되지 않은 경우가 있다는 것이다. 따라서 이러한 점을 보완하기 위해서 전문가의 견해가 필요하다고 본다.

한편 기술수요 확산예측을 위해 Bass(1969)에 의해 개발된 모형은 단일제품에 대한 확산형태를 잘 설명하는 모형으로 대표된다. 기본적으로 Bass(1969)모형은 단일세대 제품의 초기구매를 설명하기 위해 개발된 모델로서 t 시점 이전까지 구매되지 않았던 제품이 시점 t 에 구매될 확률($P(T)$)을 다음과 같은 위험함수를 이용하여 설명하고 있다.

$$P(T) = f(t) / [1 - F(t)] = p + qF(t) = p + \frac{q}{m} Y(T)$$

여기서 $f(t)$: t 시점의 선택함수

m : 최대 시장의 규모

$Y(t)$: t 시점 이전의 누적 구매자수

$F(t)$: t 시점까지의 누적 선택함수 ($= Y(t) / m$) 즉 $Y(t) = mF(t)$

p : (기술혁신계수) 초기구매확률

q : (모방계수) 구매자와 잠재구매자사이의 접촉계수

미분방정식을 이용하여 이 식을 풀어주면 아래와 같은 $f(t)$ 를 얻을 수 있다.

$$f(t) = (b^2/p)\exp(-bt)/[1 + a\exp(-bt)]^2 \quad (1)$$

여기서 $a = q/p$, $b = p + q$

식 (1)을 적분하여 누적선택확률 $F(t)$ 를 구하면 다음과 같다.

$$F(t) = [1 - \exp(-bt)]/[1 + a\exp(-bt)] \quad (2)$$

Bass(1969)모형에서는 p (기술혁신계수)를 제품 혹은 기술이 초기에 아무런 구매도 없었을 때 발생하는 구매확률을 나타낸다. 따라서 초기 구매 혹은 기술연구가 활발히 이루어진다면 p 는 높게 산출될 것이며 초기 구매나 연구가 활발히 이루어지지 않았다면 적게 추정될 것이다. q 는 초기 연구 혹은 구매가 이루어진 이후 시점에 기존 구매자와 잠재구매자 사이에서 발생하는 접촉확률을 나타낸다. 즉 구매자와 잠재구매자 사이에 정보흐름이 원활하고 제품 혹은 기술에 대해 구매자 만족할만한 성과를 얻었다면 접촉확률계수 q 는 높게 추정될 것이다.

Bass(1969)이후 개선된 확산모델들이 다수 개발되었으며 Fisher & Pry(1971)는 시장이 가질 수 있는 최대 확산정도를 상수 N 이라 하고(N 은 Bass모형의 최대시장규모 m 과 동일하다.) 일정 시점에서의 확산정도를 그 시점에서의 구매자와 잠재구매자와의 접촉정도에 비례할 것이라는 가정 하에 수요확산모형을 개발했다. Fisher & Pry(1971)의 모형은 로지스틱 모형으로 알려져 있는 Pearl 모형의 변형된 형태이며 구 기술을 신기술이 대체하는 비율을 모형화하기 위해 개발되었다. 반면 대체 곡선을 도출하기 위해서 Fisher & Pry변환을 사용하는 것이 일반적이지만 이 논문에서는 단세대 성장곡선을 예측하기 위해 변형된 Fisher & Pry(1971) 모형을 적용하여보았다. Fisher & Pry(1971)의 변형모형에 있어서 t 시점까지의 누적수요 $S(t)$ 는 다음과 같이 기술될 수 있다. 여기서 설명하고 있는 누적수요는 일반적인 제품에 대해서는 각 시점 판매량의 수요를 누적한 것이다.

$$S(t) = \frac{N}{1 + \exp(-c - dt)} \quad (3)$$

이러한 단세대 모형과는 대조적으로 다세대 제품에 있어서의 구세대가 신세대 제품 혹은 기술로서 대체되는 효과를 반영한 다세대 모형이 개발되었으며 이러한 다세대 모형은 구세대와 신세대 사이에 있어서의 대체되어지는 정도와 이러한 대체로 인해 발생하는 시장규모의 변화 등을 예측하는 것을 그 목적으로 하였다. 실질적으로

Fisher & Pry(1971) 모형도 대체모형이지만 각각의 세대별 대체정도 및 대체시기 등을 예측하기 어렵다. 따라서 이러한 다세대 모형중 대표적인 Norton & Bass(1987)모형에 대해서 살펴본다면 다음과 같다.

Norton & Bass(1987)는 Bass(1969), Fisher & Pry(1971)등의 연구를 기초하여 다음과 같은 가정하에 일반적인 다세대 모형을 제안하였다.

- ▶ 아직 다음세대가 발표 안된 단일세대인 경우 확산정도는 Bass(1969)모형을 따른다.
- ▶ 신상품 출하시 시장에 두 세대가 존재할 때 제1세대 제품의 시장잠식이 시작되며 이를 모형화하면 다음과 같다.

$$S_1(t) = F_1(t)m_1 - F_2(t - \tau_2)F_1(t)m_1 = F_1(t)m_1[1 - F_2(t - \tau_2)] \quad \text{for } t > 0$$

$$S_2(t) = F_2(t - \tau_2)[m_2 + F_1(t)m_1] \quad \text{for } t > \tau_2$$

$$F_i = [1 - \exp(-b_i t)] / [1 + a_i \exp(-b_i t)]$$

$S_i(t)$: i 세대의 t 시점까지의 판매량

$F_i(t)$: t 시점까지 i 세대를 구매할 선택함수

m_i : i 세대가 가질 수 있는 최대 시장의 규모

τ_i : i 세대가 발표되고 출하된 시기

첫번째 식에 의하면 기본적인 모형은 Bass(1969)모형을 따르지만 추가적인 부분은 제2세대에 의한 시장잠식효과를 반영하고 있다. 두번째 식에 의하면 역시 기본적인 형태는 Bass(1969)모형을 따르지만 제2세대의 판매량의 경우 제2세대 제품에 의해 형성되는 시장규모에 추가적으로 제1세대의 기존 판매이후 발생하는 제2세대로의 업그레이드 혹은 추가구매와 같은 형태로서 좀더 확장된 시장 규모를 나타내고 있다.

다음은 시장에 여러 세대가 있을 경우 예를 들어 세개의 세대가 존재할 때를 표시하며 모형에 대한 해석은 위와 같다.

$$S_1(t) = F_1(t)m_1 - F_2(t - \tau_2)F_1(t)m_1 = F_1(t)m_1[1 - F_2(t - \tau_2)],$$

$$S_2(t) = F_2(t - \tau_2)[m_2 + F_1(t)m_1][1 - F_3(t - \tau_3)], \tag{4}$$

$$S_3(t) = F_3(t - \tau_3)[m_3 + F_2(t - \tau_2)[m_2 + F_1(t)m_1]]$$

Speece & Maclachlan(1995)는 Norton & Bass(1987) 모형에 가격효과를 반영하여 3세대 우유 패키지 기술에 따른 시장예측에 적용하였다. Mahajan & Muller(1996)는 IBM 메인프레임 사례를 통해 Norton & Bass(1987)의 모형에서는 생략되어있는 leapfrogging 현상을 모형화 시켰다. leapfrogging 효과는 세대간에 중간세대를 건너뛰

어 다른 세대를 구매하는 현상으로 예를 들어 제1세대 구매 후 제2세대를 건너뛴 제3세대의 구매가 존재함을 뜻한다. Putsis(1996)에서는 기존의 다세대 확산모형 (Norton & Bass(1987), Speece & Maclachlan(1995), Mahajan & Muller(1996))에서 사용된 데이터들이 연도별 판매량의 자료들을 사용하고 있는데 이를 가능하다면 달별 혹은 분기별로 관찰하는 것이 확산모형에 있어서 보다 정확한 예측을 할 수 있음을 VCR, microwave oven, projection television의 데이터를 이용하여 보여주고 있다. Kumar, et al.(1998)에서는 제품의 확산정도가 국가별로 다를 수 있다는 점을 기술혁신계수와 모방계수의 차이점으로 설명하는 모형연구를 하였다.

3. Microprocessor의 기술동향 예측

본 연구에서는 이러한 배경을 바탕으로 Bibliometrics 기법을 이용하여 마이크로프로세서개발 동향 자료를 수집하고 수요확산모형을 이용하여 기술동향 예측을 하고자 한다. Bibliometrics를 이용하는 것은 연구개발이 시장형성에 앞서기 때문에 기술동향 파악 및 기술의 성숙정도 예측을 비교적 빠르게 할 수 있기 때문이다. 마이크로프로세서 기술동향연구에 Bibliometrics를 이용하기 위해서는 연구 이전에 분류기준을 위한 사전조사가 필요하다. 마이크로프로세서와 관련된 기술들을 조사하기 위해 문헌 및 특허 데이터베이스 검색시 사용할 분류 Keyword, 검색대상 기간, 검색대상 데이터베이스가 먼저 설정되어야 한다.

이러한 절차에 의해 문헌 데이터베이스로 U.S. Patents를 선택하였으며 마이크로프로세서의 세대별 기술변화의 범위로 파이프라인, 슈퍼파이프라인, 슈퍼스칼라, VLIW (Very Long Instruction Words)를 설정하였다. 이러한 기술을 분석에 사용하게 된 이유는 이들이 마이크로프로세서의 핵심기술이며 최근의 기술동향 추이를 잘 나타내고 있기 때문이다.

인텔사의 마이크로프로세서를 중심으로 간략하게 기술변화를 살펴보면 다음과 같다.

기존의 Intel의 프로세서는 전형적으로 CISC방식을 채택하고 있었으나 최근 RISC의 장점을 채택하여 486 CPU에서는 파이프라인 구조를 채택하였다. 파이프라인은 명령 실행을 위해 필요한 단계들을 병렬로 실행하도록 만드는 기술을 뜻한다. 이후 발표되어진 CPU에서는 이러한 파이프라인을 여러 개 배치시킨 보다 향상된 슈퍼파이프라인 구조를 채택하고 있다. 슈퍼파이프라인은 파이프라인의 구조를 향상시킨 것이며 파이프라인 구조보다 CPU의 명령 실행 단계를 더욱 세분화하여 처리 능력을 높인 것이다. 최근에는 파이프라인 구조를 여러 개 배치함으로써 하나의 클럭에서 복수의 명령 처리를 가능하게 한 슈퍼스칼라 구조가 채택되어 보다 향상된 성능을 보이는 프로세서가 발표되었다. 현재 Intel은 HP의 차세대 VLIW형 CPU개발 계획과 관련하여 Mercead(P7) 프로젝트를 계획중이다. 슈퍼스칼라 프로세서와 같이 VLIW는 한번에 여러 가지 간단한 작업을 수행할 수 있다. 두 가지의 차이점은 동시에 여러 가

지 작동을 실행할 때 발생하는 상호연관성을 처리하기 위한 Smarts를 두는 장소에 있다는 것이다.

< 표 1 > U.S Patents의 검색 결과

	파이프라인		수퍼파이프라인		수퍼스칼라		VLIW	
	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기
1998	110	105	7	9	84	79	16	30
1997	63	51	5	3	26	42	3	12
1996	48	58	2	2	20	39	7	5
1995	9	57	1	0	5	12	1	4
1994	17	19			5	3	4	3
1993	16	11			2	0	2	0
1992	5	13					0	0
1991	7	6					1	0
1990	7	4						
1989	9	6						
1988	2	5						
1987	3	7						
1986	4	4						
1985	1	3						
1984	2	3						
1983	2	1						
1982	4	1						
1981	0	2						
1980	0							

<표 1>은 IBM Search of U.S. Patents에서 검색된 각 기술별 특허 수이며 각 특허의 목록은 특허의 출원일자와 등록일자로 구분되어 있어 분석을 위해서 등록일자 기준으로 자료를 분류하였다. 검색기간은 1971년부터 최근까지의 자료를 대상으로 하였으나 파이프라인을 제외하고는 대부분 1993년 자료부터 검색되었다.

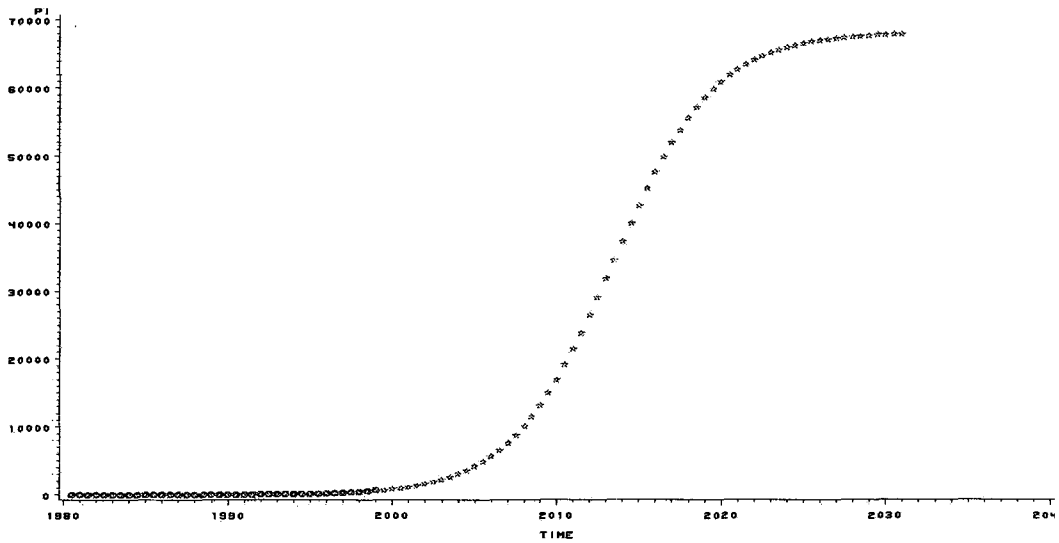
연간 데이터를 상반기(1월~6월)와 하반기(7월~12월)로 나누어[6] 파이프라인, 수퍼파이프라인, 수퍼스칼라, VLIW의 네가지 항목에 대해서 우선 Fisher & Pry(1971)에 기반한 모형(2)을 적용하여 2020까지 각 세대별 기술예측을 하였고 파이프라인의 경우 포화정도를 확인하기 위하여 2030년까지 추정하였다.

< 표 2 > 세대별 Fisher & Pry 모형 : $S(t) = \frac{N}{1 + \exp(-c - dt)}$

	N(s.e)	c(s.e)	d(s.e)
파이프라인	68298.83(±21016.94)	-10.80(±0.34)	0.16(±0.0042)
수퍼파이프라인	57.78(±12.13)	-9.37(±0.49)	0.59(±0.05)
수퍼스칼라	779.59(±164.33)	-7.93(±0.21)	0.47(±0.031)
VLIW	8420.99(±2497.90)	-9.19(±0.45)	0.31(±0.014)

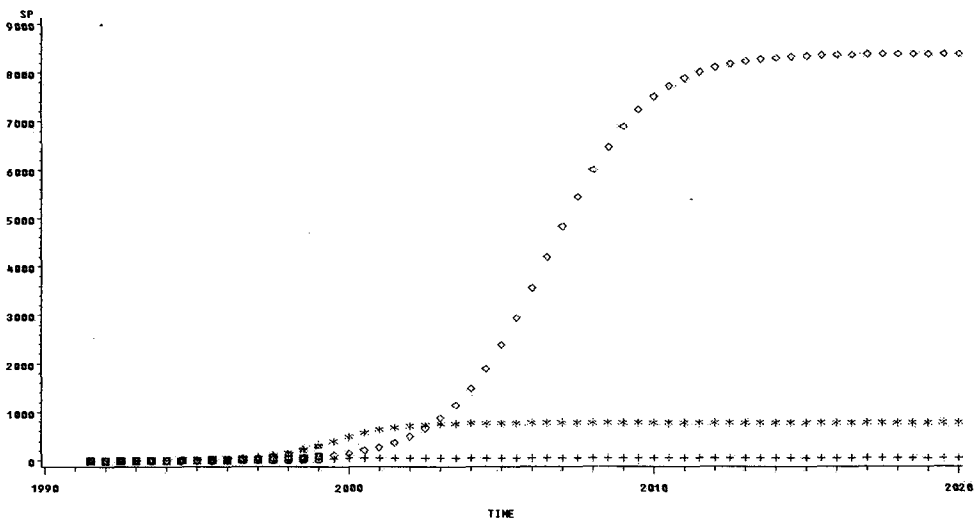
<표 2>와 <그림 1>에 나타난 바와 같은 모형 추정 결과에 의하면 최대 기술 성장치 즉 최대 누적특허의 수(N)는 슈퍼파이프라인, 슈퍼스칼라, VLIW, 파이프라인의 순으로 나타났으며 슈퍼스칼라 대비 VLIW의 포화상태가 주목할만하다.

- 파이프라인 -

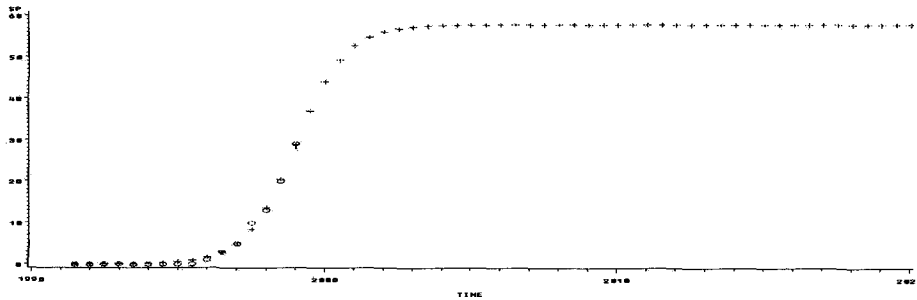


☆ : 파이프라인의 실측치 * : 파이프라인의 예측치

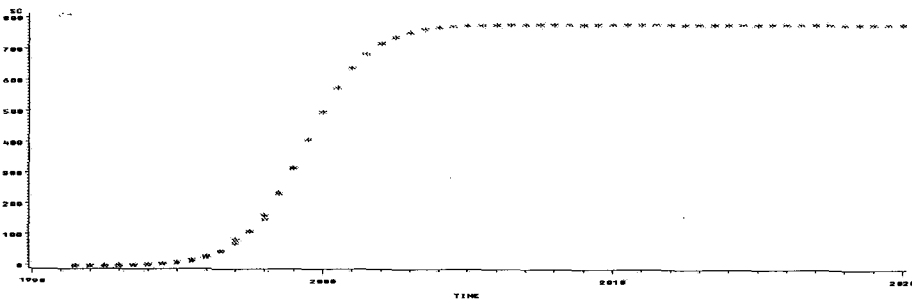
- 슈퍼파이프라인, 슈퍼스칼라, VLIW -



- 슈퍼파이프라인 -



- 슈퍼스칼라 -



- : 슈퍼파이프라인의 실측치 + : 슈퍼파이프라인의 예측치
- ☆ : 슈퍼스칼라의 실측치 * : 슈퍼스칼라의 예측치
- : VLIW의 실측치 ◇ : VLIW의 예측치

< 그림 1 > Fisher & Pry(1971) 방법을 적용한 마이크로프로세서 기술확산 예측

<그림 1>에 나타난 바와 같이 슈퍼파이프라인은 기술의 확산이 대단히 느리게 일어나고 있으며 이는 이미 파이프라인의 기술확산이 이루어지고 있는 상태에서 부가적인 기술로서 생성된 슈퍼파이프라인 기술의 확산이 더딘 것이라 생각되어진다. 파이프라인은 지속적인 성장으로 인하여 약 2024년쯤 그 성장한계에 다다를 것이라 추정되며 슈퍼스칼라 항목은 1997년부터 급속한 기술확산이 이루어졌으나 약 2000년대쯤 기술성장 한계에 도달될 것으로 추정되었다.

VLIW 항목에 대한 연구는 상당히 오랫동안 확산될 것으로 보이며 약 2010년에 이르러 기술성장의 한계점에 도달될 것으로 예측된다. Fisher and Pry(1971)모형은 각 세대별 기술 확산을 설명하는데 있어서 모두 다 통계적으로 유의한 결과를 보이고 있다. 하지만 이모형은 처음세대의 기술확산 이후 출현한 경쟁세대를 구체적으로 고려하지 않았으므로 여러 기술의 변화 추이를 예측하는데 있어 미비한 점을 보이고 있다. 이러한 부분을 좀 더 보완하여 정확한 예측을 위해 신기술과 구기술의 확산에 따른 대체 효과를 설명할 수 있는 다세대 모형을 적용하여 보았다.

다세대 모형을 적용하려는 것은 앞서 설명하였듯이 마이크로프로세서의 기술변화가 빠르게 이루어지며 많은 구기술들이 신기술들로 대체되거나 서로 융합되어 새로운 기술로 발전하고 있기 때문이다. 따라서 이러한 기술 대체 현상을 모형화한 다세대모형은 구기술에 대한 신기술의 대체효과를 설명함으로써 보다 더 정확한 예측방법을 제시할 수 있을 것이다. 또한 각 기술들이 어느 정도 성장한계에 다다르면서 새로운 기술의 수요확산이 빠르게 이루어지는 면을 반영하여 더 정확한 예측을 하기 위해 다세대 모형을 적용하고자 한다.

다음은 2장에서 소개된 Norton and Bass(1987)모형(3)을 이용하여 파이프라인과 슈퍼파이프라인 항목을 합쳐 제일세대로 그리고 다음세대들로 수퍼스칼라와 VLIW순으로 총 세가지 세대에 대한 기술확산정도를 예측하였다.

<표 3>은 Norton and Bass(1987)모형을 이용한 다세대 수요확산 모형의 추정 결과를 나타내고 있다. 식 (1)에 있어서 a와 b는 세대별로 다른 값을 갖는 것으로 가정했으나 모형추정결과는 제2세대와 제3세대가 같은 a, b값을 공유하는 것으로 나타났다.

Norton & Bass(1987) 다세대 모형은 앞서 추정된 Fisher & Pry(1971)의 단일세대 모형과 대조되는 결과를 보이고 있다. 단일세대 모형에서는 각각의 기술수요에 대한 확산만을 고려하였기 때문에 구기술에서 신기술로의 연구추이확산이 고려되지 않고 각 기술에 대한 개별적인 확산만을 고려하고 있기 때문에 특정기술의 확산정도가 지나치게 크거나 혹은 지나치게 작게 추정되어지는 결과를 도출해 낼 수 있다. 따라서 두 모형의 결과를 비교하여 본다면 파이프라인과 슈퍼파이프라인의 단일세대 최대 확산정도는 68,299건 정도로 추정이 되었으나 다세대 확산에서는 신기술의 확산에 따른 연구이전(구세대에서 신세대로의 기술연구 이동)등의 효과로서 1,418건 정도로 포화기술수요가 예측되고 있으며 신기술인 수퍼스칼라와 VLIW항목에 있어서는 단일세대 모형에서 각각 457건과 8,421건 정도가 추정되었으나 다세대 모형에서는 113,796건과 144,950건으로 추정되었다.

< 표 3 > Norton and Bass(1987) 모형의 적합성 및 계수 추정치

		R-square
파이프라인	$S_1(t)$	0.9925
수퍼스칼라	$S_2(t)$	0.9633
VLIW	$S_3(t)$	0.9852

	Estimate	Std Err	Prob> T
a1	159.08	105.25	0.1397
b1	0.10	0.0275	0.0008
a2	11160.73	2290.8	0.0001
b2	0.24	0.0091306	0.0001
M1	1417.48	172.85	0.0001
M2	112378.37	13984.1	0.0001
M3	31153.93	3822.3	0.0001

- 파이프라인 기술포화수준 : M1
- 수퍼스칼라 기술포화수준 : M1 + M2
- VLIW 기술포화수준 : M1 + M2 + M3

단일세대 모형대비 다세대 모형에서의 수요확산정도가 큰 것은 구세대 즉. 파이프라인의 연구수요에서 신세대(수퍼스칼라, VLIW) 기술로 수요가 이동한 것으로 해석되어질 수 있다.

예측되어진 계수를 통하여 각 기술의 기술혁신계수(p)와 모방계수(q)를 구하여보면 <표 4>와 같다.

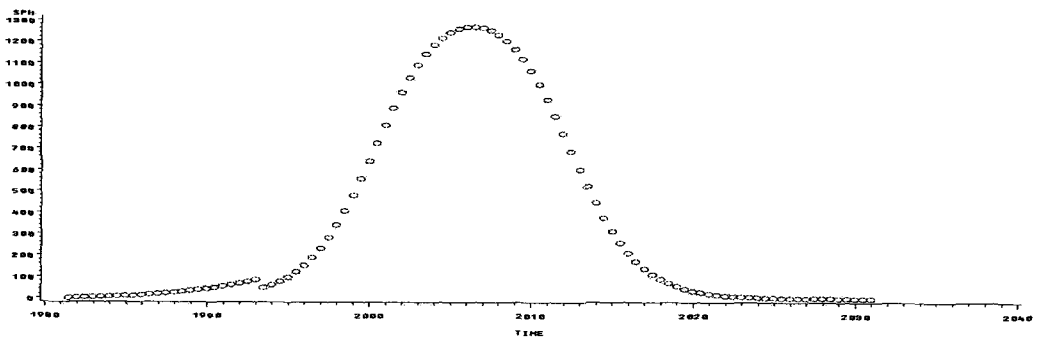
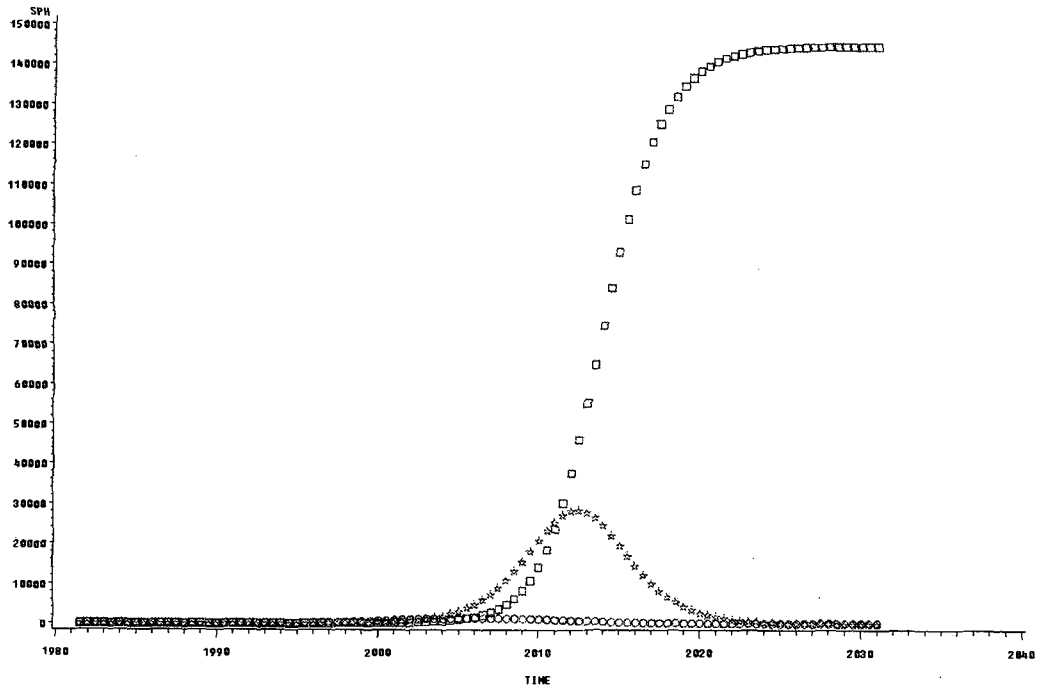
< 표 4 > 세대별 기술혁신계수와 모방계수의 추정

	Estimate
p1	0.0006246
q1	0.09937
p2	0.00002150
q2	0.2399

그 결과 다세대가 경쟁적으로 확산하고 있는 시점에서 구세대(제1세대)에 비해 신세대(제2, 제3세대)일수록 기술혁신 계수는 낮아지고 모방계수는 높아졌음을 알 수 있다. <그림 1>과 비교할 때 기술들의 포화시점에 변화가 있으며 각 기술들은 구기술들이 신기술들의 확산에 의해 잠식되고 있음을 <그림 2>에서 확인할 수 있다. 가장 신기술인 VLIW항목은 현재 이를 대체할 다른 기술의 출현이 없는 상태에서 지속적으로 연구수요가 확산되어 약 2020년대 초반에 포화상태에 다다르게 될 것이며 이것을 대체할 만한 신기술의 출현이 예상된다.

4. 결론

Watts & Porter(1997)의 Bibliometrics방법에 의하면 기본적으로 문헌을 통해 자료를 수집하여 이를 통해 기술의 확산정도를 예측할 수 있으나 실질적으로 문헌을 통한 자료의 수집에 있어서 각 연구 및 특허의 양적인 면만이 고려되어 실질적으로 검색되어진 항목의 질적인 부분 즉 검색항목의 적합성 등을 구분할 수 없다는 단점이 있다. 모형적인 측면에서 앞서 적용한 Norton & Bass(1987) 모형은 새로운 기술의 확산에 따른 기술의 대체효과를 잘 설명하고 있으나 많은 경우 신기술이 구기술을 대체할 수 있다 하더라도 신기술과 구기술이 새로이 합성되어 또 다른 새로운 기술을 발생시킬 확률이 높다. 이는 구기술이 신기술로 인하여 완전히 대체되어지는 형태가 아닌 서로 보완적인 형태가 가능하다는 것을 의미한다. 따라서 이러한 분야의 마이크로프로세서 기술에 대한 복합모형을 설계하기 위해선 보완적인 확산모형에 대한 연구가 필요하다고 본다.



O : Pipeline의 예측치 ☆ : Superscalar의 예측치 □ : VLIW의 예측치

< 그림 2 > Norton & Bass(1987) 모형을 적용한 세대별 마이크로프로세서
기술확산 예측

참고문헌

- [1] Betker, Michael R., Fernando, John S. and Whalen, Shaun P.(Autumn 1997) "The History of the Microprocessor," *Bell Labs Technical Journal*, pp. 29-56.
- [2] Bhattacharya, Sujit(1997) "Cross-National Comparison of Frontier Areas of Research in Physics Using Bibliometric Indicators," Sixth Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics Jerusalem Israel.
- [3] Bordons, M. and Zulueta, M.A.(1997) "Comparison of Research Team Activity in Biomedical Fields," Sixth Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics Jerusalem Israel.
- [4] Chawla, A.(1997) "Visualizing the relationship between organizational environment and R&D effectiveness," Sixth Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics Jerusalem Israel.
- [5] Debackere, K. and Clarysse, B.(1998), "Advanced Bibliometric Methods to Model the Relationship between Entry Behavior and Networking in Emerging Technological Communities," *Journal of the American Society for Information Science*, V. 49, No.1, pp. 49-55.
- [6] Fisher, J.C. and Pry, R.H.(March 1971) "A Simple Substitution Model of Technological Change," *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 3, pp. 75-88.
- [7] Ingwersen, P. and Christensen, F.H.(1997) "Data Set Isolation for Bibliometric Online Analyses of Research Publications: Fundamental Methodological Issues," *Journal of the American Society for Information Science*, Vol. 48, No. 3, pp. 205-217.
- [8] Islam, Towhidul and Meade, Nigel(1997) "The Diffusion of Successive Generations of a Technology: A More General Model," *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 56, pp. 49-60.
- [9] Kumar, V., Ganesh, J., and Echambadi, R.(1998) "Cross-National Diffusion Research: What Do We Know and How Certain Are We?," *Journal of Production Innovating Management*, Vol. 15, pp. 225-268.
- [10] Luc, Q., Frederic, B., Herve, R., Eric, G., and Marie, D.J.(1997) "Bibliometric Law Used for Information Retrieval," Sixth Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics Jerusalem Israel.
- [11] Mahajan, Vijay and Muller, Eitan(1996). "Timing, Diffusion of Successive Generations of a Generations of Technological Innovations: The IBM Mainframe Case," *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 51, pp. 109-132.

- [12] Norton, J.A. and Bass, F.M.(1987) "A Diffusion Theory Model of Adoption and Substitution for Successive Generations of High-Technology Products," *Management Science*, Vol. 33, No. 9, pp. 1069-1086.
- [13] Putsis, William P., Jr.(1996) "Temporal Aggregation in Diffusion Models of First-Time Purchase: Does Choice of Frequency Matter?," *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 51, pp. 265-279.
- [14] Speece, Mark. W. and Maclachlan, Douglas L.(1995) "Application of a Multi-Generation Diffusion Model to Milk Container Technology," *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 49, pp. 281-295.
- [15] Takada, Hirokazu and Jain, Dipak.(1991) "Cross-National Analysis of Diffusion of Consumer Durable Goods in Pacific Rim Countries," *Journal of Marketing*, Vol. 55, pp. 48-54.
- [16] Watts, Robert J. and Porter, Alan L.(1997) "Innovation Forecasting," *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 56, pp. 25-47.