

기술진화와 IT 산업에 관한 분석¹⁾

An Analysis on the Relationship between IT Industry and Techno Evolution

조상섭(S.S. Cho)
유광숙(K.S. Lu)

경제분석연구팀 선임연구원
경제분석연구팀 연구원

기술진화가 특정 산업 및 전체 국민경제에 미치는 영향은 지대한 것으로 보고되고 있다. 본 연구는 이러한 연구경향을 반영하여, 기술진화(techno evolution)가 정보통신산업(IT)에 어떤 영향을 미치는지에 대하여 연구하였다. 이러한 목적을 위하여 정보통신산업과 타 산업과 비교실증분석(comparative empirical analysis)함으로써, 정보통신산업에서 기술진보의 특성을 파악하였다. 본 연구의 실증분석 결과는 다음과 같다. (i) 기술확산측면에서 볼 때, 1990년 이후 IT 관련 기술진화는 타 산업의 기술진화속도에 비하여 매우 빠름을 알 수 있었다. (ii) 반면 정보통신 관련 techno cycle은 타 산업에 비하여 cycle 고저가(amplitudes) 매우 크게 나타났다. (iii) 우리나라 기술간에 techno clustering 특성은 산업간에 매우 유사한 특성을 지니고 있는 것으로 나타났다. 따라서 실증분석결과를 간단하게 요약하면, 정보통신산업은 최소한 2020년까지는 지속적으로 진화할 것이나, 그 기간동안에 다른 산업에 비하여 기술진화변동에 대한 폭이 클 것으로 분석되었다. 정보통신산업에 대한 기술 정책적 시사점은 장기적 안목에서 기술예측 및 조정이라는 안정적인 정보통신기술의 관리(techno management skills)가 중요한 요인으로 작용할 것이다.

I. 연구목적

현대 사회에서 기술진화의 중요성은 정치, 경제, 사회, 문화부분에 지대한 영향을 주고 있다. 특히 기술진보 또는 진화가 경제 및 특정 산업에 미치는 영향에 대해서는 슈페터[1]의 “창조적 파괴”의 핵심 요소로 고려한 이후 중요한 연구에 한 요소로 자리 잡고 있다. 간단한 이론적인 배경만으로 볼 때, 기술진화가 선도적 산업성장(leading industry growth)에 큰 영향을 준다는 신슈페터적 산업성장 이론

(Shumpeter[1], Rivera-Batiz et al.[2])과 기술진화적 요인보다는 기존 생산요소축적(즉 노동과 자본)이 산업성장에 기여한다는 신고전학파적 산업성장이론(Solow[3])에 의하여 양분되고 있지만, 최근 연구경향은 두 상반된 기술진보 역할에 대한 이론적 견해를 통합하는 방향으로 가고 있다(Mutsuyama[4], Evans et al.[5], Kongsamut et al.[6], Jovanovic et al.[7]).

본 연구는 이러한 연구경향에 맞추어 기술진화와 정보통신산업과의 연관관계를 연구하는 데 첫번째 목적이 있다. 이러한 연구목적에 위하여 먼저 (i) 기술진화는 어떻게 특정산업진화에 영향을 주는지에 대한 기존 연구를 살펴보고, (ii) 정보통신산업을 중심으로 기술 진화의 세 가지 요인으로 기술확산(techno diffusion), 기술변동(techno cycle) 그리

1) 본 연구는 정보화기술연구소 월요세미나(2002/06/03)에서 발표된 연구물을 재구성하였다. 월요세미나에 참석하여 유익한 논평을 해주신 연구원 분들께 감사드린다. 본 연구는 개인의 의견이고, 정보화기술연구소의 공식견해는 아니며, 본 연구의 모든 착오는 본 저자에게 있음을 알려둔다.

고 기술집산(techno clustering)에 대하여 실증분석하였다.²⁾

본 연구에서는 정확한 실증분석을 위해서 1970년에서 1999년까지 미국특허청에 등록된 우리나라 특허를 여섯 개 산업으로 분류한 산업단위 특허자료를 사용하였다. 또한 본 연구의 실증분석 방법론으로는 각 기술진화의 요인분석에 알맞은 성장곡선추정방법론(growth model)과 band pass filtering 기법 그리고 동태적 clustering 방법론을 사용하여 세 가지 기술진화 요인을 산업별로 분석하였다. 본 분석방법은 5개 산업으로 구분하여 비교실증 분석함으로써, 우리나라 산업에서 기술진화의 공통점과 정보통신산업의 기술진화 특이성을 밝혀낼 수 있는 장점이 있다.

본 연구결과는 다음과 같은 점에서 산업경제 이론적 면과 산업 정책적 측면에서 다음과 같은 중요한 시사점을 제시한다. 먼저 현재 산업성장이론에 대하여 기술진화를 중심으로 포괄적인 실증분석 결과를 제시함으로써, 앞으로 산업성장에 관한 이론적인 발전에 기여할 수 있다는 점이다. 새로운 이론방향은 항상 실증적 검정을 거쳐서 학계와 일반사회에서 받아들일 수 있기 때문이다. 둘째, 우리나라 자료를 사용하여 학계에서 제시한 이론을 실증 분석하였기 때문에 우리나라 산업정책에 유용한 시사점을 제공할 수 있다는 점이다. 현재 선도적 산업의 지위를 가진 정보통신산업의 지속적 성장을 위해서 기술정책에 중요한 시사점을 도출할 것으로 본다.

본 연구의 기술순서는 다음과 같다. 제 II장에서는 본 연구와 관계가 있는 기존 이론을 살펴보았다. 이를 위해서 먼저 기술진보와 산업과의 관계를 설명하고, techno diffusion, techno cycle 그리고 techno clustering 등 기술진보를 구성하는 요소에

대한 이론적 설명을 간단히 하였다. 또한 실증분석에서 사용하고 있는 계량모형을 살펴보았다. 제 III장에서는 실증분석결과로 기술진보와 정보통신산업의 연관관계를 타 산업과 비교 분석하였다. 마지막 장에서는 본 연구요약 및 산업 정책적 시사점을 기술하였다.³⁾

II. 기존 연구 및 실증방법론

1. 기술진화와 산업관계

기술진화가 신산업 성장 및 진화에 큰 영향을 미친다는 주제는 지속적으로 산업연구계 및 학계에서 연구되어 왔다. 먼저 <표 1>에서 보듯이 기존 연구에서는 산업 진화의 결정요인으로 여러 가지를 들고 있으나, 가장 중요한 산업진화 결정요인은 기술진보 또는 기술진화를 위한 내생적 노력(R&D)과 외생적 기술충격에 대한 적응능력 등을 특정 산업진화의 요인으로 보고 있다. 따라서 전반적인 기존연구결과를 볼 때, 기술진화는 산업진화에 지대한 영향을 미친다는 점을 알 수 있다.

다음으로 동태적인 관점에서 기술진화가 어떻게 산업진화에 영향을 미칠 수 있는지에 대한 대표적 연구는 Klepper[8]에서 볼 수 있다. Klepper는 산업진화를 3단계로 나누고, 1단계에서는 산업의 형성과정에서 새로운 기술혁신이 중요하게 작용하며, 2단계에서는 기술발달, 즉 techno process가 중요하며, 제 3단계에서는 기술개발의 수가 안정화되면서 산업성장이 멈추는 산업진화 과정을 (그림 1)과 같이 묘사하였다.

결론적으로 기존 연구에서 말하는 기술진화와 산업진화의 관계는 새로운 기술을 받아들이는 특정 산업 환경과 능력에 의하여 산업이 성장하고 발전하게 되며, 새로운 기술진화에 적응하지 못하면, 산업은 쇠퇴하게 된다는 일반적인 사실을 보여주고 있다.

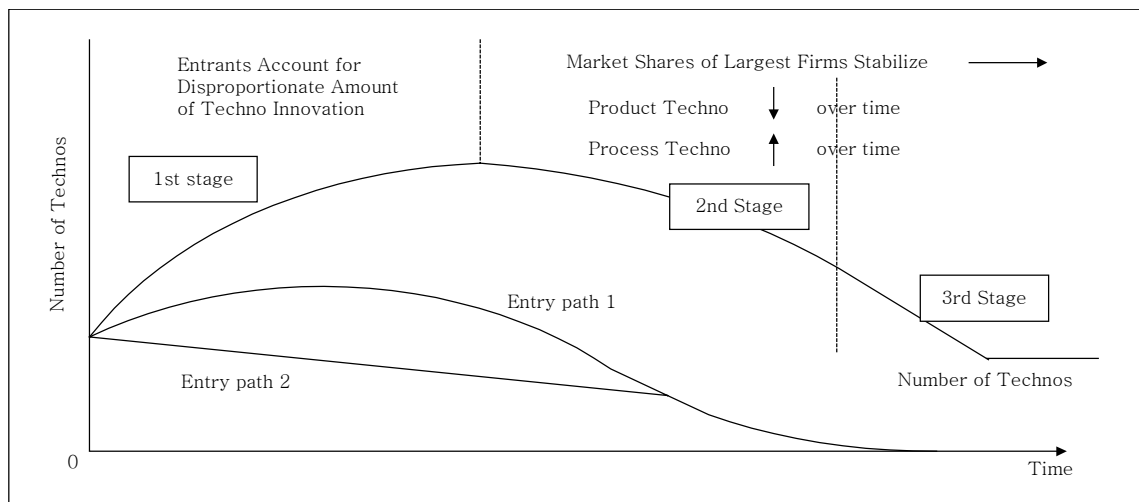
2) 본 연구에서 기술진화를 위 세 가지 현상의 동태적 발전으로 정의하였다. 그러나 본 정의는 저자의 편의성에 의한 정의이며, 엄밀한 검증을 받은 정의가 아님을 밝혀둔다. 또한 다음 서술에서부터는 한역의 혼동을 피하기 위하여 techno diffusion, techno cycle 그리고 techno clustering이라는 영어를 사용한다.

3) 본 연구의 중요한 연결과정인 우리나라 산업에 대한 기술진보의 calibration 부분은 지면관계상 생략한다.

<표 1> 산업진화에 관한 기존 연구

최근 산업진화 연구저자	Mowery & Nelson(1999)	Sundbo(1999)	Mowery & Rosenberg(1998)	Sutton(1998)
산업성장 요인 또는 Industry Leadership 요인	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 시장구조 ◦ 기술 ◦ 경제변수: 환율 ◦ 자원 ◦ 제도 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 기업가 정신 ◦ 기술-경제 ◦ 시장환경과 전략 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 제도적 혁신 체계 ◦ 자원과 지역적 요인 ◦ R&D 축적 및 노력 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 시장구조 ◦ R&D 노력 ◦ 기술
관찰대상	<ul style="list-style-type: none"> 7개 산업 반도체 ◦ Computers ◦ Computer Software ◦ 기계산업 ◦ 화학 ◦ 의약품 ◦ 측정기산업 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Kondratiev 경기 주기설에 근거 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 내연기관관련 산업 ◦ 화학관련 산업 ◦ 전기/전자관련 산업 	전 산업
IT 산업에 대한 시사점	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 엔코에 의한 일본 반도체 산업 취약화 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 역사적으로 장기 주 기설 Kondratiev 변동과 일치 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 제도적 협력 증시(정부지원, 산학·연구 협동 등) ◦ 소득분포에 영향을 받을 것임 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 전략적 변 증시 ◦ Externality ◦ Learning ◦ 기술의 중요

<자료>: 각 연구논문을 정리하였음.



<자료>: Klepper, "Entry, Exit, Growth, and Innovation over the Product Life Cycle," A.E.R. 86, 1996, p. 564.

(그림 1) 기술진화에 따른 산업진화과정

2. 기술진화 요인

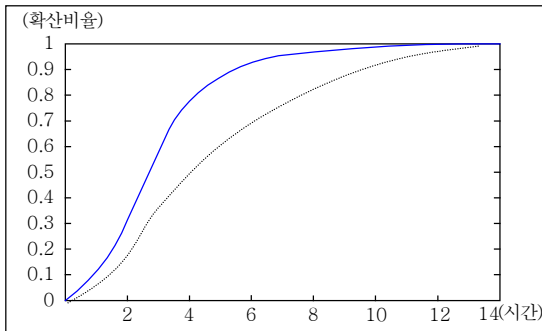
본 연구에서는 기술 진화의 정의를 기술확산(techno diffusion), 기술변동(techno cycle) 그리고 기술집산(techno clustering)의 동태적 발전과정(dynamic development process)으로 정의하고 분석하기로 한다. 기술진화의 세 가지 요인별로 기존연구 및 분석방법론을 간단하게 설명하면 다음과 같다.

가. Techno Diffusion 이론

Techno diffusion(기술확산) 이론은 하나의 기술이 산업단위에서 어느 정도 빠르게 침투하는지를 나타내는 이론적 토대와 실증적 검정을 위한 모형을 제시하여 준다. Griliches[9] 및 Mansfield[10] 이후 모든 기술확산은 이른바 성장곡선(S자 성장)을 따라 확산된다는 점을 인정하고 있지만, 기술확산속도와 형태에 대한 논의는 아직도 논란이 많은 부분

으로 남아 있다. 즉 기술확산 형태는 (그림 2)에서 보듯이 여러 가지 형태를 나타낼 수 있으며, 기술확산속도는 <표 2>에서 보듯이 산업에서 결정되는 모수의 크기에 따라 서로 다름을 알 수 있다.⁴⁾

현재 산업별로 기술확산을 결정짓는 요인에 대한 연구는 Sahal[11]을 비롯한 여러 학자들이 관심을 가지고 있다. 이러한 연구경향에 비추어 정보통신산업에서 기술확산에 대한 연구방향도 미래에 중요한 연구분야가 될 것이다. 제 III장에서 실시한 기술확산에 대한 계량분석에서는 time varying logistics 모형을 비선형 회귀방법론으로 분석하였다. 이 방법론에 대한 자세한 설명은 조상섭 외[12]를 참조하기 바란다.



<자료>: Lippi and Reichlin, R.E.S., 1994⁵⁾
(그림 2) $q=4, D=4, \alpha=0.5$ 인 경우(-)와 $\alpha=0.7$ 인 경우(...)에 따른 기술확산형태

<표 2> 산업별 기술확산 속도

산업	자료	확산속도	설명력
섬유사업 (Textiles, Clothing)	1920-1932	0.32	0.99
기계산업 (Motor Vehicle)	1955-1990	0.16	0.99
화학산업 (Chemical Process)	1949-1990	0.17	0.99
IT 산업 (Semiconductors)	1920-1981	0.23	0.99

<자료>: Anderson, J. Evol. Econ., 1999, pp. 487 - 525.

4) 특정 산업이 그 산업의 친화적 기술에 의하여 확산된다면, 그 산업의 확산속도가 기술확산속도가 된다고 볼 수 있다.

5) $\frac{k(l)}{1-\alpha} = A \frac{q+Dq(q-1)/2}{1-\alpha} = 1$ 인 성장곡선을 이용하여 모수에 따른 시뮬레이션 결과이다.

나. Techno Cycle 이론

인간의 역사는 변동과 지속의 역사이다. 인류역사에서 수많은 cycle이 있지만 대표적인 cycle과 그 기간과 1세대를 중심으로 본 각 cycle의 frequency를 <표 3>에 나타냈다. 본 연구에서 중요한 techno cycle과 관련하여 볼 때, 인간 역사 기간동안 중세시대 이전에는 기술이 경제에 미치는 영향이 미약했지만 산업혁명 이후부터 기술이 경제 및 사회에 미치는 영향이 커지고 있음을 <표 4>를 통해서 알 수 있다. <표 4>에서 보듯이 기술진화는 cycle적인 측면이 강하게 보인다. 즉 기술은 어떤 주기를 가지고 나타나며, 이런 주기적 성질이 경제변수에 영향을 주어 경제변수 자체가 cycle적 성질을 보이는

<표 3> 역사적 Cycle 몇 가지 예시

구분	소요기간(year)	과장(frequency)
경기 변동	1.5-7	1/4
K-변동	50-60	2
세계 정치변동	120	4
민주화 변동	240	8
세대 변동	25-30	1
세계체제 변동	8000	250
계절변동	0.3	1/8

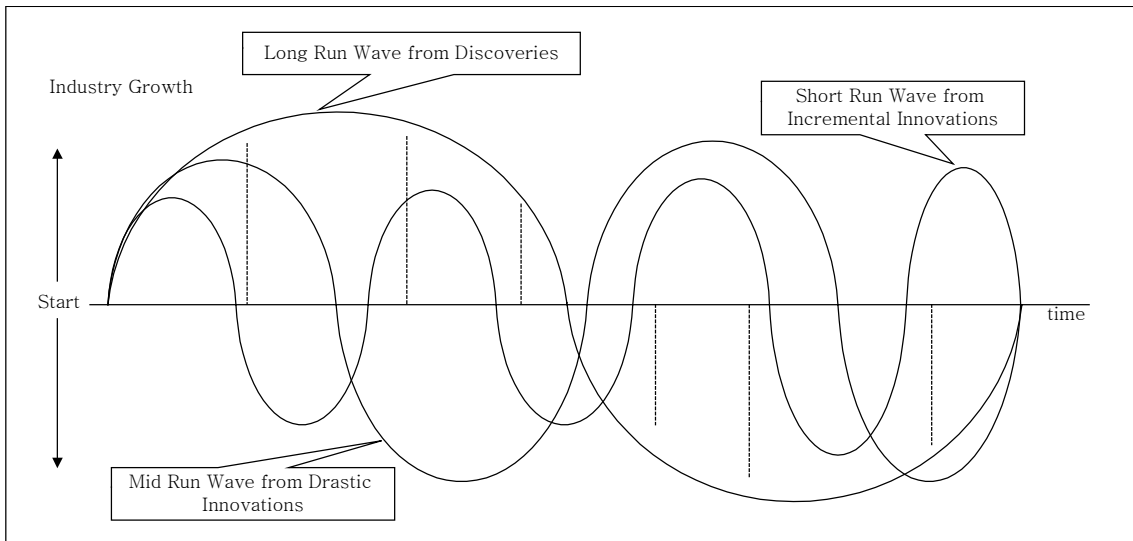
<자료>: G. Modelski, "What Causes K-Waves?," *Techno. Forecasting & Social Change*, Vol. 68, 2001, p. 79. 및 저자가 본문에 알맞게 수정

<표 4> 인류 시대별 발생한 기술주기

기간	1880년대	1930년대	1990년대
발생기술	전기 자동차 전화 전신 만년필 자전거	TV Radar 화학섬유 컬러사진 FM Radio Penicillin	IT관련기술 Biotechnology NT관련기술도입

<표 5> 본 연구에서 본 Techno Cycle 분류

형태	Techno Innovations	Network Externality	Techno Cycle
30-50년대	Techno Paradigm Shifts	Standardization	K-장기파동
10년-18개월	Drastic Innovations	Global	B-중기파동
6개월-1.5년	Incremental Innovations	Local	S-단기파동



(그림 3) Techno Cycle 종료별로 본 Frequency

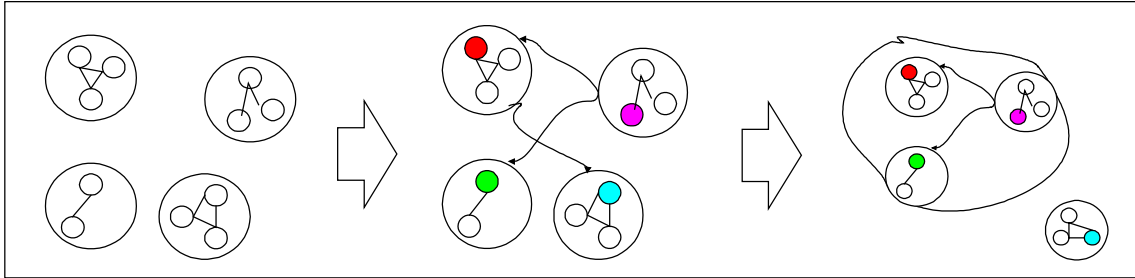
것을 techno cycle이라고 한다.

Techno cycle에 대한 경기변동과 인과관계는 다음과 같이 두 가지 견해로 나누어져 있다. 먼저 경기변동의 결과로 techno cycle이 발생한다고 보는 견해이다. 이는 기술혁신을 위해서는 경기가 침체되어야 하며 경기침체 결과로 기업가는 혁신을 통하여 새로운 사업영역 또는 기술개발에 혁신을 하게 된다는 이론이다. 이런 techno cycle 이론의 지지자는 Schumpeter[1], Mensch[13] 그리고 Freeman [14] 등으로 볼 수 있다. 다음으로 최근에는 기술진보 또는 진화가 경기변동에 영향을 준다는 이론적 견해이다. 즉 새로운 기술은 경기전반에 영향을 주게 되며, 이 결과 경기변동이 발생한다는 이론적 견해이다. 이런 이론적 견해를 주장하는 학자들은 David[15], Again and Howitt[16] 등이 있다.

다음으로 살펴볼 techno cycle 이론은 기술주기별로 어떻게 techno cycle을 분리할 것인가 하는 문제이다. 즉 techno cycle은 수만 가지 cycle로 분리할 수 있다. 그러나 중요한 techno cycle은 <표 5>에서 보듯이 3개의 techno cycle로 분리할 수 있다. 여기서 중요한 점은 일반적으로 techno cycle에서 가장 중요한 K-파동으로 보는 Kondratieff 파동 [17]을 50~60년으로 보지만, 본 연구에서는 우리

나라 기술진화속도를 고려해서 30~50년으로 정의했다는 점이다. (그림 3)은 이해를 돕기 위하여 세 가지의 techno cycle을 하나의 그림으로 나타냈다. 즉 K-파동이 한 번 일어날 때에 B-파동은 세 번 정도의 주기를 가지고 일어난다는 의미이다.

다음 분석단계는 주어진 자료에서 해당 cycle을 추출하는 계량적인 방법론을 사용하여야 한다. 경제학적 기반을 두고 있는 필터링 접근방법은 Hodrick et al.[18]가 제시한 HP 필터링과 Baxter et al. [19], Christiano et al.[20]가 제시한 band pass filtering이 경제분야에서는 cycle 부분을 추출하는 가장 보편적인 필터링 방법으로 사용되고 있다. 그러나 Cogley[21]는 HP 필터링의 한계점에 대하여 다음과 같이 제시하고 있다. 첫째, HP 필터링은 비정태적 자료분석의 경우 의사변동(spurious cycle)을 만들어내는 경향이 있다는 점이다. 둘째, 경기분석에서 많이 사용되는 인공적 자료형성에서 HP 필터링을 사용함으로써 인공적 변동을 만들고 있다는 점이 있다. 마지막으로 원시 자료(raw data)에서는 변동 부분이 발견되지 않지만, HP 필터링은 변동부분을 확대시키는 경향이 있다는 점이다. 이러한 이유로 인하여 본 연구에서는 각 techno cycle을 추출하기 위하여 band pass filtering을 이용하였다. 본 연구에



(그림 4) Techno Clustering 과정

서 사용한 band pass filtering의 이점은 주어진 주기에 알맞은 cycle을 추출할 수 있다는 장점이 있다.

Band pass filtering을 간단히 설명하면 다음과 같다. 만일 경제 시계열자료가 분기별자료이고, 분석하고자 하는 cycle이 6분기에서 32분기로 한정하는 경우(따라서 band를 설정함)에 이론적 cycle 요소는 (1)과 같이 나타낼 수 있다.⁶⁾

$$y_t = \int_{\omega_{\min}}^{\omega_{\max}} [a(\omega) \cos(\omega t) + b(\omega) \sin(\omega t)] d\omega \quad (1)$$

여기서 $\omega_{\max} = 2\pi/6$ 이며, $\omega_{\min} = 2\pi/32$ 로 한정할 수 있다. 역시 사용하는 자료는 (2)와 같은 cycle 요소의 합으로 나타낼 수 있다.

$$y_t = B_0 x_t + B_1(x_{t-1} - x_{t+1}) + \dots \quad (2)$$

여기서 $B_j = B_{-j} = \frac{\sin(j\omega_{\max}) + \sin(j\omega_{\min})}{\pi j}$, $j = 1, 2, \dots$ 이며, 초기값은 다음과 같은 $B_0 = \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{\pi}$ 값으로 정의한다. 이 경우 추정해야할 모수가 무한대가 되는 추정상 문제점이 발생하게 되며, 정확한 추정을 하기 위해서는 무한한 시계열자료가 필요하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 Christiano et al.은 추정치와 실제수치간에 오류를 최소화하는 B를 구하는 전략을 사용하고 있다. 즉

$$\min_{B_i, i=1, \dots, k} = E(y_t - \hat{y}_t)^2 \quad (3)$$

6) 이 경우 techno cycle 종류는 B-주기에 해당된다.

상기에서 설명한 일련의 추정전략사용으로 최적 cycle 부분을 추출할 수 있다고 Christiano et al.[20]은 설명하고 있다. 상기에서 설명한 필터링 방법론 이외에 단순한 선형 필터링 또는 복잡한 웨이브렛 필터링 그리고 디지털 필터링 등을 이용하여 cycle 부분을 추출할 수도 있다.

다. Techno Clustering 이론

Techno clustering 이론은 여러 기술들은 초기에는 산발적으로 발생하지만, 기술들이 진화함에 따라서 서로 공통적인 기술과 비 공통적인 기술들로 구분되어 가는 과정을 의미한다. 즉 (그림 4)에서 보듯이 초기에는 여러 종류의 기술들이 산재되어 있지만 기술진화 과정중 기술간에 융합화되고 이산화(離散化)되어 구획화되는 현상을 보여주고 있다. 이러한 이론을 이용하여 Porter[22]는 산업 clustering 모델을 주장하기도 하였다.

본 연구에서는 산업간에 기술 clustering을 실증 분석하기 위하여, 기술 간에 동질적 집단구분을 동태적 관점에서 다음과 같은 세 가지 경우로 나누어 보았다. 첫째, 절대적 기술동질집단(absolute convergence)이다. 이 집단에 속한 기술 집단은 초기적 기술적 상황에 관계없이 시간이 지남에 따라 동질화되는 기술집단이다. 둘째, 상대적 기술동질집단(conditional convergence)이다. 이 집단에 속한 기술들은 초기 값 또는 고려요소에 대한 조건부로 동질화되는 기술집단들이다. 마지막으로 기술진화에 대한 시간적으로 성장률이 동질화되는 기술집단이다. 즉 절대적 값은 동질화되지 않지만, 성장률은 동

질화되는 기술집단이다.

위 기술 동질집단(techno clustering)을 실증적으로 분석하는 방법론을 간단하게 설명하면 다음과 같다. 만일 분석하고자 하는 임의변수를 기술 $y_{i,t}$ 라고 하면, 기술 $y_{i,t}$ 는 (4)와 같은 자료형성과정(data generating process) 또는 기술진화과정을 갖는다고 하자.

$$y_{i,t} = a_i + bt + \sum_{l=0}^m D_{i,l} \left(\sum_{s=0}^{l-1} v_{i,s} \right) + u_{i,t} \quad (4)$$

수식 (4)에서 v 는 1차 해당 기술진화값에 대한 차분값(1 difference)을 의미한다. 따라서 (4)에 대한 모수 추정치에 따라 동질성 형태를 분리하면 <표 6>과 같게 된다. 이에 대한 자세한 이론적 clustering algorithm에 대한 설명은 Hobijn[23]의 논문을 참조하기 바란다.

II장에서 설명한 기술진화와 산업진화의 상관관계 및 기술진화 요소에 대한 기존 이론 그리고 실증

<표 6> 추정 모수 결과에 따른 기술동질성여부 기준

기술동질성 종류	추정 모수 결과		
절대적 기술 동질	$a_i = a_j$	$D_{i,l} = D_{j,l}, l=1,2,\dots$	$b_i = b_j$
조건부 기술 동질(상대적)		$D_{i,l} = D_{j,l}, l=1,2,\dots$	$b_i = b_j$
성장률에서 기술동질			$b_i = b_j$

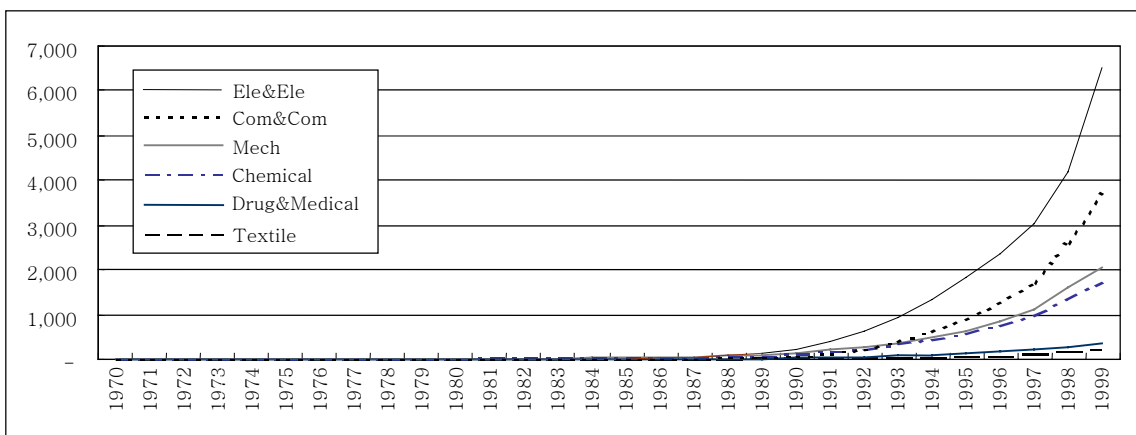
방법론을 이용하여 III장에서는 기술진화와 관련된 세 가지 요인에 대한 실증분석을 실시하였다.

III. 실증분석 결과

1. 분석 자료설명

본 연구는 1970년에서 1999년 동안 미국 특허청에 특허 출원한 특허 수를 기술진화의 대리변수로 사용하였다. 분석 대상 산업은 섬유산업, 기계산업, BT 산업, 화학산업 그리고 통신장비 및 컴퓨터 전자전기를 포함한 정보통신산업을 대상으로 하였다. 따라서 전기 전자 및 통신장비 및 컴퓨터산업을 분석 편의성에 따라서 개별 산업으로 또는 정보통신산업으로 구분하였다. (그림 5)는 1970년에서 1999년까지 6개 산업 특허 출원 수를 연도별로 표시한 것이다.

(그림 5)에서 다음과 같은 특징을 발견할 수 있다. 첫째, 우리나라 기술진보 또는 진화는 1990년을 중심으로 빠르게 성장하고 있다는 사실이다. 둘째, 특히 정보통신관련 기술진보가 다른 산업의 기술진보에 비하여 빠르게 성장하고 있다는 점이다. 따라서 1990년 이후 우리나라 기술진화 상황은 긍정적으로 평가되며, 성장에 대한 토양이 비교적 양호한 것으로 평가된다고 볼 수 있다.



(그림 5) 우리나라 기업의 미국 특허출원 추이(1970-1999)

2. 기술진화에 대한 실증분석

가. Techno Diffusion

6개 산업에 대한 기술확산속도를 측정하기 위해, 본 연구에서는 time varying logistics 모형을 이용하여 측정하였다. 측정한 결과 다음과 같은 실증결과를 얻었다.

<표 7>에 대한 몇 가지 분석결과는 다음과 같다. 첫째, 정보통신산업으로 분류되는 컴퓨터 및 통신장비 그리고 전자산업의 기술진화 확산속도는 다른 산업에 비하여 매우 높음을 알 수 있다. 둘째, 확산모형의 성질과 확산속도가 빠르다는 이유만으로 볼 때, 정보통신산업의 기술진화 포화년도(2020~2048년) 역시 다른 산업의 기술진화 포화년도 보다는 훨씬 빠르다는 것을 알 수 있다. 셋째, 가능한 잠재적 기

<표 7> 각 산업별 기술진화확산 추정

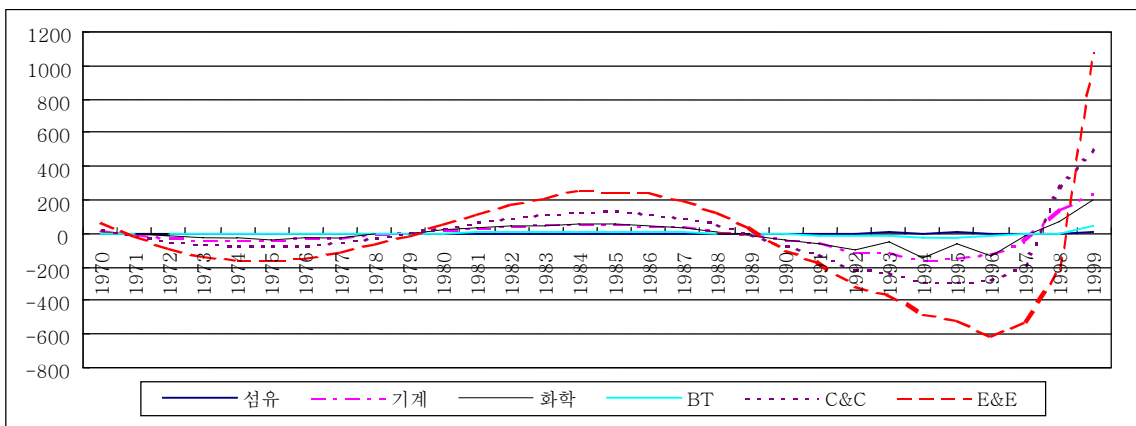
산업	포화점	확산속도	포화년도 예측
섬유산업 (Textiles, Clothing)	13,359,656	0.2563	2063
기계산업 (Motor Vehicle)	3,988,987	0.2932	2043
화학산업 (Chemical Process)	31,207	0.2821	2028
BT	1,320,522	0.2660	2050
COM & COM	30,709	0.3937	2020
ELE & ELE	427,748,266	0.3382	2048

술 개발 숫자는 컴퓨터 및 통신장비산업이 가장 작은 것으로 나타났으며, 전기 및 전자산업이 가장 큰 것으로 나타났다. 마지막에 대한 분석결과는 각 산업에 대한 기술기회(techno opportunity)를 간접적으로 나타내는 수치로 볼 수 있다.

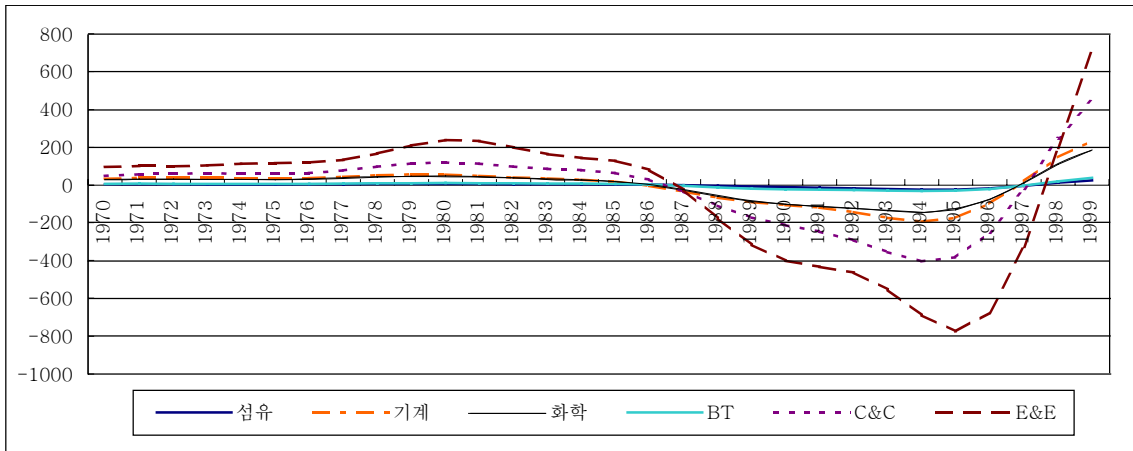
나. Techno Cycle

II장에서 설명한 band pass filtering을 이용하여 각 산업별 techno cycle을 실증 분석한 결과는 (그림 6)에서 (그림 8)까지 나타내었다. 먼저 S-주기에 해당하는 incremental techno cycle을 나타낸 것이 (그림 6)이며, (그림 7)은 drastic techno cycle을 나타낸 B-주기 그리고 마지막으로 K-주기인 techno paradigm cycle을 나타낸 (그림 8)이다.

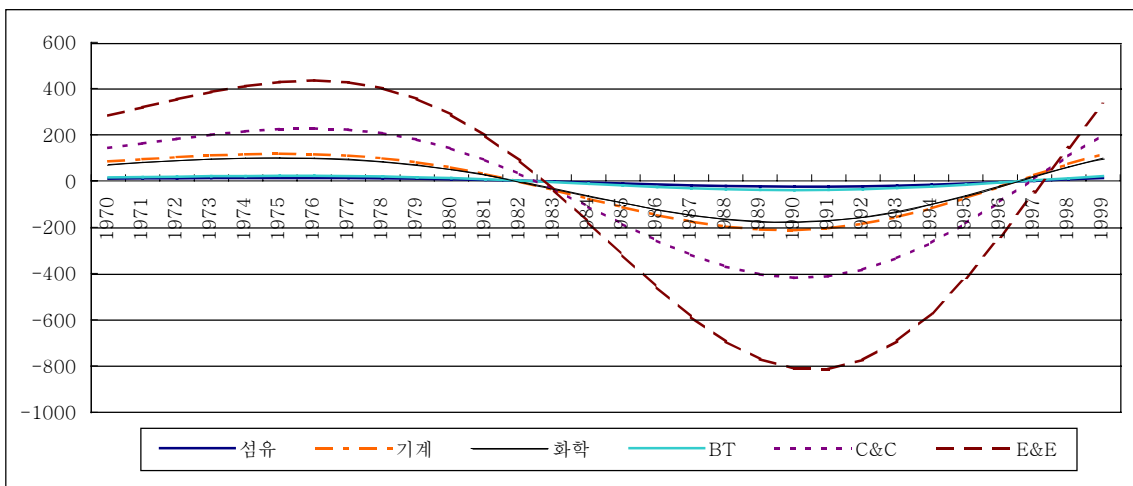
위 techno cycle 실증분석결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 우리나라 산업간에 가장 중요한 공통적인 techno cycle 형태는 1990년 전후로 해서 techno cycle 형태가 변화했다는 점이다. 즉 1990년 이전에는 techno cycle간에 동향성(synchronization)이 발견되지 않지만 1990년 이후에는 techno cycle간에 동향성이 존재하고 있다는 점이다. 둘째, 정보통신산업의 techno cycle이 다른 산업의 techno cycle에 비하여 진폭이 상당히 크다는 점이다. 이는 정보통신산업에서 techno cycle이 다른 산업에 비하여 기술침체와 확대의 골이 깊다는



(그림 6) Techno Cycle: S-주기



(그림 7) Techno Cycle: B-주기



(그림 8) Techno Cycle: K-주기

점을 시사한다고 하겠다. 마지막으로 1994~1995년을 기점으로 우리나라 산업들이 새로운 techno cycle을 경험하고 있다는 점이다. 이런 실증분석결과에 대한 보다 정확한 분석이 필요하다고 하겠다.

다. Techno Clustering

마지막으로 기술진화요인 중 techno clustering을 분석하였다. II장에서 설명했듯이 techno clustering에 기본적인 분석사고는 장기적 진화과정에서 모든 기술은 자신 고유의 성장과정이 있으며 이 성장과정이 동일한 기술끼리 집단을 찾아낼 수 있다

는 개념이다.

동태적 clustering algorithm을 이용하여 우리나라 산업 간에 techno clustering을 분석한 결과인 <표 8>로부터 다음과 같은 두 가지 중요한 특성을 발견할 수 있다. 첫째, 우리나라 산업간에 기술진화 동질성은 매우 높은 것으로 볼 수 있다. 즉 산업간에 기술교환이 잘 되고 있다는 것을 의미한다고 볼 수 있다. 둘째, 정보통신산업은 특정의 기술진화과정을 밟고 있다는 징후가 보인다는 점이다. 본 연구에서 사용하고 있는 계량모형이 장기적인 자료를 요구한다는 점에서 계량적인 해석에 한계가 있지만, 전자/

<표 8> 우리나라 산업별 Techno Clustering 분석결과

산업	섬유	기계	화학	BT	COM & COM	ELE & ELE
절대(1)	◇	◇	◇	◇	◎	◇
상대(1)	◇	◇	◇	◇	◎	◇
절대(2)	◇	◇	◇	◇	◇	◎
상대(2)	◇	◇	◇	◇	◇	◎

주 1) () 안의 숫자는 bandwidth 수를 나타냄
 2) ◇, ◎: 동질성을 나타내는 정도로 ◎이 동질성이 높은 경우임

전기 및 컴퓨터/통신장비 산업의 기술진화 과정이 다른 산업과 약간 다름을 보여주는 분석 결과이다.

IV. 요약 및 기술 정책적 시사점

본 연구는 정보통신산업과 타 산업과의 기술진화의 동질성과 이질성에 대한 실증분석 및 미래 정보통신산업의 기술진화를 간단하게 조명하는 데 연구목적이 있었다. 이러한 연구목적을 위하여 기술진화요인을 세 가지 요인으로 구분하고, 이에 대한 기존이론에 대한 고찰과 실증분석을 실시하였다. 본 연구의 실증분석결과를 <표 9>로 간단하게 요약하면 다음과 같다.

본 연구결과가 기술정책 또는 산업정책에 시사하는 바는 다음과 같다. 첫째, 정보통신분야에 있어 기

<표 9> 본 연구 실증분석결과 요약

기술진화 요소	우리나라 산업간 공통점	정보통신산업 기술진화 특성
Techno Diffusion	1990년 이후 급속 기술 확산형태	타 산업에 비하여 기술 확산속도가 빠름
	대체적으로 산업간 기술 확산 속도가 동일함(0.2~0.3)	타 산업에 비하여 컴퓨터 및 통신부분의 잠재적 기술개발 수가 낮음
Techno Cycle	산업간에 개별 techno cycle간에는 함께 움직임	techno cycle의 진폭이 다른 산업에 비하여 큼
	1990년 전에는 K-주기가 다른 cycle을 주기를 주도하였음	techno cycle의 turning point가 다른 산업에 비하여 느림
Techno Clustering	대체적으로 기술진화 과정이 동일함(정보통신산업 제외) 높은 기술간 동질성이 있음(spillover effect)	다른 산업과 기술진화과정의 동질성이 약간 다르게 분석됨

술정책은 기술성격에 따라 결정되어야 한다는 사실이다. 즉 techno paradigm shift 기술(또는 K-주기를 갖는 기술)은 다른 기술에 선도적인 역할을 수행함으로 원천적으로 국가자원(공적 자원)에서 지원되어야 한다. 이는 본 연구 실증분석결과 techno paradigm shift 기술은 techno cycle이 지속적이고(persistence) 다른 기술에 대한 파급효과(spillover effects)가 큰 반면, incremental techno(S-주기)는 일시적이고 그 파급효과가 작기 때문에 시장 자원에 의한 기술개발 또는 기술진화과정을 밟도록 하는 기술정책을 실시하는 것이 중요할 것이다. 둘째, 우리나라의 경우 기술간에 상호 동질성이 높게 나온 분석결과로 볼 때, 기술예측 및 조정이라는 안정적인 기술의 관리(techno management skills)가 중요한 요인으로 작용할 것이다. 하나의 기술이 다른 기술 또는 다른 산업에 속한 기술에 큰 영향을 미치지 때문이며, 한 기술개발의 실패가 다른 기술개발의 실패로 연결되는 위험이 크기 때문이다. 마지막으로 기술진화의 중요성에 비추어 다른 경제변수가 기술진화에 미치는 영향 역시 매우 중요한 전이과정으로 작용한다. 즉 앞에서 본 바와 같이 기술의 동질성 및 동향성이 높은 우리나라 경제구조에서는 노동고용구조 또는 자본형성상태 그리고 소비자 선호 등과 같은 경제변수가 기술진화에 어떤 영향을 미치는지에 대한 정확한 분석을 고려하여 기술정책을 입안하여 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] J. Schumpeter, *Business Cycle*, New York NY: McGraw Hill, 1939.
- [2] P. Rivera-Batiz and P. Romer, "Economic Integration and Endogenous Growth," *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 106, 1991, pp. 531 - 555.
- [3] R. Solow, "Technical Change and Aggregate Production Function," *Review of Economics and Statistics*, Vol. 39, 1957, pp. 312 - 320.
- [4] K. Matsuyama, "Growth through Cycles," *Econometrica*, Vol. 67, 1999, pp. 335 - 347.
- [5] G. Evans, S. Apohia, and P. Romer, "Growth Cy-

- cle,” *American Economic Review*, Vol. 88, 1998, pp. 495 – 515.
- [6] P. Kongsamut, S. Rebelo, and D. Xie, “Beyond Balanced Growth,” *Review of Economic Studies*, Vol. 68, 2001, pp. 869 – 882.
- [7] B. Jovanovic and R. Rob, “Long Waves and Short Waves: Growth through Intensive and Extensive Search,” *Econometrica*, Vol. 58, 1991, pp. 1391 – 1409.
- [8] S. Klepper “Entry, Exit, Growth, and Innovation over the Product Life Cycle,” *A.E.R.*, Vol. 86, 1996, p. 564.
- [9] Z. Griliches, “Hybird Corn: an Exploration in the Economics of Technological Change,” *Econometrica*, Vol. 25, 1957, pp. 501 – 522.
- [10] E. Mansfield, “Technical Change and the Rate of Imitation,” *Econometrica*, Oct. 1961, pp. 741 – 766.
- [11] D. Sahal, *Patterns of Technological Innovation*, Addison-Wesley Pub. Com., 1981.
- [12] 조상섭, 정동진, “통신서비스산업 예측모형 예측력 비교,” 전자통신동향분석, 제17권 제3호, 2002, pp. 80 – 86.
- [13] G. Mesch, *Das Technologische Patt*, Frankfurt am Main, 1977.
- [14] C. Freeman, *The Economics of Industrial Innovation*. Cambridge, Mass: MIT Press, 1982.
- [15] P. David, *Technical Choice, Innovation and Economic Growth*, London: Cambridge University Press, 1975.
- [16] P. Aghion and P. Howitt, “A Model of Growth through Creative Destruction,” *Econometrica*, Vol. 60, 1992, pp. 323 – 351.
- [17] N. Kondratieff, *Long Cycles of Conjuncture*, Discussion Paper, Moscow, 1928.
- [18] R. Hodrick and E. Prescott, “Poster U.S. Business Cycles,” *Journal of Money, Credit, and Banking*, Vol. 29, 1997, pp. 1 – 16.
- [19] M. Baxter and R. King, “Measuring Business Cycles: Approximate Band-Pass Filters for Economic Time Series,” *Review of Economics and Statistics*, Vol. 81, 1999, pp. 575 – 593.
- [20] L. Christiano and T. Fitzgerald, *The Band Pass Filter*, NBER, 1999.
- [21] T. Cogley and J. Nason, “Effects of the Hodrick-Prescott Filter on Trend and Difference Stationary Time Series,” *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 19, 1995, pp. 253 – 278.
- [22] M. Porter, “Cluster and the New Economics of Competition,” *Harvard Business Review*, Nov., 1998, pp. 77 – 90.
- [23] Hobijn, Bart, and P.H. Franses, “Asymptotically Perfect and Relative Convergence of Productivity,” *Journal of Applied Econometrics*, Vol. 15, 2000, pp. 59 – 81.