

특허 데이터를 활용한 정보통신 산업혁신체제의 역동성 분석

김진용* · 정재용**

〈 목 차 〉

1. 서론
2. 이론적 근거
3. 자료와 방법론
4. ICT 산업혁신체제의 역동성
5. 결론 및 향후 연구 방향

Summary : The transformation of sector systems in Information and Communications Technology (ICT), a prominent character in sector systems, has been paid much attention in innovation theory with rapid change in information technologies and technological environment. In this context, we explore how Sectoral Innovation System (SIS) in ICT has been transformed since 1970 by employing US patent data and proxy variables which measures the basic elements for SIS and its technological characteristics. By utilizing patent data, it is demonstrated that technological regimes, key links and Schumpeterian patterns of innovation in overall ICT sector have drastically transformed over the last three decades. We also reviewed how changes of knowledge bases and technological characteristics driving forces of dynamics in ICT help heterogeneous agents interact with environmental factors (Industrial structure and institutions), leading to industrial or economic growth and its dynamics in the historical perspective over ICT sector (Telecommunication, Computer and Semiconductor).

Consequently, our research shows clearly that Schumpeterian patterns of innovation have shifted from Mark I to Mark II in ICT. Our study also provides a glimpse picture of dynamics

* 한국정보통신대학원대학교 (ICU) IT 경영학부 석사 (e-mail : yonguy@icu.ac.kr)

** 한국정보통신대학원대학교 (ICU) IT 경영학부 조교수 (e-mail : jychoong@icu.ac.kr)

of the innovation system for ICT during the three decades in the technological level by utilizing patent data.

키워드 : 산업혁신체제, 산업적 역동성, 정보통신 기술 (ICT), 슈페터 혁신 패턴, 특허

1. 서론

지난 수십 년 동안 산업의 발달과 경제 성장의 원인을 규명하고자 산업적 진화에 대한 속성과 패턴을 규명하려던 노력들이 많은 경제학자들에 의해 활발하게 시도되었다. 최근 지식 기반 경제로의 패러다임 변화, 정보통신기술 (Information and Communications Technology; ICT)의 눈부신 발전, 또 그에 따른 기술적 환경의 변화로 인해 산업의 변이와 역동성에 대한 연구들이 더욱 주목 받게 되었다.

산업 진화에 대한 연구들을 고찰하자면 Marshall (1879, 1890)은 경제는 그 성장 또는 진화 속도가 서로 다른 산업들로 구성될 뿐만 아니라, 특정 산업간 관련성은 계속하여 진화한다고 주장하였으며, Marshall의 이러한 주장을 Schumpeter (1939)는 산업경제의 발달과정에서 주요 산업들의 출현과 쇠퇴 현상을 부각시킴으로써 뒷받침하였다. 한편, Kuznets (1930)는 경제 성장은 개별 수명 주기를 갖는 주도적 산업들의 상대적 중요성이 점차 변화하기 때문이라고 주장한 반면, Rostow (1952, 1960)는 산업의 역동성에도 규칙성 (Regularities)은 존재하며 그 규칙성도 기술적 성숙도의 단계에 따라 변화하게 된다고 이의를 제기하였다. 그러므로 이와 같은 주장들에서, 산업의 진화는 시간의 흐름에 따른 변화로 설명할 수 있으며, 특히 새로운 기업의 출현과 퇴출, 기업의 성장과 쇠퇴가 반복되면서 이에 따른 산업의 변이가 더욱 두드러진다고 해석할 수 있다. 그러나 기존의 경제학자들은 산업의 역동성을 설명하는데 있어서 주로 정량적 분석을 통해 산업의 출현, 발전과 쇠퇴 등을 정의하고자 노력하였으나, 산업의 구조적 특징과 조직적 형태를 고려한 진화 패턴과 과정을 설명하는 데에는 부족함이 많았다고 판단된다 (Malerba, 1996a).

산업의 진화 패턴에 관한 이러한 학문적 노력들과 한계 속에서, 1950년 이후 산업의 구조 분석을 통해 산업체제를 규명하고자 크게 두 가지 이론들 - 산업조직 이론 (Industrial Organization; IO)과 산업역동 이론 (Industrial Dynamics; ID) - 이 제기되어 왔다.

전통 경제학적 관점을 기반으로 출현한 산업조직 이론(IO)은 시장구조의 측면에서 경쟁적 조건, 여러 산업에서 나타난 성과, 경제적 활동에 대한 규제 등에 논의의 초점을 맞추거나, 기업의 측면에서 시장 진입, 집중도, 전략적 행동 유형에 따라 산업체제를 분류하고자 하였다

(Malerba, 2002; Carlsson, 1989). 그러나, 이러한 이론은 1950년 이후 지속적으로 제기되었던 기본적 질문들, 즉 산업발달과 경제성장의 원인, 산업의 성장과정과 기업형태 (Foundations)와의 연관성, 산업의 지속적인 진화를 규명할 수 있는 통합적인 연구모형을 제시하는데 한계를 보이고 있다. 이 같은 학문적 한계가 발생한 원인으로는 첫째, 산업의 역동성을 진단하는데 있어서 기술적 변화를 잔여 또는 외생적 변수로서 간주하는 데에서 기인한다고 볼 수 있으며 둘째, 기존의 경제학 모형으로는 근대의 가속화된 기술적 변화를 설명하기 어려울 뿐만 아니라, 그러한 기술적 변화와 산업의 발달 또는 경제 성장간의 관계를 설명하는데 부족한 점이 많다는 데에서 찾을 수 있다 (Carlsson and Stankiewicz, 1991). 또 다른 학문적 한계는 기술의 변화를 유도하는 지식의 중요성과 지식을 축적하는 조직 내 학습 프로세스를 고려하지 않았으며 연구기관과 제도와 같은 비기업적조직의 역할을 간과함으로써 산업의 역동성과 변이를 발생시키는 핵심적 요소를 설명하지 못한다는 단점을 지니고 있다.

한편 Schumpeter, Nelson과 Winter로 대표되는 진화론적 경제학에서 기술적 변화와 산업 발달 과정을 보다 효과적으로 규명하고자 등장한 산업역동 이론 (ID)은 기존의 전통 경제학적 관점과는 달리, 산업이 보유하고 있는 지식 및 기술의 특징, 산업 내에서 활동하는 혁신 주체들 (Heterogeneous agents) - 기업과 비기업조직 - 간의 역할, 그리고 이들간에 발생하는 경쟁적 또는 협업적 관계의 원인과 패턴을 규명하고자 하였다. 현재 이러한 이론에서는 산업 자체의 고유 특징이라 볼 수 있는 산업혁신체제 (sectoral innovation system; SIS)의 전이 및 역동성에 관한 실증적 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히 Malerba (2002)는 기존의 산업체제의 특성에 초점화하여 혁신 주체의 핵심역량과 산업의 구조적, 제도적 요인과 그들간의 네트워크 (development block)를 강조하는 기술혁신시스템 (technological systems; TSs)의 개념을 포괄하고 있으며, 산업의 역동성을 지식과 기술적 체제 (technological regimes; TR)의 변화와 혁신활동을 주도 또는 지원하는 혁신주체 (기업 및 비기업적 조직)의 혁신패턴 변이를 통해 설명함으로써 산업체제의 특징과 산업의 역동성을 동시에 고려한 통합적인 모형을 제시하고 있다. 또한, 산업마다 기술, 생산, 혁신 및 수요 등의 기준으로 서로 다른 산업적 특징을 지니고 있고 그 변화의 형태와 정도에도 차이가 있음을 많은 산업 사례 분석을 통해 증명하고자 하였다. 따라서, 산업혁신체제로 대표되는 이러한 연구들에서는 지식과 기술을 중시하고 산업의 구조 및 경계, 산업의 전이, 학습과정, 주체들간의 관계 등에 대한 폭 넓은 이해를 제공하고 있기 때문에 기술적 진보가 빠르며 전 세계적으로 최근 기술적 패러다임을 주도하고 있는 ICT산업의 혁신체제에 대한 분석에 적합한 모형이라 판단된다.

본 연구에서는 “1970년 이후 ICT산업에서의 혁신체제가 어떠한 변이과정을 거치게 되었는가?”라는 문제에 대해, Malerba가 제안한 산업혁신체제 분석틀과 미국특허 (United States Patent and Trade Office; USPTO) 데이터를 활용하여 실증적으로 고찰하고자 한다. 보다

구체적으로는, 산업혁신체제의 역동성을 설명하기 위한 기초 분석단위로서 산업을 구성하는 기술적 체제, 기술간 핵심적 연결의 변화, 혁신주체의 혁신활동 패턴, 그들간의 역할 및 관계 변화를 통한 슈페터 혁신패턴의 전이 (Mark I, II) 등을 분석하고자 한다. 또한, 지식과 기술의 특성 변화가 혁신주체와 기술혁신으로 구성되는 역동성 핵심요소와, 산업 구조와 제도 (Institutions)등으로 구성되는 환경적 요소간의 관계 규명을 통해, 산업 및 경제 성장의 과정과 그 역동적 메커니즘을 증명하고자 한다.

본 논문의 구조는 다음과 같다. 제2장에서는 산업혁신체제의 이론적 배경과 연구 모형을 소개하면서, 특히 산업혁신체제를 구성하고 있는 산업적 특성과 슈페터 혁신패턴을 설명하는 기초 분석 단위들을 중심으로 ICT산업의 역동성 모형을 설명하고자 한다. 제3장에서는 본 연구에서 활용된 USPTO 특허 데이터와 분석 방법론에 대하여 설명하고, 제4장에서는 정보통신 기술 산업혁신체제의 역동성에 대한 실증적 분석을 하며, 마지막으로 본 연구의 결론과 향후 추가 연구 방향을 제시하고자 한다.

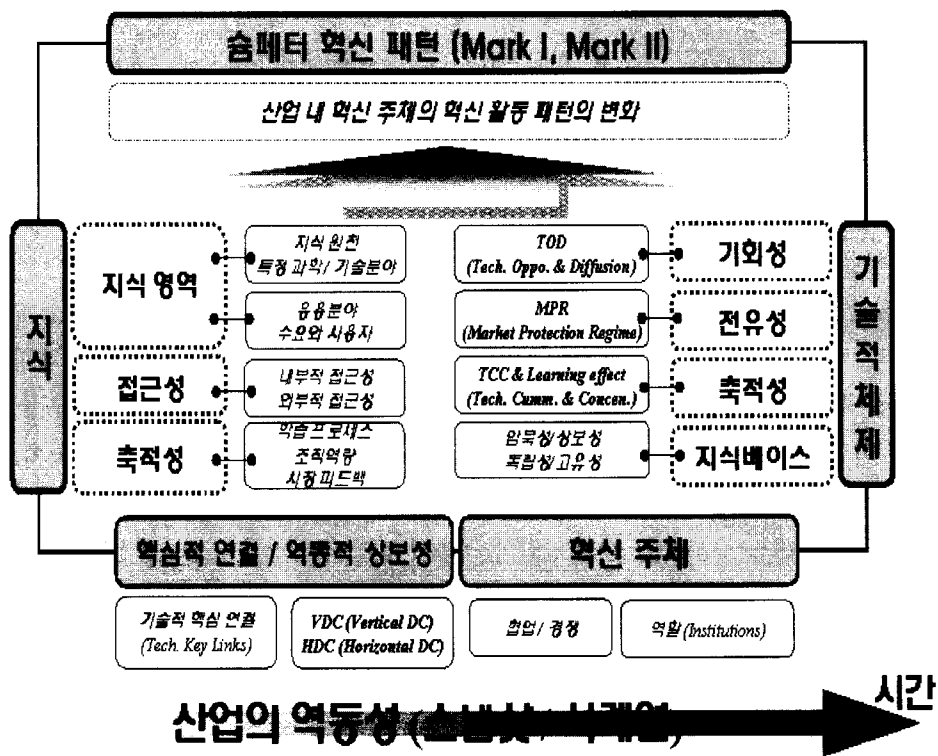
2. 이론적 근거

2.1 산업혁신체제

산업혁신체제는 제품의 집합체일 뿐만 아니라, 산업 내 제품의 개발, 생산 및 판매를 위한 시장적, 비 시장적 상호작용을 수행하는 혁신주체의 집합체로 정의될 수 있다. 특히 Malerba (2002)는 산업혁신체제의 역동성과 산업적 특성을 규정하기 위하여 기초 분석 단위를 제안하였는데, 아래의 그림은 산업혁신체제 분석을 위한 통합적 구조로 재구성한 분석틀이다.

지식은 혁신과 생산에 있어서 매우 중요한 역할을 담당하고 있으며 그 유형과 속성의 차이에 따라 경제활동, 생산성, 기술적 그리고 경제적 진보의 수준에 서로 다른 영향을 미친다. 지식의 유형은 일반적으로 명시적 지식과 암묵적 지식으로 구분되는데 두 지식 유형에 대한 구분은 오랫동안 지식이 경제적 활동에 영향을 미치는 과정에 있어서 근본적인 측면 - 지식확산 과정 - 에 주요 관심 초점이 되어왔다. 지식의 유형에 따른 분류와 더불어 지식의 속성 측면은 조직의 지식베이스와 학습 프로세스 관점에서 매우 중요한 의미를 갖는데 지식의 속성은 두 가지 차원인 접근성과 축적성으로 설명이 가능하다. 지식의 접근성은 크게 산업 내적 접근성과 산업 외적 접근성으로 나누어지며 두 접근성의 증가는 산업 집중도를 떨어뜨리며 낮은 전유성을 의미한다. 지식의 축적성은 기존의 지식베이스를 기반으로 생성되는 지식의 누적적 생산 정도를 의미하는데, 특히 지식 축적성의 원천은 크게 세 가지로 설명될 수 있다. 먼저, 기술

적 수준에서의 학습프로세스와 역동적 수익체증 효과 (Dynamic increasing returns), 둘째로 조직 고유의 조직역량, 마지막으로 시장으로부터의 피드백으로서 세 원천의 복합적인 작용에 의해 지식은 축적되어 활용되며 지식의 높은 축적성은 혁신에 대한 높은 전유성을 암묵적으로 암시한다. 지식의 영역 차원에서 산업은 특정 과학적·기술적 분야와 같이 산업체제를 생성, 발전 그리고 유지시키는 산업 고유의 지식베이스와 학습 프로세스를 가지고 있으며 산업에서 생산되는 제품에 대한 서로 다른 고유의 응용분야, 고객과 시장으로 형성되어 있다. 마지막으로 지식의 주요 차원은 산업혁신체제의 역동성을 설명하는 기술적 학습적 체제의 구성체인 기회성, 전유성, 축적성과 지식베이스와 밀접하게 관련되어 있다. Cohen과 Levinthal (1990)은 조직의 사전적 연관 지식 (Prior related knowledge)의 지식베이스인 흡수 역량 (Absorptive capacity)을 활용하여 외적 접근성이 높은 지식을 어떻게 R&D 투자로 이어질 수 있는지에 대해 R&D 투자 결정자 즉, 수요측면, 기술의 기회성과 전유성, 지식의 확산 정도의 변수를 정량적·정성적 방법으로 증명함으로써 지식과 조직의 흡수역량 그리고 기술적 속성 간의 관계를 규명하고자 하였다.



자료 : Malerba (2002)

<그림 1> 산업혁신체제 분석틀

광의의 측면에서 기술의 정의는 과학적 실천적 경험을 통해 얻어지는 지식과 틀 및 기법의 동체로서 제품, 공정, 시스템과 서비스의 개발, 설계, 생산과 응용에 활용된다 (Abetti, 1989). 산업의 역동성을 설명하기 위한 기술적 차원 또는 원동력으로서 기술적 체제는 초기 Nelson과 Winter (1982)에 의해 연구되었으며 기술적 환경은 기술의 접근성과 전유성 조건에 따라 혁신 강도, 산업적 집중도와 시장 진입에 영향을 미치는 주요 변수라 강조하였다. 그들 연구의 연장선상에서 Malerba와 Orsenigo (1990, 1993, 1994) 그리고 Bresnahan와 Malerba (1997)는 네 가지 기초 요인의 조합으로서 기술적 체제 즉, 기회성, 전유성, 축적성과 관련 지식베이스를 정의하였다. 먼저 기회성은 일정 자본 투입에 따른 혁신적 결과의 가능성을 반영하고 있으며, 전유성은 모방으로부터 혁신활동을 방어하여 수익을 창출하는 가능성으로서 요약될 수 있다. 축적성은 혁신과 혁신적 활동간의 연속된 상호관계의 정도로서 규정되며, 기술적 지식은 특이성, 암묵성, 복잡성과 독립성의 정도로 설명될 수 있다. 이들은 기업의 진입정도, 규모, 특허 수와 같은 기업과 관련된 정량적 변수를 활용해 기술적 체제를 설명함으로써 산업의 기술적 특징을 분석하는데 기여하였다.

혁신 주체는 산업체제의 핵심적 관점 중 하나로서 크게 사용자와 공급자를 포함하는 기업과 대학, 지방정부, 정부기관과 같은 비 기업 조직 등의 두 가지 유형으로 분류될 수 있다. 기업은 산업제품의 혁신, 생산과 판매를 창출, 채택하고 활용하는 주요 역할을 담당하고 있으며, 비 기업 조직은 기업에 의해 생성된 혁신, 기술과 생산을 확산시키는 역할을 수행하고 있다. 특히, 산업체제의 특성과 산업 발달에 따라 비 기업 조직의 형태, 역할 및 관계는 다양한 특징을 지니게 된다. 혁신 주체는 쌍방간 시장과 비 시장적 상호작용을 통해 복잡하게 연결되어 있으며 상대방의 역량과 행동 유형에 영향을 서로 주고받게 된다.

산업 기술간 핵심연결과 생산, 수요 및 제품간 역동적 상보성은 산업체제의 경계를 구분하는 중요한 역할을 하는데, 특히 두 요소는 산업체제의 전이와 성장의 핵심 원천이다. 핵심연결은 기술 또는 혁신활동간 상호 의존성과 연관성을 측정하는 기준을 제공하며 역동적 상보성은 산업의 가치사슬과 같은 수직적 관계, 하위 산업과 부품과 같은 수평적 관계에 있어서의 상호 의존성을 설명하는 요소이다. 혁신시스템에서 네트워크의 역동성에 대하여 Dahmen (1989)은 “개발 블록 (development block)은 일련의 구조적 긴장이 균형상태로 이르는 연속적 상보성”이라 규정하고 있으며 Dosi (1988)는 기술적 상보성 또는 시너지의 형태를 취하는 산업, 기술, 기업간 비 교역적 상호의존성 (untraded interdependencies)으로 정의함으로써 역동적 상보성을 설명하고 있다. Nelson과 Winter (1982)는 기술적 진보를 위한 특정 방향을 제시하는 선택 메카니즘에 의해 형성된 일련의 혁신활동을 기술적 궤적 (technological trajectories)으로서 규정하는데, 이러한 네트워크에 대한 역동적 개념들은 결국 수직적, 수평적 산업 구조상에 존재하는 여러 구성자간 밀접한 상호 관계를 통해서 왕성한 혁신 촉진과 더불어

발생된 혁신의 원활한 확산으로 산업 내 기술의 다양성을 확보하고, 경제적, 기술적 변화 및 성장을 유도하게 된다.

제도 (Institutions)는 규범, 루틴, 일반적 관습, 룰, 규범, 표준 등을 포함하며, 혁신주체의 행동과 지각 및 그 들간 상호작용에 영향을 미치는 광의의 개념이다 (Malerba, 1998; Edquist and Johnson, 1997; Coriat and Dosi, 1994; Nelson and Sampat, 1998; Bresnahan, and Malerba; 1997). 제도와 관련 조직들은 유형에 따라 의견의 상당한 차이를 보이고 있다 (Malerba, 2002). 제도에 관한 두 대립적 견해로서 Lundvall (1993)은 제도의 포괄적 성격 (Totality)을 강조한 반면 Nelson과 Rosenberg (1993)는 조직과 정책처럼 단지 하나의 주체로서 제도의 부분적 특성 (Partiality)을 강조하고 있다.

산업 혁신 체제의 역동성과 전이는 기술적 체제와 슈페터 혁신패턴의 변화를 중심으로 규명하고자 하였다. 좀 더 자세히 설명하면, 산업 생성 초기에는 기술적 체제는 높은 기술적 기회성, 낮은 전유성과 축적성을 가지고 기술적 불확실성 하에서 다수의 소규모의 혁신가 집단 (중소기업)이 산업적 우세를 지니는 슈페터 Mark I의 성격을 띠게 된다. 점차 지배적 기술이 출현하고 기술적 불확실성이 감소함에 따라 기술과 산업이 성숙해지며 혁신적 활동의 패턴은 높은 기회성, 전유성과 축적성의 기술적 특성을 나타낸다. 또한, 소수의 안정된 혁신가 집단 (대기업)이 산업 발달을 주도하는 슈페터 Mark II 패턴이 발생한다.

위에서 언급한 산업혁신체제는 모든 산업에 일반적으로 적용 가능한 분석 구조로서 산업 혁신 패턴의 변이를 혁신체제 구성요소의 변화로만 설명하고자 하였다. Malerba (2002)는 실증적 분석 차원에서 각 요소간 상관성과 연관성 (특히 지식과 기술)을 규명하는데 있어서의 미흡함을 언급하였다. 이러한 배경하에서 급진적으로 변화하는 기술적 환경을 맞이하고 있는 ICT산업의 혁신체제와 산업 내 혁신패턴의 진화를 유발하는 요인 (지식과 기술의 속성변화) 그리고 그에 따른 구성 요소간 관계 (지식과 기술, 기술과 산업구조와 제도적 역할 변화)는 어떻게 형성되어 왔는지 그 내부의 진화과정을 규명하는 것은 의미가 있을 것이다. 따라서 본 연구는 ICT산업 혁신체제 분석에 적합한 모형을 제시하고 그 내부의 역동적 매카니즘을 규명하고자 한다.

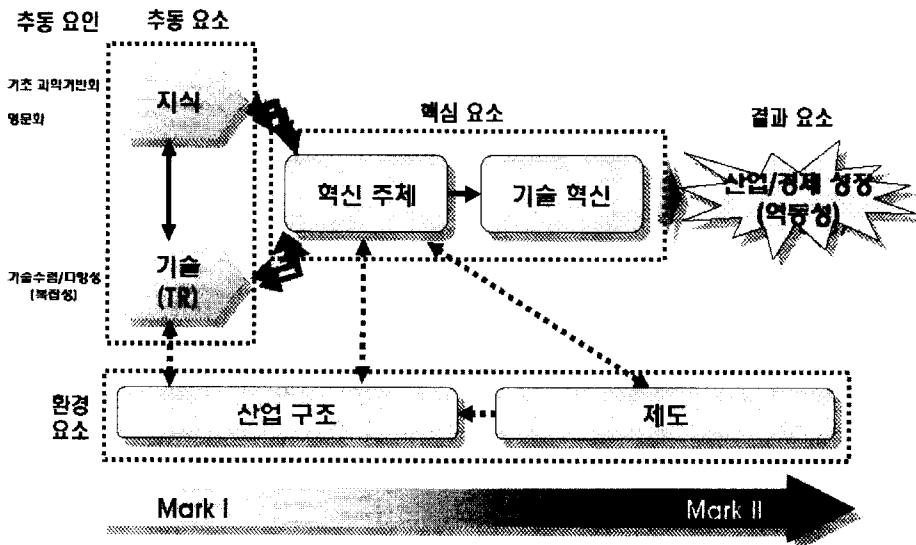
2.2 ICT산업의 혁신체제

가. ICT산업의 역동성 모형

ICT산업의 역동성은 핵심요소인 혁신주체의 기술혁신 활동을 통한 기술적 다양성과 이에 따른 혁신패턴의 변화 그리고 산업의 성장을 의미한다 (Marshall, 1910; Schumpeter, 1912;

Metcalfe, 1989; Allen, 1988). ICT산업에 적용 가능한 역동성 모형은 아래의 설명과 같이 산업 성장에 직, 간접적으로 영향을 미치는 다양한 관련 요인에 의해 설명 가능하다.

ICT산업의 역동성 모형은 크게 추동요소, 핵심요소, 환경요소와 결과 요소로 구분될 수 있다 (<그림 2> 참조). 지식과 기술의 특성으로 구성되는 추동 요소는 혁신주체가 활용할 수 있는 자원으로서 두 요소의 속성의 변화는 산업 성장에 많은 영향을 미치게 되어 산업의 역동성을 추동하는 요인으로 분류될 수 있다. 즉, 지식과 기술의 특성의 변화에 따라 혁신 주체의 반응과 대응 능력의 차이가 발생하여 이를 기반으로 창출되는 기술혁신의 정도 또한 변하게 된다.



<그림 2> ICT산업의 역동성 모형

추동 요인 중 하나인 지식의 속성 변화는 지식 베이스 그 자체의 변화뿐만 아니라, 지식을 활용하여 생산되는 기술적 체제의 변화를 유발하여 결과적으로 혁신주체를 중심으로 하는 지식과 기술적 체제간 구조 변화를 유도하여 산업이 지속적으로 성장 할 수 있는 근본적인 원동력을 제공하게 된다. 또한, 기술적 수렴 현상과 같은 ICT기술의 속성 변화는 기술적 체제와 더불어 기술간 역동적 상호성의 변화를 촉진시켜 환경적 요소로 정의되는 산업 구조와 제도의 역할 변이를 유도하게 된다.

핵심 요소로서 혁신주체와 기술혁신은 산업을 유지하고 지탱하는데 결정적 역할을 하는 요소이다. 혁신주체는 그들의 축적된 역량 즉, 지식, 기술과 학습 매카니즘에 기반하여 다양한 환경적 요소와 영향을 주고 받으며 상호작용을 통해 타 주체와 협업과 경쟁의 관계를 형성,

유지하게 된다. 환경적 요소는 산업 구조와 제도로 구분될 수 있다. 특히 산업 구조는 혁신주체의 행동 패턴, 제도의 역할, 기술의 변화에 의존적이며 이에 따라 네트워크와 수직적 통합 구조 등의 다양한 형태의 유형이 존재하게 된다.

나. 지식과 ICT산업의 역동성

지식은 기업, 산업, 국가의 성장과 성과, 즉 혁신과 생산에 있어서 중추적 역할을 담당하며 경제 발전을 위한 핵심적 전략 자원이 되고 있다 (OECD, 1996). Conceicao (1998)은 서비스 산업의 중요성과 유, 무형자산 증가 그리고 교육과 고용과의 관계를 설명함으로써 지식이 경제 발전에 있어서 점점 더 중요한 위치를 차지하고 있음을 강조하였다. 이처럼 지식의 중요성이 더욱 대두되고 있는 현 시점과 더불어 지식의 속성 변화는 산업의 역동성 측면에서 고려할 때 더욱 극적인 상황으로 전개되고 있다. 논란의 여지가 여전히 남아 있지만, IT기술이 IT산업뿐만 아니라 타 산업으로도 급속히 확산됨에 따라 지식의 명문화 정도를 더욱 가속화시키고 있는 추세이며, 이는 조직의 혁신 활동, 학습프로세스 그리고 지식 베이스에 많은 변화를 일으키는 요인으로 작용하고 있다 (Malerba, 1996a). 또한, 기업 소유의 지식들이 점차 여러 가지 형태 즉 출판과 특허 (비록 지식의 소유권은 가지고 있지만)를 통해 점차 명문화된 문서로 공개되는 추세이다 (Carlsson and Stankiewicz, 1991).

대학은 급변하는 산업환경에 적응할 수 있는 역량을 갖춘 고급 인력양성의 역할과 더불어 기초 과학 지식 창출 또한 대학의 주요 역할 중 하나이다. 점차 그들의 지식 창출이 더욱 활발하게 진행하고 있는 추세이며, 지식 영역 또는 원천의 속성이 기술 기반에서 기초 과학 기반화 되고 있는 상황이다 (Carlsson and Stankiewicz, 1991). 특히 바이오 기술 (biotechnology) 과 나노기술 (nanotechnology) 같은 기초과학 지식 분야가 IT기술과의 퓨전 결합을 통한 새로운 산업의 생성은 ICT산업 지식의 과학기반화에 중요한 의미로 해석될 수 있다. 즉, 과학기반 지식 습득의 중요성이 증가함에 따라 혁신주체들의 기초 연구활동을 위한 유인이 발생하며 창출되는 지식 베이스 유형, 생산과 지식의 확산 조건의 변화를 가정 할 수 있다 (Coriat and Weinstein, 1998).

이러한 현상에 비추어 볼 때, ICT산업 내에서 지식의 중요성이 더욱 강조되고 있으며 지식의 생산이 급격히 증가하고 있음을 암시한다. 또한, 특허라는 전유적 특성을 지니는 명문화된 지식의 유형과 함께 지식의 과학 기반화 현상이 점차 두드러지고 있음을 증명한다.

지식의 기초과학기반화와 더불어 지식의 명문화가 급격히 증가함은 ICT산업의 역동성 관점 특히 혁신주체를 중심으로 하는 기술적 체제에 있어서 세 가지 의미를 갖게 된다.

첫째, 지식의 형태 또는 유형이 암묵적 지식에서 명시적 지식으로 변화함은 지식의 명확성 (articulation)과 이전성 (transference)을 향상시켜 기술에 대한 가용성 (availability)을 높일

뿐만 아니라 과학적 지식의 일반적인 속성인 새로운 기술을 일반화시킴으로써 기술에 대한 물리적인 통찰력을 제공하게 되어 궁극적으로 효율적·효과적으로 기업의 R&D 활동을 관리할 수 있도록 하여 기술 개발 속도를 높이는 효과가 있다 (Carlsson and Stankiewicz, 1991). 특히, IT 기술을 활용하여 인력간, 조직간, 산업간, 국가간 공식적, 비공식적인 형태의 상호교류 증가로 지식의 확산은 더욱 가속화되고 있는 추세이다. 위에서 설명한 바와 같이, 지식에 대한 내·외적 접근성 증가는 혁신주체에게 지식 생산 기회 (opportunities for knowledge production)를 제공함으로써 지식과 지식의 산물인 기술에 대한 기회성이 높아지고 이를 활용한 기술혁신 활동 또한 활발해 진다 (March and Simon, 1958). 먼저, 지식의 내적 접근성 증가는 동종 산업 내 혁신주체들이 소유한 지식에 대한 전유성을 감소시켜 경쟁자에 의해 새로운 기술, 제품 및 프로세스에 대한 지식 습득을 용이하게 하므로 습득된 지식을 활용한 시장 진입 장벽을 낮추게 된다. 따라서, 전체적인 산업적 집중도를 떨어뜨려 독점적 산업구조의 가능성을 낮추게 된다 (Dasgupta and Stiglitz, 1980; Nelson and Winter, 1982; Abanathy and Utterback, 1978; Malerba, 2000).

둘째, 지식의 외적 접근성의 증가는 특정 산업에서 창출된 지식이 타 산업에 의해 활용될 가능성이 높아지는 것을 의미한다. 혁신의 수준과 원천에 기반한 과학적, 기술적 기회에 의해 좌우될 뿐만 아니라, 기술과 산업마다 과학적, 기술적 기회의 원천은 다르게 나타나 결국 특정 산업의 전유성을 결정하는 요인이 된다 (Malerba, 2000).

셋째, 지식과 기술에 대한 위와 같은 환경 변화는 혁신주체, 특히 기업의 연구개발 투자를 유인하게 되고 기업은 외부 지식을 평가하고 활용할 수 있는 흡수역량을 기반으로 지속적으로 학습하게 되어 지식 및 기술을 끊임없는 생산하고 축적하게 된다 (Cohen and Levinthal, 1990). 결국, 기업의 과학적, 기술적 이해가 깊어지고, 타 산업 및 동 산업의 혁신주체로부터 기술적 진보가 발생하며 산업 자체 내 기술적으로 진보함에 따라(기술의 기회성 원천) 즉, 지식과 기술의 내·외적 접근 범위와 깊이가 커질수록 기술의 기회성이 높아지고 혁신주체가 연구개발 투자를 통해 누릴 수 있는 혜택도 증가하게 된다 (Klevorick, Levin, Nelson and Winter, 1995). 따라서, 지식의 속성변화에 따른 지식에 대한 접근성 증가와 이에 따른 기술의 기회성 증가, 이를 이용하는 혁신주체의 지속적인 지식과 기술 창출 및 축적의 구조는 선 순환적 특성을 지니게 된다.

다. 기술과 ICT산업의 역동성

지식의 속성의 변화와 함께 ICT산업의 역동성을 촉발시키는 주요 요인 중 하나는 기술적 특성의 변화이다. ICT기술은 1980년대부터 급속하게 발전하여 기술의 다양성, 통신/방송/컴퓨터/반도체 기술간의 수렴화, 이와 관련된 산업구조의 변화를 보여주고 있다 (Yoffie, 1997;

Carlsson and Stankiewicz, 1991; Duysters and Hagedoorn, 1997; Duysters, 1995d). 이와 같이 기술의 다양성, 복잡성 그리고 불확실성의 증가는 ICT산업의 역동성 측면에서 두 가지 의미를 갖는다.

첫째, 기술의 수렴과 같은 복잡성이 증가함에 따라 새로운 응용분야의 출현으로 기술적인 기회뿐만 아니라, 새로운 틈새 시장이 발생하게 된다. 즉, 기업을 중심으로 하는 혁신주체의 관련 지식 및 기술의 창출과 습득 노력 또한 증가되어 지식과 기술의 축적성이 상승하는 지식과 기술의 선 순환적 구조를 강화하게 된다.

둘째, ICT산업의 기술은 점차 다양해지고 복잡해 짐에 따라 시장 (환경적)과 기술적 불확실성이 더욱 증가하게 된다. 이와 함께 ICT산업의 복잡성은 산업 내에서 창출된 지식간 상보성 (knowledge complementarities)과 이들 상보성 조정 및 통합의 이슈를 더욱 부각시키게 되는데 ICT산업에서의 혁신활동의 패턴과 조직의 결정자로서 중요한 역할을 하게 된다 (Malerba, 2000). 이와 같이, 지식간 상보성에 의해 생성되는 기술의 복잡성의 증가는 여러 기술들 간의 통합과 조정으로부터 새로운 응용분야와 시장(수요)을 창출하게 되어 기술적 기회 및 시장성을 더욱 증가시키는 역할을 하게 된다. 또한, 기술적 복잡성에 따른 기술적 기회의 증가는 다양한 형태의 전문 공급자 출현을 유도하게 되어 점차 경쟁적 산업 구조를 형성하게 되고 기존의 수직적 통합 구조를 갖춘 기업은 점차 분권화, 전문화되어 기업은 자신의 핵심 역량에 집중하게 되는 기업 구조의 변화를 야기 시키게된다 (Duysters, 1995; David, Collis, William and Stephen, 1997). 이렇듯 기술간, 기업간 상호의존성 증가 현상은 기술간 핵심적 연결을 증가시킬 뿐만 아니라, 산업구조를 구성하는 수직적 구조의 가치 사슬 또는 수평적 산업간 구성요소의 역동적 상보성을 높여 상대방의 핵심역량을 서로 상보적으로 활용하려는 기업 활동들이 활발하게 발생하게 되어 그들 간 네트워크형태의 협업을 발생시키게 된다. 기업 간 협업의 증가는 혁신 활동의 규모와 범위를 넓혀 기업이 감당해야 할 기술적 환경적 복잡성을 줄여 줄 뿐만 아니라 효과적으로 관리할 수 있는 학습 능력을 배가시키게 되는 장점을 지니고 있다 (Reddy and Cort, 1989; Dodgson, 1996). 따라서, 기업간 네트워킹 (innovation networking)은 기업의 학습 능력과 흡수력을 증가시켜 산업 내에서 발생하는 다양한 기술 혁신 정도와 산업 내에서 기술의 확산속도를 더욱 증가시키는 원천이 되어 궁극적으로 산업의 성장과 역동성을 발생시킨다 (Freeman, 1991; Cohen and Levinthal, 1990). 특히 대기업 중심의 협업은 경쟁자 (기존 중소기업)를 기술적, 환경적 (시장)으로 고립시킬 뿐만 아니라 신규 진입자의 시장 진입을 배제하여 산업의 집중도를 높임으로써 산업의 전이 (Mark I to Mark II)를 더욱 가속화시키는 역할을 한다 (Godoe, 2000, Dodgson, 1996). 뿐만 아니라, 기술의 복잡성에 의해 산업간 경계가 모호해지면서 혁신의 다양성을 추구하는 제도의 역할 또한 변하게 되어 산업은 더욱 역동적 모습으로 발전하게 된다.

3. 자료와 방법론

3.1 자료

본 연구에 활용된 데이터는 1969년부터 2000년까지 매 5년 주기 (70, 75, 80, 85, 90, 95, 00)로 등록된 USPTO 데이터베이스로부터 수집되었으며 ICT산업 내 주요 네 개의 하위 산업 - 통신, 방송, 컴퓨터와 반도체 - 에 분류된 기술 중 산업별 세 개의 기술을 선별하여 총 55400개의 샘플 특허 데이터¹⁾를 바탕으로 연구가 수행되었다. 아래 <표 1>은 본 연구에 이용된 USPTO 특허 기술 분류와 명칭을 나타낸다.

<표 1> 산업별 특허 기술과 명칭

| 산업 | 기술 분류 | 기술 명칭 |
|-----|-------|--|
| 통신 | 375 | Pulse and Digital communications |
| | 379 | Telephonic communications |
| | 455 | Telecommunications |
| 방송 | 342 | Communications : direct radio wave systems and devices(Radar, radio, navigation) |
| | 343 | Communications - Radio wave antennas |
| | 386 | Television signal processing for dynamic recording or reproducing |
| 컴퓨터 | 369 | Dynamic information storage or retrieval |
| | 700 | Data processing - Generic control systems or specific applications |
| | 711 | Electronic computers and digital processing : memory |
| 반도체 | 257 | Active solid state devices(transistors, solid state diodes) |
| | 326 | Electronic digital logic circuitry |
| | 438 | Semiconductor device manufacturing : process |

자료 : USPTO Class 기준에 의거

1) 특허는 기술적 특성을 반영하여 대 분류인 제1차 클래스 (First order class)와 하위세부 분류인 제2차 (Second order class)로 구분되는데, 본 연구에서 추출된 특허는 제2차 클래스를 제외한 제1클래스만으로 구성되었다.

비록 세 개의 특허 기술²⁾이 각 산업의 기술을 완전히 설명할 수 없지만, 각 산업의 기초 및 핵심기술을 선별하여 대표성을 확보하고자 하였다. 통신산업의 경우, 통신 기반 기술인 신호 전송 기술과 변조 반송파 통신 기술 (modulated carrier wave communications), 통신 네트워크 및 장비 산업의 핵심 기술인 양방향 전송 시스템, 프로세스와 장비, 방송은 기초 기술인 텔레비전 신호 전송기술, 핵심기술인 전파시스템, 장비와 안테나 기술, 컴퓨터는 하드웨어 핵심 기술인 저장기술, 컴퓨터 장치 내 메모리 저장, 관리, 통제 기술과 칩셋 (chip-set) 기술로 구성되어 있다. 마지막으로 반도체 기술은 기초 기술인 능동 고체 소자 (active solid state devices - 역주)기술, 비 메모리 산업의 핵심 기술인 디지털 로직 회로기술 (digital logic circuitry)과 메모리 산업의 핵심기술인 제조 공정기술로 구성되어 있다.³⁾

3.2 방법론

산업혁신체제의 분석 구조를 기반으로 산업혁신체제의 역동성을 정량적 분석방법으로 규명하고자, 기술적 특성을 설명하는 기술적 체제와 핵심적 연결 및 역동적 상보성을 측정하기 위한 대리 변수를 아래와 같이 제시하고자 한다.

기술적 체제를 나타내는 측정변수는 기술적 기회성 (technology opportunity and diffusion; TOD), 기술적 전유성 (market protection regime; MPR), 그리고 기술적 축적성 (technology cumulativeness and concentration; TCC)으로 구성된다.

먼저, 데이터 추출 및 분류법 그리고 변수산출에 대한 과정을 설명함으로써 본 논문의 방법론에 대한 이해를 돕고자 한다. USPTO의 430개 특허 클래스 (first order class) 중에서 ICT에 해당하는 클래스로 분류하고, 다시 세부적으로 각 산업 (통신, 방송, 컴퓨터, 반도체)의 기술로 세분화하였고, 산업별 세분화된 특허 기술을 포함하는 특허를 연도별로 추출하였다. 이때, 개별 특허에 적용된 기술의 세부적 특성에 의해 특정 특허 기술뿐만 아닌, 타 산업 특허

2) Pavitt (1988)은 특허의 장·단점을 지적하면서 특허의 활용성과 가치에 대해 언급하였다. 그는 특허의 단점에 대하여 모든 기업이 혁신적 활동의 보호와 성과 측정수단으로서 특허를 이용하지는 않으며, 등록된 특허는 그 경제적, 기술적 중요성 또는 가치가 모두 동일하다는 점으로 인하여 특허 분석 시 오차가 발생할 수 있음과 주로 제품에 관련한 특허에 치중되어 프로세스 혁신은 리드타임과 학습곡선 효과와 같은 혁신을 보호하는 중요한 역할을 하고 있음에도 불구하고 프로세스관련 특허의 비중이 떨어지는 단점을 가지고 있다고 언급하였다. 그럼에도 불구하고 일반적으로 특허는 오랫동안 거의 모든 나라에서 기술 혁신의 측정 수단으로서 특허를 광범위하게 활용하고 있으며 기술, 기업, 산업, 국가 차원에서 상세한 자료를 제공한다는 점에서 가치가 있으며, 기술적 복잡성을 측정 가능하게 한다는 점과 기술을 다양한 계층으로 분류할 수 있다는 점에서 혁신활동의 결과물로서 특허의 활용성과 가치를 동시에 언급하였다

3) 소프트웨어 기술은 본 연구에서 제외되었기에, 본 연구에 의해 도출된 컴퓨터 관련 결과를 전체 컴퓨터산업으로 확대 해석하는 것은 오류를 범할 수 있다.

기술로도 분류가 가능하다. 이러한 특허 분류의 원리를 이용하여 TOD는 각 산업 (통신, 방송, 컴퓨터, 반도체)에서 선택된 세 개의 기술과 기술적으로 유사하게 분류된 특허 기술의 개수를 통해 산출된다. 본 측정 변수는 각 산업의 고유 기술의 내적 기술적 기회성 만이 아닌, 타 산업의 기술에 대한 외적인 기술적 기회성을 포함함을 유의해야 한다. 따라서, Malerba (1996b)가 제시하고 있는 기술적 기회조건 (동종 산업 내 기술 내에서의 기회성)과 상이한 결과를 얻을 수 있다. TOD가 높아지면 특정 산업의 기술적 기회성이 높아지게 된다.

<표 2> 주요 측정 변수

| 분류 | 분석단위 | 측정변수 | 측정 변수 도출 |
|--------------------|---------|---------------------|--|
| 기술적 체제 (TR) | 기회성 | TOD (기술적 기회/확산) | $\frac{\text{각 산업 기술과 유사성이 발생하는 기술의 빈도 수}}{\text{전체 USPTO 기술 분류 수(430)}} \times 100$ |
| | 전유성 | MPR (시장 보호 체제) | $\frac{\text{각 산업 내 주도기업의 특허 등록 수}}{\text{ICT 전체 주도기업의 특허 등록 수}} \times 100$ |
| | 축적성 | TCC (기술 축적 및 집중) | $\frac{\text{각 산업 내 선택된 기술의 특허 수}}{\text{모든 산업 내 기술의 특허 수}} \times 100$ |
| 핵심적 연결/ 역동적 상보성 | 핵심적 연결 | TKL (기술적 핵심 연결) | $\frac{\text{각 산업 내 동일 분류된 기술의 특허 수}}{\text{모든 기술의 특허 수}} \times 100$ |
| | 역동적 상보성 | VDC (수직 역동적 상보성) | 각 산업의 가치 사슬(Value Chain)상의 모든 산업 활동 주체간 상호의존성과 피드백 (Feedback) 강도 및 정도 |
| | | HDC (수평 역동적 상보성) | 각 산업 내 제품, 주체 또는 하위 산업간 호환성 및 상호의존성 강도 |

MPR은 각 산업에서의 주도기업⁴⁾과 타 산업 주도기업의 혁신활동 (특허 수) 비율을 통해 특정 산업의 주도 기업이 타 산업의 주도기업으로부터 시장 방어 체제 정도를 보여주는 변수이다. MPR가 상승하면 특정 산업의 기술적 전유성이 높아지게 된다.

TCC는 각 산업의 세 개의 주요기술에 대한 누적 정도를 측정하는 변수이다. 특허를 등록하게 되면 그 기술의 특성에 따라 다양한 기술로 분류되는데 특정 산업의 기술이 시간이 흐름에 따른 혁신적 활동(특허 빈도수)의 누적성을 통해 그 산업 내 기술의 축적도가 측정 가능해진다. 기술의 축적도를 나타내는 변수 TCC는 그 수치가 상승하면 기술의 축적도가 높아짐을 의미한다.

4) 각 산업의 주도기업은 Global 1000으로부터 추출되었다. Global 1000은 Business week지가 전 세계적으로 성과가 높은 1000개의 기업들 순위를 매겨 선정한 연간 보고서이다.

ICT 산업 내 기술간 또는 제품간 핵심적 연결과 각 산업의 수직적, 수평적 산업구조 측면에서 그들 간의 상호의존성을 측정하여 전체 산업의 경계 및 산업 시스템의 성장과 변이를 측정하기 위한 원천을 제공할 수 있는 역동적 상보성 변수는 다음과 같다.

TKL (Technology Key Links)은 산업 내 세 개의 기술과 수렴이 발생하는 동일한 산업 기술들간 기술적 연결성 및 연계성 (응용성)을 분석하는 변수이다.

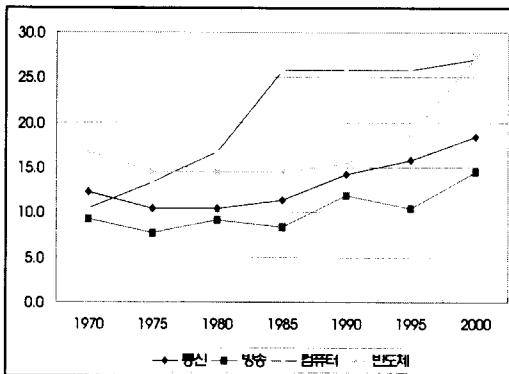
VDC (Vertical Dynamic Complementarities)는 각 산업의 가치사슬상의 모든 산업활동 주체간 상호의존성과 피드백 정도를 측정하는 정성적 변수이다. HDC (Horizontal Dynamic Complementarities)는 각 산업 내 제품, 혁신주체 간 또는 하위 산업간 호환성 및 상호의존성을 측정하는 정성적 변수로서, 컴퓨터 산업의 경우 마이크로프로세서, 칩셋, 메모리, 운영시스템, 주변장치 및 하드웨어와 소프트웨어, 반도체 산업의 경우 메모리 (DRAM, EPROM), 비메모리 (Micro-component, ASIC), 통신산업은 통신장비, 네트워크, 통신서비스 기술, 혁신주체 및 산업간 호환성 및 상호의존성을 분석할 수 있다.

4. ICT 산업혁신체제의 역동성

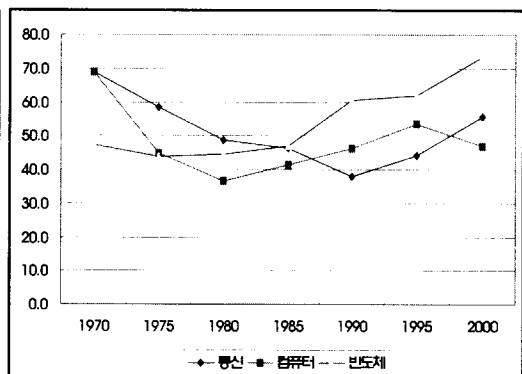
4.1 ICT 산업혁신체제 구성 요소의 변이

가. 기술적 체제

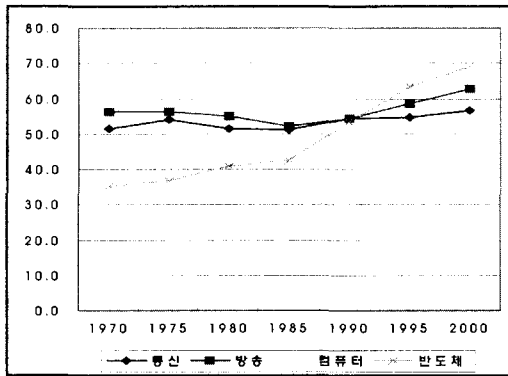
아래에서 도식화된 각 산업별 기술적 체제의 변화 (1970년부터 2000년까지)를 분석한 결과는 <표 3>와 같다 (TR의 분석은 각 산업간 상대적인 분석에 기초한 비교 분석임).



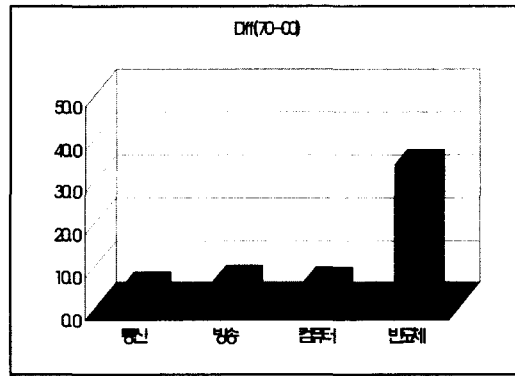
<그림 3> TOD



<그림 4> MPR



<그림 5> TCC



<그림 6> TCC 수치 변화

<표 3> ICT산업의 기술적 체제(TR) 변이

| 구분 | 분석단위 | 산업 | 연 도 | | | |
|-----------|-----------|-----------|--------|--------|--------|--------|
| | | | 1970 | 1980 | 1990 | 2000 |
| 기술적 체제 | 기회성 (TOD) | 통신 | 중간 (-) | 중간 (+) | 중간 (+) | 중간 |
| | | 방송 | 낮음 (·) | 낮음 (+) | 낮음 (+) | 낮음 |
| | | 컴퓨터 | 중간 (+) | 높음 (+) | 높음 (·) | 높음 |
| | | 반도체 | 높음 (-) | 중간 (·) | 중간 (+) | 높음 |
| | 전유성 (MPR) | 통신 | 높음 (-) | 높음 (-) | 낮음 (+) | 중간 |
| | | 컴퓨터 | 높음 (-) | 낮음 (+) | 중간 (·) | 낮음 |
| | | 반도체 | 낮음 (·) | 중간 (+) | 높음 (+) | 높음 |
| | | 추적성 (TCC) | 통신 | 높음 (·) | 높음 (·) | 높음 (·) |
| 추적성 (TCC) | 방송 | 높음 (·) | 높음 (·) | 높음 (·) | 중간 | |
| | 컴퓨터 | 중간 (-) | 낮음 (·) | 낮음 (+) | 낮음 | |
| | 반도체 | 낮음 (+) | 낮음 (+) | 높음 (+) | 높음 | |

통신 산업의 경우, 기술적 기회는 일정하게 증가하고 있는 추세를 보이고 있으며 기술의 추적성은 점차 상승을 하지만 그 비율이 매우 미약한 것으로 나타났다. 특히 통신산업 기술은 특히 금전 등록기 (235)와 같은 사무용 장치, 이미지 패턴 인식 및 전송 기술 (382) 그리고 디지털 데이터 전송 기술 및 시스템 (709)으로의 기술적 기회가 증가하고 있는 것으로 나타났다. 기술의 전유성은 1970년 70%에서 1990년 40%까지 감소하다가 90년 이후에는 급격히 증

가하여 전체 ICT산업에서 중간 정도의 기술적 전유성을 보이고 있다.

컴퓨터 산업의 경우 1980년까지 기술적 기회성이 급속히 높아졌으나 그 이후부터는 정체된 모습을 보이고 있으며, 기술적 전유성과 축적성은 타 정보통신 산업에 비해 상대적으로 낮은 비율을 보이고 있다. 컴퓨터 산업 기술은 광산업 시스템과 부품 (359) 그리고 로봇기술 (901) 로의 기술적 기회가 증가하고 있는 것으로 나타났다.

반면, 반도체 산업의 경우 기술적 체제의 기회성, 전유성, 축적성 모두 산업 초기에 비해 지속적으로 높은 상승세를 보이고 있다. 반도체 산업 기술은 1차 또는 2차 배터리 기술 (136)과 복사에너지 관련 기술 (250)과 같은 에너지 산업 기술로의 기술적 기회가 빈번히 발생하고 있는 것으로 나타났으며 특히 주목해야 할 기술적 특성 변화는 기술의 축적성을 나타내는 TCC의 변화폭 (<그림 6> 참조)이 35% 포인트 상승하여 타 산업에 비해 월등히 높은 것으로 나타났다.

나. 핵심적 연결

통신 산업을 제외한 컴퓨터와 반도체 산업 내 기술들간 핵심 연결 비율은 증가의 추세를 보이고 있는데, 특히 컴퓨터 기술의 경우 매우 급격한 기울기를 형성하고 있다. 위 결과로부터 우리는 두 가지 함의 (산업 경계와 호환성의 중요성)를 도출할 수 있다. 먼저, 산업경계 측면에서 볼 때, <표 4>에서 보여주듯이, 통신의 TKL 추세가 지속적으로 감소하고 있는 것으로 미루어 보아 통신 기술간 연결성과 응용성이 점차 감소하고 있으며 통신산업 경계가 점차 모호해지고 있음을 유추할 수 있다.

<표 4> ICT산업의 TKL 변이

| 분 류 | 분석 단위 | 산 업 | 연 도 | | | |
|--------------------|-----------------------|-----|------|------|------|------|
| | | | 1970 | 1980 | 1990 | 2000 |
| 핵심적 연결 / 역동적상보성 | 기술적 핵심 연결 (TKL) | 통신 | - | 하락 | 하락 | 하락 |
| | | 컴퓨터 | - | 안정 | 상승 | 상승 |
| | | 반도체 | - | 상승 | 안정 | 상승 |

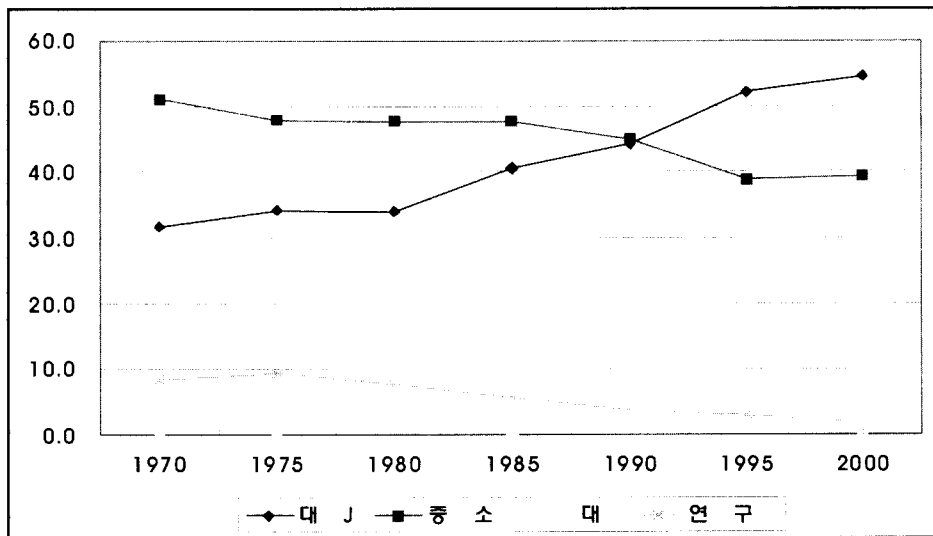
호환성 관점에서 볼 때, 컴퓨터 산업의 부품 또는 기술 특히 마이크로프로세스의 급격한 기술발달로 인하여 컴퓨터 성능은 향상되고 있으나 타 주변 기술 (메모리 반도체, 칩셋, 비디오 카드와 주변 장치)과 호환성 및 기술적 상호 연관성 없이는 컴퓨터 장치의 성능을 충분히 발휘할 수 없게 된다. 따라서, 컴퓨터 관련 기술간 호환성과 연계성은 컴퓨터 성능을 발휘하기

위한 중요한 요소로서 작용하게 됨을 알 수 있다. 반도체 기술도 유사한 형태를 띠고 있으며 컴퓨터의 핵심 부품으로 이용되는 비 메모리 기술은 비용절감을 위해 공정혁신에 지속적으로 치중한 반면, 메모리 핵심 제품인 마이크로프로세스는 처리속도 향상을 위해 제품혁신을 추구하였다. 이에 따라 두 핵심부품간 성능상 호환성이 낮아 최적의 컴퓨터 성능을 발휘할 수 없었다. 하지만 연속적인 비 메모리 기술 진보⁵⁾로 인해 마이크로프로세스의 기술적 발전을 추격하고 있어 호환성이 증가하고 있는 추세이다 (ETRI, 2000a and 2000b).

다. 슈퍼컴퓨터 혁신패턴 변화

앞에서 1970년 이후 ICT산업 내에서 발생하고 있는 기술적 체제 및 기술간 핵심적 연결의 전이를 살펴보았다. 본 절에서는 각 ICT산업 내 핵심주체인 기업(대기업, 중소기업)을 중심으로 혁신주체의 혁신활동 패턴의 변화를 통해 ICT산업의 슈퍼컴퓨터 혁신패턴의 변이를 살펴보려 한다.

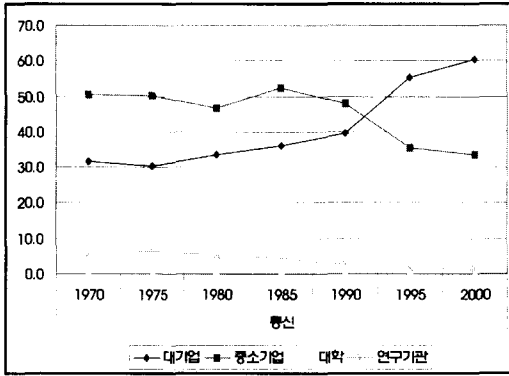
<그림 7>에서 <그림 10>까지는 ICT 전체와 각 하위산업(통신, 컴퓨터, 반도체, 방송)에서 활동하는 혁신주체인 기업(대기업과 중소기업), 대학과 정부기관의 시계열적 혁신 활동 패턴의 변화 과정을 보여주고 있다.



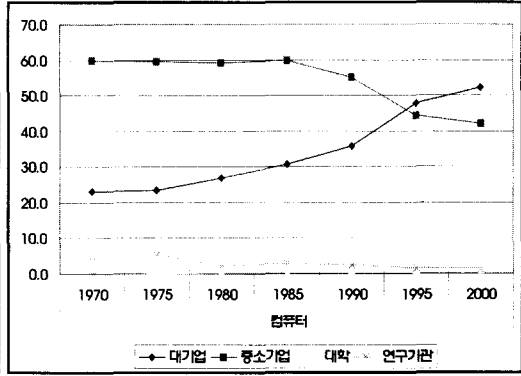
<그림 7> 전체 ICT산업에서의 혁신패턴 변화⁶⁾

5) 비메모리 분야 기술은 SDRAM, RDRAM 그리고 DDR SDRAM 순으로 진보해왔다.

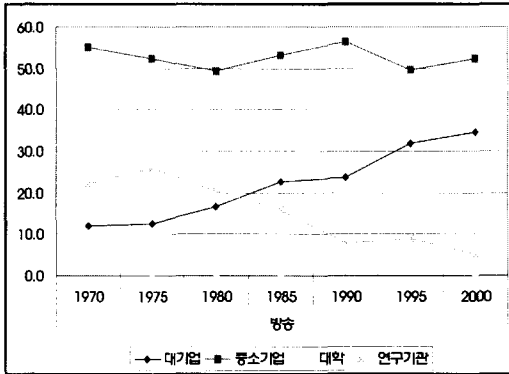
6) <그림 7>에서 <그림 11>까지의 Y축은 각 산업의 혁신주체의 특허 출원 비율이다.



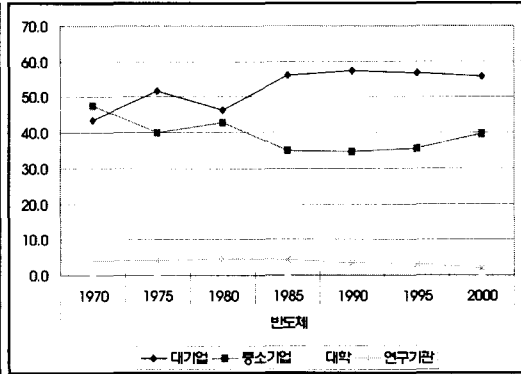
<그림 8> 통신산업에서의 혁신패턴 변이



<그림 9> 컴퓨터산업에서의 혁신패턴 변이



<그림 10> 반도체산업에서의 혁신패턴 변이



<그림 11> 방송산업에서의 혁신패턴 변이

모든 ICT산업에서 분석 초기 시점인 70년에는 중소기업의 혁신활동이 대기업보다 왕성하게 활동하고 있음을 알 수 있으며 방송산업의 경우 연구기관의 혁신활동 비율이 타 산업보다 특히 높음을 알 수 있다. 하지만, 시간이 흐름에 따라 그 교차점은 다르지만 대기업의 혁신활동이 중소기업을 추월하고 있음을 발견할 수 있으며 이와 함께 연구기관의 혁신활동 또한 지속적으로 감소하고 있는 추세이다.

4.2 ICT 산업의 역동성 원천 및 진화과정

가. 지식의 속성변화에 따른 기술적 체제의 진화

지식베이스와 기회성 : 분석 초기 시점인 1970년부터 2000년까지 전체 ICT 산업의 기술적 기회성 (TOD)은 꾸준히 증가해 왔으며 특히 컴퓨터와 반도체 산업에서의 특히 증가율은 각각 15%, 10%로 나타났다 (<그림 3> 참조). 위의 사실적 근거로 볼 때, ICT 지식베이스에

대한 접근성, 특히 내적 접근성이 증가하여 궁극적으로 동종 산업 내 혁신주체들이 소유한 지식에 대한 전유장벽이 낮아져 기술적 기회가 증가할 뿐만 아니라, 전체적인 ICT산업의 집중도를 떨어뜨리는 역할을 하게 됨을 유추할 수 있다. 하지만, ICT산업에서 지식의 내적 접근성이 1970년 이후 지속적으로 증가하고 있음에도 불구하고, 산업의 집중도는 더욱 심해지고 있는 것으로 나타나 본 연구의 가설에 대해서는 증명할 수 없었다. 일반적으로 대기업은 축적된 지식과 기술, 즉 흡수역량과 잘 구축된 조직적 루틴 그리고 다양한 자산(기술, 재무, 조직, 제도, 시장)을 활용하여 기업 고유의 경로 지향적 역량이 체화된 내부 학습 능력을 갖춘 조직 형태의 특징을 지니고 있다. 따라서, 각 산업 기술에 관련된 접근 가능한 지식(산업 내적 지식)에 대한 대기업의 흡수 능력은 상대적으로 조직적 루틴과 자산이 넉넉하지 못한 중소기업보다 우수하다고 판단된다 (Tidd, Bessant, and Pavitt, 1988; Pavitt, 1996; Rothwell and Dodgson, 1996; Nelson and Winter, 1982).

결론적으로, ICT 전반적으로 접근 가능한 지식에 대한 기회는 중소기업보다는 대기업에 유리하게 작용하고 있음을 알 수 있었으며, 유일하게 반도체 산업에서 1985년 이후 중소기업의 혁신활동이 조금씩 증가하는 것으로 나타났다 (<그림 10> 참조).

지식베이스와 전유성 : 기술의 전유성은 모방으로부터 혁신활동을 유지 및 보존하여 수익을 창출할 수 있는 가능성으로 정의되는데 이러한 기술적 특성은 산업 내 과학적, 기술적 기회의 원천에 따라 산업의 전유성은 결정된다. 즉, 특정 산업의 지식의 외적 접근성이 높으면 높을수록 타 산업의 혁신 주체로부터 혁신활동을 방어할 가능성이 적어지게 되므로 산업의 전유성은 떨어지게 된다. ICT산업에서 지식의 외적 접근성 증가는 특히, 통신과 컴퓨터 산업에서 두드러지게 나타났는데 본 연구의 MPR 그래프 (<그림 4> 참조)에서 알 수 있듯이, 컴퓨터와 통신 산업은 1970년에 70%대의 높은 기술적 전유성을 보유하고 있었다. 하지만, 차츰 그 수치가 하락하여 2000년에는 50%로 낮아져 통신, 컴퓨터 지식에 대한 외적 접근성이 증가하고 있는 것으로 유추될 수 있다. 특히 컴퓨터 산업의 경우 시간의 흐름에 따라 기술적 기회성은 높아지고 있으나, 컴퓨터 기술이 원료 또는 재료 관련 기술 (Stock material or Miscellaneous article: 428)과 화학관련 기술 (Radiation imagery chemistry: 430)과의 기술적 유사성 증가로 인해 전유성이 점차 낮아지고 있다. 반면에, 반도체 산업은 자신의 산업의 전유 체제가 1970년에 약 50%대에서 2000년에는 70%이상까지 상승하며 지식의 접근성이 낮아지고 있는 동시에 전유체제가 증가하고 있음을 발견할 수 있다. 따라서 반도체 산업은 타 산업으로부터의 시장을 효과적으로 방어하면서 높은 기술적 기회성과 타 ICT산업의 높은 외적 접근성을 활용하여 타 산업으로의 진출을 활발하게 하고 있음을 보여주고 있다. 이와 같은 현상의 원인은 ICT 전체 산업에서 반도체 산업이 갖는 산업적 위치와 과학적, 기술적 지식과 기술의 원천에 의해 설명이 가능하다. 반도체 산업은 타 산업으로의 연관 효과가 큰 산업으로서 ICT산업의 가치

사슬 상에서 전방위 (Forward) 산업에 해당된다 (Duysters, 1995c). 즉, 반도체 산업에서의 기술 혁신이 후방위 (Backward) 산업 특히 컴퓨터와 통신산업으로 흐르는 산업적 구조를 가지고 있다. 컴퓨터와 통신 산업은 여러 단계의 진화단계를 거치는 동안 새로운 기술적 궤적을 형성하게 되는데, 각 진화단계에서 발생한 혁신의 추동체 또는 원천은 주로 반도체 기술에 의해 비롯되었다는 점에서 본 현상을 해석할 수 있다.

지식베이스와 축적성 : ICT지식의 속성 변화에 따른 지식 접근성이 증가하여 ICT 혁신주체가 활용할 수 있는 기술의 기회성은 점차 증가하게 됨을 살펴보았다. 이러한 기술적 특성의 변화는 기업의 연구개발 투자를 유도하게 되고 기업의 학습프로세스와 흡수역량을 기반으로 지식과 기술의 창출과 축적이 높아지게 된다. ICT산업 전체적으로 축적성은 모두 증가하는 추세를 보이고 있는데 (통신: 8%, 컴퓨터: 5%) 특히 반도체 산업의 경우 지난 30년 동안 35%의 높은 증가율을 기록하여 타 ICT산업보다 기술적 기회성과 축적성과의 선 순환적 구조가 확고한 것으로 나타났다. 이를 통해 높은 기술적 기회 및 전유성, 학습프로세스와 동적 수익 체중 효과에 의한 높은 기술적 축적성은 반도체 산업의 지배력과 전유성을 높이는 역할을 하는 것으로 해석 할 수 있다.

나. 기술의 특성변화에 따른 혁신패턴의 진화

수렴화 현상 : 방송의 TV 기술과 통신의 신호전송 (Pulse and Digital communications) 기술간 수렴이 활발하게 발생하고 있어 통신과 방송의 융합 현상이 두드러지고 있음을 발견할 수 있다. 통신의 신호 전송기술과 변조 방송과 통신 기술은 양방향 전송 (Multiplex communication)기술과 수렴이 발생하고 있어 동 산업 기술간 수렴이 발생하고 있음을 알 수 있다. 방송의 핵심기술인 라디오 전파 시스템 및 장비 기술은 컴퓨터 기술 중 하나인 네비게이션 관련 데이터 프로세싱 기술과 기술적 융합이 활발하게 발생하고 있어 방송, 통신기술과 컴퓨터 기술간 부분적인 융합이 발생하고 있음을 유추할 수 있다 (<표 5> 참조). 반도체 산업 기술은 산업 초기 혁신의 원천이었던 원료 가공 기술과는 일탈 현상이 발생하는 반면, 차츰 집적 기술 등과 같은 공정 기술과의 수렴 현상이 두드러짐을 발견 할 수 있었다. 결론적으로 ICT기술간 수렴은 통신과 방송의 경우는 대체적 수렴 (Convergence in Substitution)형태의 수렴이 발생하고 있으며 통신을 포함한 반도체, 컴퓨터 기술은 보완적 수렴 (Convergence in Complementary)형태의 수렴이 발생하고 있음을 알 수 있다.

통신 산업 : 통신산업의 역사적 관점에서 볼 때, 산업초기인 1860년대부터 1870년 중반까지 Cooke와 Wheaterstone이 전보기술 (Telegraph)을, Bell이 전화를 발명하면서 대학 및 정부 연구기관이 아닌 기업 주도의 혁신이 발생하였다. 하지만, 새로운 기술적 궤적을 형성한 전화

기술의 소개로 패러다임의 전이가 발생했음에도 불구하고 기술기반 중소기업의 출현이 미약하였고 오히려 대기업간 경쟁 구도를 강화시켰다. 산업이 발달하면서 차츰 자연 독점 형태로 산업 구조가 변함에 따라 산업 규제기관 (예: FCC)에 의한 규제의 필요성이 증가하였으며 이에 따라 정부 기관과 대기업간 마찰과 더불어 대기업과 중소기업간 경쟁이 심화되었다.

<표 5> ICT산업에서의 기술적 수렴

| 산 업 | 기술 | 수렴여부 | 수렴기술 | 기술 명칭 |
|-----|-----|------|------|--|
| 통 신 | 375 | 수 렵 | 348 | Television |
| | | | 370 | Multiplex communication |
| | | | 455 | Telecommunications |
| | 379 | 수 렵 | 370 | Multiplex communication |
| | | | 455 | Telecommunications |
| | | | 455 | Multiplex communication |
| 방 송 | 342 | 수 렵 | 340 | Communications : electrical |
| | | | 701 | Data processing : vehicles, navigation |
| | | | 386 | 일 탈 |
| 컴퓨터 | 369 | 수 렵 | 428 | Stock material or miscellaneous articles |
| | | | 430 | Radiation imagery chemistry : process |
| | 700 | 일 탈 | 318 | Electricity : Motive power systems |
| | | | 711 | 수 렵 |
| 반도체 | 257 | 수 렵 | 361 | Electricity : electrical systems and devices |
| | | | 일 탈 | 148 |
| | 438 | 일 탈 | 148 | Metal treatment |

1970년 이후 디지털 장치 (PCM, SPC, Microprocessor)의 개발로 인한 빠른 기술적 진보와 더불어, 통신과 컴퓨터 기술간 기초 설계 모수 (Basic design parameters)가 유사해 짐에 따라 두 시장간 경계가 모호해 지기 시작하였다. 기존에 두 산업에서 시행되었던 정부의 규제는 그 실효성 문제로 인하여 연속된 비 규제 정책 (Computer I and II inquiries)이 제정되었는데 이러한 사실은 기술의 복잡화에 따른 제도의 역할이 변화하였음을 증명한다 (Yoffie,

1997; Duysters, 1995b). 급속한 기술적 발전과 산업 기술간 수렴으로 인하여 중소기업형태의 신규 사업자가 출현한 비 규제 산업 (Terminal Equipment와 Customer Premises Equipment)과 기존 대기업 주도의 규제 산업 (Basic Voice Service)이 동시에 공존하는 산업 구조를 갖추게 되었다 (Duysters, 1995b). 지속적인 비 규제 정책이 이행되었음에도 불구하고 통신 서비스와 운영 분야에서는 아직까지도 규제가 가장 심한 산업 중 하나로 인식되어왔으며, 일반적인 관점에서 볼 때 규제가 심한 산업에서는 비 경쟁적 환경에 의해 급속한 기술적 진보를 예상할 수 없다. 그럼에도 불구하고 통신 산업은 통신 시스템, 서비스, 컴포넌트, 장비와 같은 기존 혁신이론으로 설명이 어려운 많은 혁신적 제품을 성공적으로 상업화하였다 (Godoe, 2000). 통신산업 내에서 발생하고 있는 일련의 혁신 창출은 그 주요 원동력과 이를 조정, 관리하는 역량을 제공하는 새로운 혁신체제⁷⁾를 통해 설명이 가능하다.

통신 산업은 주요 연구 기관과 대기업 중심으로 ITU, NORDTEL과 CEPT와 같은 국제표준화 기구 (Institutions)를 구성하고 있다. 이들은 공동 R&D 활동, 공동 지식 창출과 공유를 통해 기술의 복잡성과 불확실성을 감소시킬 뿐만 아니라 네트워크를 구성하고 있는 주체간 혁신활동을 통한 관련 지식과 기술을 축적하여 이를 바탕으로 기술의 다양성을 지속적으로 창출하고 있다 (Godoe, 2000). 공동 R&D를 통해 생산된 혁신의 성과는 조직을 구성하고 있는 네트워크 내로 빠르게 확산되어 기술적 표준을 주도하게 되며 통신 산업의 성장과 역동성을 더욱 가속화시키게 된다. 따라서 통신산업에서의 많은 혁신들은 이들간 유기적 네트워크와 국제기관의 활발한 상호작용의 결과물이라 할 수 있다.

결론적으로 통신 산업은 빠른 기술적 진보와 기술의 복잡성으로 인하여 규제완화 또는 철폐 등과 같은 제도적 뒷받침 속에서 산업적 전이가 급속히 전개되었으며, 동시에 산업 환경의 불확실성이 증가함에 따라 기술간, 기업간 특히 대기업을 중심으로 하는 국제적 협력 속에서의 수평적 역동적 상보성 (HDC)이 증가하고 있음을 알 수 있다. 따라서, 통신산업에서의 혁신 주체의 혁신패턴 그래프 (<그림 7> 참조)에서도 알 수 있듯이 대기업간 협업적 혁신활동이 왕성한 통신산업에서는 산업 구조가 1990년 초를 기점으로 Mark I에서 Mark II로 전이하고 있음을 발견 할 수 있다.

컴퓨터 산업 : 컴퓨터 산업은 산업 초기 (1940년대) 수요의 주체였던 군대를 중심으로 기술이 발달하였으며, 대학과 정부 연구 기관의 유기적 관계 속에서 기술 발달이 진행되었다. 기술적 불확실성에 의해 다수의 기술집약적 기업이 출현하게 되었는데, 차츰 정부의 기술개발 참여와 대학의 활발한 지식 창출로 인하여 기술적 불확실성 감소하게 되었다. 1960년 이후 새로

7) Krasner (1985)는 기술의 미래 발전에 영향을 미치는 혁신주체의 기대와 행동을 형성하는 원칙, 규범, 이념, 규칙과 의사결정 절차라 규정하고 있다.

운 기술적 궤적을 형성할 수 있었던 기초 설계 기술과 지배적 제품(Mainframe)의 출현으로 대기업 주도의 산업 발달 속에서 대기업의 적대적 M&A 전략으로 중소기업과의 경쟁이 심화되기 시작하였다. 대기업의 독점적 위치 속에서 기술기반 중소기업은 대기업 제품과 호환성을 갖춘 제품 출시로 대기업과의 협업이 증가함과 동시에 중소기업과의 경쟁이 더욱 심화되었다(Bresnahan and Malerba, 1999; Duysters, 1995a).

기존 메인프레임 산업이 성숙기에 들면서 다양한 시장이 생성되기 시작하였는데 슈퍼 컴퓨터를 비롯하여 미니, 마이크로 컴퓨터와 퍼스널 컴퓨터가 등장하면서 컴퓨터 산업은 기존 독점적 산업 구조에서 점차 경쟁적 구도로 빠르게 전환하기 시작하였다. 특히 80년대 초반 통신 네트워크의 디지털화(디지털 스위칭과 디지털 전송장비)가 빠르게 진행됨에 따라 전송할 데이터 양이 급격히 증가하여 대용량의 데이터를 처리할 수 있는 컴퓨터를 요구하게 되었다. 이에 따라 LAN과 WAN과 같은 분산 프로세싱 기술을 이용할 수 있는 네트워크가 발달하게 되었으며 통신기술과 소프트웨어 표준화의 중요성을 더욱 부각시키게 되었다(Duysters, 1995a; Bresnahan and Malerba, 1999). 이러한 변화는 통신 기술 발달에 따른 컴퓨터 기술의 진보를 유발하였을 뿐만 아니라, 두 산업 기술간 유사성을 더욱 가속화시킨 역할을 하였다. 더불어, 분산컴퓨팅의 출현으로 컴퓨터 기술간 핵심적 연결이 증가하여 컴퓨터 기술간, 기업간 역동적 상보성(interchangeability, connectivity, interoperability)이 높아져 각 시스템간 호환성을 갖춘 오픈 플랫폼(open platform)의 중요성이 증대되었다. 따라서, 상대방의 핵심 역량을 상보적으로 활용하려는 기업 활동들이 활발하게 발생하게 되었고 기업간 서비스 표준을 위한 협업 형태의 혁신활동이 증가하게 되었다. 이러한 새로운 경쟁 환경은 수직적 통합 구조를 갖춘 기존 대기업의 붕괴(disintegration)를 초래하면서 이질적 역량을 지닌 기업간 협업과 전략 공유 등으로 전문화 또는 분업화가 빠르게 진행되었으며 기술 중심의 중소기업에게 새로운 기술적 기회를 제공할 수 있는 패러다임의 변이가 예상되고 있다(Duysters, 1995a).

위에서 언급한 오픈 플랫폼이라는 새로운 패러다임의 출현은 기존 컴퓨터 시장구조의 변화를 초래하여 슈퍼터 혁신패턴 변이가 예상되지만 본 연구 결과에서는 중소기업의 혁신활동 증가의 뚜렷한 징후는 발견할 수 없었다. 본 연구에서 활용된 컴퓨터 산업 기술은 하드웨어, 메모리 및 칩셋 기술에 한정되어 있는 관계로 상대적으로 중소기업의 혁신활동이 왕성한 소프트웨어 및 시스템 관련 기술이 배제됨에 따른 연구 한계에서 비롯될 수 있다.

컴퓨터 하드웨어 산업에 한정하여 본 연구 결과를 해석하자면, 컴퓨터 산업은 그 성능에 있어서 정보통신산업의 진전과 함께 매우 빠른 속도로 변화의 과정을 거쳐왔다. 특히 하나의 네트워크를 통해 음성과 데이터를 전달하게 됨에 따라 데이터의 융합 및 압축, 데이터 처리 등과 관련된 기술이 급속히 진보하였고 동시에 다양한 서비스를 제공할 수 있도록 고도화, 멀티미

디어화되는 추세를 보여왔다. 이와 같이 컴퓨터 산업의 혁신적 활동과 기술의 다양성이 증가하고 있음에도 불구하고, 컴퓨터 하드웨어 시장에서의 규모의 경제, 학습 효과에 따른 저가 PC 출현과 효율적인 유통채널을 구축한 대기업의 혁신활동이 중소기업의 혁신활동을 추월하는 것으로 해석될 수 있다 (ETRI, 2000a).

반도체 산업 : 반도체 산업은 1930년부터 1950년 중반까지 게르마늄과 실리콘과 같은 반도체 재료로부터 제품의 성능과 기술적 한계를 극복해 왔다. 그 이후 IC, 마이크로프로세스와 RISC와 같은 제품 설계와 Plannar와 같은 공정혁신을 통해 제품의 크기와 원가 및 성능을 향상시켜 왔다 (Duysters, 1995c). 본 연구 결과에서도 알 수 있듯이, 초기 메탈과 같은 재료 가공 중심 기술에서 차츰 시스템 내부의 전기적 충격을 막고 전기적 속도 신호를 안정적으로 처리하기 위한 시스템 중심의 제품 설계 기술과 수렴이 발생함을 알 수 있다 (<표 5> 참조). 위의 결과를 통해 알 수 있듯이, 반도체 산업 (소자 산업)은 타 ICT산업 기술과의 수렴 보다는 가치사슬 상에서 전방위인 재료와 장비기술과의 협업이 더욱 빈번하게 발생하고 있음을 알 수 있다. 또한, 반도체 산업 내 반도체 소자 기술과 재료 및 공급자 기술간 핵심적 연결이 증가하고 있어 반도체 기업간 수직적 역동적 상보성 (VDC)이 상승하고 있음을 증명하고 있다.

반도체 산업의 산업적 특성을 고려해 볼 때, 초기 R&D 투자, 시설 및 설비 등 대규모 고정 비용이 소요되는 산업이며 생산의 평균 비용은 생산량이 확대될수록 감소하는 규모의 경제가 실현 가능한 산업이다. 또한, 생산량이 누적됨에 따라 생산에서의 경험, 노하우, 지식 및 기술 등이 축적되어 효율적인 생산 방식의 구축을 가능케 하는 학습효과가 타 ICT 산업보다 월등히 큰 산업이다 (Jonathan and Marco, 2003; 윤충환과 신승혁, 1997; Gruber, 1996). 따라서, 산업의 성장함에 따라 중소기업보다는 대기업의 혁신 활동이 더욱 빈번할 것이라는 사실을 반도체 산업의 혁신 원천과 산업적 구조로부터 유추할 수 있다.

이상에서 알 수 있듯이 ICT 기술간 수렴이 활발하게 발생하고 있으며 이에 함께 기술의 복잡성과 다양성이 함께 증가하고 있음을 알 수 있다. 결과적으로 새로운 기술과 시장의 출현으로 기업을 중심으로 하는 혁신 주체의의 관련 지식 및 기술의 창출과 습득 노력 또한 증가하여 지식과 기술의 축적성이 증가하고 있다. 이와 더불어 지식간, 기술간, 기업간 역동적 상보성이 점차 증가하고 있으며 상보성 조정과 통합을 위한 노력들이 기업을 중심으로 하는 협업의 형태로 출현하고 있음을 통신산업에서 알 수 있다. 이러한 현상은, 기존 기업과 같은 경쟁자를 기술적 환경적으로 고립시킬 뿐만 아니라, 신규 진입자의 시장진입을 배제하여 산업의 집중도를 높여 산업의 전이 (Mark I to Mark II)를 더욱 가속화하는 역할을 한다. 산업이 발달함에 따라 대규모의 자본과 노동력 그리고 축적된 지식과 기술을 조직의 역량으로 충분히 발휘할 수 있는 대기업 주도의 산업 변이가 발생하는 것도 원인 중 하나이다. 컴퓨터와 반도체 산업에서도 기술적 변화에 따라 기업간 협업의 형태가 출현하고 기존 산업 구조에 많은 도전

과 변화를 요구하고 있지만 산업적 고유 특성에 따라 두 산업 내 혁신 패턴이 Mark I에서 Mark II로 전이하고 있음을 알 수 있었다.

5. 결론 및 향후 연구방향

본 연구의 주요 목적은 크게 세 개의 질문을 통해 대변될 수 있다. 먼저, 첫 번째 질문은 기존 전통경제학적 관점에 대한 의구심에서 출발될 수 있는데, 진화론적 관점에서 볼 때 “ICT 산업에서 어떤 산업혁신체제 요소가 변이 (산업혁신체제의 역동성)하고 있는가?”에 대한 의문이다. 두 번째 질문은 “이러한 변이는 어떠한 요소에 의해 추동되는가?” 마지막으로, ICT산업의 역사적 관점에서 볼 때 “역동성의 원동력과 산업혁신체제의 구성요소가 관여된 내재된 매카니즘 또는 프로세스는 무엇인가?”로 귀결될 수 있다.

이를 분석하기 위하여 본 논문은 산업혁신체제의 구성요소 중 기술적 체제 (기회성, 전유성, 축적성), 기술적 핵심연결, 슈퍼터 혁신패턴의 전이에 초점화하였다. 그 결과 지난 30년 동안 모든 구성요소가 변하고 있음을 발견할 수 있었다. 타 산업과 비교해 볼 때, 특히 반도체 산업은 그 변화가 매우 급격히 커지고 있으며, 이러한 사실은 높은 기술적 전유성과 기회성으로 인해 타 산업으로의 진출을 용이하게 함과 동시에 자신의 시장을 효과적으로 방어하는 역할을 하는 것으로 나타났다. 또한, 통신시장에서 기술간 상호의존성이 낮아지면서 전반적으로 산업의 경계가 모호해지고 있는 것으로 나타났으며, 컴퓨터와 반도체 기술에서 각 산업 기술 내의 상호연관성이 증가하고 있음을 알 수 있었다. 본 결과를 통해, 두 산업 내 기술간 호환성과 의존성이 중요한 변수로 부각될 수 있으며 더불어 기술의 특성을 파악하는데 단초를 제공해 줄 수 있다.

두 번째 질문에 대하여 본 연구는 혁신주체가 기술혁신과 궁극적으로 산업성장을 이끌어 낼 수 있는 혁신의 주요 원천으로서 지식과 기술의 특성에 초점화하여 분석하였다. 먼저, 지식이 점차 과학기반화 그리고 명문화가 가속화됨에 따라 지식에 대한 접근성이 증가하게 된다. 접근성의 증가는 기술적 기회의 증가로 이어져 혁신주체가 R&D 투자를 할 여건을 마련해 줌으로써 혁신을 창출한 기회를 제공해 주게 된다. 연구결과에서 알 수 있듯이, 지식의 속성변화는 반도체 산업과 기업에 가장 호의적인 결과를 낳은 것으로 나타났다. 결과적으로 반도체 산업의 높은 기회성과 전유성은 그들의 학습 매커니즘과 동적 수익 증가 효과를 활용한 지식의 지속적인 창출과 축적을 반복함으로써 ICT산업에서 산업적 우위를 강화하게 하는 요인을 제공해 주었다. 지식의 속성 변화와 함께, 기술적 수렴 현상은 ICT산업에서 발생하는 두드러진 현상 중 하나로 인식되고 있음을 본 연구 결과를 통해 알 수 있었다. 기술적 수렴은 비록

기술적 복잡성을 증가시키지만, 동시에 기술의 다양성을 촉발시켜 새로운 시장이 창출되는 효과를 발생시키게 된다. 그러므로 기업을 중심으로 하는 혁신주체는 관련 지식과 기술을 습득하기 위한 동기를 부여해 준다.

통신, 컴퓨터, 반도체 세 산업의 진화과정을 고찰함으로써 ICT산업의 역동성 메카니즘을 이해하고자 하였다. 1970년 이후 통신과 컴퓨터 산업에서의 기술적 유사성이 증가함에 따라 두 산업간 경계가 모호해져 결국 두 산업에서 시행되었던 규제가 완화되는 결과를 초래하였다. 규제완화와 같은 제도적 지원과 함께 기술적 불확실성이 커지게 됨에 따라 기업간 협업 형태의 산업구조로 빠르게 진행되었다. 특히 통신시장에서는 국가 연구기관을 포함하는 국제적 혁신 네트워크 (ITU, NORDTE, CEPT)를 형성하면서 그들간 역동적 상호보성을 높여왔으며 결국 대기업 주도의 산업 진화를 가속화하였다. 컴퓨터 산업에서는 통신기술과 수렴과 동시에 네트워크의 디지털화가 급속히 진행되면서 대용량의 데이터를 처리할 수 있는 컴퓨터 (분산 컴퓨팅)와 각 시스템간 호환성을 갖춘 오픈 플랫폼이 중요한 이슈로 대두되었다. 이는 기존 수직적 통합 구조를 갖춘 대기업의 붕괴에 따른 전문화 그리고 기업간 상호 협력의 필요성을 강요하게 되었다. 이러한 새로운 기술적 패러다임은 기존 대기업 중심의 산업혁신패턴에 중대한 변화를 초래할 것으로 예상되는데 불구하고, 본 연구에서는 변화를 감지할 수 없었다. 반도체 산업에서는 타 ICT기술과의 수렴보다는 가치 사슬상의 전 후방 산업 기술 (원료 공급 산업과 반도체 장비 산업)과의 기술적 유사성이 증가함을 보였으며 산업의 특성상 대규모의 초기자본과 인력 그리고 축적된 지식과 기술을 요구함에 따라 조직적 역량을 갖춘 대기업에 의해 산업이 주도되고 있는 것으로 나타났다.

결과적으로 기술적 변화에 따라 기업간 협업의 네트워크 형태가 출현하고 기존 산업 구조에 많은 도전과 변화를 요구하고 있지만, ICT산업 전반적으로 슈퍼터 혁신 패턴이 다수의 소규모 기업 주도의 Mark I에서 점차 소수의 대기업 주도의 Mark II로 전이가 발생함을 증명할 수 있었다.

산업혁신체제 이론을 기반으로 ICT산업의 역동성을 증명하고자 하였던 본 연구는 향후 두 가지 방향으로 연구를 진행하고자 한다.

첫째, ICT 관련 분석 특히 기술의 범위를 현재 각 산업별 세 개의 기술에서 확장함으로써 데이터의 대표성을 더욱 높여 분석의 신뢰성을 향상시키고자 한다.

둘째, 본 연구는 ICT산업의 역동성을 추동하는 요소를 지식과 기술의 속성변화로 한정하였다. 특히, 본 연구는 지식의 속성 변화에 대한 실증적 연구가 미진할 뿐만 아니라, 제도와 같은 외부적 요소의 변화로부터 역동성 유발은 고려대상에서 제외되었다. 따라서, 여러 가지 추동요소를 종합적으로 고려한 정교한 분석이 요구된다.

〈참 고 문 헌〉

- 윤충한·신혁승 (1997), 「반도체 산업의 구조, 행태, 성과 - 학습곡선과 가격설정을 중심으로」, 정보통신 산업연구 시리즈 4, KISDI.
- ETRI (2000a), 「PC 기술/시장 보고서」, 40대 품목 기술/시장 보고서, ETRI.
- ETRI (2000b), 「메모리 기술/시장 보고서」, 40대 품목 기술/시장 보고서, ETRI.
- ETRI (2000c), 「마이크로컴포넌트 기술/시장 보고서」, 40대 품목 기술/시장 보고서, ETRI.
- Abernathy, W. and Utterback, J. (1978), "Patterns of Industrial Innovation", *Technology Review*, Vol. 80, pp. 40-47.
- Abetti, A. (1989), "Technology: a key strategic resource", *Management Review*, Vol. 78, pp. 37-41.
- Abramovitz, M. and P. David (1996), "Technological Change and the Rise of Intangible Investments: The US Economy's Growth Path in the 21st", in *Employment and Growth in the Knowledge Based Economy*, Paris: OECD.
- Alvin, K., C. Richard, R. Richard, and S. Winter (1995), "On the Sources and Significance of Interindustry Differences in Technological Opportunities", *Research policy*, Vol. 24, pp. 185-205.
- Benjamin, C. and W. Olivier, (1998), "The Organization of R&D and the Dynamics of Innovation - A Sectoral View", *ESSY Working paper*, Vol. 3, Paris: CREI Univ.
- Bresnahan, T. and F. Malerba (1999), "Industrial Dynamics and the Evolution of Firms' and Nations' Competitive Capabilities in the World Computer Industry", in: Mowery, D. et al. (Eds.), *Sources of Industrial Leadership*, Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Breschi, S. and F. Malerba (1997), "Sectoral Innovation Systems: Technological regimes, Schumpeterian Dynamics, and Spatial Boundaries", in Edquist, C. et al. (Eds.), *Systems of Innovation: Growth, Competitiveness and Employment*, London: Frances Pinter.
- Breschi, S., F. Malerba and L. Orsenigo, (2000), "Technological Regimes and

- Schumpeterian Patterns of Innovation”, *Economic Journal*, Vol. 110, pp. 388– 410.
- Carlsson, B. and R. Stankiewicz (1991), “On the Nature, Function and Composition of Technological Systems”, *Journal of Evolutionary Economics*, Vol. 1, pp. 93– 118.
- Carlsson, B. (1989), “Industrial Dynamics: An Overview”, in Carlsson, B. (Ed.), *Industrial Dynamics: Technological, Organizational, and Structural Changes in Industries and Firms*, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Conceicao, M. (1998), “The Emerging Importance of Knowledge for Development: Implications for Technology Policy and Innovation”, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 58, pp. 181–202.
- Cohen, W. and D. Levinthal (1990), “Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation”, *Administrative Science Quarterly*, Vol. 35, pp. 128–152.
- Dahmen, E. (1989), “Development Blocks in Industrial Economics”, in Carlsson, B. (Ed.), *Industrial dynamics*, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Dasgupta, P. and J. Stiglitz (1980), “Industrial Structure and the Nature of Innovative Activity”, *Economic Journal*, Vol. 90, pp. 266–292.
- David, J., P. Collis B. William, P. Stephen (1997), “Winners and Losers Industry Structure in the Converging World of Telecommunications, Computing, and Entertainment”, in Yoffie, D. (Ed.), *Competing in the Age of Digital Convergence*, Boston: HBS Press.
- Dosi, G. (1988), “The Nature of the Innovative Process”, in Dosi, G. et al. (Eds.), *Technological Change and Economic Theory*, London: Pinter Publishers.
- Dodgson, M. (1996), “Technological Collaboration and Innovation”, in Dodgson, M. et al. (Eds.), *The Handbook of Industrial Innovation*, Cheltenham: Edward Elgar.
- Duysters, G. (1995a), “The Computer industry”, in Duysters, G. (Ed.), *The Evolution of Complex Industrial Systems The Dynamics of Major IT Sectors*, Maastricht: UPM.
- Duysters, G. (1995b), “The Telecommunications industry”, in Duysters, G. (Ed.), *The Evolution of Complex Industrial Systems The Dynamics of Major IT Sectors*, Maastricht: UPM.
- Duysters, G. (1995c), “The Semiconductor Industry”, in Duysters, G. (Ed.), *The Evolution of Complex Industrial Systems The Dynamics of Major IT Sectors*,

Maastricht: UPM.

- Duysters, G. (1995d), "Technological convergence: An empirical analysis", in Duysters, G. (Ed.), *The Evolution of Complex Industrial Systems The Dynamics of Major IT Sectors*, Maastricht: UPM.
- Duysters, G. and J. Hagedoorn (1997), "Technological Convergence in the IT industry: the Role of Strategic Technology Alliance and Technological Competencies", *MERIT working paper*, Maastricht: UPM.
- Edquist, C. (1997), "Sectoral Innovation System: Systems of Innovation Approaches", in: Edquist, C. et al. (Eds.), *Systems of Innovation: Growth, Competitiveness and Employment*, Vol. 1, London: Frances Pinter.
- Edquist, C. and B. Johnson (1997), "Institutions and Organizations in Systems of Innovation", in Edquist, C. (Ed.), *Systems of Innovation: Growth, Competitiveness and Employment*, Vol. 1, London: Frances Pinter.
- Freeman, C. (1991), "Networks of Innovators: A Synthesis of Research Issues", *Research Policy*, Vol. 20, pp. 499-514.
- Greenstein, S. and T. Khanna (1997), "What does Industry Convergence mean?", in Yoffie, D. (Ed.), *Competing in the Age of Digital Convergence*, Boston: HBS Press.
- Gruber, H. (1996), "Trade Policy and Learning by Doing: The Case of Semiconductors", *Research policy*, Vol. 25, pp. 723-739.
- Gruber, H. (2000), "The Evolution of Market Structure in Semiconductors: the Role of Product Standards", *Research Policy*, Vol. 29, pp. 725-740
- Godoe, H. (2000), "Innovation Regimes, R&D and Radical Innovations in Telecommunications", *Research Policy*, Vol. 29, pp. 1033-1046
- Kalvet, T., T. Pihl and M. Tiits (2002), "*Analysis of the Estonian ICT Sector Innovation Systems: Executive Summary*", Estonian EVikings.
- Kuznets, S. (1930), "*Secular Movements in Production and Prices*", Boston, MA : Houghton Mifflin
- Langlois, N. and W. Steinmueller (1999), "The Evolution of Competitive Advantage in the Worldwide Semiconductor Industry", in Mowery, D. et al. (Eds.), *Sources of Industrial Leadership*, Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Lundvall, A. (1993), *National Systems of Innovation*, London: Pinter.

- Malerba, F. and Orsenigo, L. (1990), "Technological Regimes and Patterns of Innovation: a Theoretical and Empirical Investigation of the Italian Case", in Heertje, A. (Ed.), *Evolving Technology and Market Structure*, University of Michigan Press.
- Malerba, F. and L. Orsenigo (1993), "Technological Regimes and Firm Behavior", *Industrial and Corporate Change*, Vol. 2, pp. 45-74.
- Malerba, F. and L. Orsenigo (1994), "Schumpeterian Patterns of Innovation", *Cambridge Journal of Economics*, Vol. 19, pp. 47-66.
- Malerba, F. and L. Orsenigo (1996a), *The Dynamics and Evolution of Industries*, Oxford: Oxford University Press, pp. 51-87.
- Malerba, F. and L. Orsenigo (1996b), "Schumpeterian Patterns of Innovation are Technology - Specific", *Research Policy*, Vol 25, pp. 451-478.
- Malerba, F. (1998), "Sectoral system in Europe - Innovation, Competitiveness and Growth", *ESSY working Paper*, Italy: University of Bocconi.
- Malerba, F. and Orsenigo, L. (2000), *Knowledge, Innovative Activities and Industrial Evolution*, Oxford: Oxford University Press.
- Malerba, F. (2002), "Sectoral Systems of Innovation and Production", *Research Policy*, Vol. 31, pp. 247-264.
- March, J. and H. Simon (1958), *Organization*, Wiley: New York.
- Marshall, A. (1890), *Principles of Economics*, London: Macmillan.
- Marshall, A. (1879), *The Economics of Industry*, London: Macmillan.
- Nelson, R. and N. Rosenberg (1993), "Technical Innovation and National Systems", in: Nelson, R. (Ed.), *National Innovation Systems*, Oxford: Oxford Univ. Press.
- Nelson, R. and Sampat (1998), *Making sense of Institutions as a Factor Shaping Economic Performance*, Mineo.
- Nelson, R. (1996), "The Evolution of Comparative or Competitive Advantage: A Preliminary Report on a Study", in: Edquist, C. et al. (Eds.), *Systems of Innovation: Growth, Competitiveness and Employment*, Oxford: Oxford Univ. Press.
- Nelson, R. and S. Winter (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge: The Belknap of Harvard University Press.
- OECD (1996), *Employment and Growth in the Knowledge - based Economy*, Paris: OECD.

- Patel, P. and K. Pavitt (1995), "Patterns of Technological Activity: their Measurement and Interpretation", in: Stoneman, P. (Ed.), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, Oxford: Blackwell, pp. 14-51.
- Pavitt, K. (1988), "Uses and Abuses of Patent Statistics", in: A.F.J. van Raan (Ed.), *Handbook of Quantitative Studies of Science and Technology*, Amsterdam: Elsevier.
- Pavitt, K. (1996), "Key Characteristics of Large Innovating Firms", in: Dodgson, M. et al. (Eds.), *The Handbook of Industrial Innovation*, Cheltenham: Edward Elgar, pp. 357-366.
- Reddy, N. and S. Cort (1989), "Industrywide Technical Product Standards", *R&D Management*, Vol 19, pp. 13-25.
- Rostow, W. (1952), *The Process of Economic Growth*, Oxford: Clarendon Press.
- Rostow, W. (1960), *The Stages of Economic Growth*, Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Rothwell, R. and M. Dodgson (1996), "Innovation and Size of Firm", in: Dodgson, M. et al. (Eds.), *The Handbook of Industrial Innovation*, Cheltenham: Edward Elgar.
- Schumpeter, J. A. (1939), *Business Cycles*, New York: McGraw Hill.
- Schumpeter, J. A. (1912), *The Theory of Economic Development*, Oxford: Oxford Univ. Press.
- Tidd, J., J. Bessant and K. Pavitt *Managing Innovation: Integrating Technological, Market, and Organizational change*, Science Policy Research University of Sussex (SPRU), Brighton: John Wiley and Sons, Ltd.
- Yoffie, D. (1997), "Introduction: CHES and Competing in the Age of Digital Convergence", in: Yoffie et al. (Eds.), *Competing in the Age of Digital Convergence*, Boston: HBS Press.