

과학기술혁신정책의 새로운 접근방법으로서의 기술시스템: 그 개념 및 실제 적용사례*

A New Approach to Science and Technological Policy: Technological System and Its
Application

성태경(Sung, Tae-Kyung)**

국문요약

본 논문은 Carlsson and Stankiewicz(1991)에 의해 처음으로 소개된 기술시스템(Technological Systems; TSs)의 개념을 발전시키고, 이를 우리나라 평판 프린팅 기술에 적용하였다. 특히 평판 프린팅 기술이 생산 공정기술로서 차세대 기술인 생명공학기술, 정보기술, 환경기술, 나노기술 등과 결합하면서, 하나의 기술시스템으로 창출 및 진화되는 동태적 과정을 분석하였다. 연구결과, 평판 프린팅 기술이라는 특정기술에 초점을 맞춘 기술시스템 접근방법이 국가혁신시스템, 지역혁신시스템, 산업클러스터 등 기존의 접근방법들이 추구하는 정책 목표를 보다 효과적으로 달성시킬 수 있음을 보이고, 이를 하나의 대안적 정책개념으로 제안하였다.

핵심어 : 기술시스템, 과학기술혁신정책, 평판 프린팅 기술

Abstract

This paper reconstructs the concept of technological systems(TSs), which was first introduced by Carlsson and Stankiewicz(1991), and applies the concept to printing technology in Korea. We examine the dynamic process of the technological system of printing technology, co-evolving with biotechnology(BT), information technology(IT), environmental technology(ET), and nano technology(NT). We found that the technology-focused science and innovation policy can reinforce other existing policy tools such as national innovation system(NIS), regional innovation system(RIS), and industrial cluster more effectively.

Key words : Technological systems, Science and technological innovation policy, Printing technologies

* 이 논문은 2004년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음.(KRF-2004-041-H00002)

** 전주대 경영학부 교수, sungtk@jj.ac.kr, 063-220-2542

I. 서론

급속한 기술진보, 정보화, 그리고 ‘글로벌화’로 말미암아 개별기업이든 국가경제든 경쟁우위의 원천으로서 기술적 능력(technological capabilities)을 갖추지 못하면 더 이상의 생존과 발전이 불가능하게 되었다. 그런데 기술적 능력은 한 사람의 발명가나 개별기업의 독립적 노력에 의해서 결정되기보다는 기업과 기업간, 과학자와 엔지니어간, 기업과 대학간, 사용자와 공급자간에 형성된 네트워크(network)에 의존하게 된다. 이에 따라 1980년대 후반부터 과학기술혁신 분야의 연구에서 시스템 접근방법(systemic approach)이 제시되어 왔고, 세계 각국은 이를 토대로 과학기술정책을 수립하여 시행해 오고 있다.

현재 우리나라의 산업 및 과학기술정책도 시스템 접근방법을 토대로 하여 수립·시행되어 오고 있다. 1990년대 말 국가혁신시스템(National Innovation System; NIS)의 개념이 국내에서 거론된 이후 최근에는 과학기술부가 NIS 30대 과제를 추진하고 있고, 정부가 국가균형발전을 정책의 최우선순위로 삼으면서 지역혁신시스템(Regional Innovation System; RIS) 개념을 중시하여 정책을 펴오고 있다. Porter의 다이아몬드 혹은 산업클러스터의 개념도 기업전략 및 산업정책에서 많이 인용되어 왔다.

문제는 이러한 NIS의 개념이 너무 제도적인 측면을 강조하고 있을 뿐만 아니라 국가적인 차원에서 혁신요인을 찾아 배양시키는 작업은 너무나 장기적인 과제라는 것이다. RIS도 미국의 실리콘 벨리나 Route 128처럼 자생적으로 발전되는 것이지, 어떤 지역에 중점지원 산업을 선정하고 인위적으로 시스템을 창출한다는 것은 쉽지 않은 작업이다. 또한 우리나라는 기술의 모방단계와 투자단계를 지나 혁신단계로 이행하고 있고, 반도체기술 이후 이를 대신할 차세대기술(예: 생명공학기술, 나노기술 등)을 활용한 신산업의 발굴 및 육성을 모색하고 있다. 따라서 우리나라의 실정에 맞는 한국형 혁신시스템의 개념을 정립하는 일은 매우 중요한 과제가 되고 있다.

이러한 배경 하에서 본 연구의 목적은 Carlsson and Stankiewicz(1991)에 의해 소개된 기술시스템(Technological Systems; TS, 이하 TS로 표기)의 개념을 과학기술혁신정책의 중심으로 삼을 것을 제안하는 것이다. 즉 어떤 국가, 지역, 산업, 부문, 산업클러스터로부터 출발하는 것이 아니라 기술로부터 출발하여 산업, 부문, 산업클러스터, 지역 그리고 국가로 가는 접근방법이다. 더 나아가서 구체적인 사례를 발굴하여 그 실현가능성 여부도 타진해 보고자 한다.

그러나 TS 개념도 실제 적용상 여러 가지 문제점을 가지고 있으므로, 이를 극복하는 차

원에서 모형을 재구축하고자 한다. 그 첫 번째 문제가 기술에서 출발한다고 하지만 실제 개념이나 실증 연구에서는 부문(산업)혁신시스템(Sectoral Innovation System; SIS)과 마찬가지로 잘 정의된 제품에서 출발하여 기술적인 측면을 강조하는 수준에서 그치고 있기 때문이다. TS 개념을 활용하여 스웨덴의 공장자동화기술을 연구한 Carlsson(1995)도 이러한 한계점을 가지고 있다. 즉 CNC(computer numerically controlled) 공작기계, 산업용 로봇 등의 제품을 규정하고 이로부터 기술적 특성을 다루고 있다. 우리나라의 CNC 공작기계와 산업용 로봇에 대해 각각 연구한 Sung and Carlsson(2003)과 Sung(2004)도 기본적으로 이러한 한계를 가지고 있다. 따라서 이번 연구에서는 구체적으로 특정기술 혹은 특정 기술 군에서 출발하여 하나의 TS가 완성되는 모형을 구축하고자 한다. 두 번째는 TS가 SIS와 달리 시스템의 동태적인 측면을 강조한다고 하는데, 이 역시 정형화된 내용이 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 TS의 동태적인 측면을 구체화하는 작업도 진행될 것이다.

본 연구에서 두 번째로 중요한 목적이자 과제는 구체적인 사례발굴을 통해서 왜 현재의 NIS와 RIS 중심의 과학기술혁신정책이 한계를 가지는지를 보이고, TS의 개념을 토대로 하는 보완적인 과학기술정책이 왜 필요한지를 보여주는 것이다. 현재로서는 특정기술로서 프린팅 기술(printing technology)을 우선 연구대상으로 삼고자 한다. 프린팅 기술의 궤적(trajjectory)을 보면 필사 → 활판 → 스크린 프린팅 → 롤 프린팅 → 평판 프린팅으로 진행되고 있는데, 평판 프린팅 기술은 종전과 달리 고형물질을 정교하게 인쇄할 수 있는 기술로서, 차세대기술인 나노기술(Nano Technology; NT), 생명공학기술(Bio Technology: BT), 환경기술(Environmental Technology; ET) 등에 활용되어질 수 있기 때문이다.¹⁾ 현재 우리나라는 국가차원에서 차세대 기술인 이른바 ‘비엔(BIEN; BT, IT, ET, NT)²⁾ 기술의 융합을 유도하는 정책수립에 관심을 가지고 있으나, 현재 개별적으로 추진되고 있는 실정으로 단순히 제품별, 지역별, 혹은 산업클러스터의 개념으로는 올바른 정책수립에 한계를 보이고 있다. 따라서 이러한 기술의 융합을 매개할 수 있는 사례로서 평판 프린팅 기술을 출발점으로 하여 TS의 구축여부를 분석하고자 하는 것이다.³⁾

요컨대, 본 연구의 목적은 기술혁신 및 경제성장에 대한 기존의 시스템 접근방법 중 TS 모형을 확장발전시키고, 평판 프린팅 기술이라는 특정기술의 TS 구축과정을 보여줌으로써 TS의 개념을 우리나라 과학기술혁신정책의 새로운 접근방법으로 제안하는 것이다.

1) 프린팅 기술을 선정한 이유는 전라북도 지역에서 프린팅 관련 중소기업들이 기술교류회를 결성하고, 공동으로 기술개발을 통해 사업 확대를 꾀하고 있는 실제 사례이기 때문이다. 따라서 차세대기술들과 연관성이 가장 높은 최적이기술이기 때문에 선정한 것이 아님을 밝혀둔다.

2) BIEN이라는 용어는 우리나라에서 여성과학자대회에서 처음으로 사용되었으며, 프랑스어는 '좋다'라는 뜻이다.

3) 이와 같은 연구의 중요성 및 필요성은 김은영(1998), 송위진(2002) 등에서도 제기된 바 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제II절에서는 TS의 개념을 확장발전시킨다. 특히 기존 TS 개념을 모형화 하고 동태적 측면을 보강한다. 제III절에서는 변형된 TS의 개념을 우리나라 평판 프린팅 기술과 BIEN 기술에 적용함으로써 정책적인 시사점을 찾아보고자 한다. 여기서는 몇 가지 구체적인 기술개발사례들이 소개될 것이다. 마지막 제IV절에서는 연구결과를 요약 및 토의하고 결론을 맺는다.

II. TS의 개념 설정

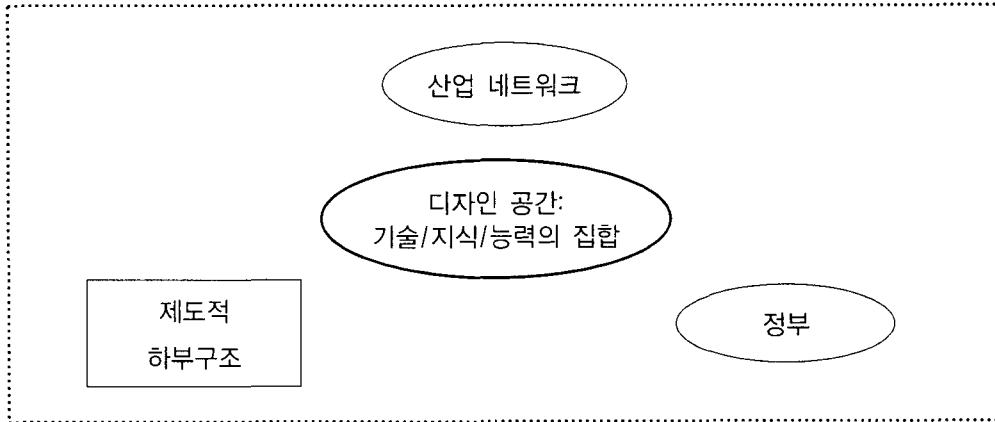
TS의 개념은 Carlsson and Stankiewicz(1991)에 의해서 창안되었다. 이는 SIS 접근방법에서 기술적 체계의 개념이 정태적이고, 잘 정립된 산업이나 제품에서만 출발하기 때문에, 새로운 혁신시스템의 출현이나 기술적 융합 및 수렴의 결과로 나타난 기존체계의 급속한 변형을 분석할 때는 한계가 있다는 점에 착안하여 제안된 개념이다. 따라서 TS는 혁신시스템의 기술적 측면 혹은 특정기술을 강조할 뿐만 아니라 동태적 진화과정을 중시한다.

1. 시스템의 구성요소

TS는 “기술의 확산과 활용을 위해 특정한 제도적 하부구조 하에서 특정기술 분야에서 영향을 주고받는 경제주체들의 네트워크”라고 정의된다(Carlsson and Stankiewicz, 1991, p. 11). 이들은 TS의 개념을 모형화 시키지 않았지만, <그림 1>에서 보는 바와 같이 디자인 공간(design space)으로서의 기술/지식/능력 집합, 산업 네트워크, 그리고 제도적 하부구조 등 세 가지 구성요소로 모형화 시킬 수 있다.⁴⁾ 그림에서 가장자리 선을 점선으로 나타낸 것은 TS의 범위가 명확히 구분되지 않으며 유동적임을 의미한다. 즉 TS 자체는 동태적으로 진화하는 생명체와 같은 존재로 보면 된다.

4) 미국 Case Western Reserve University의 Bo Carlsson 교수도 자신이 창안한 TS 개념이 이와 같이 모형화될 수 있음을 필자에게 확인해 준 바 있다. 특히 최근 Stankiewicz(2002)는 기술 및 지식의 집합인 디자인 공간의 개념을 중시하고 있다.

〈그림 1〉 TS의 구성요소



1) 디자인 공간: 기술/지식/능력의 집합

혁신시스템의 기능은 기술을 창출하고, 확산시키며, 이를 활용하게 하는 것이다. 그러므로 시스템의 주요 특징은 경제활동의 주체들로 하여금 경제적 가치를 가지는 기술들—노하우뿐만 아니라 기계 등도 포함—을 창출하고 확산시키며, 활용하게 하는 것이다. 경제적 혹은 기술-경제적(techno-economic) 능력은 기업경영의 기회를 규정하고 이용하는 능력을 말한다(Carlsson and Eliasson, 1994). 경제적 능력은 네 가지의 유형이 있다. 즉 선택적(혹은 전략적)능력, 조직적(혹은 조정) 능력, 기능적 능력, 그리고 학습능력 등이다.

첫째, 선택 혹은 전략적 능력이란 시장, 제품, 기술, 조직구조 면에서 혁신적 선택을 하는 능력, 기업가적인 활동에 전념하는 능력, 그리고 핵심인력 및 핵심자원을 선택하고 획득하는 능력을 말한다. 선택적 능력과 관련하여 핵심문제는 효과성(effectiveness), 즉 우리가 현재 올바른 것을 수행하고 있는가(doing the right things)의 문제이다. 일반적으로 이러한 능력은 어느 기업이나 보유하는 것으로 가정하고, 기업 간 능력의 차이가 없는 것으로 가정하나, 실제에 있어서는 그렇지 못하다. 선택적 능력 중 중요한 부분은 수용자의 능력(receiver competence) 혹은 흡수능력(absorptive capacity)이다. 이 능력은 기업과 연관된 기술적 및 경제적 정보를 파악하는 능력, 기술 및 시장기회를 포착하는 능력, 그리고 기술 개발에 필요한 지식, 정보, 기능 등을 획득하는 능력을 말한다. 우리나라의 경우 기술의 발전과정에서 모방시기에 가장 요구되었던 능력으로 볼 수 있다.

둘째, 조직능력이란 통합 또는 조정능력을 말한다. 이는 하나의 조직에서 중간관리자들이 수행하는 기능으로, 그 조직은 전체적인 목표가 달성되도록 조직 내의 자원과 경제적 활동을 조직하고 조정하는 능력을 의미한다. 또한 기존 지식과 기능의 새로운 조합을 통하여 기술을 개발하고 개선하는 능력도 포함한다.

셋째, 기술능력이란 기술을 개발하고 그것을 시장에서 효과적으로 활용하기 위해서 시스템 내에서 다양한 기능들을 효율적으로 수행하는 능력을 말한다. 이는 효율성(efficiency), 즉 우리가 어떤 일을 올바르게 하고 있는지(doing things right)의 문제이다.

넷째, 학습능력이란 성공뿐만 아니라 실패로부터도 교훈을 얻을 수 있는 능력, 실수를 파악하고 이를 바로잡을 수 있는 능력, 시장의 신호를 읽을 수 있는 능력, 그리고 시스템을 통해서 기술을 확산시키는 능력을 말한다. 특히 이 능력은 장기적 생존을 위해서는 필수적이다. 현재 시점에서 효과적이고 효율적인 기업도 만약 변화하는 환경, 특히 기술변화에 적응하지 못한다면, 더 이상 효과적일수도 효율적일 수도 없게 될 것이기 때문이다.

디자인 공간이란 위에서 열거된 기술/지식/능력의 집합이 엮어져 가는 범위라고 할 수 있다. Stankiewicz(2002)는 이러한 디자인 공간을 '레고'(Lego) 게임에 비유하고 있는데, 하나의 경기자로서의 엔지니어(혹은 경영자)는 특정 디자인 공간을 섭렵한 사람이지만 소프트웨어나 하드웨어 측면에서 전입자로부터 지식을 학습 및 습득한다. 따라서 디자인 공간은 개별 엔지니어(혹은 경영자)의 새로운 아이디어는 그의 개인적인 디자인 공간이 아니다. 기술혁신의 성과들은 사회에 의해서 집단적으로 선택되어 지며, 기술적 전통의 일부가 된다. 즉 하나의 공공재로서의 기술하부구조(technological infrastructure)의 성격을 지니게 되는 것이다. 이러한 디자인 공간의 특성은 기술적 기회의 범위와 효과적인 탐색 전략의 특성을 결정하게 된다.⁵⁾

2) 산업 네트워크

산업 네트워크는 제품 혹은 서비스의 공급자와 사용자가 상호 작용하는 네트워크이다. 전통적인 산업조직이론에 의하면, 잘 정의된 시장에서 동질적인 제품을 생산하는 기업들로

5) 기술/지식/능력의 집합으로서의 디자인 공간은 TS에서만 나타나는 독특한 개념은 아니다. 예를 들어 Malerba and Orsenigo(1993, 1995), Breschi and Malerba(1997), Malerba(2002, 2004) 등에 의한 SIS에서 강조되는 기술적 체계(technological regimes)의 개념이 이와 유사하다. SIS는 기술혁신이 산업간 혹은 부문 간에 따라 다르게 진행된다는 점에 초점을 맞추고 있다. 즉 산업마다 기술적 기회 및 전용성 여건, 기술지식의 누적정도, 그리고 관련 기술지식의 특성 등으로 요약되는 기술적 체계가 상이하며, 이에 따라 기술혁신의 과정이 다르게 진행된다고 본다. 따라서 TS에서의 디자인 공간과 기술적 체계의 차이는 전자가 어떤 특정 분야의 기술/지식/능력 자체를 의미한다면(예: 자동화기술의 기술하부구조), 후자는 어떤 특정 산업이 가지는 기술적 특성(예: 컴퓨터산업의 기술특성)이라는 점에 있다고 볼 수 있다.

구성된 하나의 산업이 분석단위가 된다. 그러나 TS의 구성요소로서의 산업조직은 이보다는 더 광의의 개념이며 복잡하다.

그것은 다음 세 가지 네트워크 요소 측면에서 시장 및 시장외적인 상호작용을 포함한다. 첫째는 투입산출의 관계(input-output relationships)이다. 이는 기술혁신활동에 있어서 생산자-사용자 관계(Lundvall, 1985; 1988), 수직적으로 통합된 부문(Pasinetti, 1981), 지원산업과의 연계(Porter, 1990; 1998) 등을 말한다. 중소기업과 대기업간의 수직적 하청관계가 대표적인 예가 된다. 둘째는 지역적인 측면으로, 한 지역 내에 위치하는 산업단지(industrial districts) 혹은 산업군집(industrial clusters)을 포함한다. 중소기업을 위한 테크노파크 혹은 테크노폴리스 등이 이에 속하며, 이들은 국가 혹은 범세계적인 체제와 연결될 수도 있다. 셋째는 경쟁과 협력이 모두 필요하기는 하나 경쟁보다는 협력이 강조되는 측면이다. 기술 및 과학의 융합화 추세로 인하여 협력의 중요성은 더욱 커지고 있다. 따라서 TS 내의 산업조직은 협회나 일시적 컨소시엄 등 생산자간의 협력관계를 포함한다. 산업조직 내의 기업들은 산업협회와 같은 공식적인 네트워크뿐만 아니라 전문적인 회의, 책자발간 등과 같은 비공식적인 네트워크에 의해서도 기술적인 지식을 모으고 분배한다.

3) 제도적 하부구조

어떤 하나의 TS 내에서 제도적하부구조란 기술창출과 확산의 과정을 지원하고 통제하는 제도적인 조정의 집합, 즉 법규나 조직들을 말한다. Carlsson에 의하면 두 종류의 제도적 하부구조를 상징하는 것이 편리하다고 제안한다. 하나는 지식의 생산과 유통에 관련된 것이고, 다른 하나는 기본적 경제제도와 정부의 역할이다. 전자는 R&D제도, 교육기관, 공공 혹은 민간연구소, 그리고 각종 기술센터를 포함한다. 특히 산업계와 대학의 R&D 협력체제는 대학의 전문지식을 산업현장으로 이전시키는 역할을 한다. 후자는 기술혁신과정에 내재하는 불확실성과 위험을 낮추어주는 금융시스템과 특허제도를 포함한다. 정치시스템이나 가치체제도 기술의 창출과 확산에 간접적으로 영향을 미치므로 제도적 하부구조를 형성하는 요소로 볼 수 있다. 정부구매정책, 보조금 등 정부정책도 제도적 하부구조의 범주 안에 들어간다.

정부는 TS들을 창출하고, 조직하며, 강화시키는 활동주체가 될 수 있으므로 TS의 중요한 구성요소가 된다.

2. 시스템의 동태적 측면

그렇다면 기술확산을 위한 TS는 전체적인 관점에서 어떻게 창출될 수 있으며, 진화하는가? 식물이 성장하는 것처럼, TS의 진화과정은 시스템 내에 있는 구성요소들 혹은 경제주체들간의 상호작용의 결과로 보고 있다. Carlsson and Stankiewicz(1991)에 따르면, TS 내의 '구조적인 긴장(structural tensions)'이 발전의 잠재성을 창출한다. 그리고 이러한 발전의 잠재성이 더 이상 존재하지 않을 때, TS의 동적인 힘은 소진된다. 이러한 생각에 바탕을 두고 TS의 작동과정을 추적해 볼 수 있다. 먼저 TS를 작동시키는 주체가 있어야 하는데, 정부, 기업가, 혹은 자원-인적자원 혹은 아이디어의 집적(a certain density of resource)⁶⁾ 등이 그러한 역할을 수행한다. 어떤 유형으로든지 일단 TS가 작동하게 되면, 하부구조 간 혹은 경제활동주체 간에 상호작용이 진행되면서 네트워크가 형성되어질 것이다. 이 과정에서 활동주체간의 연계, 자본조달 등 새로운 기능들이 수행되어지며, 동시에 다양한 경제주체와 기관이 시스템 내로 들어오게 된다. 구체적인 예로, 신기술의 상업화를 위한 모험자본(venture capital)은 주식취득, R&D자금지원, 직접대출 등의 수단을 통하여 가능한데, 이는 모험자본기업, 개인, 고객, 대학, 지방정부 등에 의해서 공급된다. 무엇보다도 시스템 내의 다양한 행동주체 혹은 기관들 간의 상호작용을 유발하고 이를 유지시키는 연계기관(bridging institutions)의 역할이 중요하며, 시스템 내 누군가에 의해서 이 기능이 수행되어야 한다. 특히 기술혁신의 성과를 창출하고 이를 확산시키는 동인으로서의 지적재산권제도 및 경제적인 이득의 배분시스템이 잘 작동되어야 시스템이 제대로 작동될 것이다.

이와 같이 TS가 창출되고 진화해 나가면서 어떤 시점에 도달하게 되면, 그 시스템은 기술적 디자인 공간, 산업네트워크, 그리고 제도적 하부구조 측면에서 성숙하게 되어, 자체적으로 수익체증을 실현하는 하나의 네트워크가 될 것이다.

III. 적용 사례: 프린팅 TS의 구축

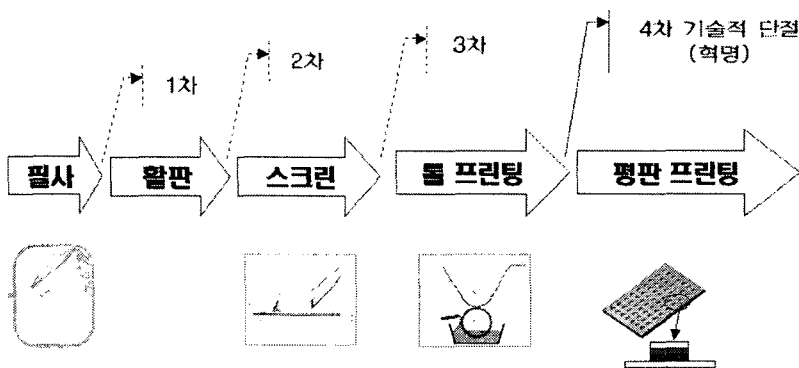
본 절에서는 앞에서 설정한 TS의 개념을 프린팅 기술에 적용하고자 한다. TS의 핵심 구성요소는 기술 및 지식에 있으므로 프린팅 기술의 진화과정과 BIEN 기술들을 먼저 살펴보고자 한다.

⁶⁾ 이를 임계모체(critical mass)라 부르고자 한다. 이는 혁신활동이 시스템화 되기 위해서는 경제활동주체 간 어떤 최소 수준의 상호작용의 밀도 혹은 빈도가 필요하다는 생각에 바탕을 둔 것이다.

1. 프린팅 기술의 궤적

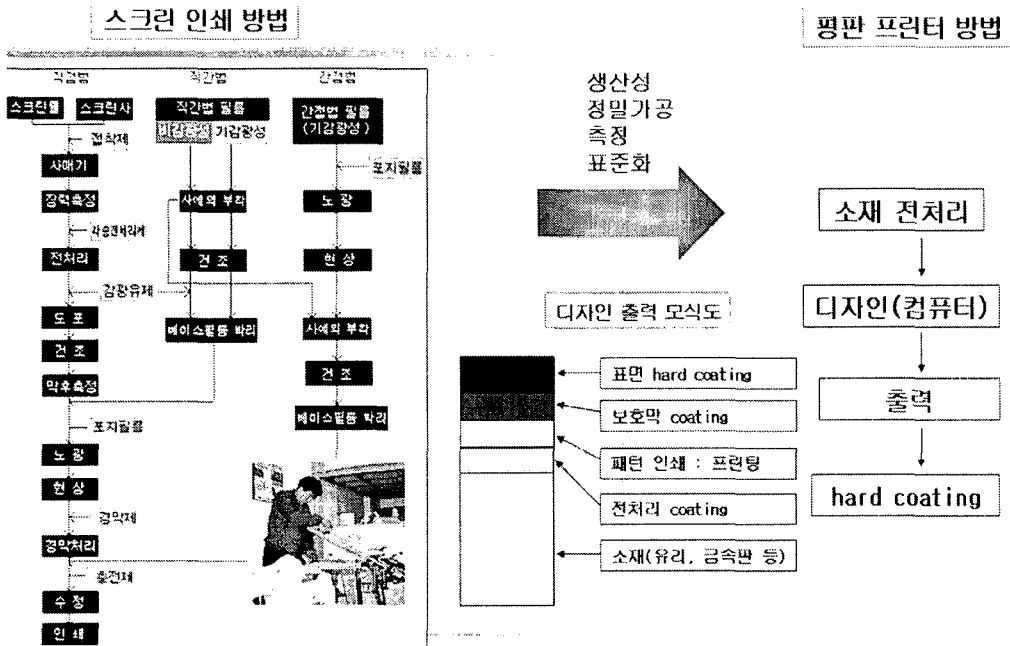
인류의 프린팅 기술을 역사적으로 추적해 보면 크게 네 번의 기술적 단절(technological discontinuity)을 거치면서 발전해 왔다(〈그림 2〉 참조). 첫 번째 기술적 단절은 필사에서 활판으로의 기술진보이다. 이는 독일의 쿠텐베르그나 우리나라의 금속활자를 생각하면 쉽게 이해될 수 있다. 두 번째 기술적 단절은 활판에서 스크린으로의 기술진보이다. 프로세스 인쇄라고도 하는 스크린 인쇄는 등사판과 유사한 일종의 공판 인쇄법이다.⁷⁾ 세 번째 기술적 단절은 스크린에서 롤 프린팅으로의 기술진보이다. 이는 최근 많이 사용되고 있는 레이저 프린터들이 채용하고 있는 기술이다. 네 번째 기술적 단절은 아직 보편화 되지는 않았지만, 상용화되고 있는 평판프린팅 기술로 잉크젯 프린팅 기술을 생각하면 된다. 롤 프린팅 기술과 평판프린팅 기술의 기본적인 차이점은 프린팅 대상의 차이에 있다. 즉 롤 프린팅 기술은 종이처럼 프린터기기와 프린팅 대상이 밀착되어 있어야 하지만, 평판 프린팅 기술은 양자가 밀착되어 있지 않아도 정교하게 프린트 할 수 있다. 예를 들어 평판프린팅 기술을 사용하면, 표면이 고르지 못한 공예품 혹은 제조품 등에 그림이나 글자를 인쇄할 수 있다.

〈그림 2〉 프린팅 기술의 기술궤적(technological trajectory)



7) 스크린 인쇄는 여러 가지 방법이 있는데 실크스크린 인쇄의 경우는 결이 거친 견포에 인쇄용 도료의 여과를 차단하도록 한 문자나 그림의 형을 만들고, 이천을 틀에 바른 것을 고무롤러를 사용하여 인쇄하는 방법이다.

〈그림 3〉 평판 프린팅 기술의 장점



주: 기술의 의미를 명확히 하기 위해서 영문을 그대로 사용하였음(이하 그림 및 문장에서도 마찬가지임).

평판 프린팅 기술의 장점은 〈그림 3〉에 요약되어 있다. 그림에서 보는 바와 같이평판 프린팅 기술을 활용하면 공정이 단축되며, 인쇄방식의 디지털화가 가능하다. 또한 표준화를 통해서 양과 질 면에서 정밀성을 달성할 수 있으며, 환경문제도 해결할 수 있고, 잉크원료와 관련하여 나노기술을 활용할 수 있다. 뿐만 아니라 경제적인 면에서 불량률을 감소시킬 수 있다.

2. BIEN 기술

BIEN 기술은 차세대기술로서 국가 간 개발경쟁이 격화되고 있으며, 분야에 따라서는 가시적인 성과가 나타나고 있는 기술 분야이다. 우리나라의 경우도 정부가 이 기술들을 포함하여 10대 차세대 성장 동력산업을 선정함에 따라⁸⁾ 이에 대한 기술적 및 경제적 연구들이

⁸⁾ 10대 차세대 성장산업은 디지털 TV/방송, 디스플레이, 지능형 로봇, 미래형 자동차, 차세대 반도체, 차세대 이동통신, 지능형 홈 네트워크, 바이오신약장기, 디지털 콘텐츠/SW 솔루션, 차세대전지이다.

활발하게 진행되어 왔다. 이하에서는 BIEN 기술들을 간략하게 소개한다.

1) BT(생명공학기술)

BT는 발효, 품종개량, 제약 등을 포함하는 일련의 전통적인 기법 및 기술에 뿌리를 두고 있으며, 유전공학, 단백질공학, 항체공학, 세포공학 등을 포함하는 기술 군을 말한다. 바이오산업(bio industries)이란 이러한 BT를 활용하여 생명시스템 및 소재의 창출, 가공, 조작에 의존하는 모든 산업들을 말한다. 즉 의료, 농업, 식품, 환경, 생명소재, 생화학, 에너지 등을 포함한다.

역사적으로 볼 때, 이들 분야들은 기술이나 산업측면에서 공히 전혀 별개의 영역으로 발전되어 왔으며, 각 영역 내에서도 여러 분야로 나뉘어져 왔다. 그러나 현재 가장 두드러지게 나타나는 특징은 각 영역 간 혹은 영역 내에서의 발생하는 기술 수렴(technological convergence)의 정도가 매우 높아졌다는 것이다. 예를 들어 게놈기반 기술은 의료나 농업에 활용되어질 수 있고, 식품기술과 제약은 기능성 식품이라는 분야로 수렴하고 있다. 따라서 우리는 광범위한 뿐만 아니라 통합된 하나의 BT 복잡계의 출현을 목격하고 있다. 더 나아가서 BT는 IT, NT, ET 등과 융합하면서 또 다른 산업군을 창출할 수 있는 잠재력을 가진 기술이다.

2) IT(정보기술)

IT는 소리, 데이터, 이미지 등을 포함하는 정보의 수집 저장 전송에 사용되는 일련의 기술로서, 마이크로일렉트로닉스, 광전자기술, 그리고 이들 기술에 의존하는 여타의 기술을 말한다. 정보화 사회의 근간이 되는 IT는 초기에는 그 초점이 PC, 산업용로봇, NC공작기계 등 개별 장비에 두어졌으나, 최근에는 네트워크 구축을 위해 통신과 결합되는 추세를 보이고 있다. IT의 유망분야로는 4세대 이동통신, 대용량 광전송시스템, 고속인터넷 네트워킹 기술 등 네트워크 기반기술, 테라비트급 광통신 부품, 고밀도 정보저장 장치 등 핵심부품기술, 그리고 멀티미디어 단말기, 전자상거래, 신호처리기술 등 정보처리 시스템 및 소프트웨어 기술을 들 수 있다.

3) ET(환경기술)

ET는 환경오염을 저감·예방·복원하는 기술로서 환경기술, 청정기술, 에너지기술, 해양

환경기술 등을 포함한다. 환경기술로는 대기오염물질 저감 및 제거기술, 폐기물처리 및 활용기술 등이 개발되고 있으며, 청정기술로는 청정원천공정기술 등이, 에너지기술로는 에너지 소재기술, 미활용에너지 이용기술, 연료전지기술, 수소생산이용기술 등이, 그리고 해양환경기술로는 해양환경관리기술, 연안생태계 복원기술 등이 개발되고 있다.

4) NT(나노기술)

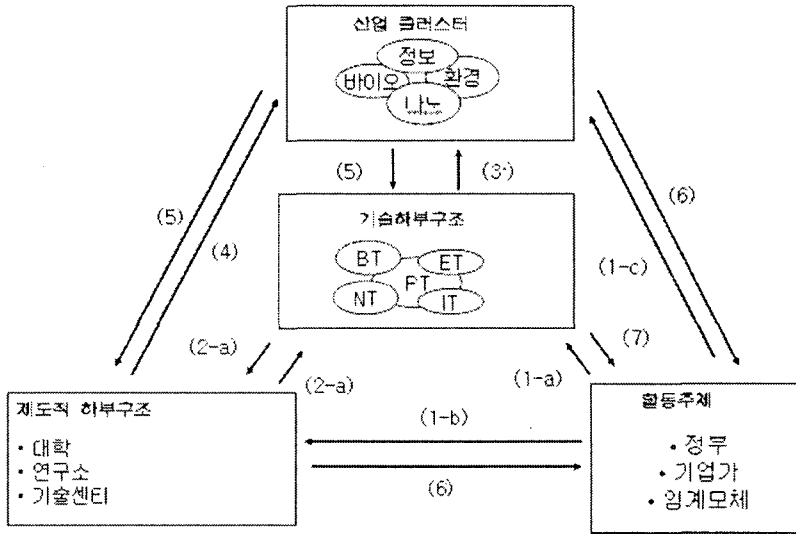
NT는 분자 혹은 원자 단위의 수준(1nm-100nm)에서 물질을 규명하고 제어하는 기술을 말한다. 즉 미세한 나노물질을 적절히 결합시킴으로써 기존 물질의 변형 및 개조는 물론 유용한 재료, 소자 및 시스템을 창출하고, 나노물질의 새로운 특성이나 현상을 탐구하는 기술이다. 따라서 NT는 신기술이라기보다는 '새로운 발견'으로 마이크로 수준의 반도체기술의 한계를 극복할 수 있는 새로운 과학기술분야이다. 예를 들어 원자핵 주변의 전자 한 두 개를 제어하여 작동하는 소자, 단 몇 개의 암세포도 검출해 낼 수 있는 초고감도 센서, 인간의 몸을 탐사하는 초미세 로봇, 철강보다 5분의 1이나 가볍지만 10배 이상 강한 신소재 등 초미 세계를 실현하는 기술이다. NT는 크게 나노제조기반기술, 나노구조체(디바이스)기술, 나노재료기술 등으로 구분되며, 정보통신, 환경, 의료보건, 재료, 생명공학 등 다양한 분야에 응용되는 기술이다.

3. 평판 프린팅 TS

〈그림 4〉에는 프린팅 기술과 BIEN 기술을 토대로 하는 TS의 형성과정을 그려 놓았다. 그림에서 보는 바와 같이 평판 프린팅 TS(Printing Technological System; PTS)은 네 개로 구성된다. 첫째는 기술의 디자인 공간으로서의 기술하부구조이다. 둘째는 프린팅 기술로부터 직접 파생되거나, 프린팅 기술이 BIEN 기술 등과 융합하면서 창출되는 잠재적 산업 클러스터이다. 셋째는 대학과 연구소 등은 물론 특허제도 등 법적 제도까지 포함하는 제도적 하부구조이다. 넷째는 PTS가 창출되거나 유지되게 하는 힘으로서의 연계기관의 역할이다.

그림에는 TS가 형성되는 동태적 과정도 표시해 놓았다. 예를 들어 과정 (3)은 프린팅 기술이 BIEN 기술들과 융합하면서 잠재적인 제품 혹은 산업 군으로 이어지는 혁신의 과정을 보여주고 있다. TS의 출발점은 지역이나 제품이 아닌 기술 자체이므로 먼저 단계 (3)에 초점을 맞추어 논의를 진행하고자 한다.

〈그림 4〉 평판 프린팅 기술시스템(PTS)



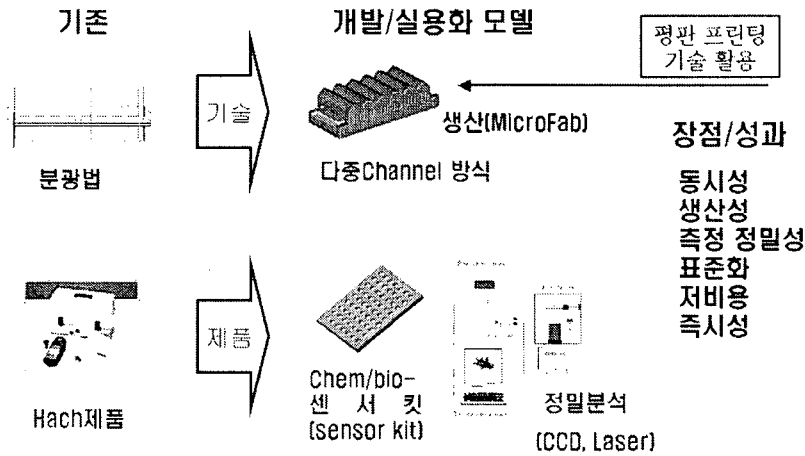
1) 프린팅 기술과 BIEN 기술의 결합

평판 프린팅 기술과 BIEN 기술의 결합은 기술의 디자인 공간, 즉 기술하부구조 영역에서 이루어진다. 즉 기술 디자인 공간에서 프린팅 기술이 BT, IT, ET, NT 등에 복합적으로 활용되면서 새로운 기술을 탄생시킨다. 물론 이러한 기술 활용은 실현된 것이 아니므로 기술 자체에 대해서는 정확하게 예측하거나 설명할 수는 없다. 그러나 시장과 기술능력을 토대로 실현 가능성을 검토해 본 결과, 다음 몇 가지 조합이 도출될 수 있다.⁹⁾

첫째는 평판 프린팅 기술이 ET 및 NT와 결합되는 경우이다. 현재 ET 수준은 디지털화가 매우 미흡한 수준으로, 디지털 측정기술이 중요한 기술개발과제가 될 것이다. 평판 프린팅 기술을 활용한 환경측정센서의 개발을 그 대표적인 예로 들 수 있는데, 미세한 입자를 사용해야 하므로 NT도 필요하다.

⁹⁾ 이는 '일만소'(전주대 이공계열 교수 중심의 연구회)라는 전문가 집단에서 논의된 내용을 토대로 한 것이다. 이 전문가 집단에는 필자를 포함하여 물리학, 생물학, 환경공학, 컴퓨터공학, 경영학, 인문학 전공 교수 등 10여명이 참여하고 있다(성태경, 2004 참조). 참여 교수들의 요구에 의하여 기술개발의 자세한 내용은 생략하였다.

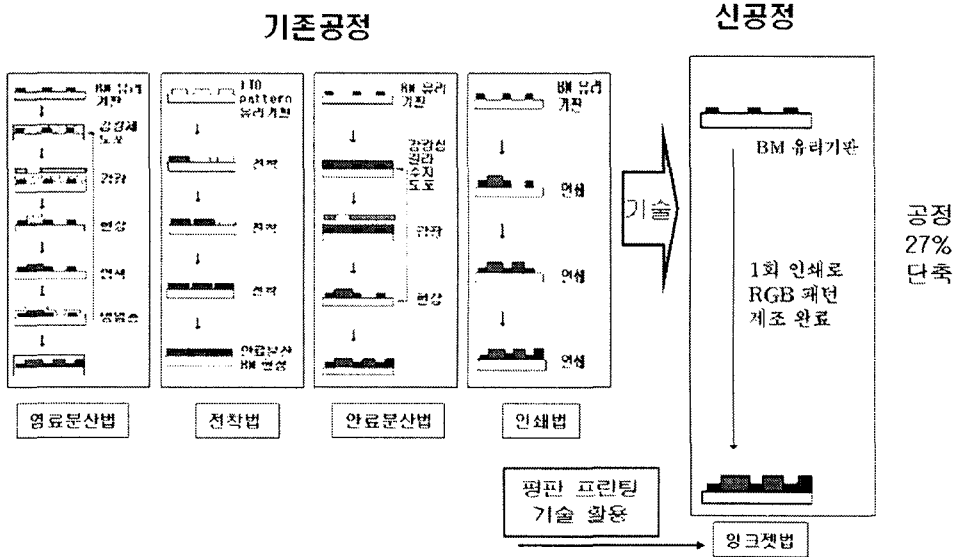
〈그림 5〉 평판 프린팅 기술과 ET 및 NT의 결합: 환경측정 센서



〈그림 5〉에서 보는 바와 같이 환경오염 측정 센서의 기존 기술은 분광법에 의한 것으로 평판 프린팅 기술을 활용하면, 다중채널 방식의 기술이 가능하다. 이때 입자를 적층구조로 만드는 과정이 중요한데, 프린팅 기술을 통한 MicroFab을 제조할 수 있게 된다. 이 과정에서 잉크의 개발도 필수적이다. 즉 기존의 유성잉크의 개념이 아닌 Microfab용 잉크, 즉 Chem/bio 잉크로 바뀌어야 한다. 이렇게 되면 제품도 기존의 Hach제품에서 Chem/bio 센서 키트로 전환할 수 있다. 이 신제품은 50 여 가지의 오염정도를 동시에 측정할 수 있으며, 정밀하게 즉시 측정할 수 있는 장점을 갖는다. 또한 생산비용이 절감되며, 측정의 표준화라는 부차적인 효과도 거둘 수 있다.

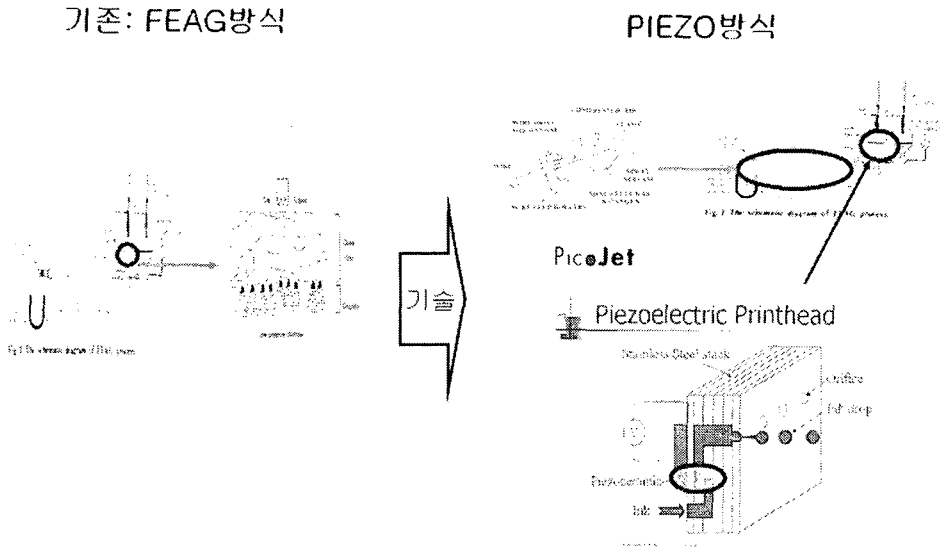
둘째는 평판 프린팅 기술이 IT 및 NT와 결합되는 경우이다. IT는 반도체의 경우에서 보는 것처럼 그 특징이 설비 집약적 산업으로, 향후 혁신적 공정개선이 요구되고 있다. 바로 이러한 공정혁신에 프린팅 기술이 활용될 수 있다. 프린팅 기술과 IT가 결합되는 구체적 사례로는 TFT-LCD용 Color Filter를 들 수 있다. 현재 이 제품의 생산방법은 〈그림 6〉에서 보는 바와 같이 염료분산법, 전착법, 연료분산법, 인쇄법 등 네 가지가 있는데, 문제는 각 방법의 생산공정이 여러 단계를 거쳐야 한다는 것이다. 그러나 평판 프린팅 기술을 활용한 잉크젯 법을 이용하면, 단 1회 인쇄로 RGB 패턴 제조를 완성할 수 있다. 이렇게 되면 전체 공정의 27%를 단축하게 되어 이에 상응하는 제조원가를 절감할 수 있다. 이 과정에서 미세한 나노 입자가 필요하므로 NT도 필요하다.

〈그림 6〉 평판 프린팅 기술과 IT의 결합: TFT-LCD용 Color Filter



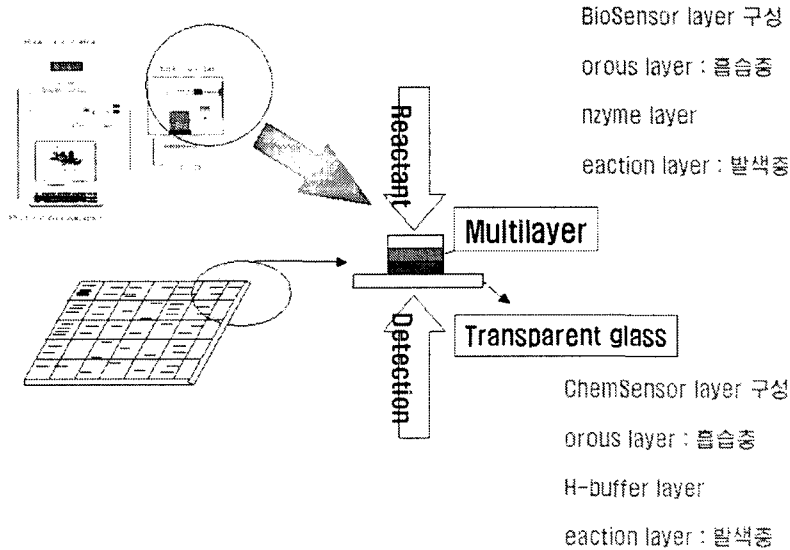
셋째는 평판 프린팅 기술이 NT기술에 직접적으로 응용되는 경우이다. 현재 NT의 문제는 물질생산비용이 너무 높고, 물질의 사용처가 많지 않다는 것이다. 따라서 기술개발의 방향은 생산비를 절감하고, 정밀패턴을 달성하는 것이다. 보다 구체적으로는 나노물질의 출력 속도 및 출력 폭을 개선시키고, 균일성을 확보하며, 소재물질을 개발하여 나노 물질화시키는 일이다. 요컨대 NT 분야에서 나노 분말(nano particle)의 생산이 핵심과제이다. 이러한 과제를 평판 프린팅 기술 통하여 풀 수 있다. 〈그림 7〉에서 보는 바와 같이 현재 나노분말 생산기술은 FEAG 방식인데, 평판 프린팅 기술을 활용한 PIEZO 방식으로 전환시키면 된다. 즉 Droplet 발생장치를 기존의 FEAG 필터 대신에 피에조 프린트 헤드(piezoelectric printhead)를 사용하면 되고, 기존의 용광로(furnace) 대신에 플라즈마 샤워 룸(plasma shower room)을 사용하면 된다.

넷째는 평판 프린팅 기술이 BT에 응용되는 경우이다. 현재 BT 분야에서 기존기술의 문제는 공정의 수가 너무 많으며, 수요 대비 생산설비가 과다하다는 것이다. 따라서 개발되어야 할 기술은 다중일회 공정기술이며, 정량 및 미량을 다룰 수 있는 기술이다. 특히 BT는 IT와 접목이 필수적이며, 생물정보학(bio informatics)과의 연계가 요구되고 있다. 평판 프린팅 기술이 BT와 연계되는 구체적인 사례는 바이오칩(bio chip)의 제작을 들 수 있다. 즉 바이오칩 제작 시에 평판 프린팅 기술을 사용하여, 투명유리(transparent glass) 위에 적층 구조(multilayer)를 입히는 것이다.



〈그림 7〉 평판 프린팅 기술과 NT의 결합: 나노 분말대량생산기술

〈그림 8〉에서 보는 바와 같이 바이오칩은 크게 바이오센서 배열 층과 화학센서 배열 층으로 구성되는데, 각 층을 프린터로 정교하게 통제하여 배열하는 방법이다. 구체적 기술개발내용은 첫째, 피에조 잉크젯(piezoelectric inkjet) 방식을 이용하여 DNA 칩 제조용 Microfab을 구축하여 상용화 하고 둘째, 올리고 합성방식(in situ oligo synthesis) 방식의 DNA칩을 개발하며, 비만 관련 유전자 분석을 위한 DNA 칩을 고안 및 제작하는 것이다.



〈그림 8〉 평판 프린팅 기술과 BT의 결합: 바이오 칩 제작

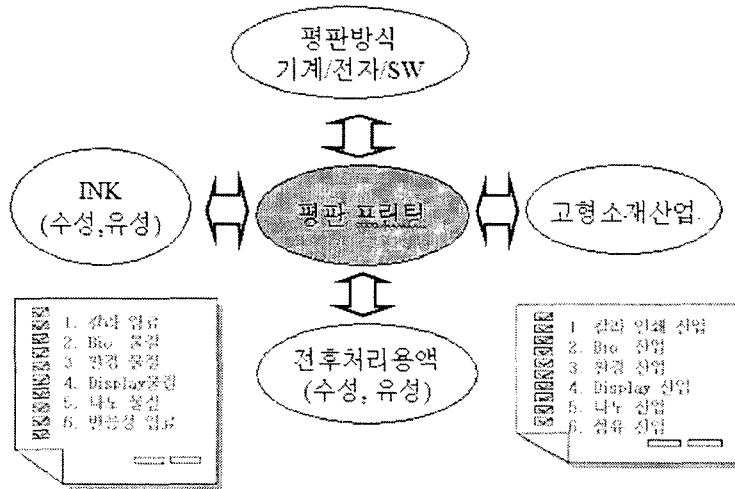
2) 기술에서 산업으로

앞에서는 평판 프린팅 기술이 ET, IT, NT, BT 등과 결합될 수 있는 가능성을 구체적인 사례를 들어 설명하였다.¹⁰⁾ 그러나 이러한 사례들은 기술적인 가능성만을 근거로 한 것이므로 기술들이 상용화되어 산업화되기 위해서는 시장이 확보되어야 한다. 평판 프린팅 기술이 ET, IT, NT, BT 등과 결합되면서 형성되는 시장을 예측하여 산업화의 정도를 예측하는 것은 본 연구의 범위를 벗어나는 과제이다.¹¹⁾ 따라서 여기서는 신기술의 창출 및 확산과 함께 시장이 창출되거나 기존시장을 충분히 대체한다는 전제하에 나타날 산업들을 예측해 보고자 한다.

〈그림 9〉에는 평판 프린팅 기술을 출발점으로 나타날 산업들이 예시되어 있다. 산업이 형성될 방향은 네 가지 정도로 볼 수 있다. 첫째는 고형소재산업 분야로 컬러인쇄산업, 바이오산업, 환경산업, 나노산업, 디스플레이산업, 섬유산업 등이다.

10) 이상에서 소개한 일부 기술은 특허를 획득하여, 기술평가(technology evaluation)까지 받았음을 밝혀둔다.

11) 필자가 참여하는 전주대 이공계열 교수연구회인 '일만소'에서도 각 기술에 대한 시장예측을 시도하였다. 그러나 이는 기존자료를 참고한 간접적인 예측이라는 한계를 가지므로 본 연구에서는 소개하지 않는다. 다만 BIEN 기술에 대한 시장이 커질 것이라는 데 대해서는 대부분이 의견을 같이 하고 있다. 각 기술별 구체적인 시장예측에 대한 자세한 내용은 전략기술경영연구원(2004a, 2004b, 2004c, 2004d) 참조.



〈그림 9〉 평판 프린팅 기술에서 산업클러스터로

디스플레이산업은 앞에서 설명한 TFT-LCD와 관련되는 산업이고, 섬유산업은 디자인 등 문화산업(Culture Technology: CT)과 관련되는 부분이다. 둘째는 잉크 관련 물질로서 칼라 염료, 바이오 물질, 환경물질, 디스플레이 물질, 나노물질, 반응성 염료 등이다. 셋째는 전후처리용액으로 수성과 유성을 포함하는 산업이다. 넷째는 평판방식의 기계/전자/SW산업으로 기존 산업을 대체하는 부분이다. 만약 평판 프린팅 기술을 사용하는 공정혁신이 획기적이라면 기존 산업을 상당 부분 대체할 것으로 전망된다.

3) TS 구축의 동태적 과정(시나리오)

이상에서는 평판 프린팅 기술이 BIEN 기술들과 결합되어 산업클러스터를 구축하는 과정을 설명하였다. 그러나 이러한 과정은 〈그림 4〉에서 보는 바와 같이 평판 프린팅 TS의 일부분에 불과한 활동이다(3단계). 따라서 이 TS가 제대로 작동하여 실제로 경제적인 성과를 가져오기 위한 필요충분조건에 대한 검토가 있어야 한다. 먼저 제1단계로서 TS의 작동 주체들에 대해서 논의해 보기로 하자.

제II절에서 우리는 TS를 처음으로 작동시키는 주체로, 정부, 기업가, 혹은 자원-인적자원 혹은 아이디어-의 집적(a certain density of resource) 등을 들었다. 이 중에서 우선 자원의 집적, 즉 임계모체(critical mass)의 자연적으로 형성되면서 TS가 창출되는 경우는

현실적으로 불가능하다. 자연 발생적 임계모체의 형성에 의해서 TS가 창출 및 작동되기 위해서는 기술선도국의 위치에 있어야하고 오랜 기간이 소요되기 때문이다. 따라서 현재 기술 추격국 혹은 기술추월국의 단계에 있는 한국으로서는 자연발생적인 TS의 창출은 어렵다고 볼 수 있다.

결국 평판 프린팅 TS의 작동 주체로 정부와 기업을 검토해 볼 수밖에 없는데, 각자 단독적으로 평판 프린팅 TS를 작동시키는 주체가 된다는 것 역시 비현실적이다. 먼저 기업의 경우 프린팅 산업에 속한 기업들은 대부분 중소기업이므로, 독자적으로 막대한 R&D자금이 소요되는 기술개발사업을 착수할 수 없을 것이다. 정부의 경우에도 현재 BIEN 기술의 중요성을 인식하고 별도로 각각의 기술들에 대해서 막대한 R&D자금을 투입하고는 있으나, 평판 프린팅기술을 근간으로 하는 BIEN 기술의 개발에 대해서는 인식하고 있지 못할 뿐 아니라 설사 인식한다고 하더라도 독자적으로 추진하는 상황을 기대하기는 어렵다.

따라서 한 가지 가능한 방법은 프린팅 관련 중소기업들이 네트워크를 형성하고, 이들이 추진하는 일에 대해서 정부가 지원하는 것이다. 이렇게 되기 위해서는 우선 중소기업들 중에서 평판 프린팅 기술을 보유하면서, 기술창출능력이 있는 중소기업이 존재하여야 하고 이 기업이 중소기업 네트워크를 형성시키고 주도해야 한다. 만약 이것이 가능하다면, <그림 4>에서 보는 바와 같이 디자인 공간으로서의 기술하부구조를 모니터링 하고(1-a), 정부는 대학, 연구소, 기술센터 등에 연구자금을 지원하며(1-b), 창출될 산업에 대한 지원방향을 설정할 수 있게 될 것이다.

제2단계는 제도적 하부구조의 구성기관인 대학, 연구소, 기술센터들이 평판 프린팅 기술과 BIEN 기술의 결합기술을 개발하는 단계이다. 여기서 개발될 기술들은 이미 앞에서 제시하였다. 즉 환경측정기술, 디스플레이 기술, 나노분말 대량생산기술, 바이오칩 제조기술 등이다. 그림에서 2-a는 기술개발을 의미하고, 역방향인 2-b는 개발된 기술들의 집합이 다시 제도적 하부구조에 체화된 기술이나 지식에 영향을 미치는 상호작용을 의미한다.

제3단계는 개발된 기술들이 상용화의 과정을 거치면서 산업클러스터를 형성하는 단계이다. 이 과정 역시 앞에서 이미 기술하였다. 그러나 한 가지 더 추가되어야 하는 과정은 기술하부구조에서 창출되는 사적 권리로서의 특허에 관한 것이다. 즉 공유되는 지식이 형성될 뿐만 아니라 이러한 지식 및 기술을 바탕으로 하여 출현되는 특정기술들의 혜택이 개발주체들에게 명확하게 전유되어야 그 다음의 과정이 진행될 것이기 때문이다.

제4단계는 개발된 기술을 가지고 경제주체들이 직접 사업화를 추진하는 과정을 나탄 낸다. 물론 여기에는 획득된 특허기술을 가지고 직접 사업을 추진하는 경우뿐만 아니라 특허를 제3자에게 판매하거나 대여하여 사업화되는 경우도 포함된다.

제5단계는 기술이 제품화된 이후에 다시 기술에 영향을 미치는 과정을 나타낸다. 즉 제품이 판매되는 시장에서 생산 및 기술로의 피이드 백(feed back)되는 상황을 보여준다.

제6단계는 정부의 정책지원에 의해 창출된 산업클러스터에서 다시 정부에 영향을 미치는 측면을 의미한다. 이는 산업정책에 대한 평가를 통해서 이루어지는 경우가 대부분이며, 이러한 평가결과를 활용하여 정부는 산업정책이 재정립할 수 있다.

마지막으로 제7단계는 디자인 공간으로서의 기술하부구조가 정부에 다시 영향을 미치는 측면을 나타낸다. 제6단계와 유사하게 이는 기술하부구조정책(technological infrastructure policy: TIP)에 대한 평가를 통하여 이루어진다. 마찬가지로 정부는 이 평가결과를 토대로 TIP를 수정하여 정책을 수행할 수 있다.

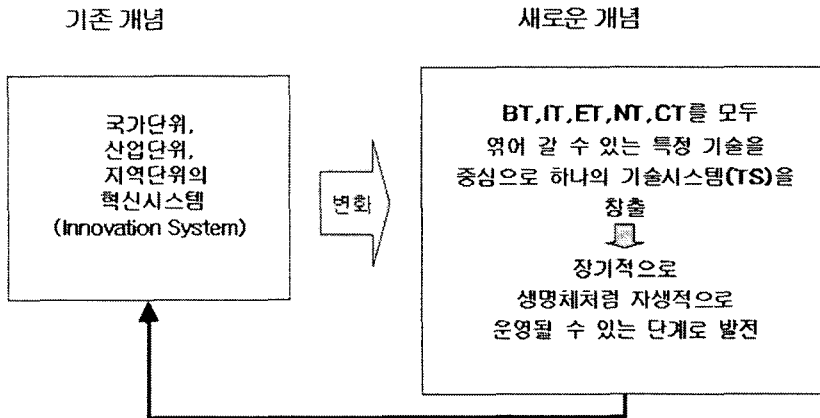
이와 같이 제1단계에서 제7단계까지 1순환이 이루어지면, 그 다음부터는 순서에 관계없이 상호작용이 일어나는 하나의 TS로 진화할 것이며, 어느 시점부터는 정부의 지원 없이도 스스로 작동하는 독립적인 기술시스템(self-sufficient TS)으로 자리 잡게 될 것이다.¹²⁾

IV. 요약, 토의 및 정책적 시사점

본 연구에서는 Carlsson and Stankiewicz(1991)에 의해서 처음 제안된 TS의 개념이 기술에서 출발한다고 하지만 실제 개념이나 실증 연구에서는 잘 정의된 제품에서 출발하여 기술적인 측면을 강조하는 수준에서 다루어지고 있고, 동태적 측면에 대한 설명이 미흡하다는 점에 착안하여, 그 개념을 재정립하였다. 그리고 이를 우리나라 평판 프린팅 기술에 적용하여 TS의 형성과정을 예측하였다. 즉 평판 프린팅 기술이 BT, IT, ET, NT 등 이른바 BIEN 기술과 결합되면서 하나의 TS가 창출 및 진화될 수 있는 가능성에 대해서 검토하였다. 이러한 시도를 한 기본적인 목적은 기술 자체로서도 현실적으로 의미가 있지만 현재 NIS, RIS, SIS 등의 개념에 초점을 맞추고 있는 기존 정책의 한계점을 지적하고, 새로운 정책 개념으로서 TS를 검토하기 위한 것이었다.

앞의 분석을 토대로 하여 볼 때, TS의 개념을 토대로 정책을 추진하면 오히려 NIS, RIS, SIS 등이 추구하는 정책목표가 오히려 효과적으로 달성할 수 있다는 결론을 얻을 수 있다 (<그림 10> 참조). 가령 특정 지역에서 평판 프린팅 기술을 가진 선도적 중소기업이 네트

¹²⁾ 이러한 TS의 진화과정을 태동기(embryo stage), 유아기(infant stage), 장년기(adolescent stage), 독립적 단계(self-sufficient stage) 등으로 구분할 수 있다. 그러나 본 연구에서 다루는 평판 프린팅 TS는 미래에 대한 예측이므로 각 단계별로 설명하기는 어렵다. 필자는 과거에 형성되어온 CNC 공작기계에 대해서 각 단계별로 분석을 시도한 바 있다(Sung and Carlsson, 2003).



〈그림 10〉 새로운 정책 개념으로서의 TS

워크를 형성하여 TS를 성공적으로 작동시킨다면, 특정 지역의 RIS가 자연스럽게 형성될 것이다. 지금처럼 지역 간 균형발전이라는 관점에서 인위적으로 특정지역을 선정하여 특성화 산업을 지정하게 되면, 오히려 정책실패의 가능성이 커질 것이기 때문이다. 구체적인 예로 전북지역은 BT 특성화 지역으로 지정되어 생물산업지원센터가 위치하고 있는데, 생명공학 분야는 지역클러스터의 형성이 성패의 관건임에도 불구하고 관련업체 수는 전체의 1.1%(2001년 기준)에 불과한 실정이다(조현대·성태경·이대희 외, 2005). 따라서 지역 기준보다는 보유기술 혹은 창출되는 기술을 기준으로 정책을 수립하는 것이 오히려 RIS 형성을 촉진시킬 수 있으며, 장기적인 측면에서 지역 간 및 기업규모별 균형발전이라는 목표를 달성할 수 있을 것이다. 뿐만 아니라 자연적으로 기술을 중심으로 한 산업클러스터가 형성되므로 SIS의 구축이라는 정책목표도 달성할 수 있게 된다.

NIS의 경우도 마찬가지이다. 현재 과학기술부에서는 NIS 구축관련 30대 과제를 선정하여 시행하고 있으나, 우리나라가 지역적으로 넓지는 않으며 산업구조가 매우 고도화 되어 있으므로 국가적인 차원에서 혁신시스템을 구축하는 것은 쉽지 않은 과제가 되고 있다. 오히려 특정 기술을 기준으로 제도적인 측면에서 혁신시스템의 형성을 고려하는 것이 더 용이할 뿐만 아니라 성공의 가능성도 더 커질 것이다.

이와 같이 특정 기술을 중심축으로 하여 산업구조조정을 성공적으로 이루어 낸 나라가 핀란드이다. 핀란드는 1980년대 주로 임업, 공업 등 1차 산업이 주를 이루고 있었으나, 통신기술(기업으로는 노키아)과 IT를 중심으로 하여 TS를 구축한 결과 2000년에는 통신 및 정보관련 산업이 전체의 30%를 차지하게 되었다(성태경, 2004). 핀란드는 인구 5백 만 명

으로 우리나라 도(道) 정도 규모의 국가이다. 구체적인 예로 현재 우리나라의 전라북도와 같이 산업구조가 1차(농림어업) 중심의 산업구조를 가지고 있는 경우, 문화관광, 식품(예: 전통음식), 자동차, 영화 등의 전략제품 혹은 산업을 지정하기보다는 평판 프린팅 기술과 같은 특정기술을 중심으로 정책을 구사한다면, 핀란드와 같이 10년 내지 20년 후에는 지역의 산업구조가 고도화되고, 전국적으로도 균형이 잡힌 구조로 정착될 것이다. 따라서 정부가 특정기술의 산업과급효과를 인식하고 이의 상업화 과정에 초점을 맞추어 지원해 준다면, 이 기술을 중심으로 한 하나의 자생적(self-sufficient) TS가 구축되면서 지역발전의 문제가 해결 될 수 있을 것이다.

그러므로 본 연구의 결과는 기존의 NIS나 RIS 중심의 정책이 완전히 TS 구축정책으로 전환되어야 함을 의미하는 것이 아니라는 것을 밝혀두고자 한다. 오히려 다양한 혁신시스템 개념들은 서로 대체관계에 있다기보다는 상호보완적인 기능을 수행하는 개념으로 봐야 한다. 즉 상황 및 경우에 따라 국가단위로 정책을 설정할 것인지, 지역단위로 정책을 설정할 것인지, 산업단위로 정책을 설정할 것인지, 혹은 기술단위로 정책을 설정할 것인지 등을 올바르게 결정하는 일이 중요할 것이다.

마지막으로 본 연구에서는 TS가 NIS나 RIS와 어떻게 연계되어 활용되는지에 대한 구체적인 과정에 대해서 언급하지 못하였다. 이는 해외에서도 TS와 타 혁신시스템과의 기능적 연계에 대한 체계적 연구나 정책사례가 제시되어 있지 않을 뿐만 아니라,¹³⁾ 본 연구도 아직 실현되지 않은 우리나라의 사례를 시나리오로 구성하는 탐색적 연구에 그치고 있기 때문이다. 따라서 이에 대해서는 국내외적으로 추후 심층적인 연구가 필요하다고 본다.

감사의 글: 본 연구는 전주대학교 이공계열 교수연구회인 '일만소'의 연구결과 및 토의 내용이 없었다면 착수될 수 없었을 것이다. '일만소'의 구성원들에게 감사의 마음을 전한다.

¹³⁾ Carlsson(1997)에 의하면 TS와 NIS는 궤를 같이 하는 개념이다. 그러나 NIS가 국가라는 지역적인 범위를 강조하는 반면에, TS는 특정 기술과 관련된 것이라면 그 범위가 글로벌일 수 있다. 또한 TS의 경우는 기술군집 혹은 특정기술에 초점을 맞추기 때문에 한 국가 내에서도 다양한 성격의 TS들이 존재한다고 한다. 그러나 그는 이러한 차이만 언급하였을 뿐, 양자 간 연계관계에 대한 실증적 및 국제적 비교 연구가 필요하다고 주장하는데 그치고 있다.

참고문헌

- 김은영(1998), “과학기술을 중심으로 한 국가혁신전략,” 「기술혁신학회지」, 제1권 제1호, pp. 1-8.
- 성태경(2004), 「비엔(BIEN) 클러스터 근간기술 상용화」, 일만소(전주대 이공계열교수연구회), 2004년 11월.
- 성태경(2005), 「혁신시스템 이론의 비교분석과 정책적 시사점」, 서울: 과학기술정책연구원.
- 송위진(2002), “혁신체제론의 과학기술정책: 기본 관점과 주요 주제,” 「기술혁신학회지」, 제5권 제1호, pp. 1-15.
- 이공래 외(1998), 「한국의 국가혁신체제-경제위기극복을 위한 기술혁신정책의 방안」, 과학기술정책연구원.
- 장영배(1999), 「핀란드의 과학기술체제와 정책」, 서울: 과학기술정책연구원.
- 전략기술경영연구원(2004a), 「나노 분야별 시장기술분석」, 서울.
- 전략기술경영연구원(2004b), 「차세대 디스플레이 시장기술 예측보고서」, 서울.
- 전략기술경영연구원(2004c), 「바이오(I) 시장기술 예측보고서」, 서울.
- 전략기술경영연구원(2004d), 「바이오(II) 의료기기 시장기술 예측보고서」, 서울.
- 조현대·성태경·이대희 외(2005), 「미래전략산업 육성을 위한 차세대 기술혁신 방식: 분석 및 전략제언」, 서울: 과학기술정책연구원.
- Breschi, S., F. Malerba and L. Orsenigo (2000), “Technological Regimes and Schumpeterian Patterns of Innovation,” *Economic Journal*, 110, pp. 338-410.
- Carlsson B., eds. (1995), *Technological Systems and Economic Performance: The Case of Factory Automation*, Boston, Dordredht and London: Kluwer.
- Carlsson, B. (1997), *Technological Systems and Industrial Dynamics*, Boston, Dordrecht and London: Kluwer.
- Carlsson B., eds. (2002), *Technological Systems in the Bio Industries: An International Study*, Boston, Dordrecht, London: Kluwer.
- Carlsson, B. and G. Eliasson(1994), “The Nature and Importance of Economic Competence,” *Industrial Corporation Change*, 3(1), pp. 687-711.
- Carlsson, B., S. Jacobsson, M. Holmen, and A. Rickne (2002), “Innovation Systems: Analytical and Methodological Issues,” *Research Policy*, 31, pp. 233-245.

- Carlsson, B. and Stankiewicz (1991) "On the Nature, Function, and Composition of Technological Systems," *Journal of Evolutionary Economics*, 1(2), pp. 93-118.
- Dosi, G., eds. (1988), *Technical Change and Economic Theory*, London and New York: Pinter.
- Edquist, C. (1997), *Systems of Innovation: Technologies, Institutions, and Organization* London and Washington: Pinter.
- Edquist, C. (2004), "Systems of Innovation-A Critical Review of the State of the Art," J. Fagerberg, D. Mowery, and R. Nelson(eds.), *Handbook of Innovation*, New York: Oxford University Press.
- Lundvall, B. A.(1985), *User-Producer Interaction*, Aarlborg University Press, Aarlborg.
- Lundvall, B. (1988), "Innovation as an Iterative Process: From User-Supplier Interaction to the National System of Innovation," in G. Dosi *et al.*, eds., *op. cit.*, pp. 349-369.
- Lundvall, B. (1992), *National Systems of Innovation: Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning*, London: Pinter.
- Malerba, F. (2002), "Sectoral Systems of Innovation and Production," *Research Policy*, 31(2), pp. 247-264.
- Malerba, F. (2004), *Sectoral Systems of Innovation: Concepts, Issues, and Analyses of Six Major Sectors in Europe*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Nelson, R. R. and S. Winter(1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Pasinetti, L.(1981), *Structural Change and Economic Growth: A Theoretical Essay on the Dynamics of the Wealth of Nations*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Porter, M. (1990), *The Competitive Advantage of Nations*, New York: Free.
- Porter, M. (1998), "Clusters and the New Economics of Competition," *Harvard Business Review*, pp. 77-90.
- Saxenian, A. (1994), *Regional Advantage: Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128*, Cambridge, MA and London: Harvard University Press.
- Stankiewicz, R.(2002), "The Cognitive Dynamics of Biotechnology and the Evolution of its Technological Systems," in B. Carlsson, eds., *Technological Systems in the Bio Industries: An International Study*, Boston, Dordrecht, London: Kluwer, pp.

35-52.

Sung, T.K. and B. Carlsson (2003), "The Evolution of a Technological System: The Case of CNC Machine Tools in Korea," *Journal of Evolutionary Economics*, 13(4), pp. 435-460.

Sung, T.K. (2004), "A Comparison of Technological Systems for Industrial Robots in Korea and Sweden," *Journal of Korea Technology Innovation Society*, 7(2), pp. 223-255.

성태경

서강대학교에서 "기술진보와 설비투자에 대한 연구" 로 경제학 박사학위를 취득하고, 현재 전주대학교 경영학부 교수로 재직 중이다. 연구 분야는 기술경제이론, 과학기술혁신정책, 혁신시스템, 중소기업 및 벤처경영, 산업조직 및 동학 등이다. 주요 저서로는 「현대사회와 경제」, 「혁신시스템 이론의 비교 분석과 정책적 시사점」, 「우리나라 특허제도 및 정책의 개선방안」 등이 있으며, *Journal of Evolutionary Economics* 에 "The Evolution of a Technological System: The Case of CNC Machine tools in Korea" (with Bo Carlsson)를 발표하는 등 국내외 저널에 다수의 논문을 발표하였다.