

연구논문

지식집약적 조직의 혁신수용에 대한 이론적 논의:
산업혁신체제론(Sectoral Innovation System)의
기술융합 사례를 중심으로

양 창 훈*

- I. 서언
- II. 지식집약적 조직의 혁신수용에 관한 이론적 논의
- III. 지식집약적 산업조직(Knowledge Intensive Industrial Organization)의 기술융합 사례
- IV. 지식집약적 조직의 산업혁신수용 방안

< 요약 >

최근 들어 많은 지식집약적 조직들이 혁신수용을 통한 근본적인 구조변화에 직면하고 있음을 확인할 수 있다. 특히 특정 분야에만 한정되었던 상이한 분야의 기술간 융합이 산업부문별 기술혁신 과정으로 널리 받아들여지고 있다. 정계, 학계, 산업계, 연구계 등 다양한 분야의 전략적 협력과 제휴는 혁신과 관련된 지식기반을 형성할 뿐만 아니라, 새로운 특성의 기술과 제품, 그리고 혁신과정을 위한 진화의 과정으로 간주되고 있다. 본 연구는 지식집약적 기술간 융합을 통해 새로운 산업혁신 체제의 특질을 파악하고, 그로 인한 정책적 함의는 무엇인지를 기술융합의 사례를 통해 제시하고자 한다.

[주제어: 산업혁신체제, 기술융합, 지식집약조직]

I. 서언

최근 산업혁신체제라는 개념이 제시되면서 국가 경쟁력 제고를 위해서는 서로 다른 환경 속에서 성장해온 잠재적 경쟁우의 분야의 발굴과 다분야간 융합(fusion)을 통해서 산업부문별 기술혁신이 이루어 져야 한다는 논의가 활발히 진행되고 있다. 우리 정부에서도 미래 한국경제의 성장을 주도할 새로운 성장동력 육성을 목표로 ‘10대 차세대 신성장동력 산업’¹⁾을 제시했고(표 1), 이 중에서도

* 조지워싱턴대학 박사과정(chyang@gwu.edu).

혁신 잠재력이 큰 정보기술(IT), 나노기술(NT), 생명공학기술(BT), 환경기술(ET), 그리고 콘텐츠기술(CT) 을 5대 성장산업으로 선정했다(표 2).

지식기반 경제(knowledge-based economies) 에서 경쟁우위(competitive advantage) 확보를 위한 성장동력 산업의 등장은 특정 산업조직이나 특화된 기술분야에서만 국한되었던 단위기술을 다분야간 융합이라는 혁신과정을 통하여 기존에 보유하지 못했던 새로운 특성의 기술과 제품으로 변환시키는 요인으로 작용하고 있다. 정보기술과 생명기술이 접목된 바이오인포메틱스(생물정보학, Bioinformatics) 는 기술융합의 좋은 예로써, 정보기술의 정보저장 및 분석능력을 생명공학산업의 기술 기반에 적용시켜 기존에는 존재하지 않았던 유전정보 기술분야를 탄생시켰으며, 선진국을 중심으로 다양한 기술융합 연구분야에 대한 경쟁우위 확보 노력이 가속화 되고 있다.

이렇듯, 기술융합에 따른 새로운 패러다임의 등장은 정계, 학계, 산업계, 연구계 등 다양한 분야에 소속된 관계자와 전문가들의 전략적 협력과 제휴를 더욱 강화시키고 있으며, 지식집약적 조직의 성장동력 기술분야의 발전방안을 모색하기 위한 산업혁신체제(sectoral innovation system) 의 활용방안이 중요한 문제로 제기되고 있다. 여기서 산업혁신체제(SIS) 란 정계, 학계, 산업계, 연구계 등 다양한 이해관계자들의 요구와 투자, 그리고 기술과 특정 지식기반(knowledge base) 의 유기적 상호 연계를 의미한다(Malerba, 2002/2003). 따라서 여러 이해관계자들의 협력과 참여는 기술융합이나 미개척 시장으로의 새로운 접근방법을 확충해주며, 새로운 핵심기술 부문과 기술혁신을 유인할 수 있는 지식집약적 조직으로의 변환을 요구한다.

자원기반관점(resource-based view) 에 따르면, 산업조직들은 경쟁우위의 근간을 찾기 위해 내부적으로 특화된 기술이나 산업분야의 이종 지식(heterogeneous knowledge) 을 창출하고 축적하며, 이를 통한 경쟁우위의 확보와 유지가 가능하다고 가정한다(Barney, 1991). 이러한 관점에 따르면, 지식의 교환은 새로운 기술을 발견하고 기존 기술과의 융합을 촉진시키는 요인으로 간주되어 왔다. 하지만, 자원기반관점은 특정산업조직이 왜 기술융합에 관심을 갖는지 그리고 어떠한

1) 선정된 10대 성장동력 산업은 디지털 TV방송, 디스플레이, 지능형 로봇, 미래형 자동차, 차세대 반도체, 차세대 이동통신, 지능형 홈 네트워크, 디지털 콘텐츠, 차세대 전지, 바이오신약이다.

방법으로 혁신을 수용·점유하는지에 대한 이유를 설명하기에는 부족함이 있다. 따라서, 특정산업조직이 어떤 방식으로 기술융합을 통한 경쟁우위를 창출하고 유지하는지에 대한 이해를 돕기위해서는 지식집약적 산업조직의 동태적 능력(dynamic capabilities)을 산업혁신체제 안에서 고려해야 할 것이다.

이 글은 경쟁우위를 강조하는 산업혁신체제론의 관점에서 기술융합에 따른 지식집약적 조직의 혁신방안을 논위하기 위한 시론적 글이다.

<표 1> 한국의 10대 차세대 성장동력산업

10대 산업	세부구성 품목	중점전략	역할분담	구분
차세대 반도체	차세대 메모리, SoC, 나노전자소자, 관련 소재	기초연구력 배가 및 연관산업 육성	민간주도	공급능력 강화 (기초기술+연관산업+투자)
디스플레이	LCD, LED, PDP, 유기EL, 3D, 전자종이, 관련 소재	혁신기술 조기 개발 및 투자 확대	민간주도	
차세대 전지	2차전지, 연료전지, 관련 소재	기반기술 확보 및 수요정책 마련	민간주도	
디지털 TV/방송	방송시스템, DTV, DMB, 셋톱박스, 복합기기	조기 산업화를 통한 시장 선점	민간주도	시장대응력 제고 (연관산업+표준화+마케팅)
차세대 이동통신	4G단말기 및 시스템, 텔레매틱스	연관산업 강화를 통한 부가가치 확대	민간주도	신수요 창출 (수요발굴+표준화+기술개발)
지능형 홈네트워크	홈서버/홈게이트웨이, 홈네트워킹, 지능형 정보가전, 유비쿼터스 컴퓨팅	수요창출을 위한 비즈니스 모델 개발	정부+민간	
지능형 로봇	가정용 서비스 로봇, IT기반 지능형 서비스 로봇, 극한작업용 로봇, 의료지원용 로봇	특정니즈에 맞는 수요 발굴	정부+민간	
미래형 자동차	지능형 자동차, 친환경 자동차	수요창출을 통한 기술개발	정부+민간	장기 인프라 개선 (인력+투자+기술개발)
디지털콘텐츠/SW솔루션	디지털콘텐츠 제작/이용/유통 시스템, 문화콘텐츠, 내장형SW, 지능형 종합물류시스템	인력 및 환경 구축을 통한 시장 활성화	정부+민간	
바이오 신약/장기	신약, 바이오장기, 바이오칩	중장기 투자를 통한 산업기반 확충	정부R&D	

자료: 산업자원부 지능형로봇사업단 기술위원회, [차세대 성장동력 종합실천계획(2004. 05)], <http://rtc.kitech.re.kr/>, 과 국제과학기술협력재단 [한국의 R&D 동향], <http://www.kicos.or.kr/>, 을 참고로 재구성.

<표 2> 5대 성장산업 R&D분야

5대 산업	발전전략	세계시장 규모 및 성장률
정보기술(IT)	-산학연 공동 IT산업화 및 전문인력 양성 -통신기술 및 기반기술 개발 -차세대 표준인증 추진 -신규 융합제품 육성	2005년 \$46,361억불 2010년 \$83,544억불 연평균성장률: 12.5%
나노기술(NT)	-나노기술 종합발전계획 수립 및 전문인력 구축 -신소재 기술 및 부품산업 육성 -산학연 공동 연구장비센터 및 벤처펀드 조성 -융합발전을 통한 첨단기술시장 선점	2005년 \$3,345억불 2010년 \$5,125억불 연평균성장률: 5.9%
생명공학기술(BT)	-생명공학육성 계획 수립 및 전문인력 양성 -신약 및 보건의료 핵심기술 개발과 산업화 -생명의 과학적 규정	2005년 \$3,732억불 2010년 \$5,113억불 연평균성장률: 6.5%
환경기술(ET)	-환경혁신기술분야 개발 및 환경기준 강화 -생활환경의 지능화 -에너지 실용화 기술분야 개발 및 대체 에너지 보급사업 추진 -환경산업체제 개발 및 전문인력 양성	2005년 \$6,952억불 2010년 \$8,997억불 연평균성장률: 5.3%
콘텐츠기술(CT)	-콘텐츠 및 서비스의 혁신 -시장개척을 위한 행정 및 재정지원 -기획인력 양성	2005년 \$11,764억불 2010년 \$16,653억불 연평균성장률: 7.2%

자료: 안두현, 엄미정, 이광호, 김석관, 배용호, 정교민, 박정규, 2002, [주요 신기술의 혁신추이 및 경쟁력 분석- BT, ET, NT를 중심으로], 정책연구, 과학기술정책연구원, 과 국제과학기술협력재단, [한국의 R&D 동향], <http://www.kicos.or.kr/>, 을 참고로 재구성.

II. 지식집약적 조직의 혁신수용에 관한 이론적 논의

1. 산업혁신체제(Sectoral Innovation System: SIS)의 개념

비교우의(comparative advantage)를 바탕으로 한 기존의 연구에서는 천연자원이나 저비용 노동력과 같은 비이동적이며 유형적인 생산요소가 국가 산업경쟁력에 영향을 미친다고 보았다(Quandt, 1999). 이러한 관점에서 기술이란 언제나 활용가능하며 비용이 안드는 자원(free resources)으로 인식되었고, 단순히 이윤 극대화를 위해 고정화(codified)되고 특화되어 질 수 있는 산업자원으로 간주되어 왔다. 이러한 전통적 관점에서는 산업조직간에 보유한 차별화된 기술능력(technological capabilities)의 특성을 인지하지 못함으로써 기술융합이 가능한 지

식집약적 영역의 중요성을 간과하게 되었다.

그러나, 지식기반 경제의 등장으로 무형적 생산요소인 지식이 기술혁신이나 성과의 원동력이 될 수 있음을 직시하게 되었고, 지식 - 암묵지(tacit knowledge)와 형식지(codified knowledge) - 의 교환은 기술혁신과정(innovative process) 과 성장잠재력의 중요한 요소임을 확신하게 되었다(Nonaka & Takeuchi, 1995).²⁾ 다시 말해, 산업조직간 경쟁성, 혁신성, 그리고 핵심기술의 확보는 상호 보완적 기술능력(complementary technological competencies) 을 보유한 이해관계자들의 지식교환과 학습을 통해 이루어 진다고 본다. 따라서, 지식기반 경제를 바탕으로 한 경쟁우의 비교분석 접근법은 특정국가나 산업조직간의 기술혁신 유인동기와 경쟁우의 요인을 분석하는데 유용하게 사용되어 질 수 있다.

최근 논의되는 산업혁신체제론은 특정 기술이나 과학적 전문성을 보유한 지식집약적 산업조직간의 자생적이고 유동적인 네트워크 형성을 강조하고 있으며, 이를 통한 상호 학습작용, 전문 지식의 창조와 확산, 연구개발(R&D) 비용의 절감, 그리고 동태적 능력을 통한 기술혁신의 방안을 제시하고 있다. 따라서, 지식집약적 산업집적지(또는 클러스터) 는 종종 특정기술이나 전문연구영역 안에서 형성되는 경우가 일반적이고, 이는 지식집약적 산업집적지의 지역적 특성을 나타내는 요소가 되기도 한다. 미국 실리콘 벨리의 정보기술 직접지나 메릴랜드 128번 도로주변의 생명공학 직접지, 그리고 노스 캐롤라이나 연구단지의 의료기술 직접지 등을 예로 들 수 있다.

이러한 관점에서 볼때, 지식집약적 산업조직의 동태적 능력이란 상호 학습과정(learning process) 을 통한 내적·외적 지식자원의 관리능력이라고 정의할 수 있다. 지식집약적 산업조직들은 암묵지를 축적하고, 이렇게 축적된 지식을 다른 경쟁산업이 모방하기 어려운 독창적 기술로 전환시킴으로써 특화기술의 보고가 되는 것이다(Nelson & Winter, 1982). 따라서, 혁신과정을 통한 이해관계자들간의 상호작용은 산업조직이 차별화된 기술능력을 확보할 수 있는 외적 지식자원의 형성을 가능하게 해준다. 다시말해, 학습과정을 통한 상호작용은 지식의 체계화(codification) 와 형식지의 확산을 증폭시켜주는 혁신과정과 경쟁우의의 중요한

2) Nonaka 와 Takeuchi(1995) 의 정의에 따르면, 암묵지는 학습이나 경험을 통해 축적된 사고력과 숙련도를 의미하고, 형식지는 문서나 메뉴얼처럼 표현이 가능하고 공유할 수 있는 객관적인 지식을 의미한다.

요소가 되는 것이다.

2. 지식집약적 조직의 산업혁신체제 특징

1) 경로 의존성(Path Dependence)

혁신체제의 기능은 경로의존적 학습과정(path dependent learning process) 으로 설명되어 진다(Helfat, 1994). 일반적 제도하에서 각 산업조직들은 지식을 축적하고 보유하고 향상시킴으로써, 특정방면에서 역량있는 기술을 창조시킨다. 이렇게 축적된 학습과정의 경로를 통해 형성된 혁신기술은 다른 경쟁산업이 모방하기 어려운 독창적 기술로 전환되며, 다른 분야의 새로운 기술과 융합됨으로써 새로운 동태적 능력을 마련하게 된다.

그러나, 경로의존적 학습과정은 기술융합의 고착현상(lock-in effect) 을 초래하기도 한다. 고착현상은 새로운 지식이나 기술을 습득하고 창출하는 능력을 제한함으로써, 기술의 변화나 혁신과정을 지체시키기도 한다. 이러한 기술융합의 고착현상은 혁신을 통한 새로운 기술의 등장과 기존기술과의 격차(technological gap) 현상으로 설명되어 진다(Dawid & Wersching, 2006). 기술격차를 해소하기 위해서는 산업조직간의 상호연계를 통한 암묵지와 형식지의 습득이 필요하다. 이렇게 습득한 지식이나 기술을 각기 보유한 요소기술에 접목시킴으로써 새로운 기술적 지식이 창출되고, 기술융합을 통한 동태적 능력을 배양하게 되는 것이다.

하지만 기술융합을 통한 기술혁신은 동종 산업조직의 상호협력을 통해서만 이루어 지는 것은 아니다. 이종 산업조직간의 결합으로도 새로운 기술혁신의 기회가 창출될 수 있다. 다시 말해, 기술환경이나 산업활동의 변화에 따라 기존에 존재하던 클러스터의 가치는 사라지고 새로운 산업이나 기술로의 융합이 요구되기도 한다. 이러한 환경변화에 적응하기 위해서는 동종 산업조직뿐만 아니라 이종 산업조직과의 네트워크화 또는 수직적·수평적 상호연계(sectoral/lateral inter-linkage) 를 형성함으로써 기존 산업의 기술에만 의존하기 보다는 협력과 경쟁을 통한 지식의 창조와 기술융합을 통한 새로운 기술혁신능력의 제고가 중요하다고 본다.

따라서, 지식기반 경제에서 신용합산업조직의 경쟁우위 확보는 다양한 기술

과 지식을 보유한 여러 산업분야의 조직과의 협력과 제휴를 통해 이루어진다. 이렇게 공유되고 발전된 지식은 기술혁신의 부산물이 아닌 동태적 능력의 집합재(collective asset)로 간주되어 기술의 융합을 촉진시키며, 이는 새로운 특성의 기술과 제품개발의 기회를 제공하게 된다. 다시말해, 기술융합에 따른 패러다임의 변화는 기술이나 산업환경의 급진적 변화(radical change)에 의해서 이루어진 것이 아니라 기존에 성립된 패러다임내에서 지속적이며 누적적인 기술과 지식의 공진화(coevolution)를 통해서 이루어진 자기 조직화(self-organizing)적 경향이 강하다고 볼 수 있다.

2) 혁신 네트워크(Innovation Networks)

최근 지식집약적 조직에서 나타나는 특징 중의 하나가 바로 자기 조직화적 특성을 지닌 혁신 네트워크의 등장이다. 우선 혁신이란 조직의 경쟁우위의 확보나 장기적 성공을 결정하는 중요한 요소로, 산업조직간 협력을 통한 기술적 융합을 이해하는 분석틀로 사용되어 질 수 있다(Bally, 2005). Schumpeter에 의해 등장한 혁신이라는 개념은 지식의 새로운 조합 그리고 기존 지식과 새로운 발명(invention)과의 조합이라고 정의되었으며, 창조적 파괴(creative destruction)의 동적과정으로 규정되었다(Lambooy, 2004). 이런 관점에서 보면, 지식의 창조와 확산, 그리고 재조합이라는 공진화(coevolution)의 과정에서 자생적으로 생긴것을 네트워크 이라고 볼 수 있으며, 네트워크는 다시 혁신과정 안에서 공진화되어가는 자기 조직화 체제라고 볼 수 있다. 따라서 지식은 여러 이해관계자들의 상호작용을 통한 네트워크안에서 끊임없이 창출되고 축적되며, 이렇게 양성된 지식을 바탕으로 조직은 급변하고 복잡한 환경속에서 탄력적으로 적응할 수 있는 상호보완적 유동성과 내부적 역동성을 확보하게 되는것이다. 이는 정형화되고 규정화된 틀 속에서 형성되었던 지식이 창조적 파괴를 통해 네트워크의 체제로 전이되었음을 의미하는 것이다.

종합해 보면 혁신 네트워크란 각 분야에 소속된 혁신주체들과 전문가들이 혁신성 제고를 위해 다양한 분야의 지식과 기술을 습득·통합·창조하는 지속적인 협력과 제휴의 체제로 정의할 수 있다(Rycroft & Kash, 2003). 혁신 네트워크의 형성은 혁신 주체들로 하여금 특정분야에로의 접근을 용이하게 해줄 뿐만 아니

라 다른 네트워크에 연결된 새로운 기술능력이나 지식기반에로의 접근도 가능하게 해준다. 즉, 혁신 네트워크의 등장은 각 분야의 특정 혁신활동과의 융합을 촉진시켜 줌으로써, 지식과 기술의 전이를 통한 조직의 동태적 혁신능력 배양을 활성화 시켜준다.

여기서 혁신 네트워크의 자기조직화란 외부의 통제없이 기존에 형성된 지식의 기반안에서 조직 내적·외적 지식자원을 새로이 조합하고 재구성하는 상호 학습과정으로 이해할 수 있다(Foray & Lundvall, 1996; Castellacci, 2004). 상호 학습 과정을 통한 자생적이고 유동적인 혁신 네트워크의 형성과 확산은 새로운 시장의 형성이나 혁신기회의 창출, 그리고 전문지식과 기술의 습득을 위한 조직기반 마련의 역할을 하게 된다(Gu, 1999; Turpin, 2004). 따라서 조직은 혁신의 필요성에 대해서 인식하게 되고, 혁신 주체들과 이해관계자들이 원할한 상호작용을 이룰 수 있도록 학습과정 체제의 구성을 촉진시킨다.

지식집약적 산업조직간의 네트워크 형성은 다양한 분야의 기술 기반과 기술 능력의 통합으로 지속적인 지식의 학습과 혁신능력의 다각화를 통한 경쟁우위의 확보에 근거를 두고 있다. 이렇게 형성된 학습과정은 지속적인 혁신을 가능하게 해주며, 네트워크의 동태적 능력이 끊임없이 진화하고 생성됨으로써 다른 경쟁자들이 모방할 수 없는 경쟁우위를 확보하게 되는 것이다.

3) 공진화(Coevolution)

지식집약적 조직의 산업혁신과정은 기술과 지식의 공진화 과정이라고 볼 수 있다. Malerba(1999)는 산업체제의 특질을 변화(change)라고 보았으며 이러한 변화는 단순히 체제의 양적 성장만을 의미하는 것이 아니라, 체제의 전이와 진화(evolution)의 과정이라고 설명하고 있다. 다시말해, 체제의 진화는 상호 연결된 체제 구성요소들의 지속적인 변화를 의미하는 것으로, 기술, 지식기반, 학습과정, 조직구조와 제도, 혁신주체와 혁신행위, 시장과 수요의 끊임없는 상호작용과 변화의 과정을 공진화의 과정이라고 보는 것이다.

지식집약적 조직간에 형성된 혁신네트워크의 동태적 능력은 다양한 이해관계자들의 상호학습으로 형성된 지식과 기존에 형성된 기술 기반이 상호 영향을 미치며 진화해 가는 과정으로, 기술융합을 통한 새로운 산업혁신의 출현을 예로들

수 있다. 기술의 융합은 기존 산업의 정형화된 혁신 활동을 새로운 기술분야와 산업부문으로 확장시킴으로써 다양한 이해관계자들의 끊임없는 이중지식의 습득과 기술적 능력배양을 가능하게 해주며, 또 다른 혁신으로의 기회를 마련해주는 동인이 되기도 한다. 이렇듯 기술융합을 통한 혁신영역의 확장은 특정 산업이나 기술 기반이 점유하던 영역의 경계를 허물면서 또 다른 형태의 산업집적지를 형성하게 된다(Lewin & Volberda, 1999; Malerba, 2002/2003).

다시 말해, 지식과 기술 그리고 여러 혁신 주체들과의 상호협력관계는 혁신체제의 공진화 과정으로 볼 수 있는 것이다. 지식 기반과 학습과정의 변화는 조직체제의 기존 구조와 활동방식에 대한 근본적인 전환을 요구하고 있으며, 다른 분야의 전문성과 능력을 보유한 이해관계자들과의 새로운 네트워크 형성은 새로운 능력과 기술체제의 구축을 가능하게 해준다.

3. 산업혁신체제의 기술융합에 대한 정의

산업혁신체제의 다분야 기술융합(fusion)에 대한 개념은 기술수렴(convergence)과 기술통합(integration)이라는 유사개념과 흔히 상호 혼용되어 사용되어지고 있다.

Pennings & Puranam(2001) 은 융합과 수렴에 대한 정의를 구분하고 있는데, 기술융합이란 기존에 존재하는 상이한 기술들을 재조합(recombination) 하여 새롭게 혁신적인 형태로 창출시키는 것으로, 시너지 효과를 볼 수 있다고 정의하고 있다. 광학과 전자기술이 조합된 광전자(opto-electronics) 와 생물학과 첨단장비 기술이 조합된 바이오엔지니어링을 예로 들고 있다. 기술수렴에 대해서는 다시 수요측면과 공급측면으로 정의를 구분하고 있다. 수요측면의 정의에 따르면, 수렴이란 기술의 결합을 통해 상이한 요구(needs) 들이 충족되거나 유사성을 갖게되는 현상으로, 텔레커뮤니케이션 시장의 전지구적 확산을 예로 들고 있다. 공급측면에서는 상이한 기술적 능력이 동일한 요구를 충족시키기 위해 유사성을 갖게되는 현상으로 기술수렴을 정의하고 있다. 디지털 컴퓨팅은 정보기술 산업의 다양한 기술적 능력이 결합하여 등장한 기반기술로, 현재 사진산업이나 통신산업과 같은 다른 산업 활동의 효율성 증대에 지대한 영향을 미치고 있다.

Nystrom & Hacklin(2005) 은 기술수렴이란 동종 산업부문간의 결합을 통해 특정기술로 발전하는 것이라고 정의하고 있으며, 기술융합은 상이한 분야의 기술이 점증적인 기술 발전과정에서 결합하여 새로운 상품으로 창출되는 것이라고 정의하고 있다.

Corrocher, Malerba, & Montobbio(2003) 도 기술수렴은 각 분야의 동종산업이 기존에 형성된 기술 기반을 바탕으로 상호 결합하여 기술의 다양화를 추진하는 것으로 정의하고, 이러한 기술의 다양화는 신기술 개발 기회 창출과정에서 등장하며 산업부문의 기술구조 변화를 반영하는 척도가 된다고 설명하고 있다. 이에 반해, 기술융합이란 유사기술이나 상이한 기술이 점진적 발전을 거쳐 새로운 분야에 적용될 수 있는 신기술로 생성되는 것이며, 기존 시장에 급진적 변화를 동반하며 새로운 시장의 창출을 도모한다고 정의한다.

이공래와 황정태(2005) 도 기존 이론의 고찰을 통해 기술융합과 관련된 유사 개념을 구분하여 정의하였다. Rosenberg에 의해 정의된 기술수렴은 다양한 분야의 산업이 당면한 공통적인 기술문제를 해결하기 위하여 형성된 공동 기술혁신 현상이다. 예를 들어, 디지털 기술수렴은 방송, 컴퓨터, 유무선 통신과 같이 영역이 분리되어 있던 동종산업들이 동일한 디지털 기술을 채용하여 상호기능이 복합된 새로운 정보통신 서비스를 지원하는 것을 의미한다. 기술통합은 개별산업이 수행하기 어려운 특정기능을 함께 해결하기 위하여 여러 분야의 산업이 종적 또는 횡적으로 협력하는 현상으로, 줄기세포 연구를 위하여 의학, 병리학, 생물학, 수의학 등 여러 전문분야가 참여하는 기술의 통합을 예로 들고있다. Kodama 에 의해 등장한 기술융합은 여러 핵심기술의 진보(breakthrough) 가 동시에 일어나면서 수평적으로 결합하여 기존의 기술이 보유하지 못한 새로운 특성의 기술과 제품으로 탄생되는 기술혁신 현상을 의미한다. 이러한 기술의 융합은 다양한 산업 부문과의 협력을 통하여 새로운 기술로 창출되기도 하고, 한 특정분야가 이종산업의 지식을 습득·학습·적용함으로써 기대하지 못한 새로운 기술이나 기능이 생성되는 것을 의미하기도 한다. 기계기술과 전자기술이 융합된 메카트로닉스(mechatronics) 는 인공지능로봇산업이라는 새로운 혁신산업의 등장을 가져왔다. 표 3은 기술융합, 기술수렴, 기술통합의 차이점을 기술속성, 혁신방향 및 과정, 제품 기능 및 복잡도, 지식활동으로 구분하여 정리한 개념이다.

다음 장에서는 산업혁신체제론의 관점에서 동종 기술융합(sectoral technology fusion) 과 이종 기술융합(lateral technology fusion) 의 예를 들어 기술혁신을 통한 지식집약적 산업조직의 경쟁우위 확보에 대해서 알아보고자 한다.

<표 3> 기술융합, 기술수렴, 기술통합의 개념 차이

구분	기술융합	기술수렴	기술통합
요소기술의 속성	유지, 변화, 소멸	유지	유지
혁신의 방향	수평	수평	수평, 수직
제품의 기능	기대하지 못한 신 기능 생성	기대하는 신 기능 창출	기대하는 신 기능 창출
제품의 복잡도	감소	증가	증가
혁신의 과정	팀연구	유사기술 기반 조성	시스템 통합
지식 활동	사회화, 공동화	내부화, 외부화	연결화, 표출화

자료: 이공래 & 황정태, 2005, [다분야 기술융합의 혁신시스템 특성 분석], 정책연구, 과학기술정책연구원, 을 참고로 재구성.

Ⅲ. 지식집약적 산업조직(Knowledge Intensive Industrial Organization)의 기술융합 사례

기술의 융합에 따른 새로운 기술과 제품의 등장은 정보기술이나 생명공학 산업과 같은 지식기반 경제에 바탕을 둔 지식집약적 산업조직에서 두드러 진다. 지식집약적 산업조직이란 전문지식 서비스 활동과 기술·생산 활동을 수행하는 산업조직으로, 기술·생산 활동은 점점 서비스화 되어가고 제품들 또한 사용자의 특정한 필요성을 충족시키기 위해 설계되어져 가는 경향을 강하게 나타낸다(Kautonen & Tiainen, 2000). 한 예로, 정보통신 기술과 인터넷 서비스 산업의 융합은 디지털 콘텐츠와 멀티미디어의 성장에 원동력이 되고 있으며, 이를 활용할 수 있는 정보통신 인프라와 네트워크 구축을 촉진시키고 있다. 또한 이러한 융합 기술을 바탕으로 유선과 무선 통신기술 그리고 컴퓨팅 이용 기술을 결합한 새로운 형태의 유비쿼터스(Ubiquitous) 제품과 서비스 환경이 조성되고 있다.

이러한 혁신패턴으로의 기술융합은 위에서 언급했듯이, 정보통신 기술이 서비스 활동에 접목됨에 따라 많은 지식집약적 산업조직들이 기술적으로 집약되어

져 가는 현상을 보인다. 이러한 정보통신 기술과 지식집약적 산업의 융합은 서비스 산업의 기술적 혁신에 대한 새로운 패러다임을 제시하고 있다. 따라서, 산업·서비스간 영역구분이 모호해지는 현 시점에서 기술·생산 혁신과 서비스 혁신에 대한 이분법적 단순 비교만으로는 지식기반 경제시대에 기술융합이 가져다줄 부가가치의 중요성에 대해서 간과하기 쉽다. 다음은 지식집약적 산업조직에서 나타나는 기술융합의 특성을 실례를 들어 소개하고자 한다.

1. 동종 기술융합(Sectoral Technology Fusion)

인터넷 전화기술(Voice over Internet Protocol; VoIP) 은 최근 통신분야에서 각광받는 기술융합의 사례로, 동종산업조직의 기기간 결합으로 볼 수 있다. 개별단위 기술로 사용되던 전화 회선망을 이용한 음성 서비스와 데이터망(인터넷 회선망) 을 이용한 데이터 전송서비스는 정보통신 환경이 초고속화 방향으로 발전하고 아날로그 방식의 신호전달이 디지털화 됨으로써, 전화통신과 데이터 통신을 동일한 형태의 서비스로 제공하고 있다.

현재의 전화 서비스는 스위칭 기술의 전화회선망(switching networks) 에서 패킷망(package networks)을 통한 음성 서비스로 발전되었고, 최근 데이터 전송에만 한정적으로 사용해오던 인터넷 패킷망과 결합함으로써 음성과 데이터 신호를 동시에 지원하는 신융합기술로 발전되었다. 다시말해, 음성과 데이터 기술의 융합인 광대역 IP(Internet Protocol) 기술은 기존의 전화회선 방식으로는 실현되지 못한 원격화상회의, 음성인식, 디지털 영상및 동영상 메시지 서비스와 같은 멀티미디어 서비스와 콘텐츠 정보서비스를 통합적으로 제공함으로써 통신산업의 혁신을 주도하고 있다. 특히, IP 기술의 등장은 기존의 구형전화 교환기(TDM) 에 의존하던 단말기 및 장비 산업을 IP 서비스를 위한 소프트 스위치 전환사업과 사설교환 시스템(VoIP-PBX) 사업으로 활성화시켜 국내 통신시장의 변화를 유발시키고 있다. 이러한 통신장비 시장의 변화는 다양한 형태의 통신서비스를 하나의 통신망에서 제공받을 수 있는 유·무선 통합체제인 차세대 통신시스템(Next Generation Network) 의 인프라 구축에도 커다란 영향을 미치고 있다.

국내에도 2001년부터 유료화 인터넷 전화서비스가 제공되고 있으며, 2003년

293 억원 규모의 시장이 매년 45%의 성장을 기록해 오는 2008년에는 1,875 억 원에 달할것으로 전망하고 있다(디지털 타임스, 2005). 또한 2004년 31만 회선이던 인터넷 전화는 2008년 322만 2천 회선으로 약 10배 이상증가할 것이며, 전 세계적으로는 2010년 이후부터 IP 서버를 기반으로 한 인터넷 전화 시장이 현재의 전화시장을 추월할 것으로 전망하고 있다(전자신문, 2006).

2. 이종 기술융합(Lateral Technology Fusion)

1) 이종 산업조직의 신기술과 기존기술의 융합

최근 기술융합 현상이 가장 활발히 나타나는 지식집약적 산업조직분야의 예가 바로 정보통신 및 인터넷 서비스 분야이다. 금년도 정보통신부의 연구개발비 투자액을 살펴보면, 총 9,634억원 투자 중 정보통신 융합기술에 신규로 300억원을 투입하고 있다. 특히, 텔레메틱스(telematics) 산업을 IT839³⁾ 전략분야로 선정하고 기술개발에 320억원을 투자하고 있다(정보통신부, 2006).

텔레메틱스는 텔레커뮤니케이션(telecommunication) 과 인포메틱스(informatics)의 합성어로 정보산업조직과 자동차 산업조직의 대표적 이종기술융합 사례이다. 텔레메틱스는 무선통신과 위성통신, 위성위치 확인 시스템(GPS) 기술, 인터넷 서비스, 그리고 기존의 자동차 제조기술을 융합한 차세대 통신방식의 신융합산업으로 기존의 교통정보뿐만 아니라 인터넷 접속, 파일전송 및 이메일 사용과 같은 소비자의 요구를 충족시키는 온라인 데이터 서비스 제공의 역할을 동시에 수행하고 있다.

현재 세계시장 규모가 약 230억 달러에 이르는 최첨단 산업으로, 국내에서도 2001년 서비스를 시작한 이래로 연평균 74.2%의 성장률로 2010년까지 6조 1,900 억원(세계시장 규모는 약 582억 달러로 전망)에 이를 것으로 전망하고 있다(임

3) IT839전략은 8대 서비스(HSDPA/W-CDMA, Wibro, 광대역 융합 서비스, DMB/DTV 서비스, u-Home 서비스, 텔레메틱스/위치기반 서비스, RFID/USN 활용 서비스, IT 서비스), 3대 첨단인프라(광대역통합망, u-센서 네트워크, 소프트 인프라웨어), 9대 신성장동력(이동통신/텔레메틱스 기기, 광대역/홈 네트워크 기기, 디지털TV/방송 기기, 차세대 컴퓨팅/주변 기기, 지능형 로봇, RFID/USN 기기, IT Soc/융합부품, 임베디드 SW, 디지털콘텐츠/SW솔루션)을 의미한다.

명환 & 김향미, 2004). 텔레메틱스 관련 특허출원은 대부분 한국(53%) 과 일본 (38%) 이 보유하고 있으며, 미국은 6% 의 특허권리를 획득하고 있다. 국내 특허 출원의 48.9% 는 10대 기업에서 나오고 있으며, 최근 통신관련 업체의 출원량이 증가하면서 텔레메틱스 기술의 특허출원을 점유하고 있다(정보통신연구진흥원, 2005). 이러한 국내의 다출원 현상은 정보산업조직과 자동차 산업조직간의 기술 융합이 만들어낸 시너지 효과로 볼 수 있다.

2) 이중 산업조직의 신기술간의 융합

나노바이오 기술(nano-bio technology) 은 이중산업군인 생명공학기술과 나노기술의 융합으로 최근 의학, 약학, 신약 개발분야에서 주목을 받고 있는 신기술 융합산업이다. 나노바이오 분야는 생물학, 화학, 물리학 등 기초 과학과 의학이나 공학과 같은 응용 과학기술 분야의 연구협력관계를 통한 다양한 기술융합의 응용이 가능한 시장으로 오는 2015년에 약 1,800억 달러 규모로 성장할 것으로 전망하고 있다(전자신문, 2005). 현재 우리 정부의 나노바이오 예산은 전체 연구개발 투자액의 5% 에 지나지 않지만,4) 나노기술과 생명공학기술의 경쟁력 확보를 목표로 2010년까지 선진국 연구개발 예산의 80% 규모로 투자 확대할 전망이며, 2002년 1,000 여명에 지나지 않았던 나노전문 기술인력을 2010년까지 12,600명으로 확대할 방침이다(김사혁, 2002).

나노기술과 생명공학기술의 융합을 통해서 개발중인 신성장동력 기술로는 지능형 약물 전달 시스템(Drug Delivery System) 과 바이오칩(Biochip) 을 예로 들 수 있다. 약물 전달 시스템은 바이오 소재를 나노미터(10억분의 1) 크기로 만들어 생체속 변화를 측정하는 나노센서 기술로, 암치료제와 같은 유전자 신약개발 등에 적용이 가능하다. 바이오칩은 DNA나 단백질 등 생체 유기물에 반도체를 결합해 만든 칩 형태의 생체정보 기술로, 현재 나노기술, 생명공학기술, 그리고 정보기술이 융합된 신성장동력 산업기술로 선정되어 있다. 바이오칩은 의료진단 분야에 응용이 가능하며, 크게 DNA칩, 단백질칩, 그리고 랩온어칩(lab on a chip)

4) 과학기술부는 2005년 특정연구개발사업을 확정하고 생명기술에 1327억원, 나노기술에 643억원, 그리고 나노바이오 연구(바이오칩, 약물전달시스템, 장기복제 등) 에 155억원을 지원하고 있다(디지털 타임스, 2005).

으로 구분한다.

현재 칩 제조에 관한 원천기술은 미국이 보유하고 있으며 2002년 83.6%(186건)의 특허출원이 미국에 의해 이루어 졌다. 미국의 2001년 바이오칩 시장은 10억 2천 470만 달러의 매출을 기록했으며 연평균 7.7%의 성장률을 기록하고 있다. 이에 반해, 국내에 출원된 바이오칩 관련 특허는 2002년 자료를 기준으로 50여건에 지나지 않는다. 하지만 최근 바이오칩의 부가가치성에 대한 인식이 고조됨으로써, 국내 시장도 매년 50%의 성장을 기록해 약 300억원 규모의 시장이 형성되어져 있으며, 대기업 산하 연구기관과 400여 개의 벤처기업들이 바이오칩 개발 연구에 전력을 기울이고 있다. 정부 부처별로 과학기술부가 단백질칩, 산업자원부는 랩온어칩, 보건복지부가 DNA칩 개발연구에 주력하고 있다(한국과학기술정보연구원, 2005).

IV. 지식집약적 조직의 산업혁신수용 방안

지식기반 경제시대에 성장동력 산업조직의 육성을 통한 경쟁우위의 확보가 선진국을 중심으로 활발히 전개되고 있다. 특히, 동종·이종 기술융합을 통한 신융합 산업직접지의 등장은 기존에 개별 분야에서 특화되어 활용되던 기술들에 대한 접근을 용이하게 해주며, 서비스 제공자들과의 긴밀한 공생관계를 통해 상호 연계되고 융합됨으로써 경쟁우위의 기술혁신과 새로운 시장으로의 개척을 가능하게 해준다. 여기서 신융합 산업직접지와 산업혁신체제론과의 차이점은 지역적 고정성이다. 기존의 혁신체제론은 동종 산업조직간에 특정기술이나 전문지식을 바탕으로 네트워크를 형성함으로써 특정 지역을 중심으로 고정된다는 특징이 있다. 하지만 최근 등장하는 신융합 산업직접지는 기술환경이나 산업활동의 변화에 따라 동종산업조직 뿐만아니라 기존의 개별단위 산업조직이나 요소기술과 융합함으로써, 새로운 형태의 기술혁신으로 진화되어 가고 있다.

이러한 새로운 형태의 지식집약적 융합 산업과 기술을 양성하고 발전시키기 위해서는 정부주도의 제도정비나 규제정책과 같은 패러다임의 구축에 앞서, 기술혁신 활동에 필요한 잠재력 분야를 발굴하여 특성화 시키는 것을 우선해야 한다.

물론, 일정한 틀의 패러다임안에서 혁신화와 상용화의 성공을 위해서는 정계, 학계, 산업계, 연구계 등 다양한 분야의 전략적 협력과 제후가 필요하다. 하지만 이렇게 제도화된 환경하에서 구현된 혁신의 동질성(homogeneity) 으로는 최근 급변하는 산업 기술 환경에 대응하고 나아가 새로운 산업방향으로의 전환을 제시할 수 없다는 단점도 지니고 있다. 따라서, 개별산업조직의 혁신활동을 인정하고 신용합 기술의 개발을 통한 차별화된 기술력을 지원하는 것이 새로운 시장의 경쟁우위를 확보하는 바탕이 된다.

우리 정부의 정책도 융합기술의 개발과 활성화를 위한 제도적 전환이 필요하다. 신용합 산업분야의 기술개발성과 시장성 분석, 그리고 현실성 있는 연구개발 체제를 수립함으로써 개별산업조직이 보유한 단위기술의 특징을 이해하고 융합 기술에 필요한 특정요소 기술을 발굴·개선해 나감으로써, 신용합 산업으로의 기술혁신과 새로운 시장으로의 접근방법을 확충해 나갈 수 있다.

따라서, 특정산업조직에 국한된 기술이나 제품의 개발이나 연구보다는 기존의 기술과 신기술을 융합한 응용기술 개발에 정책적 지원을 해야 한다. 신용합 산업을 구축하기 위한 정부의 정책과 제도적 전환은 다양한 분야의 연구활동을 상호연계 시키고 타분야의 연구성과에 대한 접근을 활성화 시킴으로써, 기술융합이 가능한 잠재적 성장동력 분야의 발굴을 가능하게 해준다. 이러한 관점에서 볼 때, 이종 산업조직간의 기술융합과 실용화를 위한 정책의 제도적 정비와 기술지원체제의 수립은 새로운 시장의 창출 뿐만 아니라 세계시장에서의 경쟁우위 확보를 통한 국가경쟁력 강화에도 기여할 것으로 기대가 된다.

둘째, 신용합 산업조직의 혁신역량을 증대시키기 위해서는 연구개발 인력의 양성과 시설의 집중화를 통한 장기적 연구역량의 확보가 필요하다. 확보된 연구역량의 효율적 운용을 위해서는 성장잠재력이 높은 융합기술의 선정과 선정된 기술의 특정 요소를 파악하여 유기적인 제도적 지원체계를 마련해야 한다. 또한 신용합 산업의 기술군 분류를 통해 정책의 중복된 투자와 불균형한 발전을 해소하여야 한다.

마지막으로, 기술융합의 혁신성과 융합산업 직접지의 역량을 진단(assess) 하고 분석(explore) 할 수 있는 객관적이고 중립적인 단일평가 기구와 분석틀의 개발이 필요하다. 역량평가와 혁신능력의 측정을 통해 취약점을 분석함으로써 현재

의 정책을 진단하고 보다 구체적이고 현실 가능한 정책대안을 마련해야 할 것이다. 또한 경쟁산업이나 주변국가의 성공사례에 대한 분석을 통해 성공한 기술융합과 관련된 정책과 제도를 살펴봄으로써 한국 성장동력산업 정책에 주는 시사점을 찾아내고 구체적이고 종합적인 정책 내용과 전략을 설계할 필요가 있다.

참고문헌

- 국제과학기술협력재단. 한국의 R&D 동향, 홈페이지 <http://www.kicos.or.kr/>
- 김동원. (2005). 기초과학연구 2613억 투입. 「디지털 타임스」, 2005. 1. 12.
- 김사혁. (2002). 나노기술의 이해와 정책적 시사점. 「정보통신정책」, 14(17), 통권 309호; 17-36.
- 산업자원부 지능형로봇사업단 기술위원회. (2004, 05). 차세대 성장동력 종합실천계획, 홈페이지 <http://rtc.kitech.re.kr/>
- 손재권. (2006). 집중진단: VoIP가 기업경쟁력이다(1-5). 「전자신문」 2006. 2. 27.
- 안두현·엄미정·이광호·김석관·배용호·정교민·박정규. (2002). 주요 신기술의 혁신추이 및 경쟁력 분석: BT, ET, NT를 중심으로. 「정책연구」, 2002. 11. 30.
- 이공래·황정태. (2005). 다분야 기술융합의 혁신시스템 분석. 「정책연구」, 2005. 12. 31.
- 임명환·김향미. (2004). 국내 텔레매틱스 서비스 및 사업동향 분석. 「정보통신 동향분석」, 19(6); 188-198.
- 정보통신부. (2006). 2006년도 정보통신연구개발 시행계획. 「정보통신부 보도자료」, 2006. 1. 16.
- 정보통신부. IT389전략: IT강국 기반으로 선진한국 도약, 홈페이지 http://www.mic.go.kr/html/ebook/report_2006/it839/it839/default1.html
- 정보통신진흥연구원. (2005). 텔레매틱스 기술 및 특허 동향. 「주간기술동향」, 통권 1196호, 2005. 05. 18.; 44-48.
- 조윤아. (2005). 나노바이오 시장 폭발적 성장. 「전자신문」, 2005. 4. 8.
- 최경섭. (2005). IP 텔레포니, 칩체 네트워크 시장 깨운다. 「디지털 타임스」, 2005. 6. 22.

- 한국과학기술정보연구원. (2005). 바이오칩 기술. 「기술정보분석 보고서」, 2005. 02. 18.
- Bally, Nicolas. (2005). Deriving Managerial Implications from Technological Convergence along the Innovation Process: A Case Study on the Telecommunications Industry. *Swiss Federal Institute of Technology*
- Barney, Jay. (1991). Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Journal of Management*, 17 (1): 99-120.
- Castellacci, Fulvio. (2004). Theoretical convergence? A Critical Review of Evolutionary and New Growth Theories. *Working paper*, University of Oslo; forthcoming in *Journal of Economic Surveys*.
- Corrocher, Nicoletta., Malerba, Franco, & Montobbio, Fabio. (2003). The Emergence of New Technologies in the ICT Field: Main Actors, Geographical Distribution and Knowledge Sources. *Working paper prepared for the TENIA project*. University of Insubria.
- Dawid, Herbert., & Wersching, Klaus. (2006). On Technological Specialization in Industrial Clusters: An Agent-based Analysis. *Handbook of Research on Nature Inspired Computing for Economic and Management*, 1.3 (25).
- Foray, D., & Lundvall, B. A. (1996), The knowledge-based economy: from the economics of knowledge to the learning economy. *Employment and Growth in the Knowledge-Based Economy*. OECD Documents, Paris: OECD.
- Gu, Shulin. (1999). Implications of National Innovation Systems for Developing Countries: Managing Change and Complexity in Economic Development. *Discussion Paper Series*, United Nations University, Institute for New Technologies.
- Kautonen, Mika., & Tiainen, Mari. (2000). Trajectories, Innovation Networks and Location: A Comparative Study of Two Regions in Finland. *DRUID Conference on Industrial Dynamics*, Copenhagen, Denmark, January 7-8.
- Lambooy, Jan. (2004). Evolution of the channels in diffusion-structures of knowledge: The role of emerging networks and regional innovation systems. *Paper presented at NUS, Conference Paths of Urban Change*, Singapore, December 9-11.

- Lewin, A.Y., & Volberda, H. W. (1999). Prolegomena on Coevolution: A Framework for Research on Strategy and New Organizational Forms. *Organization Science*, 10(5): 519-534.
- Malerba, Franco. (2002). New Challenges for Sectoral Systems of Innovation in Europe. *Paper presented at the DRUID Summer Conference 2002 on Industrial Dynamics of the New and Old Economy - who is embracing whom?*, Copenhagen, Denmark, June 6-8.
- Malerba, Franco. (2002). Sectoral Systems of Innovation and Production. *Research Policy*, 31 (2): 247-264.
- Malerba, Franco. (2003). Sectoral Systems and Innovation and Technology Policy. *Revista Brasileira de Inovação*, 2(2): 329-375.
- Nelson, Richard., & Winter, Sidney. (1982). *An evolutionary Theory of Economic Change*. Belknap Press: Cambridge, MA
- Nonaka, Ikujiro., & Takeuchi, Hirotaka. (1995). *The knowledge creating company: How Japanese companies create the dynamics of innovation*. New York: Oxford University Press.
- Nystrom, Anna-Greta., & Hacklin, Fredrik. (2005). Operator Value-Creation through Technological Convergence: The Case of VoIP. In. *16th European Regional Conference, International Telecommunications Society (ITS)*, Porto, Portugal, September 4-6.
- Pennings, Johannes., & Puranam, Phanish. (2001). Market Convergence and Firm Strategy: new directions for theory and research. *ECIS Conference, The Future of Innovation Studies*, Eindhoven, Netherlands
- Quandt, Carlos. (1999). Developing Innovation Networks for Technology-Based Clusters: The Role of Information and Communication Technologies. *Workshop Techno-Regions: Science, Technology and Regional Development - Past, Present and Future Challenges*. Rio de Janeiro, September 16.
- Rycroft, Robert W., & Kash, D. E. (2004). Self-organizing innovation networks: Implications for globalization. *Technovation* 24 (3): 187-197.

Turpin, Tim. (2004). Collaboration and Learning for Technology Capacity Building in the Asia Pacific. *Paper presented at the DRUID Summer Conference 2004 on Industrial dynamics, innovation and development*, Elsinore, Denmark, June 14-16.