

사회진화현상으로서의 융합의 전개 및 방향성

정재용

한국정보통신대학교

요약

현재 진행되고 있는 과학기술의 융합현상은 여러 학문분과와 기술간 융합이 동시다발적으로 집적화되어 나타나는 점에서 하나의 패러다임적 전환을 예고하고 있다. 특히 IT, BT, 나노 분야간 융합이 활발하게 일어나고 있으며, IT 기술은 기술간 융합을 매개하는 인프라로서의 역할이 두드러지게 나타나고 있다. 도래하는 융합기술경제패러다임에서 국가경쟁력을 지속하기 위해서는 교육, 연구조직 및 관리, 금융, 정책 등의 차원에서 개방형의 융합친화적인 사회제도적 틀의 구축이 반드시 병행되어야 한다.

1. 서론

과학기술의 발전사를 통해 학문분과의 분화와 통합은 흔히 발견될 수 있는 현상이었다. 철학으로부터 시작한 인문학의 분화, 수학 및 물리학으로부터 파생된 다양한 학문분과 등을 통해 지속적인 지식의 발전이 이루어져 왔음을 알 수 있다. 그러나 최근의 과학기술의 융합현상은 지금까지의 학문분과간 분화와 통합과는 달리 여러 학문분과에서 동시다발적으로 집적화되어 진행되고 있다는 점에서 새로운 하나의 독자적인 기술경제패러다임으로도 이해될 수 있다.

더구나 현재 진행되고 있는 기술융합화의 현상은 개별 기술간 물리적 결합 혹은 통합이라기 보다는 서로 다른 기술이 결합되어 전혀 다른 형태의 기술을 창조한다는 점에서

과거의 기술보완적 형태의 기술결합과는 차원이 다른 새로운 현상이라 할 수 있다. 또한 기술융합화가 단일 기술로는 해결하기 어려운 환경, 의료복지 등의 복합적 사회문제의 출현과 맥락을 함께 하고 있어 보다 넓은 차원에서의 사회문화적 이해를 필요로 한다는 점도 현재의 기술융합화 현상을 패러다임적 변화의 하나로 인식하게 하는 요인으로 작용한다.

즉, 기술간 융합을 통해 새로운 기술과 산업이 출현하는 등 기술경제적 파급효과가 지대하고, 복합적 사회문제에 대한 해결방식으로 인식되면서 기술융합화 현상을 미래성장을 담보할 새로운 기술경제 패러다임으로 이해하려는 시도들이 나타나고 있다고 볼 수 있다.

선진각국에서도 지금까지와는 다른 형태로 진행되고 있는 기술간 융합 경향에 적응하기 위하여 다양한 정책적 시도를 하고 있으며, 융합연구를 위한 새로운 연구조직의 출현, 융합형 인력의 양성 시스템 필요성 제기 등 혁신시스템 변화 차원의 다양한 시도들이 나타나고 있어, 패러다임적 전환의 시각에서 융합 현상을 바라보아야 할 것이다.

우리나라에서도 최근 정보통신기술 패러다임의 성장잠재성 소진이라는 현상에 직면하여 향후 성장을 이끌 수 있는 동력의 하나로써 융합연구 및 사업화를 주요한 정책 아젠다로 설정하고 있어 기술융합화에 대한 활발한 이론적, 현실적 논의들이 필요한 시점이다.

이 글은 최근의 기술간 융합이라는 현상을 기술경제 패러다임 변천의 맥락에서 살펴보고 융합패러다임의 방향성과 이에 따른 정책적 함의를 살펴보는 데 주안점을 두기로 하였다.

II. 기술경제패러다임의 진화와 최근의 전개양상

러시아의 경제학자 Kondratieff는 1925¹⁾년 논문에서 약 50년 주기의 경기변동 주기를 확인하였는데, 당시에는 그 원인에 대한 해석은 없이 단지 거시적인 통계학적 경향만을 발견한 것으로서의 의미만 가지고 있었다. 후대의 거시경제학계와 기술혁신 및 진화경제학계에서 콘드라티예프가 발견한 거시적 주기의 원인을 알아내기 위해 여러 가지 시도를 하였는데 그 중 특히 Schumpeter(1939, 1950)부터 시작된 기술혁신 및 진화경제학 분야에서는 콘드라티예프가 발견한 장기적 경기순환의 경향을 기술혁신과 결부시켜 이해하고 있다.

이들의 논의에 따르면 산업혁명 이후의 세계는 대략 50년 정도 간격의 기술경제패러다임의 변화를 경험하였으며, 그 변화의 동인은 기술의 변화에서 찾을 수 있다. 아래 표에 정리된 바와 같이 방직기계, 증기기관, 철강, 자동차, 반도체 등이 1차에서 5차까지의 기술경제패러다임을 추동한 기술적 동인이었으며, 이에 따라 주력산업의 변화와 생산방식, 국가간 패권 등 전반적인 기술경제패러다임하의 시스템들이 변화되어 왔다는 것이다.

〈표 1〉 산업혁명 이후 기술경제패러다임의 변화

기술경제패러다임	발생지(핵심지)	기술적 단초	연도	
1차	산업혁명의 시대	영국	아크라이트의 방직기계	1771
2차	증기기관과 철도의 시대	영국 (미국으로 확산)	증기기관	1829
3차	철강, 전기, 중공업의 시대	미국, 독일	카네기-베세머 철강 플랜트	1875
4차	석유, 자동차, 대량생산의 시대	미국(독일을 거쳐 유럽으로 확산)	포드자동차의 T-Model	1908

자료 : Perez(2002)

과거 다섯 차례의 기술경제 패러다임 변화를 겪으면서 많은 국가들이 흥망성쇠를 거듭하였다. 산업혁명 이후의 세계는 영국 주도의 기술경제패러다임에서 점차 독일을 거쳐

미국 주도로 넘어가는 양상을 보여주고 있다. 5차 기술경제 패러다임에서는 미국, 일본 중심의 선진국과 한국, 대만 등이 주도국가로 인식되고 있으며 신흥공업국으로서는 BRICS 및 동남아가 포함되고 있다. 그간의 기술경제패러다임 전환을 통해 많은 국가들이 추격과 탈추격을 성취하였고, 한국과 대만 그리고 BRICS등은 최근 선진국과 거의 대등한 수준의 경제적 성과를 이루어 냈다.

새로운 기술적 가능성이 열리면서 세계 경쟁구도가 변화하고 새로운 기술경제패러다임에 친화적인 사회경제 시스템을 갖춘 국가가 주도국의 지위에 오르는 것을 역사적으로 경험해왔다. 정보통신 기술혁명을 중심으로 한 5차 기술경제패러다임이 성숙기에 접어들면서 새로운 패러다임으로의 전환이 예견되고 있는 것이 현시점의 상황이다.

5차 기술경제패러다임의 담지산업인 정보통신산업의 성숙기와 포화상태를 가져오면서 패러다임 주도국들은 미래의 새로운 성장동력을 찾기 위해 노력을 기울이고 있다. 새로운 성장산업의 맹아는 융합형 산업에서 단초를 찾을 수 있는데, 그 대표적인 예가 융합의 키워드로서의 IT-BT-Nano-Cognitive 와 관련된 산업들이라고 할 수 있겠다. 즉 기술간 융합이라는 새로운 패러다임적 특성에의 적용이 향후 국가 경쟁력 및 산업의 성장에 핵심적인 중요성을 갖는다고 할 수 있다는 것이다.

III. 융합 패러다임의 전개와 방향성

융합기술이란 최근 급속히 발전하는 신기술분야의 상승적 적용의 상호존재적인 결합으로 이종 기술간의 융합을 통하여 신기술 및 서비스를 창출하거나 기존 제품의 성능을 향상시키는 것으로 정의되고 있다. 특히 최근의 중요한 경향성으로 나타나는 다분야 융합기술(Fusion of technologies)은 2개 이상의 기술요소가 화학적으로 결합하여 기존의 요소기술의 변화를 통해 기존 기술이 갖지 않는 새로운 기능을 발휘¹⁾한다. 또한 융합기술은 다학제적 특성과 과학과 기

01_ 단순기술수렴이나 기술통합은 개별 요소기술의 정체성이 유지되면서 예상되는 기술적 문제의 해결과 기대되는 신기능의 창출을 위한 기술혁신활동임에 비해 다분야 기술융합은 기존 요소기술의 특성이 유지 혹은 변화하여 기대하지 못한 신 기능을 생성한다(이공래, 황정태, 2005)는 측면에서 가장 큰 차이점이 있다.

술의 빈번한 접목 등을 특징으로 하고 있다.

IT-BT-NT의 융합기술은 크게 IT-BT, IT-NT, BT-NT로 나뉘어 진행이 되고 있으며 IT에서의 요소기술은 크게 HW, SW, 반도체, 유무선 통신, 정보보호 등이 있다. BT에서는 유전공학, 바이오 장기, 분자생물학, 신약 등이 있고, NT분야에서는 나노 신소재, 나노 구조재, 나노공정, 정보저장 등이 있다. 이들 융합관련기술의 목적과 세부 분야는 다음 <표 2>과 같이 구분될 수 있다.

<표 2> 새로운 기술경제패러다임에서의 융합기술 분야

〈IT-BT 융합 분야〉
<ul style="list-style-type: none"> • 기존의 정보기술과생명체 현상을 다루는 BT와 접목하여, 생물학적인 원리와 특성을 활용한 새로운IT제품/서비스를 창출하는 기술. • IT-BT 요소기술은 바이오인포매틱스, 바이오 전자, 생체정보 인터페이스, 생체정보보호, 바이오컴퓨터분야
〈IT-NT 융합 분야〉
<ul style="list-style-type: none"> • 원자 또는 분자 레벨의 나노기술을 IT에 접목하여 고성능, 소형화, 이동성 등을 획기적으로 높이는 기술
〈NT-BT 융합기술〉
<ul style="list-style-type: none"> • 나노기술을 이용한 바이오기술은 나노기술에 의한 극미세 도구를 이용하여 바이오 물질의 이송, 조작, 검출과, 인식과 바이오 정보의 분석 및 재합성을 통하여 생명현상의 원리와 기저에 관한 새로운 지식탐구와 관련 바이오 기술개발. • 첨단 나노기술을 이용하여 생명현상의 근본 단위인 유전체를 다루는 극미세 도구를 만들 수 있게 됨에 따라 이를 이용한 극미세 바이오연구와 관련 기술개발을 추진

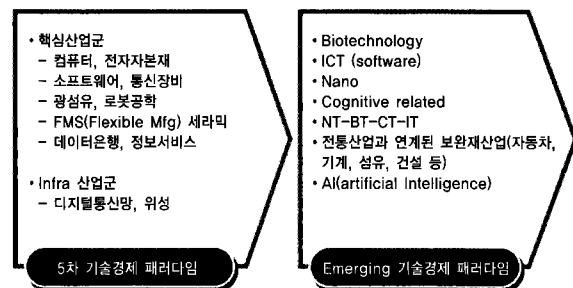
자료 : 전황수 · 허필선 (2006)

선진연구기관들은 미래 기술경제패러다임을 주도하기 위하여 미래기술예측보고서를 발표하고 있다. 대표적인 미래기술예측기관인MIT가 2001년부터 해마다 발표해온 미래의 유망기술 분야를 살펴보면 IT기술주도의 융합분야 및BT분야가 중요한 위치를 차지하고 있다. 2007년도에 발표한 유망기술은 P2P를 이용한 영상데이터 전송기술, 모바일 현실·가상기술, 초고해상도의 디지털 이미징기술, 뉴런제어기술, 세포단위분석기술의 생명공학분야, 컴퓨터를 이용한 맞춤형 의료모니터기술, 투명소재, 광학 안테나, 나노 태양전지 등을 발표하였다

이러한 기술진화 속에서 특히 IT기술은 산업간 융합을 연계하는 인프라로서 새로운 역할을 담당할 것으로 예측되고 있다. 즉 IT는 기술융합의 중심에서 타 기술분야들과의 관계를 통하여 새로운 기술적 가능성을 열어갈 것으로 전망되고 있으며, 산업구조와 사회체제 변화의 중심이 될 것이다.

이와 동시에 IT 산업은 4차 패러다임에서 주도적인 산업이었던 선박, 자동차, 섬유, 건설 등의 전통제조업과 연계된 기술혁신이 새로운 산업군으로 형성될 것으로 예측되고 있다. 또한 생명공학은 신산업의 창출뿐만 아니라 새로운 형태의 연구개발 실행방식으로서의 E-R&D를 파급시키고 있다. E-R&D는 경제활동의 형태가 인터넷기반으로 상당부분 이루어지고 있는 상황에서 연구개발의 새로운 형태를 설명하기 위한 개념으로서 특히 제약과 생명공학 분야에서 활발하게 이루어지고 있다.

또한 IT산업 내에서도 역동성이 예견되고 있으며 특히 유무선, 통신·방송, 기기·서비스의 비즈니스분야가 통합이 되어 IT 분야의 재구성이 될 것으로 예측된다. 5차 기술경제패러다임을 대체할 새로운 융합형 패러다임의 선도기술은 다음(그림 1)과 같이 정리될 수 있다.



IV. 새로운 패러다임의 발흥과 정책적 함의

새로운 기술경제패러다임의 도래는 세계 경제구도를 변화시키며 각국에 기회와 위협요인으로 작용할 것이다. 따라서 패러다임 전환기에 직면하게 될 경제적, 기술적, 제도적 차원의 문제점들을 고려하여 새로운 패러다임에 조응할 수 있는 사회제도적 틀을 정비하는 노력이 필요하다.

이제까지의 기술경제 패러다임의 역사적 변천을 통해 알 수 있는 바는 새로운 패러다임에서의 선도기술과 담지산업의 출현과 함께 생산방식과 기업조직뿐 아니라 교육, 금융, 정책 등 사회경제적 인프라의 변화가 병행된다는 것이다.

새롭게 발흥하는 융합기술패러다임에서도 핵심선도기술의 변화를 뒷받침 할 수 있는 폭넓은 사회경제적 변화가 예상되고 있다.

더구나 융합기술패러다임은 여러 이종기술 및 다학문 분야간 상호작용을 필요로 한다는 점에서 기존의 학제적, 단일분야 중심의 혁신시스템과는 매우 다른 접근이 요구될 것이다. 우선, 연구개발조직의 측면에서는 다학문 분과간, 여러 이종 기술분야간 상호작용을 위한 네트워크의 중요성이 높아질 것이다. 전문 요소기술 및 지식을 보유하고 있는 단위 연구조직간 혹은 기업간 연계와 실질적인 공동연구를 지원할 수 있는 제도적 보완이 필요하다.

연구관리에 있어서도 높아지는 위험성에 대비한 유연한 평가시스템의 구축이 요청될 것으로 예상할 수 있다. 융합기술패러다임의 도래는 현재 부상하고 있는 개방형 혁신과 맥락을 함께하는 연구조직 및 관리시스템의 도입을 필요로 할 것이다.

한편, 인력의 측면에서도 여러 분야의 지식을 소화, 결합하여 새로운 개념을 창출할 수 있는 창조형 인력의 중요성이 높아질 것이다. 따라서 이러한 융합형 인력의 양성을 위한 다학제적 인력양성 시스템의 도입이 필요하다. 기술간 융합은 조직간 연계 차원에서 진행될 수도 있지만 개별 연구인력의 차원에서 대부분 지식의 습득과 융합이 일어날 수 있다는 점에서 현재의 교육체계와는 구별되는 융합형 인력 양성을 위한 제도적 운용이 필요할 것이다. 예를 들어 미국 보스턴 지역의 올린 공대와 같이 디자인, 공학, 예술, 사회과학 등의 프로그램 제공과 프로젝트 위주의 교육방식을 통해 창조형, 융합형 인력을 양성하는 교육시스템의 설치가 요구된다.

또한, 금융시스템에 있어서도 융합형 산업 형성과 기업활동을 지원할 수 있는 고위험 고수익형 펀딩시스템이 요청될 것이다. 정책적 차원에서도 개별 연구조직 및 대학학제간, 이업종간 교류와 실질적 공동연구를 지원할 수 있는 다양한 기회의 창을 제공하는 배려가 필요할 것이다.

특히 학제적 전통이 강하고 이종 조직간 연계가 취약한 우리나라의 특성상 제도적 정비를 통한 조직문화의 전환이 요청될 것이다.

요약하면 다가오는 융합기술패러다임은 유연성과 탄력성을 근간으로 하는 개방형 혁신시스템과의 친화성을 특징으

로 할 것이며, 새로운 패러다임에서 국가경쟁력을 유지하기 위해서는 이러한 개방형 혁신시스템으로의 전환을 위한 정책적 노력이 필요할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Kondratieff, N.D.(1935), 'The Long Waves in Economic Life', The Review of Economic Statistics, 17(6), pp.105-115
- [2] Perez(2002), Technical Revolutions and Financial Capital: The Dynamics of Bubbles and Golden Ages, Cheltenham: Edward Elgar
- [3] Schumpeter (1939), Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process
- [4] KOTEF(2007), 'MIT의 10대 유망기술, 기술과 미래, 2007년 5/6월호
- [5] 이공래,황정태(2005), 다분야 기술융합의 혁신시스템 특성 분석, 과학기술정책연구원
- [6] 전황수, 허필선(2006), IT-BT-NT 융합기술, 한국전자통신연구원
- [7] 지식경제부(2008) 새로운 기술경제패러다임에 대응하는 융합기술 혁신정책 연구
- [8] 하태정 외(2007), NBIT 컨버전스 연구개발조직의 발전 방안 연구, 과학기술정책연구원



한국외국어대학교 졸업(학사),
영국 Manchester 대학(석사),
영국 Sussex 대학교(과학기술정책학 박사),
한국전자통신연구원 기술정책팀장
현재 한국정보통신대학교(CU) 경영전문대학원 교수
관심분야: 과학기술정책, 기술혁신 이론, 기술경영

정재웅