

기술융합 특성에 따른 새로운 분류체계의 제안

A Study on the Classification for Technology Convergence according to
Characteristics

황다영(Hwang, Da-Young)*, 김영인(Kim, Young-In)**,
이병민(Lee, Byung-Min)***

목 차

- | | |
|----------------------------------|----------------------------|
| I. 서론 | IV. 새로운 기술융합 분류체계의
적용사례 |
| II. 기술융합의 개념 및 분류체계에
대한 선행연구 | V. 결론 |
| III. 기술융합 특성에 따른 새로운
분류체계의 제안 | |

국 문 요 약

새로운 기술혁신의 돌파구로서 발생되고 발전해온 기술의 융합현상은 21세기 지식기반경제체제와 더불어 더욱 활발하게 진행되고 있다. 그러나 기술의 융합과 융합기술에 대한 이해와 활용성 제고 방안은 아직 도입기로서 더 많은 개념정리 및 분류체계 등의 연구가 필요한 실정이다. 그동안 부처별로 기존의 관련 기술 분류가 산발적이어서 중복투자에 대한 우려가 높았고, 상대적으로 기술의 융합이나 융합기술에 대해서는 적용이 미진한 측면이 많았으므로 기존개념의 정리와 기술융합 분야에 대한 새롭고 정확한 세부 분류체계가 필요하게 되었다. 본 연구에서는 기술의 융합현상을 동적인 흐름으로 파악하고 기술 융합형태에 따른 특성을 분석하여 종합적인 관점에서 기술의 융합특성별 새로운 분류체계를 제안하고자 한다.

핵심어 : 융합특성, 융합기술, 분류체계

※ 논문접수일: 2008.10.30, 1차수정일: 2008.12.4, 게재확정일: 2008.12.8

* 과학기술연합대학원대학교 기술경영정책학전공 석사과정, hwangdy@ust.ac.kr, 042-865-3909

** 과학기술연합대학원대학교 기술경영정책학전공 석사과정, gsit07@naver.com, 042-865-3909

*** 과학기술연합대학원대학교 교학처장/기술경영정책학전공 교수, leebm@ust.ac.kr, 042-865-3972

ABSTRACT

The convergence of technology as a major breakthrough in technology innovation has been generated and developed. With the advent of the 21st century characterized by the knowledge-based economy, it is happening even more frequently and vigorously than ever. However, study on classification system or definition of notions is necessary as the convergence of technology is still in the early stage. The existing classification system has limited application to the convergence of technology. With no standard available for the classification of the technology convergence, there has been much concern for duplicative R&D investment. On this ground, a new and reformed classification system for the convergence of technology and definition of notions are needed.

Previous studies regard base technologies used in the technology convergence and new convergence technologies as important. However, this paper views convergence of technology as a dynamic phenomenon and puts an emphasis on the cause of technology convergence, not on the new technology itself and examines whether base technologies go back to their original state after the completion of technology convergence. This kind of approach will classify technology convergence by characteristics

Although more researches including quantitative analysis are necessary, this paper expects to offer help with further researches on classification system.

Key Words : characteristics of convergence, convergence technology, classification method

I. 서 론

1. 연구의 목적

기술의 융합현상은 21세기 지식기반경제 하에서 더욱 활발하게 진행되어져 왔으며, 국가별·연구주체별로 다양한 기술융합관련 연구들이 진행되고 있으며 지원 정책의 규모와 영역 역시 점점 넓어지고 있다. 하지만 기술융합관련 연구와 정책적 지원은 아직 도입기이므로 더 많은 개념정리 및 분류체계 등의 기초연구가 필요하다. 기존의 기술분류 체계는 매우 빠르게 증가하는 신기술을 모두 담아내는데 한계를 가지고 있는데 이는 각 R&D관련 기관마다 행정상의 편의를 위해 각기 다른 분류체계로 기술의 융합 및 융합기술을 명시하고 분류하고 있기 때문이다. 또한 기술의 융합현상을 전체적인 동적 흐름에 초점을 두지 않고 융합에 참여하는 요소기술이나 융합과정이 끝난 후의 결과물로만 분류했기 때문에 기술변화 패턴에 효율적으로 대처하지 못하는 경향도 있다.

이에 기술융합에 대한 기존개념을 정리하고 그간 미진했던 기술융합 분류체계에 대한 새롭고 정확한 분류체계가 필요하게 되었다. 본 연구에서는 기술의 융합현상을 동적인 흐름으로 파악하고 기술 융합형태에 따른 특성을 분석하여 종합적인 관점에서 기술의 융합 특성별 새로운 분류체계를 제안하고자 한다.

2. 연구의 내용 및 방법

우선 2장에서는 기술융합 개념 및 기존의 분류체계를 살펴본다. 기술의 융합현상에 대한 이해와 함께 국내외 선행연구를 살펴보고, 본 연구에서 제시할 기술의 융합특성별 분류는 기존의 분류체계에서 어떤 것을 채택하고 변형하는지 보여준다.

이어 3장에서는 기술의 융합을 동적인 현상으로 파악하고 네 가지 기준을 중심으로 그 특성을 고려하여 총 17개의 융합형태를 도출한다. 4장에서는 IT, NT, BT 기술의 융합특성별 분류를 이용하여 분류해보고, 기존의 분류체계 중 하나인 과학기술분류표에도 적용하여 기술의 융합분야를 선별하고 융합특성별로 구분하는 사례를 제시하고자 한다.

본 연구는 문헌연구를 통하여 기술의 융합현상을 형태별 특성과 독립성 정도에 따라 분류한다. 형태별 특성은 첫째, 기존분류에서의 <구성 요소기술의 수>* 둘째, <공통기반

* 이중, 다중 융합 형태

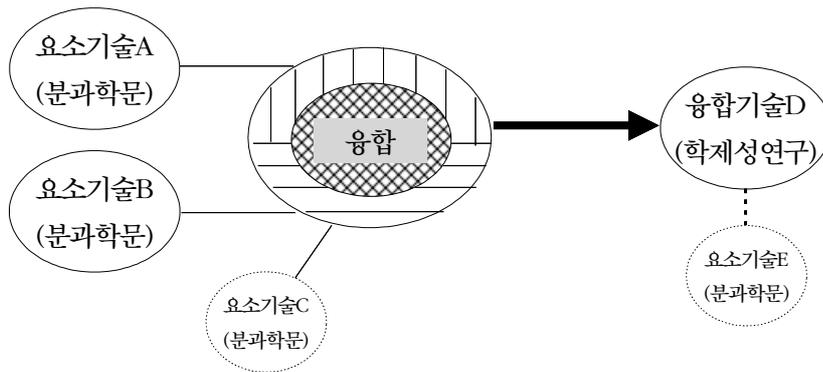
기술의 포함여부)*, 셋째, <융합현상의 발생원인>** 넷째, <부 요소기술의 독립성 정도>를 통해 분석 하였다. 공통기반기술의 포함여부는 통합지원시스템 제공의 가능성을 측정하고 융합시기를 살펴봄으로써 알 수 있고, 융합현상의 발생 원인은 기술의 융합에 있어서 주 요소기술이 무엇인지 먼저 찾고 그 주 요소기술의 주목적을 알아봄으로써 파악할 수 있으며 부 요소기술의 융합을 마친 후의 활동 가능성, 생명주기를 이용하여 독립성의 정도를 알 수 있다. 이는 융합현상에 있어서 구성 요소기술들의 개별적 특성과 전반적인 융합 과정을 고려한 새로운 접근방식의 분류체계이다.

II. 기술융합의 개념 및 분류체계에 대한 선행연구

1. 기술융합의 개념 및 특성도출

기술의 융합현상이나 융합기술에 대한 정의와 범위는 매우 다양하다. 한 나라 및 조직 안에서는 관련 개념 및 분류가 통일되는 것이 바람직한데 이는 일관성 있는 정책 기획 및 관리, 실행이 가능해지고 연구대상 및 방법들이 명확해지기 때문이다.

(그림 1)에서 보듯이, 기술이 융합하기 위해서는 2개 이상의 요소기술들이 필요하다. 요소기술들이 융합하는 현상을 「기술의 융합」 혹은 「기술융합」 이라 하며 그로 인한 결과물을 「융합기술」 이라고 보면 보다 정확하게 접근할 수 있게 된다. 본 연구에서는 기술과 학문을 대등하게 기술 융합의 대상으로 보았는데 이는 기술의 융합이 기술-기술, 기술-학문, 학문-학문 등 학제적 또는 복합적으로 이루어지기 때문이다.



(그림 1) 기술융합 과정의 학제성

* 기반기술간, 기반-요소기술간 융합 형태

** 횡적, 종적, 복합적 융합 형태

이러한 기술의 융합현상은 기술통합, 기술복합, 기술수렴 등의 용어들로 다양하게 표현되고 있으며, 다음은 기술융합과 관련된 선행연구 분석을 통하여 대표적으로 많이 쓰이는 기술복합과 기술융합, 기술수렴에 관한 정의를 비교 정리해 보았다.

〈표 1〉 기술복합과 융합의 정의

논문명, 저자, 연도	기술복합(통합)	기술융합(일부 기술수렴 포함)
생태학적 다양성 개념을 이용한 기술의 융복합화 지수 개발, 박진서 외 5명 (2007: 204)	-요소기술의 다양함 그 자체에 의미가 있음	-독자적인 새로운 기술 분야로 확립되는 것에 의미가 있음 -특정 문제해결이 목적
융합기술분야 연구개발 활성화를 위한 정책제언, 유경만 (2006: 3-4)	-개별 요소기술들의 물리적 결합 -기존사업의 한계를 극복이 목적	-성질이 다른 기술들 간의 화학적 결합
Disciplinary, Multidisciplinary, Interdisciplinary - Concepts and Indicators, Peter van den Besselaar & Gaston Heimeriks (2001: 2)	-from different angles, using different disciplinary, neither the theoretical perspectives nor the findings of the various disciplines are intergrated in the end	-creates its own theoretical conceptual and methodological identity. It is more coherent, and integrated
다분야 기술융합의 혁신시스템 특성 분석, 이공래, 황정태 (2005: 15-17)	-요소기술의 속성 유지	-요소기술의 속성 사라짐
융합연구의 형성과 발전 과정의 고찰을 통한 국내 연구 현황 분석, 박기범, 황정태 (2007: 14)	-카메라폰(휴대폰+카메라)과 같이 요소기술들이 단순히 물리적으로 결합하는 것 -개선기술	-
국가융합기술 발전 기본방침(안), 국가과학기술위원회 (2007: 3-4)	산업관점 기존제품/서비스의 고도화 향상성 기존시장유지 및 확대 개선기술(Improving Tech.)	기술관점 신기술개발 혁신성, 독창성 새로운 시장형성 신생기술(Emerging Tech.)

〈표 1〉에서 볼 수 있듯이, 기술복합과 기술융합이 특정 문제해결을 위해 발생하였다는 점은 동일하나, 기술복합은 단순 물리적 결합인 반면 기술의 융합은 화학적 결합이라는 점에서 차이가 있다.

〈표 2〉 기술융합과 기술수렴 정의

학자명(연도)	기술융합	기술수렴	비고
Kodama(1995)*	-여러 기술의 혁신이 동시에 일어나면서 융합하는 것 -기계기술과 전자기술의 융합(메카트로닉스 제품)	기존기술의 돌파(breakthrough)	최초로 technology fusion 이라는 용어 사용
Rosenberg(1963)**	-	-다양한 산업이 각자의 기술적 문제를 해결해 나가는 과정에서 일어나는 공동기술혁신 현상 -영국의 공작기계의 기술혁신을 예로 들	최초로 technology convergence라는 용어 사용
월드뱅크의 Bond & Smith(1997)***	디지털 기술이 발달하면서 음성, 이미지, 비디오, 컴퓨터데이터가 융합하면서 기술 간의 융합, 산업들의 융합이 이루어지고 있다.		최초로 산업계에서 convergence란 단어 사용

기술융합과 기술수렴에 관한 정의는 〈표 2〉와 같다. 여기서 기술수렴은 기술개발 과정 상 단계별로 합쳐지는 현상으로 새로운 기술을 발생시키는 점에서 기술융합과 같으나, 그 후 요소기술이 소멸되지 않거나 오히려 강해지는 특성을 가지고 있다. 즉, 기술수렴의 경우 두 가지 기능을 가지고 있다고 볼 수 있다. 신기술의 발생 없이 기존 과정을 발전시키는 것과 기술융합과 같이 신기술을 발생시키는 경우가 있는 것이다.

이상에서 살펴본 바에 따르면 기술의 융합현상은 두 개 이상의 요소기술이 합쳐져 새로운 기술을 발생시킨 후 원래의 요소기술이 소멸되는 특성을 가지고 있으며, 이는 기술융합이 다른 현상들과 구분되는 가장 큰 차이점이다. 이는 신기술 및 신제품·신산업을 발생시키고 이를 융합기술 및 융합기술산업 등으로 부른다.

정리하면 기술융합의 특성은 다음과 같다. i) 기술의 융합현상은 두 개 이상의 요소기술들이 합쳐져 신기술 및 신제품·신산업을 발생시킨다. ii) 기술의 융합현상으로 인해 본래의 요소기술은 소멸되기도 유지되기도 한다. 단, 융합과정 후 요소기술이 유지되는 경우는 독립성 측정이 가능하다. iii) i)과 ii)의 특징을 가진 일부 기술의 수렴현상도 기술의 융합현상으로 볼 수 있다. iv) 기술융합은 화학적 결합이다.

이러한 구분을 (그림 2)와 같이 연구 활동 중심 시점으로 살펴보면, 일부 복수학제 연구**** 도 융합현상으로 볼 수 있다.

* “다분야 기술융합의 혁신시스템 특성 분석”, 이공래, 황정태 (2005: 15)

** “다분야 기술융합의 혁신시스템 특성 분석”, 이공래, 황정태 (2005: 16-17)

*** <http://www.embeddedworld.co.kr/>, 2007-06-01일자 ,Technical Feature 란, 시간-공간-인간의 역사를 기록하는 유비쿼터스 기술, ‘메모리’ 중.

**** 기존에는 융합과정이 끝난 후에 각 분과학문이 그대로 유지되거나 더욱 강해지면 복수학제 연구라 하며 신기술, 신지식을 발생시키고 각 분과학문의 속성이 약해지면 다학제연구라 하였다.

기술 중심 시점			=	연구 활동 중심 시점		
(기존) 기술융합	기술수렴			(기존) 다학제적 연구	복수학제적 연구	
	일부	나머지			일부	나머지
신기술 발생 후 요소기술 소멸	신기술 발생 후 요소기술 유지 및 강	신기술 발생 없이 기존기술 발전	신기술 및 신학문 발생 후 분과학문 소멸	신기술 및 신학문 발생 후 분과학문 유지 및 강	신기술 및 신학문 발생 없이 기존 분과학문 발전	
→			→			
기술융합 개념의 확대			학제성 연구 개념의 확대			

(그림 2) 기술융합 및 학제성 연구 개념의 확대

그러므로 기술융합과 관련된 유사용어들의 특성을 살펴보면 다음과 같은 개선이 필요함을 알 수 있다. 위에서 언급했듯이 기술수렴이란 두 가지 기능을 가지고 있다. 하나는 기존 기술의 개선이나 확대이며, 나머지 하나는 기술의 융합과 같이 새로운 융합기술의 발생이다. 즉, 기술수렴 현상 혹은 복수학제 연구라 할 지라도 그 일부는 기술의 융합과 같은 역할을 한다. 기술의 융합과 기술수렴, 복수학제연구와 다학제연구로 나누어진 분류체계는 모든 융합기술을 설명하지 못한다. 본 연구에서는 위 4가지 기술융합현상의 특성을 바탕으로 기술융합의 분류체계를 살펴보았다.

2. 기존 기술융합 분류방식

기술융합의 분류연구는 크게 두 가지로 나눌 수가 있다. 기술융합의 과정에 참가하는 요소기술에 초점을 맞춘 분류방식이 있으며, 기술융합을 통해 나온 신기술, 즉 융합기술에 초점을 맞추어 구분한 분류방식이 있다. 요소기술에 초점을 맞춘 분류방식은 요소기술의 융합정도에 따라 분류하는 것과 요소기술의 구성분야에 따라 분류하는 것으로 나누어진다. 아래에서 기존 기술융합 분류방식을 살펴보도록 하겠다.

첫째, 요소기술의 융합정도(결합 영역의 다소)에 따라 기술의 융합을 분류하는 것이다. 이는 II-1에서 살펴본 바와 같이 기술 혹은 학문이 복합적 특성을 더 많이 가지고 있는지 융합적 특성을 더 많이 가지고 있는지에 따라 구분되어 질 수 있다. 융합현상은 복합과 융합으로 이분화 될 수 없는 좀 더 복잡한 구조를 가지고 있고 이러한 이유로 얼마나 융합

되었는지 그 정도를 측정하는 것이 중요한 연구주제가 되기도 한다. 학제성을 측정하는 방법에는 우선 논문과 특허 정보를 통하여 다분야가 참여하였는가를 알아낼 수 있으며, 연구자들의 소속기관 및 전공을 통하여도 기술의 융합정도를 측정할 수 있다. 또한 Peter van den Besselaar(2001: 3-8)는 융합분야를 다루는 저널 자체가 지표로 사용 될 수도 있다고 하였으며, 민기은(2006: 121-126)과 정호연 (2007: 179-200)은 참고문헌이나 인용 정보, 웹 링크 데이터를 이용하기도 한다. 이 밖에도 박진서(2007: 203-216)는 생태학적 측정방법을 도입할 수 있으며, 제도 및 기반개선, 융합기술 확보, 가치사슬 재구축, 창조경영, 융합시장 및 고객의 니즈를 기준으로 융합화 혁신역량지수를 알아볼 수 있다(서동혁, 2008).

둘째 분류는 요소기술의 구성분야와 관계된다. 우선 구성분야의 성격에 따른 구분으로 같은 기술 분야 내에서 일어나는 다기능 위주의 병합성 융합을 동종기술간 융합, 서로 다른 기술 분야 내에서 일어나는 과학기술 문제를 해결하기 위한 결합성 융합을 이종기술간 융합이라 하며 구분하기도 한다(유경만, 2006: 5). 요소기술의 구성분야 수로 이중, 다중융합으로 나누며 이를 정리하면 <표 3>과 같다.

<표 3> 분야별, 요소기술개수별 기술융합 분류

구성 분야 \ 요소기술 개 수	2개	3개 이상
동종/유사	동종이중	동종다중
타 분야	타종이중	타종다중

대부분의 국가에서 정책적으로 가장 많이 사용되는 분류체계 역시 요소기술의 구성분야에 따르고 있다. 이것은 나라마다 기술의 융합으로 인정하는 혹은 강조하는 요소기술의 범위가 조금씩 다르다. 예를 들어 미국의 경우 NT, BT, IT, CS(인지과학)(NSF), 유럽은 NT, BT, IT, CS에 인문사회 분야를 더욱 강조하였으며, 일본의 경우 IT, BT, NT, ET, 한국은 IT, BT, NT를 중심으로 ET, ST, CT까지 그 범위를 넓히고 있다.

셋째는 기술융합 결과에 따른 분류이다. 김현철(2005: 3-12)은 융합기술별 분류체계를 이용하여 각 융합기술을 NIT, NBT, BIT, EBT 융합기술로 나누어 현황 및 특성을 파악하고 있다. 그 외에도 정책적 사용을 목적으로 한 많은 연구들은 융합기술별 분류를 사용하고 있다. 이는 요소기술 중심 시점의 분류상에서 요소기술의 분야에 따른 분류체계와 비슷하지만 새로 발생한 융합기술에 초점을 가지고 있다는 점이 다르다. 여기서 분류된 융합기술들은 각종 예측기술로서 기술되어진다. 이는 구분이 편리하고 정책적 사용 역시 단순하게 적용되는 이점이 있지만 세부 기술의 융합형태별 특성들이 잘 나타나지 않는다.

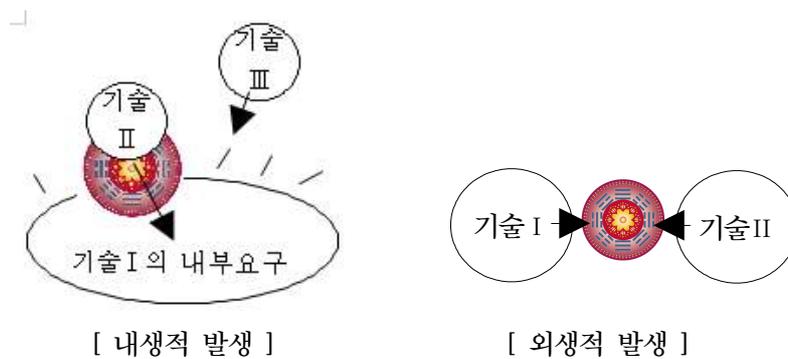
Ⅲ. 기술융합 특성에 따른 새로운 분류체계의 제안

1. 새로운 분류의 기본구도

본 연구에서 시도하는 분류방식은 기술융합의 발생 원인으로부터 영향을 받는다. 기존 기술이나 학문의 발전과정 중 내부요구에 의해 타 분야의 기술이나 지식을 유입하는 경우와 완전히 새로운 기술이나 지식의 도출을 위해 두 분야가 연계발전을 하는 경우로 나눌 수 있다.

박기범, 황정태(2007: 15)에 의하면 전자를 내생적 발생, 후자를 외생적 발생이라 언급하고 있다. 과학기술정책연구원(2001)에서 번역·발간한 일본의 「산업기술정책 향후 방향」 보고서에서는 기술의 융합을 정보처리기술 및 금융공학과 같은 융합적 분야, 나노테크놀로지, 광기술과 같은 기존의 기술을 향상시킨 것에 초점을 둔 횡단적 분야, 항공 및 우주와 같은 광범위한 기술을 위해 시스템이 통합되는 통합적 분야로 나누고 있다. 여기서 융합적 분야는 외생적 발생에 가깝고, 횡단적 분야는 내생적 발생에 가깝다고 할 수 있다. 또한 통합적 분야는 내생과 외생적 발생이 전 과정에 걸쳐 혹은 단계별로 발생하는 것으로 복합적인 발생 원인을 가지고 있다.

양창훈(2006: 5)의 수직적 기술융합은 내생적 발생, 수평적 기술융합은 외생적 발생, 네트워크적 기술융합은 복합적 발생의 성격을 가지고 있다. 즉, 융합현상의 동적인 흐름을 파악하기 위하여 (그림 3)과 같은 기본구도를 형성한다.



(그림 3) 기술의 융합특성별 분류체계의 기본구도

이러한 기술의 융합특성별 분류체계는 2-1)에서 살펴본 기존분류와는 <표 4>에서와 같은 차이점을 보인다.

<표 4> 기존분류와 새로운 분류의 차이점

기 준	기존분류	새로운 분류 선택
요소기술의 융합정도	요소기술의 융복합화 지수 개발 및 활용	독립성의 강약을 측정하기 위해 문헌 자료로서 부분적으로 선택
요소기술의 구성분야	요소기술의 구성분야 성격과 수에 따른 분류 (동종이중, 동종다중, 타종이중, 타종다중) 요소기술의 구성분야 내용에 따른 분류	요소기술의 구성분야 수에 따른 분류만 선택
기술융합의 결과	기술융합의 결과물인 신기술이나 신제품·산업에 따른 분류	선택하지 않음
(추가사항)	—	공통기반기술관련 융합현상

2. 발생 형태 및 독립성의 정도에 따른 특성 분석

기술융합의 특성은 그 발생 형태와 독립성의 정도에 따라 나타나며, 융합현상의 동적 움직임을 알려준다. 단, 기술융합의 특성을 알아보기 전에 주 요소기술과 부 요소기술에 대한 이해가 필요하다. 모든 기술의 융합에는 주 요소기술과 부 요소기술이 있다. 주 요소기술이란 기술의 융합이 궁극적으로 도달하고자 하는 목적에 해당하는 기술로 융합과정을 선도하는 역할을 한다. 예를 들어 마이크로머신 개발 분야에 있어 IT와 NT가 만나 융합할 때 NT분야의 주목적 중 하나가 극소형 기계장치이기 때문에 이 융합은 NT가 이끌어 나가고 IT가 리모트컨트롤 등 연구수단으로서 보조하는 역할을 한다. 그렇다면 신기술 발생을 위해 두 개 이상의 요소기술이 연계하는 횡적융합의 경우에도 주 요소기술이 존재하는지 의문이 생긴다. 하지만 횡적융합의 경우 융합으로 인한 기술혁신이 두 요소기술에 모두 적용된다는 점이 종적융합과 비교하여 다를 뿐 주 요소기술이 따로 존재한다고 할 수 있는데 이는 융합의 주목적이 해당되는 기술은 반드시 존재하기 때문이다.

1) 발생 형태에 따른 특성분석

우선 횡적, 종적 모형의 특성을 살펴보면 다음과 같다. 횡적융합은 전 단계에 걸쳐 동시적으로 2개 이상의 기술이나 학문이 참여하여 새로운 분야의 지식 및 기술(융합기술)을 생성시키는 것이다. 이때 횡적융합은 모든 참여요소기술의 혁신을 발생시킨다.

종적융합은 새로운 기술을 발생시키는 기술수렴 현상과 같다. 주 요소기술의 내부요구에 의해 부 요소기술을 수렴하는 것이다. 이는 단계별로 자체 기술 혹은 지식이 필요할 때 일시적으로 참여했다가 나오는 것으로 이때 역시 새로운 기술 혹은 새로운 분야의 지식(융합기술)이 발생해야 기술이 융합했다고 볼 수 있다. 종적융합은 부 요소기술이 주 요소기술에게 부품소재나 설비의 형태로 영향을 주거나 시스템, 서비스의 형태로 영향을 주는 등의 기술융합 현상을 보인다. 즉, 새로운 기술을 위해 주 요소기술의 연구수단이 되어주는 것이다. 이 경우 주 요소기술에서만 기술혁신이 이루어진다. 단, 종적유형밖에 발견할 수 없는 융합현상이 있다. 이는 부 요소기술 자체가 공통기반기술인 경우이다. 둘 다 공통기반기술일 경우 횡적인 융합형태가 가능하다. 여기서 공통기반기술이란 시험평가 및 계측분석, 표준화 및 기술경영정책, 교육 등으로 주 요소기술이 필요로 하는 기술을 의미한다.

공통기반기술과 공통기반기술을 필요로 하는 주 요소기술 간의 융합에서는 주 요소기술의 필요에 의해 공통기반기술을 받아들이기 때문에 종적 유형 밖에 발견할 수 없는 것으로 한정하였다. 이는 기존 분류에서의 확장의 개념이 아니라 중복적으로 일어날 수 있으며, 주 요소기술에 대한 통합지원이 가능하고 융합 현상은 연구개발의 전 과정에 걸쳐 고루 발생한다. 그러므로 공통기반기술을 구분하기 위한 두 가지 기준은 ① 통합지원시스템 제공의 여부, ② 융합시기 등이다.

이때 주 요소기술들은 공통기반기술로의 의존성이 강하며, 주 요소기술의 전 시스템에 관여하는 공통기반기술 역시 주 요소기술들에 대한 의존성이 강하다. 이러한 모형은 보유 인프라를 중심으로 다양한 하부기술들을 활용할 수 있는 장점이 있다.

2) 부 요소기술의 독립성 정도

본 연구에서 의미하는 독립성은 주 요소기술로부터 부 요소기술의 독립성을 의미한다. 즉, 독립성이란 기술의 융합과정이 끝난 후에도 각 요소기술이 독자적으로 존재하게 될 가능성을 의미한다. III-2에서 언급했듯이 공통기반기술 관련 융합 현상은 서로에 대한 의존성이 강하기 때문에 따로 독립성을 측정하지는 않는다.

독립성에 따른 분류상의 특징은 부 요소기술의 특징을 의미한다. 부 요소기술의 특징을 살펴보면 주 요소기술로부터 어느 정도의 독립성을 가지고 있는지 알 수 있다. 이를 위해 세 가지 기준은 ① 부 요소기술만의 응용분야 개수, ② 부 요소기술만의 파급효과 및 시장

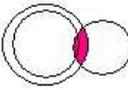
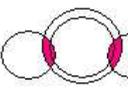
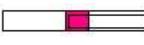
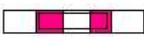
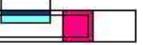
규모, ③ 기술생명주기 등이다.

여기서 요소기술의 응용분야 개수가 많고 파급효과 및 시장규모가 클수록, 그리고 생명 주기가 전기에 속할수록 주 요소기술로부터 독립성이 크다고 본다. 위 세 가지 기준에 의해 부 요소기술의 독립성을 파악하는 이유는 기술의 융합과정 이후까지 예상함으로써 기술의 융합관련 지원의 시기 및 기간을 파악할 수 있기 때문이다.

3. 새로운 종합분류체계

발생원인과 부 요소기술의 독립성을 고려한 분류체계는 <표 5>와 같이 총 17개의 형태로 분류될 수 있다. 종적유형은 기술수렴과 비슷하므로 위에서 아래로 영향을 주는 상하 구조의 모형을 선택하였다. 이 분류체계는 각 요소기술, 공통기반기술 등의 결합 형태 및 특성을 고려한 기술융합 분류체계라 할 수 있다.

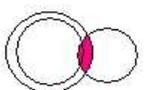
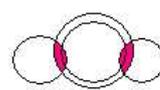
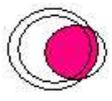
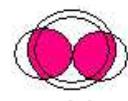
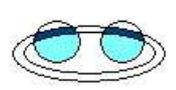
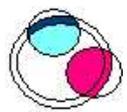
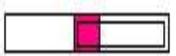
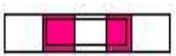
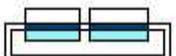
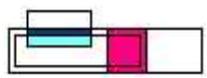
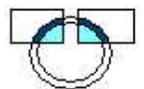
<표 5> 기술의 융합특성별 종합분류체계

독립성 및 공통기반기술		횡적(H)		종적(V)		입체적 (다중복합적)
		이중	다중	이중	다중	
융합정도 ↕ ↕	요소기술 독립성 강	 1형태	 2형태	 3형태	 4형태	 5형태
	요소기술 독립성 약	 6형태	 7형태	 8형태	 9형태	 10형태
공통기반 기술의 융합특성	기반기술간 융합	 11형태	 12형태	 13형태	 14형태	 15형태
	기반-요소기술 간 융합	-	-	 16형태	 17형태	-

주기기술(핵심기술): ●, 부기술: ○, 기반기술: □

〈표 6〉에서는 각 융합형태별로 상징할 수 있는 사례를 제시하고 있다.

〈표 6〉 융합형태별 관련 융합기술(학문) 사례

 <p>1형태</p> <p>미생물이용 수질환경개선</p>	 <p>2형태</p> <p>미생물이용 수질환경 모니터링</p>	 <p>3형태</p> <p>바이오 이포메틱스 시스템</p>	 <p>4형태</p> <p>바이오 이포메틱스/포털 시스템</p>	 <p>5형태</p> <p>바이오/감성측정 이포메틱스 시스템</p>
 <p>6형태</p> <p>NC공작기계</p>	 <p>7형태</p> <p>NC 설계/공작기계</p>	 <p>8형태</p> <p>마이크로머신</p>	 <p>9형태</p> <p>자동운전제어 마이크로머신</p>	 <p>10형태</p> <p>코레스틀 제거 자동운전제어 마이크로머신</p>
 <p>11형태</p> <p>표준기술경영</p>	 <p>12형태</p> <p>표준기술특허경영</p>	 <p>13형태</p> <p>특허경영</p>	 <p>14형태</p> <p>특허협력경영</p>	 <p>15형태</p> <p>표준기술특허협력경영</p>
-	-	 <p>16형태</p> <p>기술경영정보DB</p>	 <p>17형태</p> <p>기술특허경영정보DB</p>	-

IV. 새로운 기술융합 분류체계의 적용사례

1. 기술 분야별 융합형태

위에서 살펴본 기술의 융합특성에 따라 융합형태를 분류해 보았다. BT, NT, IT를 중심으로 일어나는 융합현상의 대표적인 사례를 대상으로 본 연구에서의 분류기법과 특성에 따라 분석하였다.

〈표 7〉 BT중심 융합형태의 사례(B)

융합현상	융합목표	융합특성		융합형태
		공통기반기술 유무	무	
〈 사례 B-1 〉 바이오정보관리(BT)와 미세집적배열칩기술(NT) 의 융합	다량의 바이오정보의 관리 (BT분야에 해당) ↓ 바이오정보관리(BT) :주 요소기술 미세집적배열칩기술(NT) :부 요소기술	공통기반기술 유무	무	3 형태
		요소기술의 수	이중	
		발생 원인	BT분야의 내생적 발생	
		부 요소기술의 독립성	강 (다양한 분야에 적용가능)	
〈 사례 B-2 〉 단백질체학 (프로테오믹스_BT)와 In silico 기술(IT)의 융합	멀티세포의 상호작용이나 멀티단백질 상호작용 메카니즘 발견(BT분야에 해당) ↓ 단백질체학(BT) :주 요소기술 In silico 기술(IT) :부 요소기술	공통기반기술 유무	무	3 형태
		요소기술의 수	이중	
		발생 원인	BT분야의 내생적 발생	
		부 요소기술의 독립성	강 (다양한 분야에 적용가능)	
〈 사례 B-3 〉 세포분자학(BT), 정보처리기술(IT),나 노소재 및 나노공정과 설비 기술(NT)의 융합	대용량 세포분자들의 상호작용 (BT분야에 해당) ↓ 세포분자학(BT) :주 요소기술 정보처리, 나노기술 :부 요소기술	공통기반기술 유무	유(IT와 NT가 공통기반기술로 적용)	17 형태
		요소기술의 수	다중	
		발생 원인	BT분야의 내생적 발생	
		부 요소기술의 독립성	약(공통기반기술)	

〈표 7〉에서 〈사례 B-1〉의 경우 다량의 바이오정보의 관리를 위해 바이오정보관리와 미세집적배열칩기술이 융합한 것으로 융합의 주목적이 BT분야에 해당하므로 주 요소기술은 바이오정보관리가 된다. 이때 부 요소기술은 공통기반기술의 조건에 해당하지 않는다. 또한 바이오정보관리기술이 대량의 정보를 관리하기 위한 내부 요구가 있었기에 발생한 것이므로 내생적 발생이라고 할 수 있다. 부 요소기술인 미세집적배열칩기술은 바이오정보관리기술과의 융합이 아니더라도 다양한 분야와의 적용이 가능하므로 독립성이 강하다고 볼 수 있다. 결론적으로 〈사례B-1〉은 기술의 특성별 분류에서 3형태에 속한다. 그 밖의 사례도 같은 과정을 거쳐 각각의 융합형태를 유추해 낼 수 있다.

〈표 8〉 IT중심 융합형태의 사례(I)

융합요소기술	주 요소기술의 융합목표	융합의 특징		융합의 형태
〈 사례 I-1 〉 전자소자기술(IT)와 생체분자기술(BT)의 융합	전자소자개발 (IT분야에 해당) ↓ 전자소자기술(IT) :주 요소기술 생체분자기술(BT) :부 요소기술	공통기반기술 유무	무	1 형태
		요소기술의 수	이중	
		발생 원인	IT, BT 공통의 외생적 발생 (rotaxanes분자를 이용하여 100기가의 분자메모리 개발 및 바이오정보관리)	
		부 요소기술의 독립성	강 (나노구조물제작등의 타 기술과의 연계 강함)	
〈 사례 I-2 〉 지능형로봇공학(IT)와 바이오정보학(BT)의 융합	로봇개발 (IT분야에 해당) ↓ 지능형로봇공학(IT):주 요소기술 바이오정보학(BT) :부 요소기술	공통기반기술 유무	무	6 형태
		요소기술의 수	이중	
		발생 원인	IT, BT, 공통의 외생적 발생 (바이오로봇 개발)	
		부 요소기술의 독립성	약 (거대바이오정보에 IT는 필수적)	
〈 사례 I-3 〉 반도체기술(IT)와 나노소재 및 공정,설비기술(NT)의 융합	반도체 개발 (IT분야에 해당) ↓ 반도체기술(IT) :주 요소기술 나노기술(NT) :부 요소기술	공통기반기술 유무	유(NT가 공통기반기술로 적용)	16 형태
		요소기술의 수	이중	
		발생 원인	IT분야의 내생적 발생	
		부 요소기술의 독립성	약(공통기반기술)	

일반적으로 IT의 경우, IT 기술 자체 내에서의 융합현상이 많이 일어나고 특히 컴퓨터, 가전 및 통신 등의 융합현상인 디지털 컨버전스(Digital Convergence)는 그 영향력이 매우 크다. BT나 NT가 아니더라도 금융, 방송, 운송수단, 건설 등까지 IT는 활용범위가 매우 크다. 결과적으로 IT는 독립성이 강하다고 볼 수 있지만 궁극적 발전을 위해서는 BT, NT 기술과의 융합은 필수적이다.

〈표 9〉 NT중심 융합형태의 사례(N)

융합요소기술	융합목표	융합형태		융합기술
〈 사례 N-1 〉 반도체소재기술(NT)과 유전공학기술(BT)	성분분리 (NT분야에 해당) ↓ 반도체소재기술(NT) :주 요소기술 유전공학기술(BT) :부 요소기술	공통기반기술 유무	무	3 형태
		요소기술의 수	이중	
		발생 원인	NT분야의 내생적 발생 (BT매커니즘 적용하여 도체와 반도체의 이중성분리)	
		부 요소기술의 독립성	강 (BT는 NT의 적용분야가 많음)	
〈 사례 N-2 〉 차세대나노공정기술 (NT)과 마이크로 구조물제조관련제한 기술(IT)의 융합	나노수준 물성예측, 공정모사 및 양산설비 (NT분야에 해당) ↓ 나노공정기술(NT) :주 요소기술 마이크로구조물제조관 련제한기술(IT):부 요소기술	공통기반기술 유무	유(IT가 공통기반기술로 적용)	16 형태
		요소기술의 수	이중	
		발생 원인	NT분야의 내생적 발생 (나노시뮬레이션을 이용한 나노기술개발)	
		부 요소기술의 독립성	약(공통기반기술)	

나노기술 분야의 융합기술 연구는 바이오와 정보기술의 조합 및 융합을 추구한다는 특징이 있으며, 제품혁신보다는 공정혁신의 특성을 가지는 나노기술의 개발을 주목적으로 한다는 점에서 융합의 중심에 나노기술이 있음을 알 수 있다. 이는 나노기술이 바이오나 정보기술이 없이는 단독으로 사업화하기 힘들다는 측면이 많고, BT와 IT를 연구수단으로 이끌어내는 내생적 발생이 대부분이다.

2. 기존 분류체계에서의 적용방안

다음은 기술융합의 특성별 분류를 기존분류체계에 적용하는 방법을 제시하고자 한다. 2005년 개정된 국가과학기술표준분류표는 19개의 대분류, 178개의 중분류, 1235개의 소분류로 이루어져 있다. 2005년도 개정되면서 융합기술 등의 신기술을 내포하기 위해 중분류와 소분류의 개수를 늘렸지만 융합기술자체의 세분화된 분류체계는 담고 있지 않다. 그러므로 다음의 단계를 기술융합의 특성별 분류를 시도하고자 한다.

우선 1단계는 융합기술 범주 내에 들어갈 가능성이 있는 기술들을 기존 분류표에서 추려내었다. 2단계에서는 1단계에서 추출된 예비 대상 기술에서 융합기술만을 골라내는데 이때의 선별기준은 i)신기술, 신산업의 발생, ii)요소기술의 독립성 측정 가능성, iii) i, ii의 특성을 가진 일부 기술수렴, iv)화학적 결합의 여부이다. 3단계는 융합기술의 특성 분석 및 분류를 위해 선정된 융합기술을 대상으로 주/부 요소기술들을 구분한다.

〈표 10〉 기술의 융합형태별 분류 과정

단 계	내 용	분류기준
1	중복분류코드 분류 (기술의 융합/복합/수렴 포함)	- 2개 이상의 중분류에 속한 소분류의 기술
2	융합/비융합 분류 (기술의 융합만 채택)	- 신기술 및 산업의 발생 여부
3	주 요소기술 선별	- 융합의 주목적이 해당하는 요소기술
4	융합특성에 따른 분류	- 요소기술의 개수(이중/다중) - 통합기반기술 여부(2개의 하부기준) - 발생원인(내생적/외생적) - 부 요소기술의 독립성 정도(3개의 하부기준)

1단계로 소분류 중 두 개 이상의 중분류에 속하는 기술들을 기술의 융합 혹은 복합 현상이 일어난 분야라고 판단되는 대상 기술들은 추려낸다. 〈표 11〉의 분야별 로 선정된 융/복합기술 수는 2개 이상의 중분류에 속한 소분류의 개수를 의미한다.

〈표 11〉 분야별로 선정된 융/복합 소분류 기술 수

분 야	분야별(대분류) 융합/복합 현상 발생 횟수	분 야	분야별(대분류) 융합/복합 현상 발생 횟수
B.물리학	24	K.통신	4
C.화학	31	L.농림·수산	38
D.생물과학	44	M.보건·의료	22
E.지구과학	24	N.환경	56
F.기계	52	O.에너지·자원	40
G.재료	23	P.원자력	6
H.화학공정	24	Q.건설·교통	22
I.전기·전자	148	R.우주·환경·천문·해양	12
J.정보	20		

2단계에서는 융합과 비 융합을 구별하게 되는데 소분류 상으로는 너무 상세하고 다양하여 정확히 구별해내기 힘든 점이 있다. 그러므로 본 연구에서는 대분류차원에서 신기술 및 신산업의 발생의 여부를 따져 복합과 비 융합을 구분한다. 이때 국가과학기술표준분류 표상 2개 이상의 중분류에 속하지는 않지만 대분류 혹은 중분류가 융합성격을 띠는 나노 바이오, 융합화학, 지구시스템과학 등의 분야들이 존재하므로 이러한 기술도 포함하여 기술의 융합현상이 발생하는 분야를 찾아낸다.

3단계는 융합의 주목적이 어느 요소기술에 해당하는지를 조사하여 주 요소기술을 찾아낸다. 이때 서로 2개의 중분류에 속하는 소분류의 기술들은 이중융합현상으로 3개 이상의 중분류에 속하는 소분류의 기술들은 다중융합현상으로 본다. 융합현상을 발생시킨 주목적은 주 요소기술에 있다. 반면 부 요소기술은 그 목적 달성을 위한 수단으로 융합된다. 이러한 내생적 발생은 주로 응용기술이 주 요소기술이 되어 기초기술을 융합하는 경향이 있다.

이어 요소기술의 개수와 발생 원인을 찾아 4단계를 진행한다. 마지막으로 주 요소기술과의 융합과정이 끝난 후의 부 요소기술의 시장규모와 영향범위, 생명주기 등의 데이터를 이용하여 독립성을 측정하는데 유용한 수단을 제공하게 된다.

V. 결 론

기술융합의 특성 분석 및 융합기술의 분류를 위해 기존 방법론에서는 요소기술의 수를 원용하였고, 추가로 발생 원인 및 독립성, 공통기반기술과의 융합관계를 반영하였다. 기술의 융합현상을 특성별로 나누기 위해서는 우선 기술의 융합현상들만 모아 분류대상으로 설정해야 한다. 그 다음 융합현상을 이끄는 주 요소기술을 찾은 후, 요소기술의 개수와 통합기반기술, 융합현상의 발생 형태를 찾는다. 마지막 특성으로 부 요소기술의 독립성 정도를 알게 되면 17개의 융합특성별 분류 중 하나에 속하게 되는 것이다.

기술의 융합현상을 특성별로 나눈 분류체계는 융합현상을 고정된 상태로 보지 않고 움직이는 현상으로 시각화하기 때문에 기술의 융합에 대한 이해와 적용이 용이하며 기존분류보다 기술융합의 범위를 넓혀 더 많은 기술의 융합분야를 설명할 수 있다. 또한 융합 후, 요소기술의 독립성을 고려함으로써 다소 일시적인 융합과정에만 집중하는 것이 아니라 장기적인 시각으로 정책적 활용이 가능하게 한다. 그리고 주 요소기술과 부 요소기술을 구분함으로써 주도적인 기술을 뽑아내어 기술융합 과정의 관리 및 운영이 편리하다.

본 연구의 한계는 다음과 같다. 첫째, 정량적 접근을 제시하지 못했다는 점이다. 특징을 짓는 각각의 기준들에 대한 정확한 수치가 제공된다면 더욱 확실한 융합형태를 찾을 수 있다. 둘째는 중복적인 해석이 가능하다는 점이다. 예를 들어 치료용 로봇의 경우, 같은 기술이지만 IT를 공통기반기술로 하여 치료제개발을 목표로 BT가 주도되는 융합이라고 볼 수 있고, 동시에 BT의 바이오정보를 이용한 IT의 로봇개발을 위한 융합으로 볼 수도 있기 때문이다. 이는 어느 기술에 중점을 두느냐에 따라 근소하게 차이를 보인다. 그러므로 이러한 경우를 더욱 확실시 해주는 기준이 더 필요하다. 셋째는 각각의 융합형태들이 정책적으로 어떻게 이용되어야 하는지에 대해서는 본 연구에서는 나타나지 못하고 있다.

이러한 관점에서 향후 이 분야에 대한 다양한 기법개발 및 활용성 제고를 위한 추가 및 보완연구가 활성화되기를 기대한다.

참고문헌

- 국가과학기술위원회 (2007), 「국가융합기술 발전 기본방침(안)」, 3-4.
- 과학기술정책연구원 (2001), 「산업기술정책의 향후 방향: 산업기술전략-본편」, 일본정부 보고서 (2001) 번역본.
- 김현철 (2005), 「국가연구개발연구사업의 주요 융합기술별 조사연구」, 한국과학기술기획평가원, 1-114.
- 민기은 (2006), 「사회과학 분야의 학제성에 관한 계량정보학적 연구」, 「제13회 한국정보관리학회 학술대회 논문집」, 121-126.
- 박기범, 황정태 (2007), 「융합연구의 형성과 발전 과정의 고찰을 통한 국내 연구 현황 분석」, 과학기술정책연구원, 14-20.
- 박진서 (2007), 「생태학적 다양성 개념을 이용한 기술의 융복합화 지수 개발」, 「한국기술혁신학회 2007년 추계학술대회 발표논문집」, 203-216.
- 서동혁 (2008), 「IT산업의 융합화 혁신능력 평가와 발전전략」, 「KICT산업경제」, 2008년 2월 특집판: 3-14.
- 양창훈 (2006), 「산업부문별 기술혁신체제론(Sectoral Innovation System)의 경쟁우위(competitive advantage) 모델을 중심으로」, 조지워싱턴대학 박사학위 논문, 1-11.
- 유경만 (2006), 「융합기술분야 연구개발 활성화를 위한 정책제언」, ISSUE PAPER 2006-09, 한국과학기술기획평가원, 1-7.
- 유영신 (2008), 「융합기술 관련 국내외 R&D 정책 동향」, 「주간기술동향」, 정보통신연구진흥원, 1351 : 39-44.
- 이공래, 황정태 (2005), 「다분야 기술융합의 혁신시스템 특성 분석」, 과학기술정책연구원, 「정책연구」, 2005-17: 15-17.
- 이정모 (2003), 「융합과학기술 개발과 인지과학」, 「Science & Technology Focus」, 32: 1-11, http://www.stin.or.kr/weekly_trends.jsp/; 250번.
- 정호연 (2007), 「학술지 인용과 웹 링크 분석을 통한 과학기술분야의 학제성 비교 연구」, 「정보관리학회지」, 24(3) : 179-200.
- 차원용 (2006), 「바이오기술(BT) 기반의 IT와 NT융합유형 및 발전 방향에 관한 연구」, 서울벤처정보대학원대학교 박사학위 논문.
- Leonard, J.Waks (1993), 「Ethics and Values in Science-Technology-Society Education:

Converging Themes in a Basic Research Project”, *Bulletin of Science, Technology and Society*, 13(6): 341-348.

Peter van den Besselaar & Gaston Heimeriks (2001), "Disciplinary, Multidisciplinary, Interdisciplinary -Concepts and Indicators-", *Paper for the 8th Conference on Scientometrics and Informetrics-ISSI2001, Sydney, Australia, July 16-20, 2001*, <http://www.ubiu.com> 자료실.

황다영

충남대학교에서 언어학과를 졸업하고, 현재 과학기술연합대학원대학교에서 기술경영정책학 석사과정에 재학 중이다. 주요 관심분야는 기술상용화와 기술의 융합, 지식재산권 등이다.

김영인

한국외국어대학교 국제통상학과를 졸업하고, 현재 과학기술연합대학원대학교에서 기술경영정책학을 전공하고 있으며 현재 관심분야는 과학기술 국제협력 분야이다.

이병민

울산대 재료공학과 학사, 부산대 경제학 석사, 경기대 경영학 박사 후 기계연구원 및 표준과학연구원에서 재직하다 2005년부터 과학기술연합대학원대학교 기술경영정책 교수와 교학처장직을 맡고 있다.