

한국의 기술기반산업간 융합구조 분석

강지희* · 진영현** · 배용국***

I. 서론

1. 연구의 배경 및 필요성

2000년대에 들어 ‘융합기술’, ‘산업융합’이 세계 경제를 선도할 새로운 도구로서 주목받기 시작했다. 21세기에 들어 ‘융합’이라는 단어는 보편적으로 받아들여지는 주요 키워드로 부상하며 미래 기술원천 획득의 한 방식으로 널리 받아들여지고 있다(최재영 외, 2013).

2008년 글로벌 금융위기 이후, 전 세계적으로 저성장, 저소비, 고실업으로 특징지어지는 뉴 노멀(New Normal¹⁾) 시대가 도래하며 혁신을 통한 새로운 고객가치 창출 및 신 시장 창출이 어느 때보다 중요해지고 있다. 이러한 환경에서 융합은 새로운 성장 DNA로서의 산업경쟁력, 성장잠재력 강화를 위한 필수 요인으로 인식되고 있다. 기존산업의 고도성장세 유지가 불가능해지고 기술혁신이 둔화됨에 따라 기술간·산업간 융합을 통한 새로운 가치 창출이 기존 전통산업 성장 정체를 타개하는 돌파구로 받아들여진다.

주요 선진국들은 가속화되는 융합 트렌드에 대비하여 국가차원의 융합기술 발전방안을 수립하여 관련 분야 연구를 적극 지원하고 있다. 미국은 융합기술 발전전략을 수립하여 융합기술의 지속적인 발전을 위해 교육계, 정부, 민간기업 등에 권고사항을 제시하고 미국과학재단(NSF) 등에서 연간 1천 300억 달러를 중점적으로 투입했다. 유럽은 EU 회원국 간 통합적 지식사회건설을 위한 융합기술 발전전략(CTEKS, '04)을 마련하고 기술개발, 연구환경 조성, 사회적·윤리적 책임성 강화 등 융합기술 발전을 위한 가이드라인을 제시했다(Nordmann, 2004). 일본은 IT, BT, NT 등 신기술융합혁신을 통해 7대 신 성장 산업을 집중 지원하는 ‘신산업창조전략’과 4대 중점분야(IT, BT, NT, ET) 중 단기간 실용화가 가능한 기술 위주의 개발전략인 ‘Focus 21’을 수립. 또한, 미래 정보사회 구현을 위한 ‘i-Japan 2015’ 전략을 수립하여, 디지털기술이 경제사회 전체를 포용하고 생활의 풍요로움과 사람과 사람간의 연대감을 실감할 수 있는 ICT 중심의 융합형 사회문제 해결 비전을 제시했다(한국정보화진흥원, 2009).

우리나라도 2007년 ‘국가융합기술발전 기본방침’, 2008년 ‘국가융합기술발전기본계획’을 기초로, 2009년 ‘나노융합산업발전전략’, 2010년 ‘IT융합 확산전략’, 2012년 ‘제1차 산업융합발전 기본계획’ 등을 통해 관련 분야 연구를 지원하고 있다. 융합관련 정부R&D는 미래유망융합기술파이오니어사업, 나노융합 2020, 첨단융합기술개발사업 등 신규사업의 확대와 함께, 2012년 조사·분석 자료 기준으로 전체 과제의 13.2%, 금액으로는 1조 9,438억원이 투자된 것으로 나타났다(한국과학기술기획평가원, 2013). 현 정부는 사회문제해결형 기술과 함께 ICT 기반 융합신기술을 창조경제의 두 축으로 천명했다.

현 시점에서 융합기술 및 융합산업 분야의 기존 정부 계획 점검 및 정부R&D 투자 전략 수립을 위해서는

* 강지희, 한국과학기술기획평가원 위촉연구원, 02)589-2224, jhkang@kistep.re.kr

** 진영현, 한국과학기술기획평가원 부연구위원, yhj@kistep.re.kr

*** 배용국, 한국과학기술기획평가원 연구원, gook@kistep.re.kr

1) Roger McNamee가 The New Normal(2004)에서 처음 사용한 용어로, ‘시대에 따라 새롭게 변화된 양상이 오랫동안 지속되어 일상화되는 것’으로 정의됨(삼성경제연구소, 2010).

기술·산업 전 분야에 걸친 융합현상의 특징과 국내 현황에 대한 분석이 필요하다. 우리나라의 산업융합기술은 전반적으로 선진국에 비해 초기 단계에 머물고 있으며, 무엇보다 융합의 개념·범주·현황에 대한 모호성 등으로 여러 어려움에 직면한 상황이다. 특히, 기술·산업 각각의 융합현상 뿐 아니라, 기술융합과 산업융합의 관계 분석을 통해 서로를 보완하고 발전시킬 수 있는 전략수립의 토대를 마련할 필요할 것이다.

이에 본 연구에서는 특허·산업 연계 및 산업연관분석을 이용한 포괄적 산업융합 현상 관찰 방법을 제안하고, 이를 통해 기술기반산업 융합현상을 실증적 고찰하고자 한다.

II. 문헌 연구

1. 융합의 정의

융합(Convergence)이라는 용어는 경제·사회·과학기술적으로 내포하는 중요성이 크고 사용 빈도가 높은 것에 비해 그 개념적 정의에 대한 체계적인 정립은 부족한 상태다. 사전적 의미로는 두 개 이상의 차별화된 아이템이 공통된 하나로 결합되어 간다는 뜻을 내포한다²⁾. 그러나, 이러한 개념은 너무 넓은 범위의 정의이기 때문에 주체에 따라 다양한 개념을 정의하여 쓰고 있는 상황이다.

융합이란 용어를 처음 사용한 Nathan Rosenberg(1963)는 기술적 문제들을 해결해나가는 과정에서 일어나는 공동의 기술 혁신 현상을 기술융합이라고 정의³⁾하고, 이러한 기술융합 현상이 산업구조의 변화에 중요한 원인이 되었다고 주장했다. 이후 전기, 통신, 컴퓨터 그리고 가전제품 산업 또는 화장품과 약학 산업에서 발생하는 혁신 과정으로써 기술융합이라는 용어가 사용되고 있다(Katz, 1996, Duysters and Hagedoorn, 1997).

기술 융합은 잠재적 기술혁신에 대한 지식융합의 이행으로 산업간 지식전파가 활성화 되며 새로운 기술적 조합 및 결합이 발생한다(Hacklin, 2005). 여러 산업에 나뉘어 사용 되던 기술들이 결합되며 시너지 효과를 통해 새로운 가치를 창조. 이전에 뚜렷이 구분되던 제품들의 기능이 결합⁴⁾되며 산업들 사이의 경계가 흐려지게 된다(Pennings and Puranam, 2001). 또한 경계가 흐려진 산업들의 구조가 결합되며, 원래의 목적 관점에서는 분명한 관련성이 없으나 기술적인 관점에서 매우 연관되어 있는 산업들이 서로 융합되어 새로운 가치를 창출하는 산업융합으로 이행한다.

결론적으로, 관련 연구 문헌에서 사용되는 융합은 기술·제품·서비스·산업에 이르기까지 전 분야에서 분리되어 규정되던 요소들이 새로운 가치와 시장을 창출하는 방향성을 띄고 재조합되며 기존에 없던 특정 기술·제품·서비스·산업으로 새롭게 수렴되는 과정을 의미한다.

기존 정부 계획과 국내 연구 문헌에서 사용되는 기술융합·산업융합의 정의를 표 2-1에 비교·정리하였다. 용어의 사용 주체에 따라 결합·접목의 대상과 방법, 발생하는 효과의 수혜 주체에 대해서는 다양한 관점이 존재하긴 하나, 이중 기술·산업간의 결합·접목이라는 측면에서는 공감대가 형성되어 있는 것으로 보인다.

2) 융합(融合)의 사전적(표준국어대사전) 정의는 “다른 종류의 것이 녹아서 서로 구별이 없게 하나로 합하여 지거나 그렇게 만들. 또는 그런 일”, Convergence는 ‘함께 하는’을 의미하는 라틴어 ‘Convergere’에서 유래되어 ‘한 지점에서 만나게 되는’, ‘무언가 공통적이고 비슷하게 변화되는’의 사전적(Oxford dictionary) 의미를 가짐.

3) Rosenberg는 19세기 중반 영국 기계 산업에서 공장의 기술혁신 역사를 분석하며 기술적 융합이라는 용어를 사용. 당시 금속을 다루는 거의 모든 공장 기술자들이 금속의 특성으로 인해 나타나는 공통적인 기술적 문제들을 해결해 나가는 과정에서 일어나는 공동의 기술 혁신 현상을 기술 융합이라고 정의하였음.

4) 음성, 데이터, 비디오 등과 같이 이전에 여러 산업에 나뉘어 사용 되던 기술들이 결합되어 데이터통신과 음성통신이 융합된 Voice over IP 서비스와 의료서비스, 여행상품이 융합된 의료관광 등을 예로 들 수 있음.

위의 내용을 종합하여, 본 연구에서는 결과로서의 융합(즉 새로운 가치의 창출 여부)보다는 과정으로서의 융합(이중 기술·산업간의 결합·접목)에 초점을 맞추고, 물리적 결합을 포괄하는 광의의 개념으로 융합을 정의하고 연구를 수행하고자 한다.

<표2- 1> 기술융합·산업융합의 정의

※ 기술융합 vs. 융합기술 vs. 산업융합 vs. 융합산업

기술융합은 기술·제품의 목적성 달성을 위한 기술의 진화 과정으로써 기술 간의 융합을 의미. 산업융합은 제품·서비스를 매개로 한 새로운 시장질서의 형성과정으로써 산업간 융합을 의미. 이러한 각각의 융합 과정의 결과로써 융합기술과 융합산업을 이해할 수 있음.

‘융합’ 관련 용어들의 정의 (이광호 외 2012)

기술융합 (technology convergence)	기술 혹은 제품의 목적성을 달성하기 위해 기술의 진화 과정 중에 나타나는 자연스러운 속성
융합기술 (convergence technology)	학제적 배경이 다른 기술이 융합되어 새로운 학문적 특성을 나타내는 독자적 기술
산업융합 (industry convergence)	서로 다른 산업이 새로운 제품이나 서비스를 매개로 새로운 시장 질서를 형성해 나가는 현상
융합산업 (convergence industry)	산업융합의 결과로 기존 산업의 시장질서와는 확연히 다른 새로운 시장 질서가 형성된 산업으로 독자적 산업영역을 구축하고 있는 산업

(이광호 외 2012에서 발췌하여 정리)

2. 융합의 유형

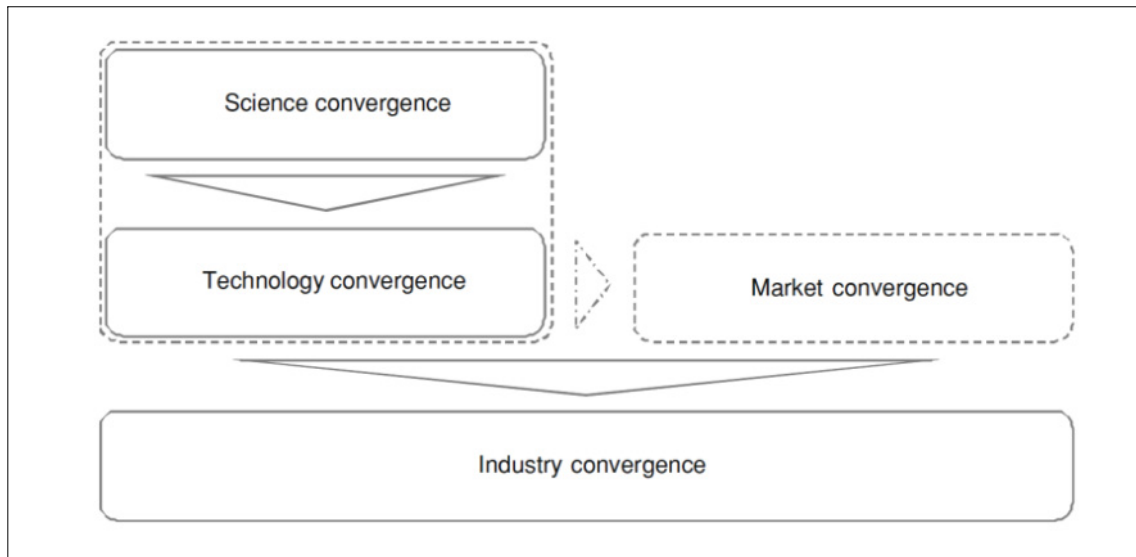
앞서 정의한 융합과 그 현상에 대해 분석 범위를 보다 명확히 하고자 융합의 과정과 유형을 세분화 하고자 하면, Hacklin 등은 현 사회에서 일어나고 있는 융합 현상을 학문, 산업의 요소 기술, 산업까지 이어지는 지식의 연속적인 흐름에 따라 유형화 할 수 있다고 주장하고 있다(Hacklin, 2008; Curran and Leker 2008). Hacklin은 과학적 지식이 서로간의 인용을 통해 연구의 통합으로 이어지는 과학 융합(Scientific convergence)을 시작으로, 발생한 새로운 지식이 기술 융합 (Technology convergence)을 통해 산업 융합(Industry convergence)로 이어진다고 주장한다. Curran and Leker 역시 과학 융합이 기술 융합으로 이어진 후, 산업 융합은 제품·서비스 융합(Market·Application convergence)을 통해 발생한다고 보았다.

따라서, 지식의 흐름 관점에서 4가지 융합 유형을 아래와 같이 요약할 수 있다.

- 과학융합 : 이전에 연관되지 않던 이중의 지식들이 새로운 진화의 출현으로 지식 경계의 벽에 침식을 일으킴
- 기술융합 : 서로 독립적인 체계에서 발전해온 두 개 이상의 기술들이 동일한 목적을 위해 협업하는 과정에서 분야의 경계가 흐려지면서 결합되어 새로운 기술 분야를 생성
- 제품·서비스융합 : 기술 융합을 바탕으로 과거에 존재하지 않았던 새로운 제품 및 서비스가 출시됨
- 산업융합 : 기존의 산업 간 경계를 뛰어넘는 융합 제품 및 서비스가 빠르게 성장하는 과정에서 이전의

산업간 경계가 없어지며 타 산업에서 존재하던 기업들이 공통적으로 경쟁하게 되는 새로운 융합 산업이 출현

새로운 융합 지식이 산업 융합으로 진화하기 위한 성공적 진입의 첫 단계로 기술 융합을 설정하고, 산업 융합을 요소 기술은 물론, 제품·서비스간, 기술과 제품·서비스간의 융합으로 설정한다(그림 2-1에서 각각 점선으로 정의된 영역). 각각 점선으로 정의된 영역 안에서도 융합 주체의 조합에 따라 세부적인 융합 유형을 구분할 수 있다.



(그림 2-1) 융합 프로세스에 따른 융합 유형 (Curran, 2013)

따라서, 본 연구에서는 거시적 측면의 기술과 산업 단위의 융합을 분석 단위로 설정하고, 기술 및 산업 융합 현상을 조망할 수 있는 분석을 수행하고자 한다. 기술 융합은 지식 융합의 결과이자 경제적 가치 창출을 위한 1차적 관문. 또한, 기술 개발이 국가연구개발의 주요 목표이자 성과 중 하나이므로, 기술 융합의 현황을 파악하는 것은 과학기술 정책 수립을 위한 중요한 요소이다. 한편으로는, 기술 개발을 통해 궁극적으로 달성하고자 하는 바가 경제적 가치 창출이라는 관점에서, 기술 융합, 제품·서비스 융합을 통해 최종적으로 나타나게 되는 산업 융합의 현황을 파악하는 것 또한 기술개발 전략 및 정책 수립에 필수불가결한 요소이다.

3. 융합 현상 분석에 관한 선행 연구

기술 융합과 산업 융합 현상을 측정하고 분석하려는 다양한 시도가 있었으나, 지표의 선정 및 측정 방법이 일반화 되어 있지 못한 상황이다. 융합의 정의가 체계적으로 정립되지 않았고, 연구자들에 따라 다양한 분석 지표 및 측정 방법이 사용되고 있어, 현 시점의 융합 측정 수준은 개념 정립 단계라 할 수 있다. 이에 선행 연구 사례 분석을 통해 비교적 범용적으로 받아들여지는 지표 및 연구 방법을 살펴보고, 본 연구의 목적에 맞는 지표와 측정 방법 선정에 고려하고자 한다.

1) 기술 융합에 관한 선행 연구

강희종 외(2007)에서는 한 특허가 다른 산업 분류로 분류된 수를 사용하여 융합지수를 정의하고, 이를 기반

으로 융합기술을 파악하는 방법을 제안. IT 분야의 실증연구 수행했다. 황정태(2007)에서는 ICT, BT, NT 관련 특허분류 코드가 조합되어 나타나는 특허를 IBT, BNT, NIT 융합 기술 관련 특허로 규정하고, 그 현황을 파악했다. 윤장혁, 김광수(2011)에서는 특허간 인용 관계를 분석하고 그 결과를 사회 연결망 분석 방법을 사용하여 도식화하는 방법론을 제안. 대기 오염물질 저감기술에 적용했다. 최근 연구로서 최재영 외(2013)에서는 한국 특허의 기술간·기술부문간 중복분류 데이터를 사용하여 융합 특허의 출원 비중 변화를 통해 기술 융합을 측정하고 확산 트렌드를 분석하였다.

2) 산업 융합에 관한 선행 연구

표진우(2011)에서는 사례조사를 통하여 산업분류 상의 융복합 산업 동향을 정성적으로 파악했고, 이광호 등(2012)에서는 산업의 가치사슬 구조와 비즈니스 모델 변화를 통해 융합산업에 대한 심층적 분석을 수행. 스마트폰 산업과 U-Healthcare 산업을 분석했다.

해외의 사례를 살펴보면, Karvonen과 Kässi (2011), Gambardella와 Torrisi (1998) 등이 업종별 대표기업의 특허출원·인용정보 분석을 통해 기술·산업 융합 현상을 고했다. 전자의 경우 RFID에 초점을 맞춘 제지(paper)·전자(electronics)산업에, 후자의 경우 미국과 유럽의 전자(electronics) 산업에 적용했다. Xing 등(2011)은 산업연관표를 활용, I/O 분석을 통해 중국 ICT 산업의 융합을 측정했다.

3) 융합 기술·산업에 관한 전략설정·국가계획 등에서 사용된 융합 현상 분석 방법

지식경제부가 2010년 발표한 ‘대한민국 산업·기술 혁신 비전 2020’의 ‘융합신산업’ 부분에서는 IT융합, 로봇, 의료기기, 바이오, 지식서비스, 디자인, 물류, 유통 등 8개 분야의 목표 및 산업적·기술적 전략을 제시. 각 분야 이슈 중심의 현황 및 환경 분석과 이를 통한 전략 도출이 중심이었다. 서동혁(2010), 조용탁(2011) 등에서는 산업융합 활성화 전략을 제시하기 위해 설문조사 등을 통해 국내 산업융합의 현주소와 활성화 제약요인을 진단했고, 류귀진과 권혁인(2008)에서는 가치사슬분석과 산업연관분석을 통하여 산업간 융합을 위한 전략개발 방법론(제조업의 지식결핍지수를 개발하여, 지식서비스업과의 융합 프레임워크를 구성)을 제안하고 제조업과 지식산업간의 융합에 한해 적용했다.

종합해보면, 기술 융합의 경우 기술 개발의 주요 성과 중 하나인 특허의 분석을 통해 그 현상을 관찰하는 것이 일반화 되어가고 있는 것으로 판단되나, 산업융합의 경우 분석 목적에 따라 각기 다른 방법을 적용하고 있다. 특히, 산업 융합 발전을 위한 기술적·정책적 전략 제시 과정 중 포함된 융합 현상 분석에는 특정 분야의 기술간 혹은 기술-제품간 융합 현상을 이슈 중심의 단편적인 방법으로 파악한 경우가 많은 것으로 나타났다.

IV. 연구 방법

1. 연구 프레임 및 특허-산업 연계 방법

본 연구에서 초점을 맞추고자 하는 기술 융합, 산업 융합 및 그 관계의 분석을 위해 아래와 같이 분석 내용을 구성하고, 각각의 융합 구조 분석을 위해서는 네트워크 분석(Network Analysis) 방법을 적용하고자 한다.

○ (A: 기술적 측면의 산업 융합 분석)

- 기술과 산업의 연계 구조를 분석하여 기술 융합이 산업 융합에 적용되는 관계 규명에 목적이 있음
- 기술분류체계와 산업분류체계간의 연계 구조를 가시화 한 뒤, 기술 융합 네트워크를 변환하여 산업 융합 네트워크를 파악하고자 함

○ (B: 경제적 측면의 산업 융합 분석)

- 연구개발의 주요 목적 중 하나인 경제적 가치 창출 측면에서, 기술기반 산업 분야간 융합 현황 분석이 목적
- 산업 융합에 대한 보편적인 분석·측정 방법이 없는 상황이나, 본 연구의 목적에 맞추어 산업간 상호 의존 관계를 알 수 있는 산업연관분석 방법을 선정
- 산업연관분석은 거시적 분석이 미치지 못하는 산업과 산업 간의 연관관계까지 분석이 가능하여 구체적인 경제구조를 분석할 수 있는 도구임

기술 융합이 산업 융합으로 연계되는 기술적 측면의 산업 융합 분석을 위해서는 기술과 산업의 기준이 되는 특허분류 체계와 산업분류 체계간의 연계가 필수적이다. 특허분류와 산업분류 매칭을 통해 기술-산업간 연계 구조를 가시화하고 기술 융합 관계를 매개체로 사용하여 산업간 융합 네트워크를 구성하여 그 특성을 파악하고자 한다. 이는 기술적 측면에서 산업간 연계 특성을 파악함과 동시에, 기술 융합과 산업 융합의 관계를 파악하고자 하는 것이다.

2. 분석 방법

1) 산업연관분석 개요⁵⁾

산업연관분석(inter-industry analysis) 또는 투입산출분석(input-output analysis)은 생산활동을 통해 이루어지는 산업 간의 상호연관관계를 수량화한 경제구조 분석방법이다. 산업연관분석은 국민경제에 미치는 각종 파급효과를 산업 부문별로 나누어서 분석할 수 있어 산업별 전망이나 경제의 내·외부 충격에 대한 영향 파악에 널리 활용된다. 따라서, 산업연관분석을 통해 기술과 연계된 산업과 산업 간의 연관 관계 및 그 정도까지도 분석이 가능해 기술 기반의 산업간 연결구조 양상을 분석할 수 있을 것으로 판단된다.

산업연관분석은 산업연관표(IO table)를 바탕으로 분석이 이루어지며, 이를 통해 공급과 수요구조, 산업구조, 부문별 투입과 배분구조, 최종수요구성 및 수입구조 등을 산업부문별로 분석이 가능하다(표 4-1 참조). 산업연관분석표는 일정기간 동안 일정지역 내의 생산활동을 재화와 서비스의 흐름으로 파악하여, 각 산업부문의 생산요소 투입구성과 생산을 위해 직접 투입되는 중간수요부문과 최종수요부문 등 배분(산출)구성을 행렬의 형태로 나타낸다. 산업연관표의 행(row)은 각 산업부문의 생산물이 어떤 부문에 중간수요 또는 최종수요의 형태로 얼마나 사용(판매)되었는가 즉, 배분구조를 나타내며 행(가로)방향에서 나타난 변화는 생산 기술의 변화에 수반하는 각 사업의 투입재 사이의 대체 변화를 의미한다. 산업연관표의 열(column)은 각 산업부문이 재화 및 서비스를 생산하기 위해 지출한 생산비용의 구성인 투입구조이며, 열(세로)방향에서 나타난 변화는 가공도 변화에 의한 것을 의미한다. 재화와 서비스의 산업부문 상호 간 거래인 중간수요와 중간투입을 기록하는 부분이 내생부문이고, 최종수요와 부가가치는 외생부문이다. 중간수요액과 최종수요액의 합계를 총수요액이라 하고, 총수요액에서 수입을 공제하면 총산출액인데 각 산업부문의 총산출액과 이에 대응하는 총투입액은 항상 일치한다.

산업연관분석은 산업연관표로부터 산출된 투입계수를 기초로 산업부문간 상호의존관계를 파악하는 것으로

5) 산업연관분석해설(한국은행) 참조하여 서술함.

로, 산업부문 수가 많은 경우 생산유발계수를 이용한다. 투입계수는 각 산업부문의 생산물 1단위 생산에 필요한 중간재와 부가가치의 투입비중을 나타내는 비율로 각 산업부문의 기술구조 내지 생산관계를 내포한다. 생산유발계수는 활동변화가 다른 산업부문에 미치는 영향인 생산유발효과를 계측하는 지수로 투입계수를 통해 무한히 계속되는 생산파급효과를 계측하는 것이 어렵기 때문에 역행렬을 이용해 도출한다.

<표 3-1> 산업연관표 구조

		내 생 부 문				외 생 부 문				수입 (공제)	총 산 출액	
		1	2	...	n	중간수요계	소비	투자	수출			최종수요계
내 생 부 문	1	X_{11}	X_{12}	...	X_{1n}	W_1	C_1	I_1	E_1	Y_1	M_1	X_1
	2	X_{21}	X_{22}	...	X_{2n}	W_2	C_2	I_2	E_2	Y_2	M_1	X_1
	·	·	·	...	·	·	·	·	·	·	·	·
	·	·	·	...	·	·	·	·	·	·	·	·
	·	·	·	...	·	·	·	·	·	·	·	·
	n	X_{n1}	X_{n2}	...	X_{nn}	W_n	C_n	I_n	E_n	Y_n	M_n	X_n
	중간투입계	U_1	U_2	...	U_n							
외 생 부 문	피용자보수	R_1	R_2	...	R_n							
	영업잉여	S_1	S_2	...	S_n							
	고정자본소모	D_1	D_2	...	D_n							
부 문	순생산세	T_1	T_2	...	T_n							
	부가가치	V_1	V_2	...	V_n							
총 투 입액		X_1	X_2	...	X_n							

2) 네트워크 분석

(1) 네트워크 분석 개요

최근 네트워크(network)라는 단어는 통신망(telecommunication network)이라는 뜻으로 많이 쓰이고 있으나, 본디 네트워크는 사물이나 사람들을 상호 연결한 모양을 나타낼 때 사용하는 용어이다. 개체를 노드(node), 노드 간 연결 관계를 링크(link, 또는 linkage)로 표현하여 현실 세계의 시스템을 모델링 하는 방법이다(이수상, 2012). 그리고 네트워크 과학(network science)이란 현실 세계를 네트워크로 모델링하고 분석하며 설명하는 작업 과정을 다루는 분야이다.

네트워크 분석은 대상 시스템의 구성원간의 관계를 표현하고 분석하는 방법으로 널리 활용되고 있다(박용태 외, 2004; Leoncini et al., 1996; Verspagen, 1997). 네트워크 과학은 사회나 자연의 세계에 존재하는 각종 대상을 구성요소와 이들 간의 상호작용으로 나누어 파악하는 연구영역(이수상, 2012)인데, 사회과학 분야에서 네트워크 분석(사회연결망 분석; Social Network Analysis)은 구성원간의 관계와 그 관계의 패턴 및 의미를 분석하고 탐색하는 기법이다(Wasserman and Faust, 1994).

특히 및 산업 분석에 있어서 단순 통계분석에 더하여 네트워크 분석을 도입하였을 때의 장점은 첫째, 단순한 수치 및 표 형태로 정리되는 계량분석 결과에 비하여 행렬 형태로 자료를 정리하고 이를 Sociogram으로 도식화하여 직관적 인식을 용이하게 한다. 둘째, 밀도, 직경, 평균 연결거리 등 여러 지표를 통하여 시계열

및 국가 등 각각의 자료군의 다각적 비교·분석 가능하다. 셋째, 본 연구에서 활용한 연결중심성 분석은 노드 간의 관계 분석을 통하여 개별 노드의 역할 분석이 가능하며, 자료 형태 및 분석 목적에 맞는 다양한 네트워크 분석 방법론 및 분석 도구 존재한다.

(2) 연구에 활용한 네트워크 분석 기법⁶⁾

본 연구에서는 특히 중복분류 및 인용 자료와 산업연관분석의 생산유발계수를 활용하였기에, 네트워크 속성 지표 및 노드 속성 지표를 활용하였다.

<표 3-5> 본 연구에서 활용한 네트워크 분석 지표

네트워크 속성 지표	노드 속성 지표
밀도 (network density) 직경 (diameter) 평균 연결거리 (average distance)	연결 중심성 (degree centrality)

□ 네트워크 밀도(network density)

밀도는 그래프의 선들 사이의 전반적인 연결 수준을 나타내는 개념으로 많은 노드가 서로 연결되어 있을수록 네트워크는 밀집되어 있다, 즉 밀도가 높다(Scott J., 2000). 가중네트워크가 아닌 경우 밀도는 0에서 1의 범위 내에서 값을 가지며, 밀도가 0이라는 것은 연결선이 하나도 없는 네트워크이고, 1은 모든 노드들이 연결되어 있다는 의미한다. 밀도의 값이 1에 가까울수록(가중네트워크의 경우 값이 높을수록) 네트워크 연결관계의 응집성, 결속도, 복잡성이 높다고 할 수 있으며, 0에 가까울수록 반대의 설명이 가능하다.

<표 3-6> 네트워크 밀도 공식

무방향성 네트워크	무방향성 가중 네트워크	방향성 네트워크	방향성 가중 네트워크
$\frac{l}{\frac{n(n-1)}{2}}$	$\frac{\text{평균 연결강도}}{\frac{n(n-1)}{2}}$	$\frac{l}{n(n-1)}$	$\frac{\text{평균 연결강도}}{n(n-1)}$

※ l은 네트워크 내에서 존재하는 링크의 수이며, n은 네트워크 내 전체 노드의 수

□ 연결정도(degree, 차수)

네트워크 내 노드의 자체적 속성이며, 해당 노드에 직접적으로 연결되어 있는 노드들의 개수, 즉 링크의 개수를 말한다. 차수라는 용어로도 사용되는 연결정도는 특정 노드의 영향력 또는 활동력을 표시하는 지표로, 연결정도가 높으면 그 노드는 전체 네트워크에서 영향력이 높다고 판단된다. 가중네트워크에서는 링크의 수 뿐만 아니라, 링크의 가중치를 더하여 계산하는 경우도 있으며, 방향성 네트워크에서는 내향(in-degree)와 외향(out-degree)를 구분하여 분석하기도 한다.

□ 중심성(centrality)

중심성은 사회 네트워크에서 개인이 가지는 권력과 영향력이라는 개념으로 발표되었으며, 노드의 중심성은 한 노드가 전체 네트워크에서 중심에 위치하는 정도를 표현하는 지표로 정의된다(이재운, 2006). Freeman(1979)은

6) 이수상(2012)의 6장. 네트워크의 기본 속성 분석을 참고하여 본 연구에서 활용한 지표 중심으로 재정리

중심성을 연결 중심성, 근접 중심성, 매개 중심성으로 구분하여 제안하였으며, 본 연구에서는 연결 중심성을 분석에 활용했다.

□ 연결중심성(degree centrality)

연결중심성은 네트워크의 노드들이 얼마나 많은 연결을 가지고 있는지를 측정하는 것으로 연결정도(degree) 값과 동일하다. 연결정도와 마찬가지로 가중 네트워크 및 방향성 네트워크에서는 단순히 링크의 수가 아니라 가중치를 더하거나 방향성을 고려하여 분석하기도 한다. Degree Centralization Index는 네트워크에 속해있는 개별 노드가 가지고 있는 연결중심성의 변동성을 측정하는 지표로, 네트워크 전반의 중심성을 측정한다.

$$Degree\ Centralization\ Index = \frac{\sum_i (Max\ D - D_i)}{(n-1)(n-2)}$$

※ n은 네트워크 내 노드의 전체 개수, Max D는 노드들의 연결중심성 값 중 최대값

3. 분석방법론 설정

1) 기술적 측면의 산업간 융합 현상 분석

산업간 융합 현상 고찰의 한 방법으로 한국과학기술기획평가원이 발간한 특허-산업 연계 및 특허 분석 연구 결과⁷⁾를 활용하여 기술적 측면의 산업융합 현상을 분석하고자 한다. 이를 위해 선행 연구에서 제시된 특허-산업 연계 구조를 통해 산업별 주요 특허(기술)를 추출하고, 추출된 산업별 특허의 중복분류 분석 결과를 통해 산업간 융합 구조를 파악하고자 하였다.

특허-산업간 연계 테이블 구성을 위한 기초자료로 한국특허정보원이 발간한 “특허분류와 한국표준산업분류의 연계표 작성에 관한 연구”(한국특허정보원, 2008)를 가공해 산업별 주요 특허(기술)를 파악했다. 특허 분류 단위는 IPC subclass(별첨1)를, 산업 분류 단위는 KSIC를 재구성한 61개 산업분류⁸⁾(별첨2)를 사용했다. 한국특허정보원의 특허-산업 연계표는 특정 특허가 어느 산업에 사용될 확률을 나타낸 반면, 본 연구에서는 특정 산업에서 사용되는 주요 특허(기술)를 파악할 필요가 있다. 이를 위해 아래의 과정을 통해 산업별 주요 특허(기술)를 파악하였다⁹⁾.

① 산업별 연관된 특허(subclass)를 추출

7) 기술산업의 융합현상에 관한 실증적 고찰(진영현 외, 2013)

8) 한국특허정보원(2008)에서 사용된 61개 산업분류는 KSIC 9차 개정을 기본으로 하되 일부 항목을 재구성. 제조업을 중심으로 구성하고, 농업, 건설업, 폐기물 처리 관련 업종 등 특허와 밀접한 관련이 있는 업종과 정보서비스업 등 일부 서비스업을 포함함

9) 산업 내에서 출원된 특허(subclass)의 수가 많을수록 그 산업을 구성하는 중요한 특허(기술)로 가정할 수 있음. 즉, 산업 I과 관련된 특허 A, B, C가 각각 70, 28, 2건이라 할 때, 특허 A, B를 주요 특허로 선정. 특허(subclass 단위)의 총 출원 건수와 연계표 상 확률을 곱하게 되면, 특정 특허(subclass 단위)가 특정 산업과 관련되어 출원된 건수를 추정할 수 있음. 즉, 특허 A가 총 100건 출원되었고, 특허 A와 산업 I의 연계 확률이 0.7일 경우, 산업 I에서 사용되는 특허 A의 건수는 확률상 70건으로 추정

- ② 한국과학기술기획평가원의 특허조사 결과에서 subclass별 총 출원건수와 특허-산업 연계 확률을 곱하여 특정 산업과 관련되어 출원된 해당 subclass의 확률상 출원건수를 추정
- ③ 각 산업을 구성하는 특허별 출원 비중을 계산하고, 이 중 비중 10%가 넘는 특허를 주요 특허로 파악했다.¹⁰⁾

단, 특허는 주로 제조업의 기술을 반영한 것으로 위의 방법으로는 서비스업 융합 파악에 제약이 있어 제품-서비스간, 서비스-서비스간의 융합 분석에는 한계가 있다.

2) 경제적 측면의 산업간 융합특성 분석방법

본 연구에서는 경제적 측면에서 기술기반 산업융합 현상 즉, 산업간의 영향력 및 의존도를 실증 분석하기 위해 산업연관분석과 네트워크 분석을 수행했다. 산업부문간 상호의존관계와 생산 기술의 변화에 수반하는 각 산업의 투입 대체 변화 등 구조 변화 추이를 분석하기 위해 한국은행 투입산출표 기준 산업 간 연결구조 분석을 수행했다.

네트워크 분석에서는 산업부문간 연계성을 포착하기 위해 노드로 표시되는 시스템 구성요소(산업)와 이들 간 링크로 표현되는 구조(산업 간 영향력 및 의존정도)를 분석했다.

(1) 분석 자료

2000년 이후 국내 기술기반산업 구조변화 및 산업간 연관관계 추이를 시계열적으로 비교·분석하기 불가치 수변동에 따른 가치변동을 조정된 불변산업연관표(input-output table at constant price)를 이용했고, 생산자 가격평가표, 403부문(기본부문분류표)을 기준으로 분석했다. 기술기반 산업 61개 산업을 기준으로 한국은행 산업연관표를 재구성, 최종 58개 산업¹¹⁾을 분석대상으로 선정했다.

(2) 산업연관분석

본 연구에서는 산업연관표의 (I-A)-1 형 생산유발계수¹²⁾를 통해 한국의 기술기반 산업부문간 상호연계를 파악하고 산업간 구조 및 그 변화 등 경제적 측면에서의 기술기반산업의 융합현상을 분석했다. 생산유발계수는 산업연관표에서 최종수요 1단위 증가에 따라 유발되는 직간접 적 생산파급효과를 의미하는데 특정산업에 대한 생산유발효과 즉, 특정산업의 영향력 및 의존도를 분석하는데 적절하다. 한편, 본 연구에서는 특정 산업

10) 일부 산업분류의 경우, 비중 10%를 넘는 특허가 산출되지 않거나, 비중 10% 이상인 특허의 비중 합계가 50%가 되지 않은 경우가 발생. 예를 들어, C2919(사무용 이외의 일반 기계 제조업)의 경우 최다 출원 특허가 B01D(분리장치)로 비중이 7.9%에 불과하며, C1600(목재 및 나무 제품 제조업)의 경우, B65D(물품 또는 재료의 보관 또는 수송용의 용기), E04B(건축구조일반)의 비중이 각각 16.0%, 14.4%로, 10%를 넘는 유의한 특허이나 그 합이 30.4%에 불과. 이 경우, 비중이 높은 특허 순으로 추출된 특허의 비중 합계가 최소 50%를 넘도록 주요 특허를 선정하였음

11) KSIC9와 IO산업분류에서 매칭 되지 않는 일부 산업(무기 및 총포탄, 전투용 차량 제조업 등)을 제외하여 분석대상을 농림어업(1개), 광업(1개), 제조업(52개), 서비스업(4개) 등 58개 산업으로 구성

12) (I-A)⁻¹형 생산유발계수는 수입과 국내 생산활동간에 함수관계가 존재하지 않는 것으로 가정하고, 경쟁수입형 생산자가격평가표와 투입계수를 기초로 하며, 3장에서 서술한 바와 같이 레온티에프 역행렬인 (I-A)⁻¹에서 단위행렬인 I는 각 산업부문 생산물에 대한 최종수요가 1단위 발생할 때 이를 충족하기 위한 각 산업부문의 직접생산효과이며 A는 중간재 투입계수 행렬로 직간접적 생산파급효과를 의미함

의 활동변화에 따른 타 산업부문의 영향을 파악하기 위해 생산유발계수행렬 상 Diagonal($r_{ij}, i=j$)¹³⁾에 해당하는 값을 제외하였으며 생산유발계수 중 상위 5%를 중심으로 분석했다.

(3) 네트워크 분석

산업의 부문 간 상호 의존관계를 계량화 시각화하기 위해 산업연관분석의 생산유발계수를 이용해 네트워크 분석을 수행했다. 네트워크 밀도(density)는 산업구조 내에서 전반적인 상호연결정도 즉, 산업 간 영향력 및 의존정도를 파악하는데 사용했고, 연결중심성(degree centrality)분석을 통해 특정산업에 대한 영향력이나 의존도를 파악했다. 연결중심성 분석에서 in-degree centrality는 투입을 받는 산업 연결망 즉, 타 산업으로부터 중간재를 구매하는 정도를 나타내는 후방연쇄효과를 의미하고, out-degree centrality는 투입하는 산업연결망 즉, 타 산업에 중간재를 판매하는 정도인 전방연쇄효과를 의미한다. 연결정도(node degree)는 투입하거나 투입받는 산업의 수를 의미하는데 타 산업에 투입을 하는 수가 많은 산업은 산업의 영향력 또는 파급성이 높고 투입받는 수가 많은 산업은 타산업에 대한 의존성이 높은 것으로 해석할 수 있다.

본 연구에서는 특정 기술기반 산업이 여타산업의 생산에 어떠한 기여를 하였는가를 살펴보는 생산활용효과 즉, 전방연쇄효과와 시계열에 따라 생산 기술의 변화에 수반하는 각 산업의 투입재 사이의 대체 변화를 측정하기 위해 out-degree centrality를 중심으로 분석을 수행했다. 한편, 연결중심성은 한 산업이 직접적으로 연결되어 있는 산업의 수에 한정하여 측정하기 때문에 간접적인 관계 즉, 두 단계 이상을 거치는 산업들은 중심성 측정에 포함되지 않는 한계를 지닌다.

IV. 기술기반산업의 융합현상 분석

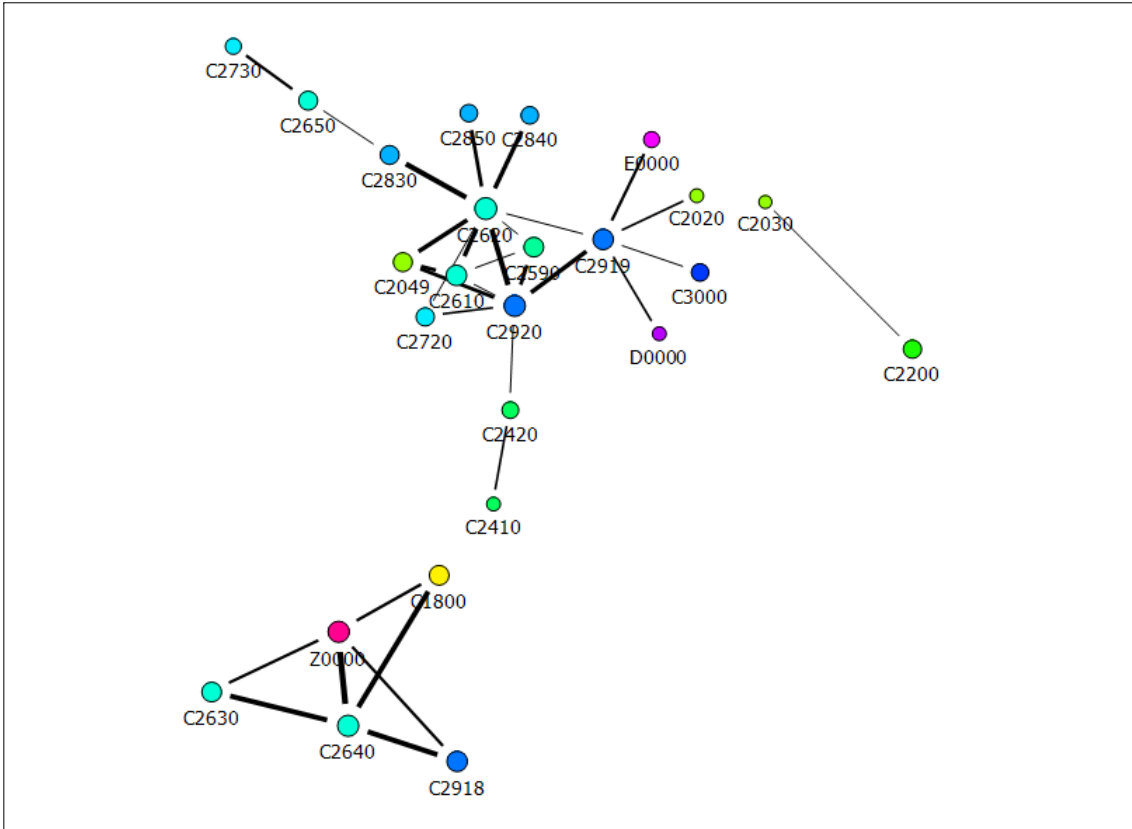
1. 기술적 측면의 기술-산업간 융합 현상 분석

기술-산업간 융합 현상 고찰의 한 방법으로 한국과학기술기획평가원이 발간한 특허-산업 연계 및 특허 분석 연구 결과¹⁴⁾를 활용하여 기술적 측면의 산업융합 현상을 분석하고자 한다. 산업융합의 동인으로는 투입요소인 기술간의 융합과 산출 결과물인 제품·서비스에 대한 융합 수요를 들 수 있으며, 그 결과로 각각 기술기반 산업융합과 제품간·제품/서비스간·서비스간 융합을 통한 산업융합이 일어나는 것으로 이해할 수 있다. 기존 연구에서 수행한 특허 분석 결과를 산업과 연계시켜 산업간 기술융합 구조를 이해하는 것은 기술기반 산업융합을 이해할 수 있는 유용한 도구가 될 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 기술융합이 산업융합으로 이행된다는 융합 프로세스 상의 관점에서 보면, 산업에 연계된 기술간의 융합을 통해 산업융합의 진행 상황 혹은 가까운 미래에 진행될 산업융합을 예측 할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서는 산업간 융합 구조 분석을 위해 사회연결망분석 기법을 사용하였다. 연결중심성을 주요지표로 선정하고, 링크 가중치 기준 상위 3% 링크를 추출하여 네트워크 구조를 분석했다. 링크 가중치 상위 3%를 기준으로 네트워크를 재구성 해 보면, 전자·기계·장치 제조업과 통신기기·컴퓨터 등 정보기기 관련 업종이 각각 강한 연계를 가지고 그룹을 형성하고 있는 것이 관찰된다(그림 4-1).

13) 특정 산업부문 생산물에 대한 최종수요 1단위가 발생함에 따라 동(同) 산업부문에서 나타나는 직간접적 유발효과를 나타냄

14) 기술 산업의 융합현상에 관한 실증적 고찰(진영현 외, 2013)



(그림 4-1) 기술적 측면의 산업융합 네트워크

전자·기계·장치 제조업 그룹의 경우(그림 4-1의 상단), 특수 기계 제조업(C2920)과 전자부품 제조업(C2620)이 강한 연계를 가지고 중심에 위치한다. 특수 기계 제조업(C2920) 주변에 일반 기계 제조업(C2919), 비철금속 제조업(C2420), 정밀기기 제조업(C2720) 등 부품·요소 산업이 배치되어 있다. 전자부품 제조업(C2620) 또한 반도체 제조업(C2610), 절연선·케이블 제조업(C2830, C2840) 등 관련 산업이 가까운 거리에서 네트워크를 형성하고 있다. 특수 기계 제조업(C2920) 및 전자부품 제조업(C2620) 모두 기타 화학 제품 제조업(C2049)과 연계되어 있는 것을 주목할 만하다. 정보기기 관련 업종(그림 5-3의 하단)은 서로간의 강한 연계를 형성하고 있으며, 정보서비스업(Z0000)과 인쇄 및 기록매체 복제업(C1800)이 함께 결합된 모습을 보이고 있다.

2. 경제적 측면의 산업간 융합 현상 분석

1) 분석개요

기술기반산업 간 상호 의존관계 및 연결구조의 특성 변화를 시계열적으로 분석했다. 기술기반산업 58개의 생산유발계수를 활용하고 out-degree centrality 분석을 통해 2000년 이후 국내 산업간 영향력 및 파급성을 분석했다. 아래 제시된 기술기반산업 리스트(표4-1)에서 Sector Label은 KSIC 중분류(9차개정)와 한국은행 산업연관분석의 통합대분류(28부문)를 참조해 24개로 구성했다.

<표 4-1> 기술기반산업 리스트(58개 산업)

Sector Label	Node Label	산업명
● 농림어업	A0000	농림어업
● 광업	B0000	광업
● 식·음료 및 담배 제조업	C1000	식료품 제조업
	C1100	음료제조업
	C1200	담배 제조업
● 섬유 및 가죽제품 제조업	C1300	섬유 제품 제조업
	C1400	의복 및 모피 제품 제조업
	C1500	가죽, 가방 및 신발 제조업
● 목재, 종이제품 및 인쇄, 복제 제조업	C1600	목재 및 나무 제품 제조업
	C1700	펄프, 종이 및 종이 제품
	C1800	인쇄 및 기록매체 복제업
● 코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	C1900	코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업
● 화학물질 및 화학제품 제조업	C2010	기초 화학물질 제조업
	C2020	비료 및 질소 화합물 제조업
	C2030	합성고무 및 플라스틱 물질 제조업
	C2041	살충제 및 기타 농약 제조업
	C2042	잉크, 페인트, 코팅제 및 유사 제품 제조업
	C2043	세제, 화장품 및 광택제 제조업
	C2049	그 외 기타 화학 제품 제조업
C2050	화학섬유 제조업	
● 의약품 물질 및 의약품 제조업	C2100	의약품 물질 및 의약품 제조업
● 고무 제품 및 플라스틱 제품 제조업	C2200	고무제품 및 플라스틱 제품 제조업
● 비금속 광물제품 제조업	C2300	비금속 광물제품 제조업
● 1차 금속 제조업	C2410	1차 철강 제조업
	C2420	1차 비철금속 제조업
	C2430	금속 주조업
● 금속 가공 제품 제조업	C2510	구조용 금속제품, 탱크 및 증기발생기 제조업
	C2590	기타 금속가공 제품 제조업
● 전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	C2610	반도체 제조업
	C2620	전자부품 제조업
	C2630	컴퓨터 및 주변장치 제조업
	C2640	통신 및 방송 장비 제조업
	C2650	영상 및 음향기기 제조업
● 의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	C2710	의료용 기기 제조업
	C2720	측정, 시험, 항해, 제어 및 기타 정밀기기 제조업
	C2730	안경, 사진장비 및 기타 광학기기 제조업
	C2740	시계 및 시계부품 제조업
● 전기 장비 제조업	C2810	전동기, 발전기 및 전기 변환, 공급, 제어 장치 제조업
	C2820	일차전지 및 축전지 제조업
	C2830	절연선 및 케이블 제조업
	C2840	전구 및 조명장치 제조업
	C2850	가정용 기기 제조업
	C2890	기타 전기장비 제조업

<표 4-1> 기술기반산업 리스트(58개 산업) (계속)

Sector Label	Node Label	산업명
● 기타 기계 및 장비 제조업	C2918	사무용 기계 및 장비 제조업
	C2919	사무용 이외의 일반 기계 제조업
	C2920	특수 기계 제조업
● 자동차 제조업	C3000	자동차 제조업
● 기타 운송장비 제조업	C3110	선박 제조업
	C3120	철도장비 제조업
	C3130	항공기 제조업
	C3192	모터사이클 제조업
	C3199	그 외 분류 안 된 운송장비 제조업
● 가구 제조업	C3200	가구 제조업
● 기타 제품 제조업	C3300	기타 제품 제조업
● 전기, 가스, 증기 및 수도사업	D0000	전기, 가스, 증기 및 수도사업
● 하수, 폐기물 처리, 원료재생 및 환경복원업	E0000	하수, 폐기물 처리, 원료재생 및 환경복원업
● 건설업 및 건축기술 서비스업	Y0000	건설업 및 건축기술 서비스업
● 컴퓨터 프로그래밍 및 정보서비스업	Z0000	컴퓨터 프로그래밍 및 정보서비스업

2) 기술기반산업의 연결구조

2000년 이후, 기술과 연계된 국내 산업은 구조적으로 큰 변화는 없지만 전반적으로 산업간 의존성이 점진적으로 강화되는 추세를 보였다(표4-2). 산업 간 연결망 전체 밀도는 크게 변하지는 않았지만 '00년 0.44에서 '09년 0.47로 소폭 증가했는데 이는 분석기간 동안 상대적으로 투입량이 많은 산업이나 투입의 영향을 받는 산업의 수가 증가하고 있음을 의미한다. 산업간 평균 연결 수 증가('00년 25.10개 → '09년 27.03개)를 통해서도 확인할 수 있다. 연결망 전체의 집중성(network centralization) 지수를 통해 산업 간 연결 구조의 변화를 살펴보면 분석기간 동안 국내 기술연계 산업은 전반적으로 특정 산업에 의한 영향력과 의존성 집중 현상이 완화되고 있다.

In-degree network 즉, 투입을 받는 산업의 연결망 집중성 지수는 '00년 21.24%에서 '09년 16.01%로 크게 감소했고, out-degree network 즉, 투입하는 산업 연결망의 집중성은 '00년 56.94%에서 '09년 53.49%로 감소하는 추세를 보인다. 이는 분석기간 동안 국내 기술연계 산업 전반적으로 투입하는 산업이 점차 다양해지고, 투입 대상이 되는 산업이 특정 산업에 집중되기보다는 고루 확산되고 있음을 의미한다.

이상의 분석결과를 종합하면, 국내 기술연계 산업 전체적으로 산업간 융합의 정도가 증가하고 있으며, 기존에는 특정산업 중심으로 융합현상이 집중되었지만 점차 다양한 산업들 간에 융합이 발생하는 것으로 판단된다.

<표4-2> 기술과 연계된 국내 산업 네트워크구조 분석 (58개 산업 기준)

	네트워크 구조 분석		네트워크 전체 집중성	
	밀도 (network density)	평균 연결 수 (average degree)	투입받은 산업연결망 (in-degree network)	투입한 산업연결망 (out-degree network)
2000	0.44	25.10	21.24%	56.94%
2005	0.45	25.66	16.68%	55.96%
2007	0.45	25.98	17.88%	55.37%
2009	0.47	27.03	16.01%	53.49%

3) 네트워크 분석을 통한 기술과 연계된 국내 산업연관 분석

연결중심성 분석을 통해 국내 기술기반산업간 상호의존관계의 추이와 연결구조 변화 등을 시계열적으로 분석했다. Out-degree centrality 분석은 모든 링크 값(산업간 생산유발계수)을 활용했고, node degree는 산업간 생산유발계수를 상위 5%로 범위를 설정해 분석을 수행했다. 또한, 기술기반산업간 융합구조의 시계열적 추이를 살펴보기 위해 2000년, 2005년, 2007년, 2009년 생산유발계수를 비교 분석했다.

기술기반산업의 out-degree centrality(전방연쇄효과) 분석결과, 타 산업에 대한 투입률이 높은 중간수요적 제조업과 광업 등이 타 산업에 대한 영향력이 높은 것으로 나타났다(표 4-3). '09년 기준, 전방연쇄효과가 가장 높은 국내 산업은 광업으로 out-degree centrality값이 0.80700이며 그 다음으로 코크스연탄 및 석유정제품 제조업(0.52630), 철강1차 제품(0.36840), 기초화학 물질 제조업(0.21050) 순으로 이어진다. 한편, 기술기반산업간 연관분석에서는 산업분류에 일부 서비스업만 포함하고 있어 서비스산업에서의 융합특성은 관찰되지 않고 있다.

국내 산업 간 융합구조의 특성을 연결구조적 측면에서 살펴보면, 타 산업에 대한 중간투입률이 높은 산업인 B0000(광업), C1000(코크스연탄 및 석유정제품제조업), C2200(고무제품 및 플라스틱 제품제조업)의 파급력이 지속적으로 증가하는 추세를 보인다.

특정산업이 영향을 미치는 산업 수(node degree)는 분석기간 동안 B000(광업)이 지속적으로 가장 많았고, C2410(1차 철강제조업)과 C1000(코크스 연탄 및 석유정제품 제조업), C2010(기초 화학물질제조업) 순으로 이어진다. C2200(고무제품 및 플라스틱 제품)의 연계 산업 수가 2000년 이후 크게 증가('00년 0개→'09년 3개)하고 있으며 C2620(전자부품제조업) 역시 그 값이 증가하는 추세를 보여 두 산업부문의 전방연쇄효과가 높은 산업이 보다 다양해지는 것으로 판단된다. 반면, C2610(반도체 제조업)은 분석기간 동안 연결정도가 크게 감소해 연결구조적 측면에서 타산업과의 융합이 감소하는 경향이지만 자체 생산유발계수는 지난 5년간 연평균 4.35% 증가한다.

<표 4-3> 기술과 연계된 국내 산업의 out-degree centrality와 생산유발계수

Node Label	네트워크분석								생산유발계수			
	Out-Degree Centrality				Node Degree(out)				Out-Degree			
	'00	'05	'07	'09	'00	'05	'07	'09	'05	'07	'09	증가율
A0000	0.08770	0.05260	0.05260	0.05260	4	3	2	3	1.0665	1.0594	1.0597	-0.64%
B0000	0.47370	0.66670	0.70180	0.80700	15	18	17	20	1.0008	1.0007	1.0007	-0.01%
C1000	0.03510	0.03510	0.03510	0.03510	1	1	2	1	1.1164	1.1311	1.1402	2.13%
C1100	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.0293	1.0381	1.0360	0.65%
C1200	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.0501	1.0102	1.0045	-4.34%
C1300	0.03510	0.01750	0.01750	0.01750	1	1	1	1	1.2906	1.2697	1.2561	-2.67%
C1400	0.00000	0.01750	0.01750	0.01750	0	0	0	0	1.0648	1.0985	1.1162	4.83%
C1500	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.1181	1.0998	1.1026	-1.39%
C1600	0.01750	0.01750	0.01750	0.01750	1	1	1	1	1.2425	1.2354	1.2329	-0.77%
C1700	0.01750	0.01750	0.01750	0.01750	1	1	1	1	1.3115	1.3511	1.3967	6.50%
C1800	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.1564	1.1475	1.1346	-1.89%
C1900	0.45610	0.49120	0.45610	0.52630	8	9	10	13	1.0286	1.0363	1.0361	0.73%
C2010	0.22810	0.22810	0.19300	0.21050	9	10	10	11	1.3465	1.3299	1.3291	-1.29%
C2020	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.0253	1.0423	1.1046	7.73%
C2030	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.0019	1.0016	1.0020	0.01%
C2041	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.0522	1.0516	1.0539	0.16%
C2042	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.0106	1.0103	1.0107	0.01%

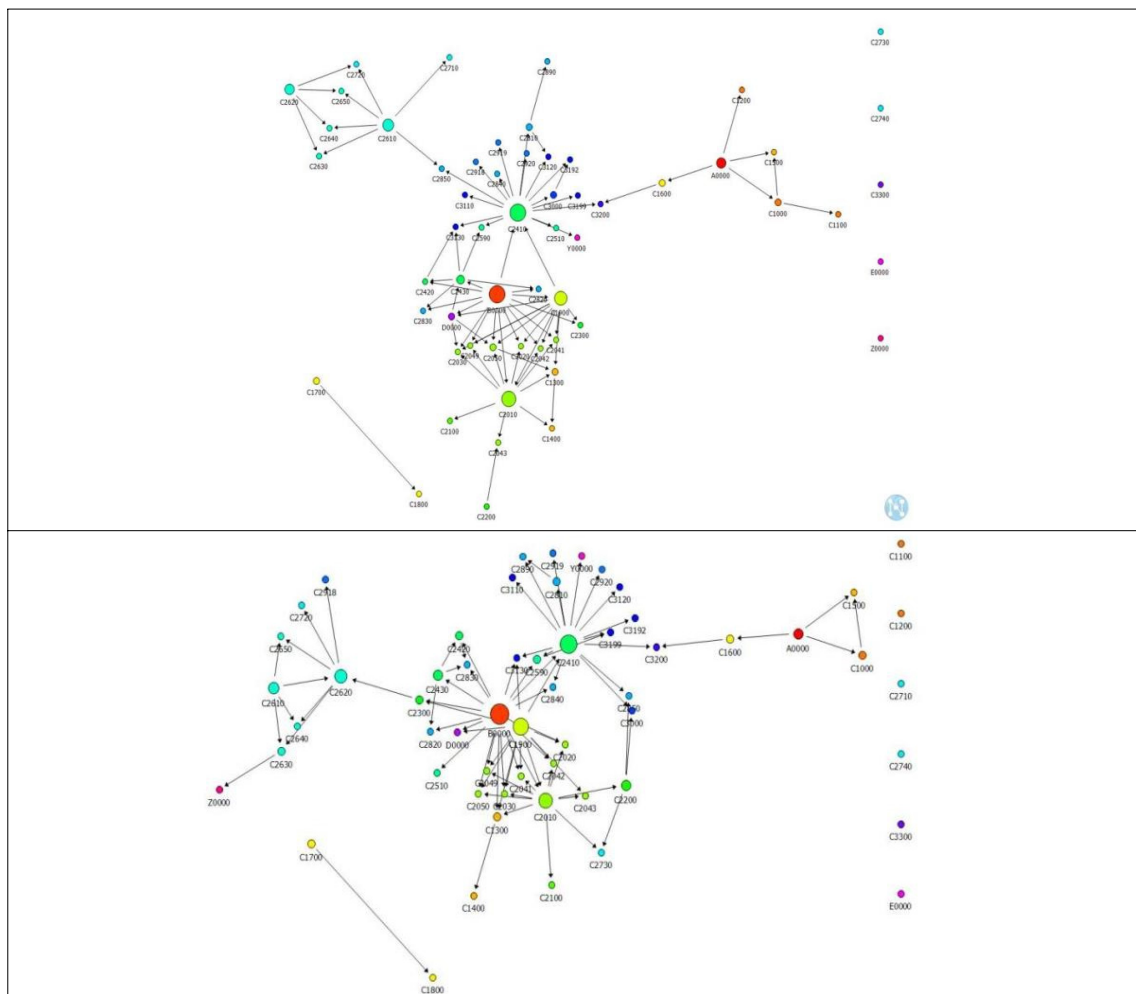
Node Label	네트워크분석								생산유발계수			
	Out-Degree Centrality				Node Degree(out)				Out-Degree			
	'00	'05	'07	'09	'00	'05	'07	'09	'05	'07	'09	증가율
C2043	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.0365	1.0316	1.0347	-0.17%
C2049	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.0241	1.0221	1.0244	0.03%
C2050	0.03510	0.01750	0.01750	0.01750	1	1	1	0	1.0003	1.0002	1.0009	0.06%
C2100	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.0360	1.0274	1.0196	-1.58%
C2200	0.12280	0.17540	0.15790	0.10530	0	3	3	3	1.1016	1.1070	1.1037	0.19%
C2300	0.07020	0.03510	0.03510	0.03510	0	0	0	1	1.1461	1.1349	1.1139	-2.81%
C2410	0.33330	0.40350	0.33330	0.36840	15	18	16	15	1.9195	1.8463	1.9788	3.09%
C2420	0.05260	0.03510	0.03510	0.03510	0	2	1	1	1.0278	1.0388	1.0363	0.83%
C2430	0.14040	0.17540	0.21050	0.12280	3	4	6	3	1.1239	1.1030	1.1375	1.21%
C2510	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.0659	1.0842	1.0897	2.23%
C2590	0.05260	0.19300	0.15790	0.12280	0	3	2	1	1.1331	1.1343	1.1366	0.31%
C2610	0.15790	0.15790	0.10530	0.10530	6	6	4	4	1.0199	1.0311	1.0643	4.35%
C2620	0.14040	0.08770	0.08770	0.08770	4	5	5	5	1.2287	1.2425	1.3327	8.46%
C2630	0.00000	0.01750	0.01750	0.01750	0	1	0	1	1.0077	1.0018	1.0108	0.31%
C2640	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.0981	1.1309	1.1355	3.41%
C2650	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.0819	1.1800	1.1515	6.43%
C2710	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.0066	1.0093	1.0245	1.78%
C2720	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.0790	1.0711	1.0764	-0.24%
C2730	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.0279	1.0649	1.0918	6.22%
C2740	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.0160	1.0023	1.0014	-1.44%
C2810	0.07020	0.07020	0.05260	0.05260	1	1	1	1	1.1561	1.1672	1.1591	0.26%
C2820	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.1805	1.2181	1.1846	0.35%
C2830	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.0127	1.0137	1.0131	0.04%
C2840	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.1329	1.1505	1.1470	1.24%
C2850	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.1859	1.2697	1.2502	5.42%
C2890	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.0356	1.0407	1.0395	0.38%
C2918	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.0608	1.0431	1.0568	-0.38%
C2919	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.1357	1.1789	1.1604	2.17%
C2920	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.1813	1.1749	1.1659	-1.30%
C3000	0.01750	0.00000	0.00000	0.00000	1	0	0	0	1.5749	1.5523	1.4945	-5.11%
C3110	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.0554	1.0888	1.0847	2.78%
C3120	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.1345	1.0791	1.0815	-4.67%
C3130	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.0008	1.0020	1.0294	2.86%
C3192	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.1099	1.0447	1.0342	-6.82%
C3199	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.0128	1.0211	1.0391	2.60%
C3200	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.0736	1.0942	1.1006	2.51%
C3300	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.0205	1.0277	1.0304	0.97%
D0000	0.14040	0.14040	0.10530	0.10530	1	2	0	0	1.1546	1.1811	1.1871	2.81%
E0000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.0629	1.0560	1.0587	-0.40%
Y0000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.0320	1.0355	1.0319	-0.01%
Z0000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0	0	1.0743	1.0859	1.0935	1.79%

2000년 이후 한국의 기술기반산업의 전방연쇄효과(out-degree)를 통한 산업간 연관 구조의 특징과 그 변화를 분석한 결과, 산업간 연결이 다소 증가하는 추세이며 일부 중간수요적 제조업을 중심으로 동종산업 간의 융합이 주로 이루어지는 경향을 보인다 (그림4-2).

국내 기술기반산업간 연결구조는 B0000(광업), C2410(1차 철강제조업), C1900(코크스연탄 및 석유정제품 제조업), C2010(기초화학물질제조업), A0000(농림어업), C2610(반도체제조업)을 중심으로 주로 동종산업 간

의 영향력 및 의존정도가 높게 나타난다. 구체적으로 B0000(광업)은 주로 화학물질 및 화학제품제조업에 속하는 산업과 융합이 활발하며, C2410(1차 철강제조업)은 전기장비와 기타기계장비, 자동차, 기타운송장비 제조업 부문 등의 생산에 영향을 높게 미치는 것으로 나타난다. C2010(기초화학물질제조업)은 주로 B0000(광업), C1900(코크스연탄 및 석유정제품제조업)과 상호의존정도가 높게 나타났다. C2610(반도체제조업)은 컴퓨터, 영상·음향 및 통신장비제조업에 속하는 산업들의 생산에 미치는 영향력이 크며 이들 산업들은 동시에 C2620(전자부품제조업)의 전방산업에 속한다. 또한, A0000(농림어업)은 식음료 제조업, 가죽, 가방 및 신발 제조업, 목재 및 나무제조업 등 동종산업 뿐만 아니라 타 부문 산업과의 의존관계도 높게 나타났다.

분석기간 동안 기술기반산업간 연결구조는 큰 변화 없이 대부분 동종·유사 제조업부문에서 산업간 연결이 강하게 이루어지고 있으나, C2610(반도체제조업)과 C2620(전자부품제조업)을 중심으로 서비스업과의 융합이 발생하고 있다. C2610(반도체제조업)과 C2620(전자부품제조업)을 중심으로 동종·유사산업인 정보기기제조업 등으로 구성된 산업들 간의 구조가 지속적으로 변하며 관련 서비스업과의 융합도 발생한 것으로 파악된다. 구체적으로 살펴보면, 2000년 C2610(반도체제조업)과 C2620(전자부품제조업)을 중심으로 컴퓨터, 영상·음향 및 통신장비제조업 등으로 구성된 연결구조에서 2005년부터 C2720(측정, 시험, 항해, 제어 및 기타 정밀기기제조업), C2918(사무용기계 및 장비제조업), Z0000(컴퓨터프로그래밍 및 정보서비스업)이 추가되면서 연결구조가 지속적으로 변하고 있다.



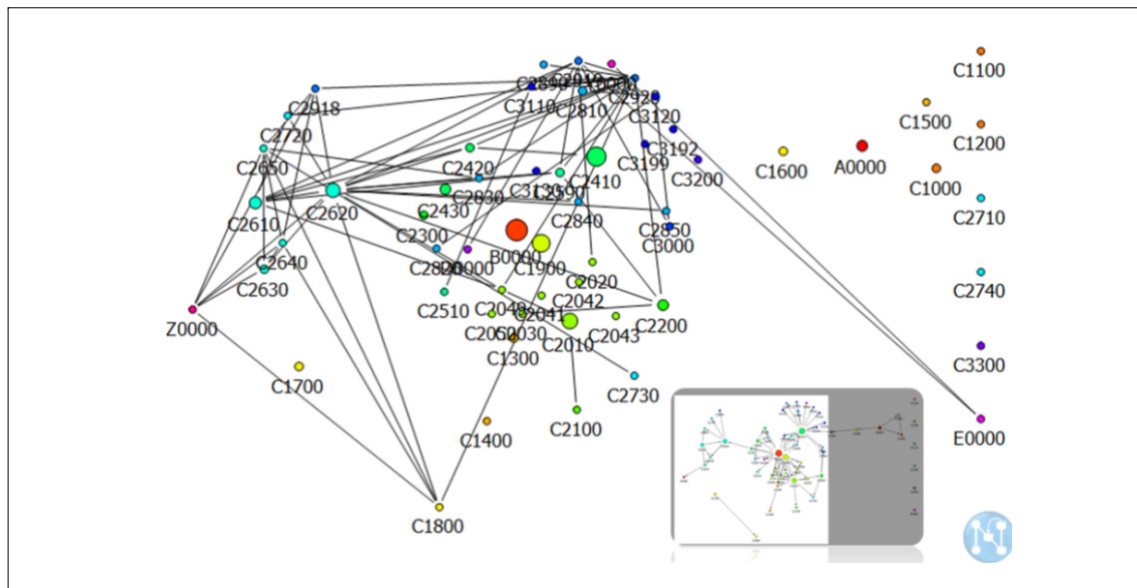
<그림 4-2> 국내 기술기반산업 연계구조 변화(2000, 2009)

V. 결론 및 시사점

1. 우리나라의 기술 및 산업 융합 현황

기술-산업간 연계구조와 기술융합에 근거한 산업융합의 구조를 분석해 보면, 전기·전자 업종과 정보기기 관련 업종 위주로 산업융합이 발생하고 있는 것으로 판단된다. 기술융합 분석에서 서로간의 융합도가 크게 나온 전기공학 부문 기술이 산업의 주요 기술인 업종으로, 전자부품 제조업 중심의 반도체 제조업, 절연산·케이블 제조업 등과 통신 및 방송 장비 제조업 중심의 컴퓨터 및 주변장치 제조업, 컴퓨터 프로그래밍 및 정보 서비스업, 인쇄 및 기록매체 복제업의 융합이 두드러진다. 사무용 기계 및 장비 제조업은 업종분류(산업분류상 중분류)로는 기타 기계 및 장비 제조업에 속하지만, 정보기기 관련 업종인 통신 및 방송 장비 제조업, 컴퓨터 및 주변장치 제조업, 컴퓨터 프로그래밍 및 정보서비스업등과 연계되어 있음. 이는 최근 사무 환경이 정보화·전산화 된 것을 반영하는 것

기술-산업 연계에 활용한 산업분류를 기준으로 산업연관분석을 수행한 결과, 2000년 이후 전반적으로 국내 산업간 경제적 측면의 융합은 작은 수치이지만 점차 증가하고 있으며, 구조적 측면에서의 큰 변화는 관찰되지 않았다. 국내 기술기반산업간 연결구조는 주로 1차 철강제조업, 코크스·연탄 및 석유정제품 제조업과 반도체 및 전자부품 제조업을 중심으로 동종·유사산업 간의 융합이 지속적으로 강하게 나타나며, 이는 중간수요재가 타 산업의 최종 수요재 제조에 활용되는 형태이다. 2000년 이후 몇몇 산업의 타산업과의 연계가 발생하고 있으나(예: 고무 제품 및 플라스틱 제품 제조업) 구조적 측면에서 큰 변화는 없는 가운데, 특징적으로, 2005년 이후 반도체제조업과 전자부품제조업을 중심으로 연계된 정보기기제조업 간 네트워크에서 관련 서비스업(컴퓨터 프로그래밍 및 정보서비스업)과의 융합이 발생한 것으로 파악된다.



<그림 5-1> 기술적 측면의 산업융합 구조

(노드 위치: 그림 4-2와 동일(박스 안); 링크 데이터: 그림 4-1과 동일)

기술적 측면의 산업융합 현황과 경제적 측면의 산업융합 구조를 비교해 보면, 일부 일치하는 측면이 있지만, 그렇지 못한 측면이 많다. 그림5-1은 경제적 측면의 산업융합 소시오그램(그림4-2의 2009년 분석 결과)에

서의 노드 위치를 고정하고 기술적 측면의 산업융합 링크 데이터를 도식한 것이다. 그림 4-2과 비교하면 컴퓨터·영상·음향 및 통신장비 제조업 부문(C2600번대, 그림 좌측 부분)의 경우, 사무용 기계 및 장비 제조업이 함께 연계된 것을 포함하여 기술적 측면의 융합과 경제적 측면의 연계가 비슷한 양상을 보인다. 반면, 그 이외의 부분에서는 기술적 측면과 경제적 측면의 연계가 크게 다른 상황으로, 특히 전자부품 관련 업종과 기계 및 장비 제조업간의 기술적 연계가 경제적 연계에서는 거의 나타나지 않았다.

2. 시사점

본 연구는 산업연관분석을 통해 우리나라 기술과 산업 전 분야에 걸친 융합 현상에 대한 실증적 분석을 수행한 것에 그 의의가 있다. 기술 융합이 활발히 진행되고 있는 것으로 판단되는 산업간 경제적 측면의 연계가 나타나지 않는 경우가 많았다. 이는 첫째, 산업 간 기술적 연계가 경제적 연계로 이행되기 전이거나 (기술 융합이 산업 융합으로 이행된다는 융합 프로세스 이론에서, 현재 상황이 그 중간 단계에 머무는 경우), 둘째 산업간 유사 기술 공유에 그쳐 산업간 투입-산출 관계가 없거나, 셋째 두 산업의 융합에 의한 생산 유발 효과가 산업연관분석으로는 판단되지 않을 정도로 작은 규모에 그치는 등의 여러 가지 가능성이 존재한다.

보다 명확한 이해를 위해서는 산업 간 기술적·경제적 관계의 세부적이고 보다 심도 있는 분석이 필요한 것으로 생각되며, 이는 기술과 산업의 융합에 대한 포괄적인 이해를 목적으로 했던 본 연구의 한계점이다.

본 연구에서는 특정 분야가 아닌 기술·산업 전 분야에 걸친 포괄적 분석을 통해 기술·산업 각각의 융합 현상과 더불어 위와 같은 관계에 있는 산업을 찾아낼 수 있다는 점에서 그 의의를 찾을 수 있다. 최근 국내 산업에서 서비스산업의 영향력이 증가하고 있으나, 미국 및 독일과 같이 고부가가치를 창출하는 서비스 산업과의 강한 융합은 관찰되지 않고 있는 상황으로 IT·BT·NT 등 첨단기술 기반 서비스 산업 중심의 산업구조 고도화를 위한 기반 확충이 요구된다. 본 연구에서 우리나라 융합 현황 분석을 위해 제안한 방법은 기술과 산업 전 분야에 걸친 융합 현상을 파악하는데 유용한 방법으로 판단됨. 정기적인 조사연구를 통해 시계열적 변화를 파악한다면, 기술 융합 동향과 산업 융합 동향 및 이의 비교를 통해 연구개발 정책과 산업 정책에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.