

## 국가연구과제 동시분류분석을 통한 6T 기술 융합 분석 Analyzing Technological Convergence for 6T technologies Based on Research Project Co-Classification Analysis

권 의 준\* Uijun Gwon

금 영 정\*\* Youngjung Geum

### Abstract

Analyzing technological convergence is a critical task since it can provide a seed for understanding future technological phenomena and technological opportunity analysis. Despite the fact, however, previous studies have depended on technology-level analysis, not focusing on national level R&D. In response, this study focuses on the 6T convergence, which is macro-level technological convergence frequently occurred in national R&D project. For this purpose, this study collected 329,178 R&D projects from 2009 to 2015, preprocessed those R&D projects, and identify 26,367 technology convergence projects. We analyzed basic statistics for those convergence projects, and analyzed the phenomena for technological convergence using co-classification analysis. The co-classification analysis is conducted for both national science and technology classification and 6T classification. The network analysis is also conducted in order to represent the technological relationship occurred in technology convergence. This study can provide important clues for planning and operating national R&D projects.

Key Words : Technological Convergence, R&D Project, Research Proposal, Co-classification Analysis, Network Analysis

---

본 연구는 서울과학기술대학교 교내연구비 지원으로 수행되었음

\* 제1저자, 서울과학기술대학교 일반대학원 데이터사이언스학과, kaneet@naver.com

\*\* 교신저자, 서울과학기술대학교 글로벌융합산업공학과 조교수, yjgeum@seoultech.ac.kr

투고일 2018.03.05

수정일 2018.05.23

게재일 2018.06.30

## 1. 서 론

기술융합은 새로운 발명이나 혁신이 특정 기술의 경계를 넘어 다양한 기술 및 산업에 걸쳐 일어나는 것을 의미한다 (Curran and Leker, 2011; Geum et al., 2012; Kim et al., 2014; Lee et al., 2015). 이러한 기술융합은 새로운 기술혁신을 주도하고 진화하는 고객 요구사항에 대응하기 위한 중요한 활동으로 고려되어 왔다 (김정호, 노형민, 2012). 이는 최근 대부분의 제품이나 서비스가 기술적 발전 및 성장에 기반하여 개발되는 점, 또한 이러한 기술기반 제품 및 서비스가 단일 기술이 아닌 복수 기술의 융합을 통해 개발되는 점을 고려할 때 매우 중요한 현상이라고 볼 수 있다. 즉, 신제품 및 신서비스를 개발/운영하기 위해서는 융합기술의 트렌드를 분석하고 이를 활용하는 것이 필수적 활동이라 할 수 있다.

이러한 기술융합은 제품 및 서비스, 즉 기업 수준이 아니라 산업 및 국가 수준에서도 그 중요성이 증대되고 있다. 세계 각국은 기술융합 및 산업융합을 미래 발전과 경제 혁신의 원천으로 인식하고, 국가 차원의 융합 전략을 수립하고 추진하고 있다 (산업융합발전 기본계획, 2012). 우리나라의 경우 2000년 이후 미래유망 기술로 융합기술에 대한 중요성을 인식하였으며, 이에 따라 국가 R&D 역량을 제고하기 위해 기술간 융합현상에 대한 체계적이고 전략적인 정부 정책을 강조하고 있는 실정이다 (창조경제를 위한 융합기술발전전략, 2014).

그럼에도 불구하고, 기술융합의 양상을 측정하고 파악하기 위한 기존 연구 대부분은 미시적 기술 수준에서의 분석에 치중되어 왔다. 실제로 기술융합 관련 많은 정량적 연구가 특허 기반 기술

융합 분석으로, 동시분류분석 (Geum et al., 2012; Lee et al., 2015; Caviggioli, 2016), 특허인용분석 (Karvonen and Kässi, 2013) 등이 활용되어 왔다. 그러나 많은 경우 특허기반 기술융합 연구들은 거시적 기술융합을 측정하고 분석하는 관점보다는 스마트 그리드 분야, 사물인터넷 분야, 정보통신 산업 내 분야 등 특정한 산업이나 기술영역의 기술융합 양상을 측정하고 분석하는데 치중하고 있다 (Passing & Moehrl, 2015; 문진희 외, 2017). 그러나 국가 R&D 전반을 기획하고 관리하기 위한 기술융합 분석은 특정 산업이나 영역 측면에서 분석되기보다는 기술 전반에 걸쳐 보다 거시적인 측면에서 분석될 필요가 있다.

본 연구에서는 이러한 거시적 측면의 기술융합 분석을 위해 효과적인 분석 프레임워크가 6T 분류체계라고 보고, 국가연구과제에서 일어나고 있는 기술융합 양상을 6T 기술 관점에서 분석하고자 한다. 과학기술의 6T 분류는 공식적으로는 2001년도에 수립된 과학기술기본계획(2002년-2006년)에 따라 수립되었으며, 이는 정부가 향후 5년간 중점적으로 투자할 국가전략기술 분야로 정보기술 (Information Technology: IT), 생명공학기술 (Bio-Technology: BT), 나노기술(Nano-Technology: NT), 환경기술(Environmental Technology: ET), 항공우주기술(Space Technology: ST), 문화기술 (Culture Technology: CT)를 6대 분야로 지정하고 분야별로 중점 개발기술을 설정한 것에 따른 것이다 (송충한 외, 2011). 이러한 6T 기술분류는 지식기반 산업의 초석이 될 수 있는 유망 기술분야를 국가가 주도적이고 전략적으로 개발한다는 측면에서 거시적이고 종합적인 측면에서의 기술융합을 분석하기에 적합하다고 보여진다.

이러한 이유로 다수의 연구에서 6T 기술에 관련한 분석이 수행되어 왔다 (이준수 & 정병호,

2004). 관련된 기존 연구들은 6T 기술 관련 연구 개발투자 및 성과를 분석하거나 (이준수 & 정병호, 2004; 김윤중, 2010), 6T 와 산업분야 간 연계 구조를 파악하는 연구를 수행해 왔다 (송충한 외, 2011; 조양래 외, 2015).

그러나 6T 기술이라는 큰 틀을 통해 기술융합을 파악하고 분석하고자 하는 연구는 다소 부족한 실정이다. 일부 연구에서 6T 기술융합을 분석한 사례가 있었으나 대부분 IT 기술을 중심으로 타 기술과의 융합을 분석한 연구들이며 (양용석, 2008; 이원준 외, 2009; 함호상, 2011; Geum et al., 2012) 보다 넓은 관점에서 6T를 아우르는 기술융합 분석에 대한 연구는 제한적인 실정이다.

이에 본 연구는 6T 관점에서의 기술융합 양상을 분석하기 위해 국가연구개발 연구제안서에서 활용하고 있는 기술 및 산업의 동시분류정보를 활용하여 네트워크 분석을 통해 기술융합양상을 파악하고자 한다. 먼저 데이터 측면에서, 연구과제 제안서의 기술분류의 경우 타 기술분류와는 다르게 6T 기술분야를 체계적으로 관리하고 있다는 점에서 거시적 관점에서의 기술융합 분석에 효과적으로 활용될 수 있다. 방법론 측면에서는, 각 연구제안서가 포함하고 있는 기술 및 산업분야분류의 경우 두 개 이상의 분류 분야를 채택하고 있어 동시분류분석이 효과적으로 활용될 수 있다. 또한 융합 양상을 효과적으로 파악할 수 있는 네트워크 분석을 활용할 수 있을 것이다. 본 연구를 통해 6T 관점의 기술융합 양상을 파악하고, 어떤 연구분야에서 주로 융합이 활발히 일어나며, 어떤 연구분야가 타 기술분야의 융합을 매개하고 지원하는지를 분석함으로써, 향후 국가 R&D를 기획하고 운영하는 데 중요한 단서를 제공할 수 있을 것이다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 기술융합의 개념 및 특성

기술융합은 새로운 발명이나 혁신이 특정한 기술의 경계를 넘어 다양한 기술에 걸쳐 일어나는 현상을 의미한다 (Curran and Leker, 2011; Geum et al., 2012; Kim et al., 2014; Lee et al., 2015). 이는 서로 다른 기술들 간의 동적인 진화의 결과물로 간주되기도 한다 (Kim et al., 2014). Curran (2013)의 연구에서는 기술융합의 현상을 과학, 기술, 시장, 산업의 전반에 걸친 모호한 경계에 기반한 결과물로 설명하기도 하였다.

기술융합은 1980년대 처음 관심을 끌기 시작하다가 1990년대 중반 로봇틱스, 컴퓨팅, 정보통신 기술이 서로 융합하여 가치를 창출하기 시작하면서 많은 관심을 끌었다 (Caviggioli, 2016). 기술융합은 그 이후 기술혁신을 위한 중요한 수단으로 각광받으면서 기술 및 산업 전반에 걸쳐 신제품 및 신서비스의 개발을 주도해 왔다. 기술융합이 일어나는 최근의 시장 상황을 고려해 보면, 기술융합이 기술혁신을 통한 신제품 및 신서비스 개발에 미치는 영향이 상당하다는 것을 알 수 있다 (Curran and Leker, 2011). 특히 R&D 활동을 향상시키고 실무환경에서의 산업구조를 재편성한다는 관점에서도 기술융합은 중요한 활동으로 고려될 수 있다 (Dolata, 2009).

Curran and Leker (2011)의 연구에서는 융합의 수준에 따라 새로운 제품/서비스의 개발을 목적으로 하는 과학 융합, 기술 융합, 새로운 비즈니스 모델을 제안하는 데 활용될 수 있는 시장 융합, 나아가 기술융합과 시장융합이 결합되어 산업융합을 형성하는 모델을 제안하기도 하였다. 이 연구에서는 새로운 과학적 발견들이 융합되어 기술

의 융합을 촉진하고, 이러한 융합기술이 신제품 개발에 활용됨으로 인해 시장융합을 선도하며, 시장융합을 통해 기업의 연구개발이 일부 통합되고 융합 프로세스를 완성함으로써 최종적으로 산업 융합 과정에 도달한다고 보았다.

이러한 이유로 많은 국가에서 기술융합을 촉진하기 위한 지원 프로그램을 운영해 왔다. 미국의 경우 1990년대 초반에 Networking and Information Technology Research Development program (NITRD)을 통해 IT기술을 통한 기술융합을 지원해 왔으며, 이후 National Science Foundation (NSF)와 Department of Commerce (DC)에서 National Nanotechnology Initiative (NNI) 및 NITRD program 등을 통해 기술융합을 지원해 왔다 (Choi et al., 2015). 유럽연합 (European Union, EU)의 경우 단순한 기술 변화 이면의 경쟁력을 향상시키기 위해 사회과학 개념을 포함한 총체적 기술융합 개념을 제안해 왔다. 이러한 기술융합 개념은 EU의 6,7차 “Framework Programme”에 적절히 반영되어 왔고 이에 따라 R&D 활동을 효과적으로 증진시켜 왔다 (Choi et al., 2015).

## 2.2. 기술융합분석을 위한 기존 연구

기술융합의 분석은 크게 두 가지 관점에서 진행되어 왔다. 먼저 정성적 관점의 연구는 기술융합의 특성을 분석하거나 특정 도메인 및 산업에서의 기술융합현상을 전문가 관점에서 분석하는 연구이다 (Hacklin et al., 2009; Lee et al., 2010). 그러나 보다 최근의 연구들은 주로 정량적 관점에서 진행되어 왔으며 (Bores et al., 2003; Curran and Leker, 2011; Geum et al., 2012; Karvonen and Kässi, 2013; Kim et al., 2014; Lee et al., 2015; Caviggioli, 2016) 이 범주에 해당하는 연구들은 주로 기술융합현상을 데이터를 통해 정량적으로 분

석하는 연구들이다. 이들 연구에서는 주로 융합 관련한 지표를 제안하거나, 네트워크 분석 등을 통해 기술융합양상을 시각화하는 연구들이 주도로 제안되어 왔다.

기술융합을 분석하기 위한 정량적 연구에서 가장 많이 활용된 데이터는 특허 데이터이다. 특허는 기술의 대용지표로 널리 활용된 공개 문서로, 매우 다양한 형태로 융합 관련 분석에 활용되어 왔다 (Geum et al., 2012; 김철현, 2015). 특허는 기술융합현상의 분석에 있어 거의 전 산업과 기술 분야에 대해 정량적 데이터를 제공하기 때문에 (백현미, 김명숙, 2013; 오호연, 이홍주, 2017) 매우 좋은 데이터로 활용될 수 있기 때문이다.

이러한 특허기반 기술융합 분석을 위해 여러 가지 접근이 시도되어 왔다. 첫 번째 접근으로 동시분류분석을 들 수 있다. 동시분류분석은 특허 하나에 할당된 클래스가 복수개라는 점에 착안하여, 어떤 클래스끼리 자주 융합되는지를 분석함으로써 기술융합을 분석하는 접근이다. 이는 많은 연구에서 다양하게 활용되고 있지만 (Geum et al., 2012; Lee et al., 2015), 신규 기술인 경우 클래스가 존재하지 않아 실질적인 분석이 어렵다는 한계가 존재한다 (Henderson et al., 2005; Passing and Moehrle, 2015). 이를 극복하기 위해 Passing and Moehrle (2015)의 연구에서는 스마트 그리드 분야에서의 기술융합을 측정하기 위해 시멘틱 특허 분석을 활용한 바 있으며, 이 연구에서는 TF-IDF (Term Frequency- Inverse Document Frequency)에 기반한 유사도를 바탕으로 특허간 유사도를 평가하여 융합의 측정에 활용한 바 있다.

특허 인용분석을 통한 기술융합 역시 많이 활용되고 있으나 (Karvonen and Kässi, 2013), 특허가 오래될수록 더 많은 피인용을 받는다는 점이 근본적 한계점으로 지적되고 있으며, 이에 따라 수명주기가 짧은 새로운 기술의 경우 저평가된다는

한계가 존재한다 (Henderson et al., 2005; Lee et al., 2012; Passing and Moehrle, 2015). 또한 특허 키워드의 동시출현빈도분석 혹은 연관성 분석을 활용하는 기존 연구들이 주로 수행되어 왔다 (White and McCain, 1997).

위에서 언급하였듯 대부분 기술융합 관련 정량적 연구는 특허를 중심으로 이루어져 왔다. 그러나 일부 연구들을 중심으로 거시적 관점에서 기술분야와 산업분야의 융합구조를 연구하는 연구가 수행되기도 하였다. 예를 들어 이광민과 홍재범 (2016)의 연구에서는 표준산업분류에 따라 정의된 제품군을 매개로 투입기술 간 융합구조를 분석하였다. 이 연구에서는 중소기업 융복합 기술개발 사업과제의 제품군과 기술간 2-mode 네트워크 분석을 통해 융합이 발생하는 제품군과 기술을 파악한 바 있다. 그러나 이 연구의 경우 중소기업 융복합기술개발 사업과제에 한하였다는 한계가 있으며, 특히 기술 수가 적은 분야 (NT, CT, ST 등)에 대한 기술융합구조를 파악하지 못했다는 한계가 있다. 송충한 외 (2011)의 경우 6T분야와 산업분야 간 연계구조를 파악하는 연구를 수행하였다. 이 연구에서는 6T분야와 산업부문 간의 매핑을 통한 분석으로, 상세한 기술분류 수준에서의 융합구조 분석이나 기술-산업간 융합구조 분석을 파악하는 관점에서는 한계점이 존재한다.

### 3. 연구 방법

본 연구의 프로세스는 그림 1과 같다. 먼저 국가연구개발사업 과제에 대한 제안서를 수집한다. 이후 수집된 데이터를 바탕으로 융합이 일어났다고 판단된 과제를 선정하는 데이터 전처리 과정을 거친다. 기술융합이 발생한 과제를 수집한 이후, 기술융합 대상 과제에 대한 기초적 분석을 수

행한다. 이후 연구제안서에서 나타난 기술융합을 분석하기 위해 적용기술분야에 대한 동시분류매트릭스를 생성하고, 이를 기반으로 각 기술대분류, 기술중분류, 6T 기술을 대상으로 네트워크 분석을 수행한다. 이 결과를 바탕으로 기술융합이 어떠한 양상으로 이루어지고 있는지 해석한다.

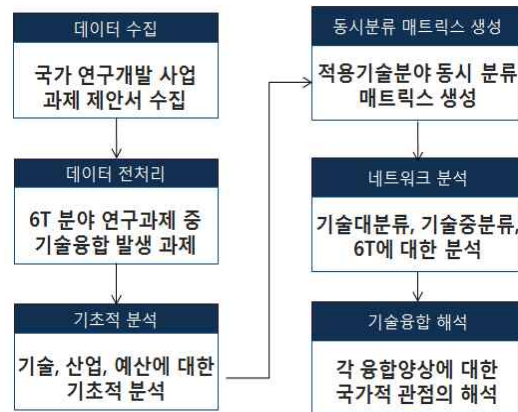


그림 1 연구 프로세스

## 4. 연구 결과

### 4.1 데이터 수집 및 전처리

먼저 연구제안서 수집을 위해 국가과학기술지식정보서비스(NTIS) 포털에서 제공하는 사업과제 데이터를 수집한다. 연구과제 데이터는 과제명, 과제년도, 적용기술 분야, 적용산업 분야, 6T분야 기술분류를 포함하도록 수집한다.

본 연구에서는 NTIS 데이터베이스로부터 2009년부터 2015년까지 329,178개의 연구제안서 데이터를 수집하였으며, 이 데이터 중 다음 과정을 거쳐 기술융합대상 과제를 선정하였다. 먼저 보안과제 및 고유번호가 없는 과제를 제외한 후, 6T 분야 사업과제 중 연구 제안서에 기술분야 분류가

2개 이상인 과제를 확인한 결과 75,644건이 선정되었다. 이 중 인건비 및 운영비 성격의 과제를 제외하기 위해 사업명에 인력, 운영비 키워드가 있는 과제를 삭제하였으며, 첫 번째 적용분야가 교육 및 인력양성 분야로 설정되어 있거나, 부처 자체의 대분류에 교육 및 인력양성 분야로 설정되어 있는 경우 일괄 삭제하였다. 이 결과 69,452건으로 대상 과제가 줄어들었다. 이 중 연차별 중복 과제를 제외한 결과 30,661건으로 파악되었으며<sup>1)</sup>, 이 중 6T 분야가 기타인 과제를 제외하여 최종 26,367건의 연구과제를 융합 과제로 확정하였다. 연도별 과제 수의 분포는 그림 2와 같다.

동시분류분석을 수행하기에 앞서 국가연구개발 과제 중 융합연구대상 과제들의 개괄적 특성을 적용산업, 과제 예산 등에 대한 기초적 분석을 그림 3과 같이 수행하였다.

먼저 가장 많은 과제가 속한 기술군을 분석한 결과 생명과학, 보건의료, 농림수산식품 순으로 나타났다. 이는 6T분야별로 융합과제 빈도를 확인했을 때도 유사하게 나타났으며, 각 6T 분야별로 융합과제의 빈도는 BT, IT, ET, NT 순으로 나타났다. 일반적으로 융합이 활발할 것으로 생각되는 전기/전자분야에 비해 결과적으로 생명과학 쪽 분야의 융합과제의 비율이 매우 높은 것으로 나타났다으며, 이는 국가연구과제 중 생명과학 쪽 연구

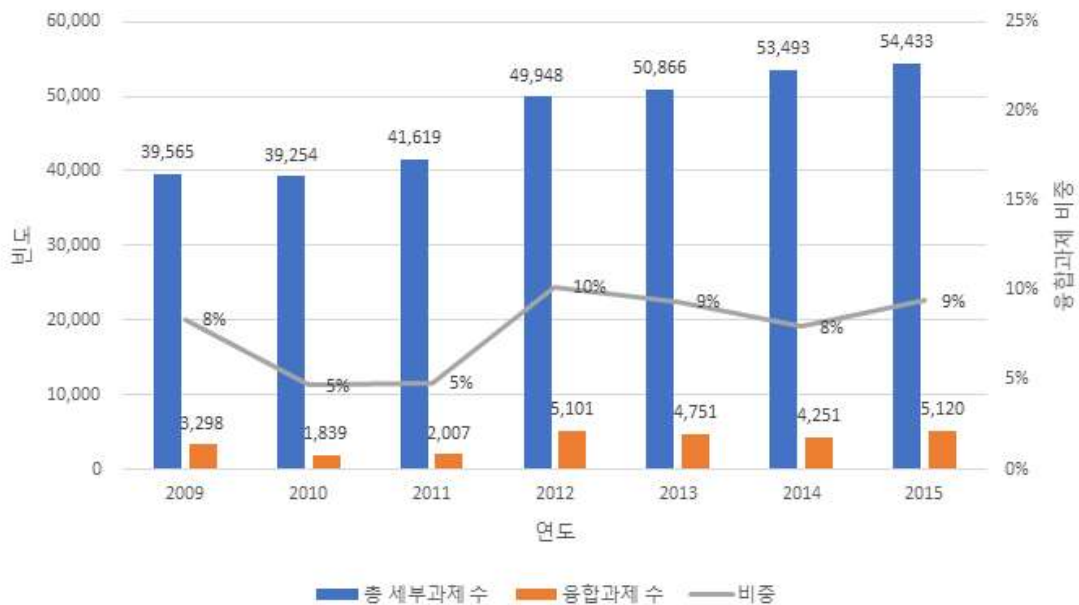


그림2 연도별 융합과제 빈도와 비중

## 4.2. 기초적 분석

1) 이 경우 총 연구비는 연차별 총 연구비의 합을 활용하였다

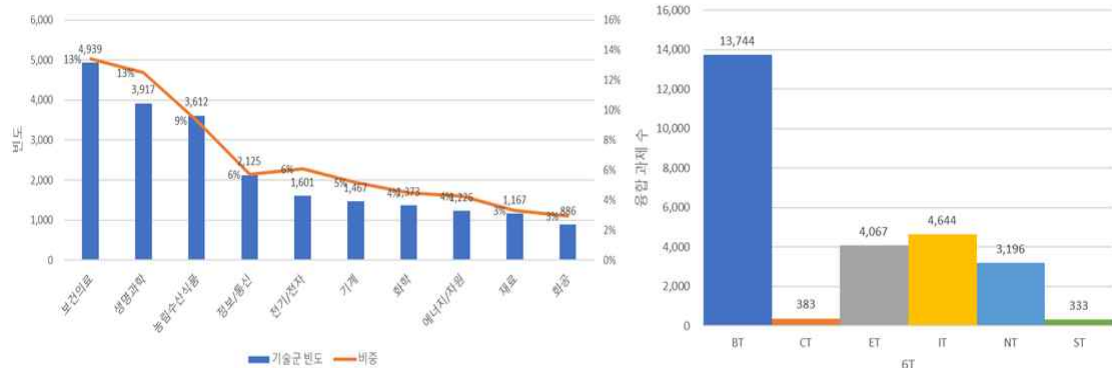
분야가 융합과제의 성격을 띠는 비율이 높다고 이해될 수 있다.

이를 보다 심층적으로 분석하기 위해 사업과제의 수와 연구비 평균을 확인한 결과 다음 표 1과

## 국가연구과제 동시분류분석을 통한 6T 기술 융합 분석

같다. 2015년 국가연구개발 조사분석보고서에 따르면 전체 사업과제는 6T중 IT가 가장 많은 예산을 보유하고 있다고 알려져 있다.

경우 국가 주도적으로 이루어지는 경우가 많으며 사업의 규모가 타 분야에 비해 상대적으로 크게 때문인 것으로 생각되었다.



<빈도 상위 10개 기술분야의 빈도와 비율>

<기술융합 과제 중 6T 분야 별 빈도>

그림 3 상위 융합기술 분야의 빈도 및 비율

표 1 6T 분야별 과제 수 및 연구비 평균

| 6T 분야 | 과제 수<br>(괄호 안은 과제 비율) | 연구비 평균 (원)    | 연구비 표준편차 (원)    |
|-------|-----------------------|---------------|-----------------|
| BT    | 13,744<br>(52%)       | 164,108,581   | 672,246,765     |
| CT    | 383<br>(1%)           | 291,015,585   | 640,149,562     |
| ET    | 4,067<br>(15%)        | 6,509,093,378 | 387,258,270,806 |
| IT    | 4,644<br>(18%)        | 288,026,877   | 626,498,239     |
| NT    | 3,196<br>(12%)        | 209,369,120   | 1,271,019,324   |
| ST    | 333<br>(1%)           | 387,992,779   | 1,395,779,754   |
| 합계    | 26,367                | 7,849,606,319 | 391,863,964,450 |

그러나 본 연구에서 수집한 융합대상 사업과제를 살펴보았을 때 가장 과제 수가 많은 분야는 BT 분야인 것으로 나타났다. 평균 연구비의 경우 가장 높은 분야는 ST, ET순이었으며, 이는 ST, ET의 경우 우주항공 관련 기술, 환경 관련 기술의

### 4.3. 동시분류분석 및 네트워크 분석을 통한 융합과제 양상 분석

다음으로 6T 기술 융합연구양상을 파악하기 위

해 연구제안서 상 기술분류를 중심으로 동시분류 분석 매트릭스를 구축하고, 이를 기반으로 네트워크 분석을 수행하였다. 먼저 동시분류분석매트릭스를 구축하기 위해 각 과제에 할당된 국가과학기술표준분류 및 6T 분류를 추출하였다. 각 분류체계를 기반으로 다음 식 (1)과 같이 매트릭스를 구성하였다. 식 1에서  $C_{ij}$  는 i번째 분류체계와 j번째 분류체계가 동시에 나타난 연구과제의 수를 의미하며, n은 전체 연구과제의 수를 의미한다.

$$\begin{pmatrix} C_{11} & \dots & \dots & C_{1n} \\ \dots & \dots & C_{ij} & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{n1} & \dots & \dots & C_{nn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

해당 매트릭스를 바탕으로 네트워크 분석을 수행하였다. 네트워크 분석은 Gephi 버전 0.9.1을 통해 수행되었다.

### 1) 국가과학기술 표준분류 관점

국가연구과제 제안서를 제출할 때는 연구자가 주요 연구분야를 직접 설정하기 때문에 연구분야에 대한 동시분류분석은 그 정확도가 높은 동시에 실질 연구분야를 반영할 수 있다는 장점이 있다. 본 연구에서는 연구분야분류를 국가과학기술표준분류에 정의된 기술 대분류 수준과 기술 중분류 수준으로 나누어 분석하였다. 대분류 수준은 보다 거시적 관점에서 산업간 융합을 볼 수 있다는 장점이 있으며, 기술 중분류 수준은 보다 구체화된 기술 융합을 볼 수 있다는 장점이 있다.

#### (1) 대분류 수준

먼저 대분류 수준의 동시분류분석 네트워크 결

과가 그림 4에 나타나 있다. 네트워크 분석은 24개 노드에 대해 수행되었으며, 노드의 빈도가 100번 이상, 노드와 노드 간 연결이 20번 이상인 경우에 한해 네트워크를 표현하였다. 노드의 색은 국가연구과제의 기본 기술분류의 6가지 유형을 적용하였다.

대분류 수준에서는 상위 10개 기술분야에서 살펴봐왔듯이 생명과학 분야에서 융합과제가 많이 수행되고 있는 것으로 나타났으며, 구체적으로 농림수산물, 생명과학, 보건의료 순이었다. 특히 생명과학과 보건의료는 가장 융합이 활발하게 이루어지는 것으로 나타났다. 타 분야의 경우 정보통신, 전기전자, 재료, 화공, 기계 등 다양한 분야에서 융합이 이루어지는 것을 확인할 수 있었다.

각 노드의 특성을 보다 구체적으로 알아보기 위해 네트워크 중심성 지표를 분석하였다. 네트워크 중심성 지수는 노드 간 관계에 관해 정량분석이 가능하다는 점에서 많은 연구에서 활용되고 있다 (Wagner et al., 2011). 먼저 연결 중심성 (degree centrality)의 경우 한 노드에 연결된 타 노드들의 수로 결정되며, 근접 중심성 (closeness centrality)는 노드와 다른 모든 노드 사이의 최단경로 길이 (path distance)의 합을 계산한 척도로 계산된다. 또한 매개 중심성 (betweenness centrality) 지수는 한 노드가 다른 노드들 사이 최단경로에 위치하는 정도를 정량적으로 측정한 것이다.

먼저 연결 중심성 관점에서는 보건의료가 가장 높은 연결 중심성을 나타내어 타 기술 대분류와 많은 관계를 맺고 있는 것으로 나타났다. 이는 보건의료가 타 분야 기술과 많은 관련성을 띠고 있으며 타 분야와의 융합이 활발하게 이루어지고 있다는 것을 의미한다. 연결 중심성의 경우 보건의료, 생명과학, 농림수산물 등 BT 분야 기술들에서 매우 높게 나타났다.



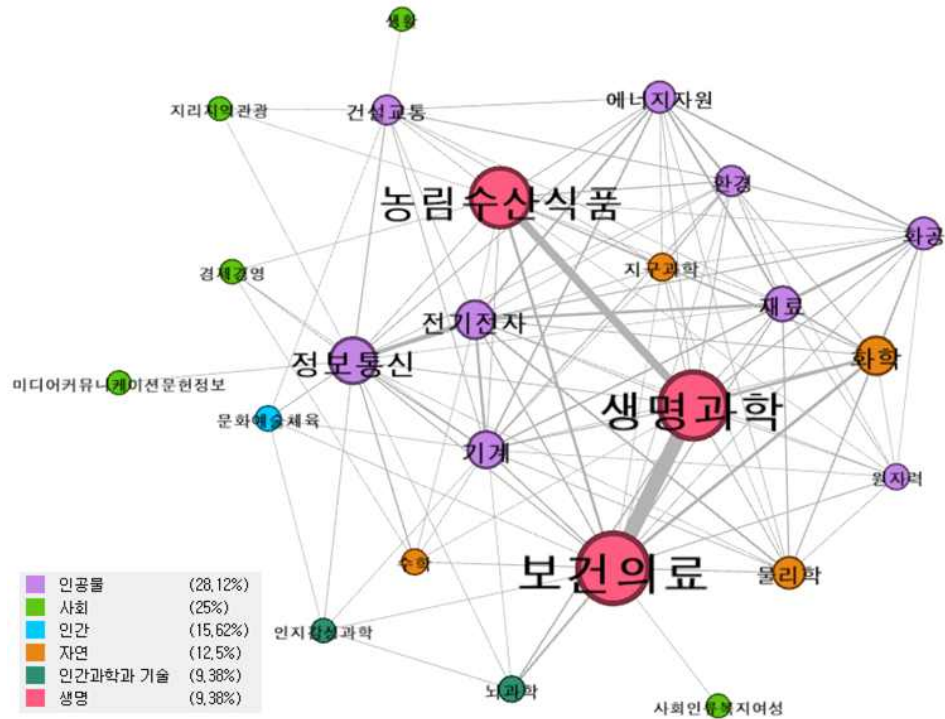


그림 4 기술 대분류 수준 융합네트워크

표 2 대분류 수준의 네트워크 중심성 지표 (상위 10개)

| 대분류   | 연결 중심성 | 대분류   | 근접 중심성 | 대분류   | 매개 중심성 |
|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| 보건의료  | 1.00   | 정보통신  | 0.82   | 정보통신  | 0.19   |
| 생명과학  | 0.93   | 기계    | 0.82   | 보건의료  | 0.14   |
| 농림수산물 | 0.76   | 보건의료  | 0.77   | 건설교통  | 0.10   |
| 정보통신  | 0.48   | 농림수산물 | 0.74   | 기계    | 0.08   |
| 화학    | 0.31   | 전기전자  | 0.74   | 농림수산물 | 0.06   |
| 전기전자  | 0.31   | 생명과학  | 0.72   | 전기전자  | 0.04   |
| 기계    | 0.28   | 재료    | 0.70   | 생명과학  | 0.02   |
| 재료    | 0.24   | 환경    | 0.68   | 재료    | 0.01   |
| 항공    | 0.18   | 물리학   | 0.66   | 지구과학  | 0.01   |
| 물리학   | 0.18   | 에너지자원 | 0.66   | 환경    | 0.01   |

근접 중심성과 매개 중심성 관점에서는 다소 다른 결과를 보였다. 근접 중심성과 매개 중심성 모두 정보통신 대분류에서 가장 크게 나타났다. 이는 정보통신기술이 타 융합기술을 매개하는 정도가 매우 높음을 의미한다. 정보통신분야의 경우 매우 다양한 분야에서 활용되는 범용적인 기술로, 정보통신분야 자체에서도 기술융합이 많이 일어나지만, 타 분야가 연구된 뒤 실제 응용분야에 적용되는 과정에서 IT기술이 많이 활용될 수 있다는 점에서 높은 매개 중심성을 가진다고 해석할 수 있다. 마찬가지로 건설교통분야도 높은 매개 중심성 값을 보였다. 건설교통분야의 경우 연결 중심성과 근접중심성에서는 높은 순위를 나타내지 않았지만, 매개 중심성의 경우 상당히 높은 수준으로 나타났다. 이는 건설교통분야의 경우 학문분야의 특성 상 융합이 많이 일어나는 분야는 아니지만 최근 ICT기술과의 융합을 통해 건설-IT 융합을 위한 노력을 지속적으로 진행하고 있기 때문인 것으로 생각된다. 실제로 지능형 건물 관리, 인간 친화형 건설, 에너지 및 친환경 건설 등 건설 분야에서 다양한 시도가 이루어지고 있으며, 이러한 다각도의 융합을 매개하는 역할을 수행하기 때문인 것으로 생각된다.

이를 보다 구체적으로 살펴보기 위해서 기술 대분류 수준에 대해 각각 6T별로 네트워크 분석을 수행하였다. 즉 6T 분야에서 각 기술 분류가 어떤 관계를 맺고 있는지 확인하기 위해 분석을 수행하였다. 분석 결과는 그림 5와 같다. 먼저 BT 분야에서는 보건의료, 생명과학, 농림수산물 간의 관계가 두드러졌으며, IT 분야에서는 정보통신과 전기전자 간의 관계가 두드러졌다. 정보통신-수학, 전기전자-재료 등의 분야도 기술융합이 활발히 이루어지는 것으로 보인다. CT 분야에서는 문화예술체육이 연결 중심성이 매우 높았으며 이 기술이 정보통신 분야와 많은 기술융합을 이루고

있는 것으로 확인되었다. 이는 도메인 측면의 문화예술체육 특성이 실제 기술적 구현이 되면서 정보통신 기술과 많은 상호작용을 하는 것으로 이해할 수 있다. NT의 경우 타 분야에 비해 주요 기술들의 연결중심성이 유사한 수준으로 나타났으며, 재료, 화공, 물리학, 화학 등이 높은 연결 중심성을 보였으며, 재료와 화공 사이의 기술융합 관계가 매우 높게 나타났다. ST의 경우 지구과학 분야가 아닌 기계 분야에서 매우 높은 연결 중심성이 나타났는데, 이는 항공우주의 경우 항공우주 비행체를 개발하는 것이 중심이기 때문에 이러한 결과가 나타난 것으로 생각된다. 이 기계분야 기술은 지구과학, 전기전자, 정보통신, 재료 등과 같은 기술과 융합되어 가치를 창출하고 있는 것으로 보인다. 마지막으로 ET의 경우 에너지자원, 환경 기술을 바탕으로 재료, 기계, 전기전자와 같은 다양한 기술과 융합을 이루고 있는 것으로 확인되었다.

## (2) 중분류 수준

다음으로 국가과학기술표준분류의 중분류 수준에서의 동시분류분석을 통해 네트워크 분석을 수행하였다. 분석 결과는 가시성을 위해 빈도수가 500번 이상인 49개 노드 및 연결빈도가 23번 이상인 링크를 대상으로 하였다. 각 노드의 색은 국가연구개발 표준분류의 11개 대분류를 적용하였다. 분석 결과는 그림 6과 같다. 동그라미 안의 기술은 비교적 낮은 빈도에도 불구하고 기술을 매개하는 매개중심성이 높은 기술을 별도로 표시한 것이다. 마찬가지로 표 3은 보다 구체적인 분석을 위해 중분류 수준의 네트워크 중심성 상위 10개 지표를 나타낸 것이다.

그림 6과 표 3을 종합적으로 분석한 결과는 다음과 같다. 먼저 높은 연결중심성을 나타내는 기술, 즉 타 기술분야간 융합이 활발하게 이루어지

국가연구과제 동시분류분석을 통한 6T 기술 융합 분석

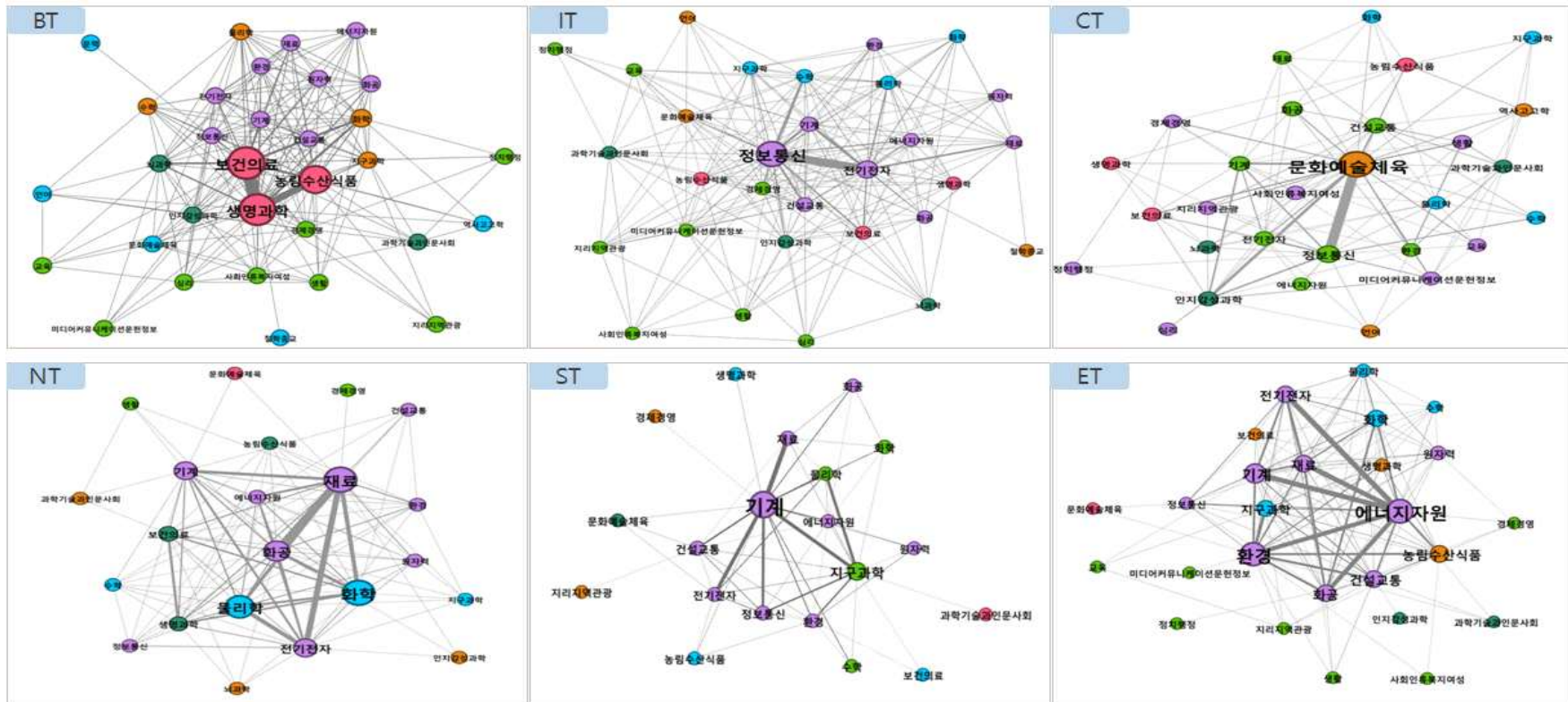


그림 5 기술 대분류 수준 6T별 네트워크

고 있는 기술은 의생명과학, 분자세포생물학, 의약품개발, 임상의학 등 BT 분야의 기술들로 나타났으며, 이는 대분류 수준의 분석 결과와 유사한 결과이다. 이외에도 Top 10의 연결 중심성 기술들이 대부분 생명과학 쪽 기술들로 나타나, 이 분야 기술들이 융합이 상당히 많이 일어나고 있는 것을 확인할 수 있다.

반도체소자 시스템, 정보이론, 고분자재료, 나노마이크로 기계시스템, 나노화학, 생물공학 분야가 연결 중심성은 낮으나 매개중심성과 근접중심성이 상대적으로 높은 분야로 나타났다.

이는 해당 분야 기술들이 타 기술과의 융합 연결 수준에 비해 다른 분야와의 연결을 매개하는 수준이 높다는 것을 의미한다.

실제로 반도체 소자, 고분자 재료, 정보이론 등과 같은 기술의 경우 그 자체로 기술이 의미가 있기보다는 타 응용분야에 함께 활용되어 가치를 창출할 때 높은 기술적 가치를 가지는 경우가 대부분이다. 따라서 실제로 활용될 때는 타 기술들과 함께 활용되기 때문에 높은 융합 매개 특성을 가지는 것으로 생각될 수 있다.

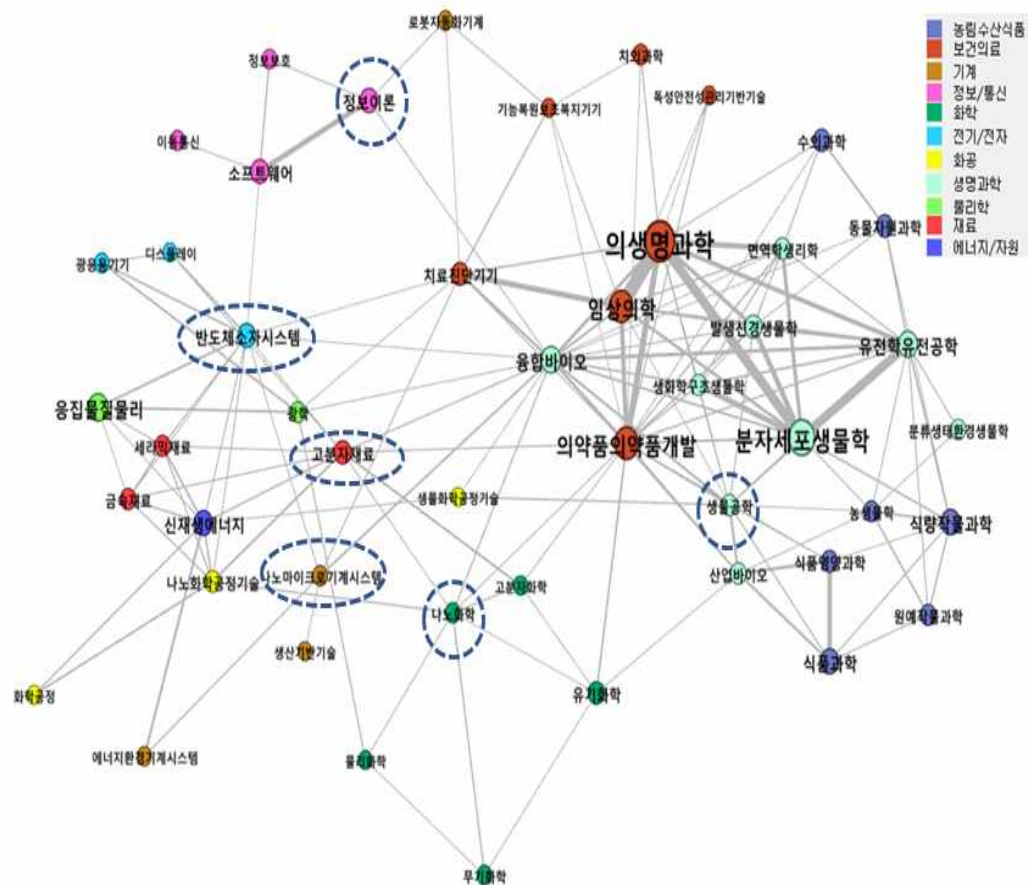


그림 6 기술 중분류 수준 융합네트워크

표 3 중분류 수준의 네트워크 중심성 지표 (상위 10개)

| 중분류          | 연결 중심성 | 중분류          | 근접 중심성 | 중분류             | 매개 중심성 |
|--------------|--------|--------------|--------|-----------------|--------|
| 의생명과학        | 1.00   | 융합바이오        | 0.66   | 융합바이오           | 0.33   |
| 분자세포<br>생물학  | 0.74   | 의약품<br>의약품개발 | 0.59   | 의약품<br>의약품개발    | 0.15   |
| 의약품<br>의약품개발 | 0.57   | 고분자재료        | 0.54   | 반도체소자<br>시스템    | 0.08   |
| 임상의학         | 0.54   | 반도체소자<br>시스템 | 0.52   | 정보이론            | 0.08   |
| 응집물질물리       | 0.31   | 치료진단기기       | 0.51   | 고분자재료           | 0.08   |
| 융합바이오        | 0.26   | 생물공학         | 0.51   | 나노마이크로기<br>계시스템 | 0.08   |
| 유전학<br>유전공학  | 0.25   | 의생명과학        | 0.51   | 유전학<br>유전공학     | 0.07   |
| 식량작물과학       | 0.21   | 유전학<br>유전공학  | 0.51   | 신재생에너지          | 0.05   |
| 식품과학         | 0.19   | 나노화학         | 0.50   | 나노화학            | 0.05   |
| 신재생에너지       | 0.18   | 분자세포<br>생물학  | 0.49   | 생물공학            | 0.04   |

다음으로 그림 7과 같이 기술 중분류 수준에 대해 각각 6T별로 네트워크 분석을 수행하였다. 먼저 BT 기술의 경우 의생명과학, 임상의학, 의약품개발에서 매우 높은 연결 중심성을 보였으며, 이들 기술로부터 타 기술들과의 융합이 매우 활발하게 이루어지는 것으로 파악되었다. 특히 연결 관점에서 볼 때 의생명과학과 임상의학, 의생명과학과 세포생물학 등의 관계가 매우 높게 나타났으며, 이는 BT분야의 경우 BT분야 내 융합이 주도적인 특성을 가진다고 해석될 수 있다. IT 분야의 경우 정보이론, 소프트웨어 등의 기술이 연결 중심성이 높게 나타났으나 이들 기술들이 타 기술들과 고르게 융합양상을 띠는 것으로 관측되었다. 즉, BT와 같이 특정 분야에서 주도적으로 융합이 많이 나타난다기보다는 여러 가지 IT분야에서 골고루 기술융합이 이루어지는 것을 알 수 있다.

CT기술의 경우 콘텐츠 기술을 중심으로 소프트웨어, 정보이론 등과 높은 연계수준을 보였으며, 이외에도 디자인 계통의 기술 및 감성 및 인지과학과의 연계도 두드러지는 것으로 나타났다. NT의 경우 타 분야에 비해 굵게 나타난 링크가 많은 것으로 나타났으며, 이는 많은 기술들 간 융합이 일어났으며, 이들 기술간 융합의 빈도도 높은 것으로 해석될 수 있다. 즉 특정 한 두가지 기술들에 국한되지 않고 다수의 중요 기술들을 기반으로 융합이 활발하게 이루어지고 있음을 알 수 있다. ST의 경우 인공위성 및 항공시스템 기술을 바탕으로 기술융합이 활발히 이루어지고 있으며, 관련 중분류 기술들이 대부분 인공위성 및 우주발사체의 개발 및 운영에 관한 기술적 요소들로 파악되었다. 마지막으로 ET의 경우 신재생에너지 기술을 바탕으로 화학, 해양과학, 자동차, 금속재료, 폐기물처리 등 매우 다양한 분야와 연계되어 있는 것을 파악할 수 있다.



# 국가연구과제 동시분류분석을 통한 6T 기술 융합 분석

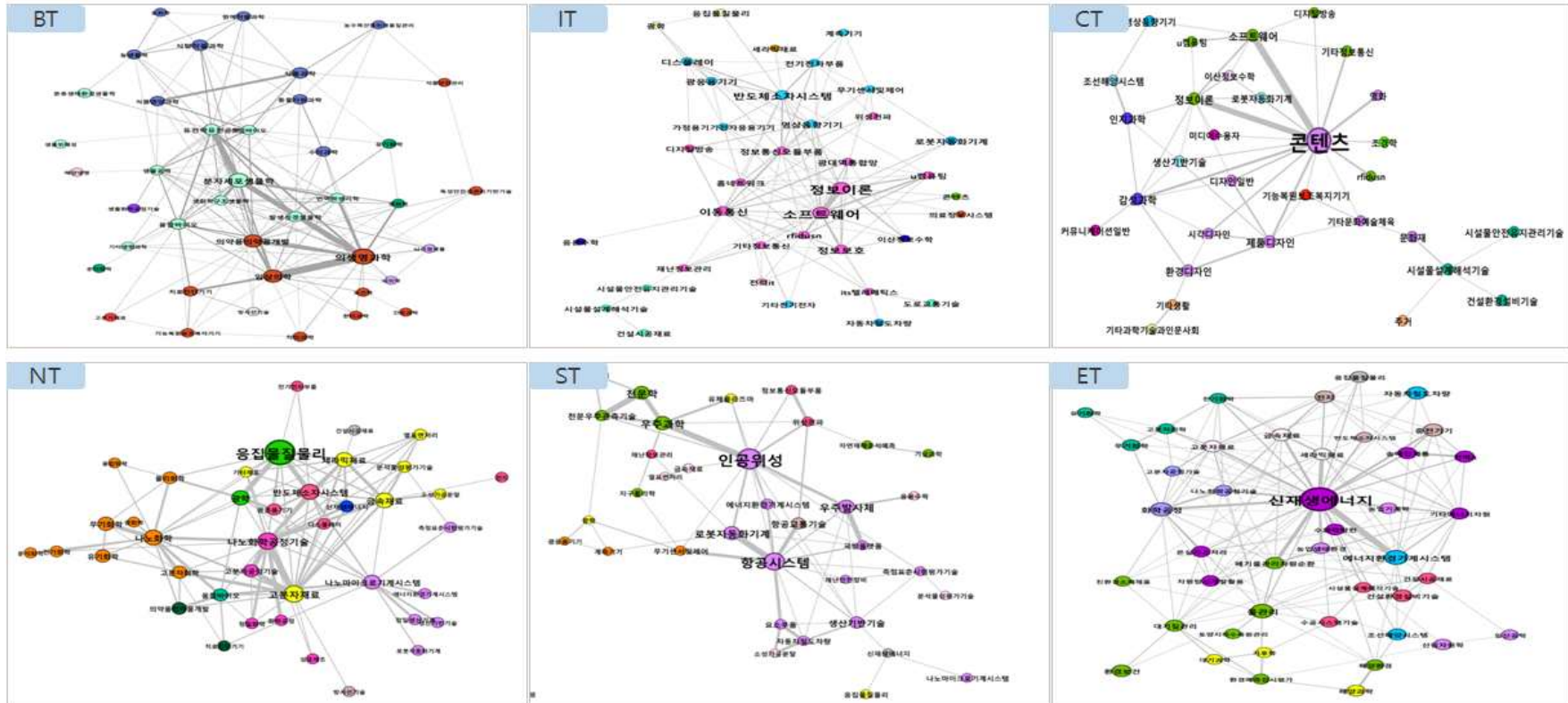


그림 9 기술 중분류 수준 6T별 네트워크

## 2) 6T 분류 관점

다음으로 각 과제에 부여된 중분류 수준의 연구분야분류를 과제의 6T 분류 비율 중 비중이 가장 높은 유형을 해당 기술로 분류하였다. 전체 317개의 기술 중에서 6T 분류기술 빈도가 1이거나 빈도가 같은 기술을 제외한 총 285개의 기술 분류가 분류 대상이 되었으며, 이들 기술을 분류한 결과 BT 86개, CT 22개, ET 71개, IT 74개, NT 23개, ST 9개로 분류되었다. 다음 표 4는 각 연구분야분류(중분류)를 대표 6T 기술로 분류하는 예시를 나타낸 것이다. 예를 들어 요소부품의 경우 ET에 분류된 비중이 가장 높았기 때문에 6T 분류기술 중 ET로 분류하였다.

네트워크 분석 결과 많은 중분류 기술들이 유사한 산업분야의 기술들과 융합이 일어난 것으로 나타났기 때문에, 각 6T 분야가 얼마나 내적으로 융합되어 있는지를 분석하기 위해 다음을 수행하였다. 먼저 각 과제에 부여된 중분류 수준의 연구분야분류를 과제의 6T 분류 비율에서 비중이 50% 초과되는 기술을 6T 내적 융합기술로 정의하였다. 6T 내적 융합기술은 6T 분류 기술 빈도가 2이상이고 비중이 50초과인 기술을 의미한다. 이는 타 6T 분야와 많이 융합되는 것이 아니라 각 기술이 속한 분야에서만 많은 융합이 일어나는 기술을 의미하며, 내적 융합기술의 경우 유사 학문과의 융합이 중점적으로 일어나는 기술이라고 볼 수 있다.

표 4 대표 6T 기술로의 변경 예시

| 연구분야분류(기술)   | BT     | CT     | ET     | IT     | NT     | ST     | 6T분류 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| 요소부품         | 13.33% | 0.67%  | 28.67% | 18.67% | 26.67% | 12.00% | ET   |
| 측정표준/시험평가기술  | 24.19% | 0.93%  | 19.07% | 22.79% | 26.51% | 6.51%  | NT   |
| 섬유제품         | 10.28% | 15.89% | 29.91% | 14.95% | 28.04% | 0.93%  | ET   |
| 유체/플라즈마      | 25.00% | 0.00%  | 28.41% | 9.09%  | 25.00% | 12.50% | ET   |
| 분야별/유형별행정/정책 | 24.00% | 8.00%  | 20.00% | 32.00% | 16.00% | 0.00%  | IT   |
| 입자/장물리       | 33.33% | 0.00%  | 7.41%  | 22.22% | 22.22% | 14.81% | BT   |

표 5 표준과학기술분류의 6T 기술 분류 빈도와 6T 내적 융합기술 빈도 비교

| 분류            | BT | CT | ET | IT | NT | ST | 합계  |
|---------------|----|----|----|----|----|----|-----|
| 6T 분류 기술 빈도   | 86 | 22 | 71 | 74 | 23 | 9  | 285 |
| 6T 내적 융합기술 빈도 | 76 | 20 | 55 | 59 | 15 | 7  | 231 |

분석 결과 다음 표 5와 같이 대부분의 6T 분류 기술이 6T 내적 융합을 보이는 것으로 나타났다. 이는 대부분의 기술융합이 유사학문과의 융합에 치중되어 있으며 6T 분야간 융합은 저조하다는 것을 의미한다. 실질적인 측면에서는 유사 기술의 융합을 통해 새로운 가치를 창출하는 것이 훨씬 유용한 접근일 수 있으나, 아주 새로운 기술혁신을 위해서는 6T간 융합을 지원할 필요가 있음을 시사하는 결과이다.

다음으로, 각 중분류 별 기술들이 얼마나 6T 분야에 골고루 분포되었는지를 판단하기 위해 6T분야 융합의 균형성 지표(reverse\_HHI)를 정의하였다. 이는 각 기술의 6T에 대한 비율 퍼센트의 제곱합에 역수를 취한 값으로 정의된다. 따라서 이 값이 작을수록 6T 분야 중 하나에 집중적으로 나타나고, 값이 클수록 6T 별로 비슷하게 나타나게 된다.

그림 8은 융합 빈도와 융합 균형성 지표를 바탕으로 빈도 350이상 기술분야 51개 기술에 대해 기술분야 분류 매트릭스를 나타낸 것이다. 먼저 우측 상단에 위치한 1사분면의 경우 비교적 기술 융합이 많이 일어나면서 6T 관점에서 골고루 기술융합이 이루어지고 있는 기술들이다. 여기에 속하는 기술은 반도체소자시스템, 응집물리물질, 고분자재료 기술이며, 6T 관점 중 NT가 높은 비중을 차지하고 있음을 알 수 있다. 우측 하단에 위치한 2사분면의 경우 기술 융합 발생 빈도는 비교적 낮으면서 6T 관점에서 골고루 기술융합이 이루어지고 있는 기술들이다. 대표적인 기술들이 나노화학공정기술, 금속재료, 세라믹재료, 고분자공정기술, 나노화학 등과 같은 NT관련 기술들이며, 로봇자동화기계, 디스플레이, 전기전자부품, 광응용기기, 생산기반기술과 같은 IT기술들도 포함되어 있다. 1사분면과 2사분면이 융합 균형성이

높은 기술들이라는 점에서 NT기술이 융합 균형성이 상대적으로 높으며, 이는 타 분야에 비해 분야간 기술융합이 매우 활발하게 이루어지고 있는 분야라는 것을 시사한다. 특히 IT분야 중 생산기반기술의 경우 전 분야에 걸쳐 융합균형성이 가장 높은 기술로, 기술분야의 특성 자체가 매우 범용적이기 때문에 타 분야로의 응용에 많이 활용되기 때문인 것으로 생각된다.

좌측 하단에 위치한 3사분면의 기술 융합 발생 빈도는 비교적 낮으면서 기술 융합은 6T 중 한쪽으로 치우친 융합기술을 나타내고 있다. 여기에 속하는 기술의 경우 산업바이오, 생물공학, 수의과학, 동물자원과학, 생화학 등 BT 관련 기술들이 대부분이었으며, 이동통신, 정보보호, RFID/USN 등과 같은 특정 분야에 초점을 맞춘 IT기술들도 포함되어 있다. 대부분의 BT 기술들이 융합 균형성이 낮다는 것은 BT 기술의 경우 BT 기술 내에서 주로 융합이 일어나고 있다는 것을 의미한다. 이는 BT 기술의 특성 상 타 분야에 응용되기 보다는 해당 분야의 연구개발 결과가 해당 분야의 문제해결을 위해 활용되기 때문인 것으로 생각된다. 마지막으로 좌측 상단에 위치한 4사분면 기술의 경우 기술 융합이 많이 일어나는 기술이면서 6T 중 한쪽으로 치우친 융합이 많이 발생한 기술들이다. 이 분야에 속한 기술의 경우 의생명과학, 분자세포생물학, 의약품개발, 유전공학, 치료진단기기, 융합바이오 등과 같은 BT 기술들 중 그 융합이 매우 활발하게 일어나고 있는 기술들이 여기에 속한다. 앞에서 언급하였듯이 BT 기술의 경우 그 학문적 특성 때문에 주로 BT 기술분야 내에서만 기술융합이 일어나고 있는 것으로 생각된다.



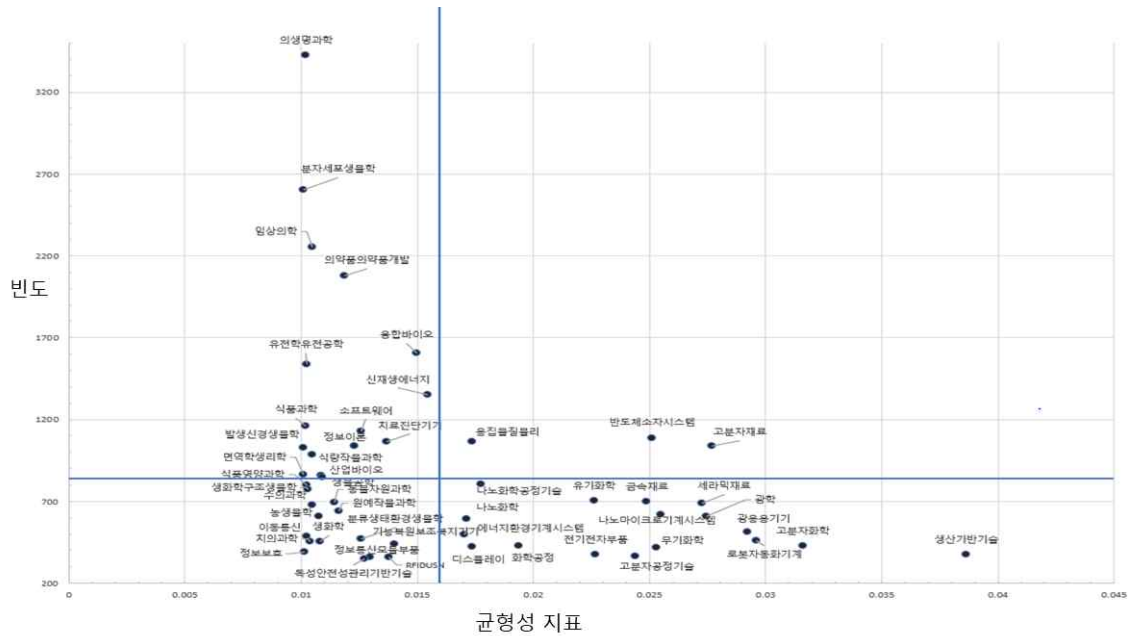


그림 12 빈도와 균형성 지표 결과를 바탕으로 한 기술분야 분류

다음으로 각 6T 기술들의 융합 현상을 보다 체계적으로 분석하기 위해 그림 9와 같이 네트워크 분석을 실시하였다. 500번 이상 출현한 49개 노드 및 동시분류가 15번 이상 일어난 기술들에 대해 네트워크 상에 표현하였으며, 노드 크기는 6T별 융합 균형성 지표를 활용하였다. 분석 결과 6T중 NT로 분류된 기술이 노드의 크기가 매우 크게 나타나, 이들 기술이 주로 융합 관점에서 균형적으로 사용되는 것을 확인할 수 있었다. 이는 NT기술의 경우 타 6T 분야 기술과 균형적으로 융합되어 활용되고 있다는 것을 의미한다. BT에서는 유기화학, IT 관점에서는 생산기반기술, 로봇자동화기계, 광응용기기, 반도체소자시스템, ET에서는 자동차철도차량 기술이 균형적으로 사용됨을 알 수 있다.

다음으로 6T 기술 간 융합 현상을 보다 구체적으로 파악하기 위해 표 6과 같이 네트워크 지표

를 함께 분석하였다. 분석 결과 빈도에 비해 비교적 매개중심성이 높은 기술은 융합 바이오, 의약품 개발, 신재생에너지로 나타났으며, 이들 기술의 경우 연구개발이 이루어지는 빈도에 비해 타 기술과의 융합 현상을 매개하는 역할이 높음을 의미한다. 의약품 개발 기술의 경우 빈도, 근접 중심성, 매개 중심성 모두 높게 나타나, 국가 R&D 기술융합에 있어 매우 중요한 역할을 한다고 볼 수 있다. 실제로 의약품 개발의 경우 생명공학, 화학, 의학, 약학, 유전공학 등 다양한 기술 분야가 함께 융합하여 이루어지는 기술분야이다.

융합 바이오 기술의 경우 타 기술에 비해 근접 중심성과 매개 중심성이 모두 높게 나타났다. 또한 고분자 재료 기술, 치료진단기기, 반도체 소자시스템의 경우에도 빈도는 높지 않지만 근접 중심성 및 매개 중심성이 모두 높게 나타났다.

연구 및 실무 수행을 위한 전자기기의 개발 역시 높은 융합 매개를 보일 것으로 생각된다. 반도체 소자시스템의 경우 빈도에 비해 매개중심성이 매우 높게 나타났으며, 이는 반도체 소자시스템 기술의 경우 그 자체로 기술적 의미가 있다기보다 타 기술들과 연계되고 응용되었을 때 비로소 가치를 발휘하는 기술적 특성을 가지고 있기 때문에 이러한 결과가 나타난 것으로 생각된다.

표 6 6T 기술 분야별 중심성 지수

| 기술분야        | 빈도   | 융합<br>균형성 | 기술분야         | 근접<br>중심성 | 융합<br>균형성 | 기술분야            | 매개<br>중심성 | 융합<br>균형성 |
|-------------|------|-----------|--------------|-----------|-----------|-----------------|-----------|-----------|
| 의생명과학       | 1.00 | 1.02      | 융합바이오        | 0.70      | 1.50      | 융합바이오           | 0.27      | 1.50      |
| 분자세포생물<br>학 | 0.77 | 1.01      | 의약품 개발       | 0.62      | 1.18      | 의약품 개발          | 0.10      | 1.18      |
| 의약품 개발      | 0.62 | 1.18      | 신재생에너지       | 0.59      | 1.55      | 신재생에너지          | 0.09      | 1.55      |
| 임상의학        | 0.60 | 1.05      | 고분자재료        | 0.59      | 2.77      | 고분자재료           | 0.08      | 2.77      |
| 응집물질물리      | 0.40 | 1.74      | 생물공학         | 0.58      | 1.09      | 반도체소자시<br>스템    | 0.06      | 2.51      |
| 융합바이오       | 0.36 | 1.50      | 치료진단기기       | 0.55      | 1.37      | 나노마이크로<br>기계시스템 | 0.05      | 2.55      |
| 유전학<br>유전공학 | 0.34 | 1.03      | 산업바이오        | 0.55      | 1.09      | 생물공학            | 0.05      | 1.09      |
| 식량작물과학      | 0.31 | 1.05      | 반도체소자시<br>스템 | 0.54      | 2.51      | 에너지환경기<br>계시스템  | 0.04      | 1.70      |
| 식품과학        | 0.29 | 1.02      | 유전학유전공<br>학  | 0.53      | 1.03      | 치료진단기기          | 0.04      | 1.37      |
| 신재생에너지      | 0.28 | 1.55      | 나노화학공정<br>기술 | 0.53      | 1.78      | 나노화학            | 0.03      | 1.71      |

## 5. 결론

본 연구는 기술융합의 분석에 있어 국가가 주도적으로 제안하는 기술분류체계인 6T 기술분류 체계의 중요성에 주목하고, 국가 R&D에서 일어나는 기술융합의 양상을 분석하기 위해 연구제안서를 바탕으로 6T 기술융합을 분석하였다. 먼저 동시분류분석을 통해 각 기술분야의 동시분류체계를 분석한 후, 이를 바탕으로 네트워크 분석을 실시하여 실제 국가 R&D에서 수행되는 연구과제에서는 어떤 양상의 기술융합이 일어나고 있는지를 분석하였다. 네트워크 분석에 더불어 본 연구는

융합 균형성 지표를 제안하여 각 기술이 얼마나 균형적으로 타 기술분야와 융합하고 있는지에 대한 분석을 수행하였고, 이를 바탕으로 네트워크 분석을 수행하였다.

분석 결과 주로 생명과학 분야에서 융합과제가 가장 많이 수행되고 있는 것으로 나타났으며, 정보통신기술의 경우 융합의 매개 정도가 높은 것으로 나타났다. 이는 타 분야가 연구된 뒤 실제 응용분야에 적용되는 과정에서 IT기술이 많이 활용될 수 있기 때문으로 생각된다. 6T분야별로 살펴보면 BT에서는 보건의료, 생명과학, 농림수산물 품 간의 관계가, IT 분야에서는 정보통신과 전기 전자 간의 관계가 두드러졌다. CT 분야에서는 문

화예술체육이 연결 중심성이 매우 높았으며, NT의 경우 타 분야에 비해 주요 기술들의 연결중심성이 유사한 수준으로 나타났다. ST의 경우 지구 과학 분야가 아닌 기계 분야에서 매우 높은 연결 중심성이 나타났으며, ET의 경우 에너지자원, 환경 기술을 바탕으로 재료, 기계, 전기전자와 같은 다양한 기술과 융합을 이루고 있는 것으로 확인되었다.

융합의 빈도와 융합 균형성 수준을 바탕으로 분석한 결과, 전체적으로 반도체소재시스템, 응집 물리물질, 고분자재료 등과 같은 NT 쪽 기술이 6T 관점에서 타 분야와 균형적으로 융합하고 있는 것으로 나타났으며, 로봇자동화기계, 디스플레이, 전기전자부품, 광응용기기, 생산기반기술 등의 IT기술 역시 균형적으로 융합에 관련되어 있는 것으로 나타났다. 생명공학 관련 기술들의 경우 대부분 해당 분야 내의 기술융합이 중점적으로 일어나는 것으로 판단되었으며, 이동통신, 정보보호, RFID/ USN 등과 같은 특정 분야에 초점을 맞춘 IT기술들 역시 IT 내에서의 기술융합이 활발한 것으로 분석되었다.

본 연구는 국가 R&D 관점에서 일어나는 기술 융합 분석의 중요성을 인식하고, 6T 기술 관점에서 국가연구과제의 융합 양상을 분석하였다는 점에서 연구의 의미가 있다. 그럼에도 불구하고 본 연구는 다음과 같은 한계점을 가지고 있으며, 이는 추후 연구에서 극복되어야 할 것으로 생각된다. 먼저 본 연구는 연구개발 제안서의 적용 기술 정보만으로 분석하여, 연구개발 제안서의 내용상에 나타난 융합 양상을 반영하지 못했다는 한계가 있다. 이는 적용 기술의 동시분류로 정의한 융합 과제가 융합 과제 전부를 포함한다고 보기 힘들며, 융합 과제의 경우에도 과제 연구자가 분류한 적용 기술 외의 융합 양상을 파악하지 못한다는 한계점이 있다. 이에 대한 보완으로, 연구개발

제안서의 키워드와 연구내용 정보를 활용하여 융합과제 파악과 융합 분류 체계를 만들 수 있을 것으로 생각된다. 둘째, 적용 기술 측면만 고려하여 국가 R&D 기획 및 운영에 대한 제안에는 한계가 있다. 추후 연구에서는 연구개발 제안서의 적용 산업분야 정보와 연구과제의 성과 측면을 함께 고려한 결과로 구체적인 방안을 도출할 수 있을 것으로 생각된다.

## 참고 문헌

- [1] Bores, C., Saurina, C. & Torres, R. (2003) Technological convergence: a strategic perspective. *Technovation*, 23(1), 1 - 13. doi: [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(01\)00094-3](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(01)00094-3)
- [2] Curran, C. S., & Leker, J. (2011). Patent indicators for monitoring convergence - examples from NFF and ICT. *Technological Forecasting and Social Change*, 78(2), 256-273. doi: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.06.021>
- [3] Curran, C.S. (2013). *The Anticipation of Converging Industries*, Springer., London
- [4] Caviggioli, F. (2016). Technology fusion: Identification and analysis of the drivers of technology convergence using patent data. *Technovation*, 55, 22-32. doi: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2016.04.003>
- [5] Choi, J. Y., Jeong, S., & Kim, K. (2015). A study on diffusion pattern of technology convergence: Patent analysis for Korea. *Sustainability*, 7(9), 11546-11569. doi:10.3390/su70911546
- [6] Dolata, U. Technological innovations and sectoral change: Transformative capacity, adaptability,

- patterns of change: An analytical framework. *Res. Policy* 2009, 38, 1066 - 1076, doi: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2009.03.006>
- [7] Henderson, R., Jaffe, A., & Trajtenberg, M. (2005). Patent Citations and the Geography of Knowledge Spillovers: A Reassessment: Comment. *The American Economic Review*, 95(1), 461-464. doi: 10.1257/0002828053828644
- [8] Geum, Y., Kim, C., Lee, S. & Kim, M. (2012). Technological convergence of IT and BT: evidence from patent analysis. *ETRI Journal*, 34(3), 439-449. doi: <http://dx.doi.org/10.4218/etrij.12.1711.0010>
- [10] Hacklin, F., Marxt, C. & Fahmi, F. (2009) Coevolutionary cycles of convergence: An extrapolation from the ICT industry. *Technological Forecasting and Social Change*, 76(6), 723 - 736. doi: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2009.03.003>
- [11] Karvonen, M., & Kässi, T. (2013). Patent citations as a tool for analysing the early stages of convergence. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(6), 1094-1107. doi: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.05.006>
- [12] Kim, E., Cho, Y., & Kim, W. (2014). Dynamic patterns of technological convergence in printed electronics technologies: patent citation network. *Scientometrics*, 98(2), 975 - 998. doi: <https://doi.org/10.1007/s11192-013-1104-7>
- [13] Lee, SM., Olson, D., & Trimi, S. (2010) Strategic innovation in the convergence era. *Int J Manag Enterprise Dev* 9(1) 1 - 12. DOI: 10.1504/IJMED.2010.035304
- [14] Lee, C., Cho, Y., Seol, H., & Park, Y. (2012). A stochastic patent citation analysis approach to assessing future technological impacts. *Technological Forecasting and Social Change*, 79, 16 - 29. doi: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2011.06.009>
- [15] Lee, W. S., Han, E. J., & Sohn, S. Y. (2015). Predicting the pattern of technology convergence using big-data technology on large-scale triadic patents. *Technological Forecasting and Social Change*, 100, 317-329. doi: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.07.022>
- [16] Passing, F. & Moehrle, M.G. (2015) Measuring technological convergence in the field of smart grids: a semantic patent analysis approach using textual corpora of technologies. *Management of Engineering and Technology (PICMET)*, 2015 Portland International Conference, Portland. 559-570. doi: 10.1109/PICMET.2015.7273144
- [17] Wagner, C.S., Roessner, J.D., Bobb, K., Klein, J. T., Boyack, K. W., Keyton, J., Rafols, I., & Börner, K. (2011). Approaches to understanding and measuring interdisciplinary scientific research (IDR): A review of the literature. *Journal of Informetrics*, 5(1), 14-26. doi: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2010.06.004>
- [18] White, H. D., & McCain, K. W. (1997). Visualization of Literatures. *Annual review of information science and technology (ARIST)*, 32, 99-168.
- [19] 관계부처 합동 (2012) 「제1차 산업융합발전 기본계획」, 서울: 지식경제부
- [20] 김윤중 (2010) 6대 미래유망기술(6T) 분야 연구생산성 분석 및 시사점, 한국과학기술기획평가원 이슈페이퍼, 2010-16, 1-33

- [21] 김정호, 노형민 (2012) 융합기술 연구 활성화  
를 위한 새로운 운영시스템 구축, 한국경영  
공학회지, 17(1), 53-67
- [22] 김철현 (2015), 비즈니스 모델 특허 분석을  
통한 핵심 서비스 기술 파악, 한국경영공학  
회지, 20(2), 17-39.
- [23] 문진희, 권의준, 김영정 (2017) 특허 동시분류  
분석과 텍스트마이닝을 활용한 사물인터넷  
기술융합 분석, 기술혁신연구, 25(3), 1-24
- [24] 미래창조과학부 (2014) 「창조경제를 위한 융  
합기술발전전략」 서울: 미래창조과학부
- [25] 백현미, 김명숙. (2013). 특허 네트워크 분석  
을 통한 융합 기술 트렌드 분석. 벤처창업연  
구, 8(2), 11-19.
- [26] 송충한, 홍성민, 이덕희. (2011). 6T분야와 산  
업분야간의 연계구조 분석. 한국기술혁신학  
회 학술대회, 124-136.
- [27] 양용석. (2008). 정보통신 기술과 환경의  
융합: 그린 IT 정책의 베스트 프랙티스. 주간  
기술동향, 통권, (1374), 26-39.
- [28] 오호연, 이홍주 (2017) 키워드 분석을 통한  
인공지능 분야의 유망 기술 연구, 한국경영  
공학회지, 22(4), 87-98.
- [29] 이광민, 홍재범 (2016) 기술융합 구조 분석을  
위한 사례연구, 기술경영경제학회, 24(2), 1-20
- [30] 이준수, 정병호 (2004) 6T분야의 특허 출원  
추이와 국가 R&D 투자에 관한 분석. 대한산  
업공학회 춘계공동학술대회 논문집, 564-567.
- [31] 이원준, 한익수, & 기영민. (2009). IT 융합기  
술 R&D 동향과 전망. 한국경영학회 통합학  
술발표논문집, 2009, 1-16.
- [32] 함호상, 정명애, & 김완석. (2011). IT 융합  
R&D 기술동향. 주간기술동향, 1500, 21-35.