

단어동시출현분석을 통한 한국의 국가 R&D 연구동향에 관한 탐색적 연구

서원철* · 박현석** · 윤장혁***

An Exploratory Study on the Korean National R&D Trends Using Co-Word Analysis

Wonchul Seo* · Hyunseok Park** · Janghyeok Yoon***

Abstract

This paper identifies technology trends of national research and development (national R&D) by exploiting Korean national R&D patents, ranging from 2007 to 2010. In this paper, co-word analysis (CWA), which is a method to identify the relationship among technology terms by using their co-occurrences, is incorporated into network analysis to visualize the relationships among technology keywords of national R&D patents and calculate network indexes concerning inter-relationship diversity and strength of technology keywords. As a result, this research found that inter-relationship among technology keywords in national R&D are getting increasingly strengthening in an overall sense. In addition, the keyword inter-relationship diversity-strength map proposed in this paper revealed some significant technological keywords of national R&D : core technology keywords including "sensor", "film" and "fuel" and emerging keywords including "biosensor" and "thermoelectric". Because the proposed approach helps identify interdisciplinary trends of technology keywords from a massive volume of national R&D patents in a visual and quantitative way, we expect that the approach can be incorporated as a preliminary into the R&D planning process to assist R&D policy makers to understand technology convergence of national R&D and develop relevant R&D policies.

Keywords : National R&D, Co-word Analysis, Network Analysis, Patent Analysis

1. 서 론

오늘날 기존 학문체계에서의 단선적인 기술 개발은 이미 포화상태에 이른 것으로 알려져 있으며, 따라서 다각화된 소비자의 취향을 선도하기 위한 글로벌 경쟁체제에서 기술결합을 통해 새로운 기술을 생성하는 연구개발에 대한 수요가 증가하게 되었다. 이러한 측면에서 국가의 재정 지원을 통한 연구개발활동으로 정의되는 국가 R&D는 그 중요성이 크다고 볼 수 있다. 즉, 국가 R&D는 개별조직의 연구개발 투자로 인한 실패를 보완하는 역할 이외에도 공공 또는 민간 기관들로 하여금 도전적인 연구과제를 수행하도록 장려하여 선도적인 기술을 미리 확보하기 위한 교두보 역할을 한다는 측면에서 중요한 역할을 하는 것으로 인식된다[한국지식재산연구원, 2011]. 이러한 점은 국가 R&D에 대한 한국 정부의 R&D 투자 경향에서도 파악이 가능한데, 한국의 경우 최근 4년간(2007~2010) 연평균 국가 R&D 투자액 증가율이 약 10.3%로 OECD 국가들 중에서도 높은 편이며, 2011년에는 국가 R&D 투자액이 약 15조 원에 달할 정도로 증가하였다[한국과학기술정책연구원, 2011].

이에 따라 국가 R&D를 효과적으로 지원하기 위한 다양한 관점의 연구가 수행되어 왔는데, 국가 R&D 사업의 연구개발비 관리체계를 개선하기 위한 방법에 관한 연구[이종식, 이동규, 1995], 국가 R&D 과제의 성공률을 제고하기 위한 연구개발 프로세스 및 평가 프로세스의 개선에 대한 연구[송병선 외, 2008; 박병무, 이기중, 2009; 이윤규, 손충근, 2009], 자료포락분석법을 활용한 국가 R&D 사업들 간의 투입 대비 산출의 효율성을 비교분석하는 연구[김태희 외, 2009], 국가 R&D 사업의 성과물 검증 프로세스 및 국가 R&D 정보체계분석을 위한 성과종합 관리시스템 구축에 대한 연구[김종우 외, 2002; 최요철 외, 2009], 국가

R&D 사업의 포트폴리오 및 포지셔닝을 통한 R&D 전략 수립에 관한 연구[김은중 외, 2011] 등이 있다. 이처럼 한국의 국가 R&D 체계 및 사업관리를 위한 목적의 연구들은 비교적 활발히 수행되어온 반면, 국가 R&D의 주요 연구주체들과 기술 분야들 간의 연관관계를 분석하는 연구는 미흡한 실정이다. 2009년부터 정부 R&D 특허성과 관리 시스템(www.rndip.or.kr)을 통하여 국가 R&D의 주요 정부부처별 연구과제 및 특허성과에 대한 웹 서비스를 제공하고 있지만, 이는 특허성과에 대한 단순한 통계정보 수준에 그치고 있다.

한편, 국가 R&D의 다양한 성과물들 중 특허는 기술혁신과 연구개발의 동향을 대변하는 것으로서 기술신뢰성이 높은 발명의 결과물로 인식된다. 특허는 경제적 가치라는 속성을 지닌다는 측면에서 일반적인 연구논문과는 근본적인 차별성을 지니며, 이러한 특허정보의 분석은 연구개발을 위한 기술기회의 도출을 위해[Clark et al., 2011; Yoon and Kim, 2012], 혹은 기술의 동향을 파악하거나 예측을 위해[Cozzens et al., 2010; Dereli and Durmusoglu, 2010; Trappey et al., 2011] 다양한 연구에서 이용된바 있다. 따라서 국가 R&D 과제들의 결과물로 산출된 특허들(“국가 R&D 특허”)을 분석하는 것은 정책입안자 및 연구개발 기획자들이 국가 R&D 연구주체의 변화에 대한 이해를 가능하도록 하여 기술융합의 현안을 도출하거나 기술융합의 동향을 이해하기 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다. 이에 본 연구는 국가 R&D 특허들을 활용하여 국가 R&D의 주요 연구 키워드들과 이들의 주요 동향에 대해 분석하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 지식구조의 분석에 널리 활용된 연구키워드들의 단어동시출현분석(Co-word analysis : 이하 CWA)과 네트워크 분석을 접목하여 2007~2010년도 사이에 이루어진 국가 R&D 연구키워드에 대해 탐색적으로 분석을 실시한다.

우선 제 2장에서 배경이론 및 관련연구들을

살펴본 후, 제 3장에서 실제 국가 R&D 특허들을 이용한 CWA 분석과정을 설명하고, 제 4장에서 국가 R&D 연구키워드들 간의 연관관계를 시각적이고 계량적으로 분석한다. 마지막 제 5장에서는 연구의 결론 및 추후연구에 대해 살펴본다.

2. 관련 연구

CWA는 텍스트에서 제시된 특정영역 내 아이디어간의 관계를 확인하기 위하여 텍스트의 언어부분에서 아이템쌍이 동시에 출현하는 패턴을 활용하는 콘텐츠 분석기법이다. CWA는 1980년 프랑스의 “LEXIMAPPE”라는 시스템에서 처음 등장하였으며, 이후 하나의 문헌정보분석 방법론으로 정리되어 콘텐츠의 분석, 해석적인 측면에서 큰 향상을 불러왔다[이우형 외, 2006]. CWA는 정보맵핑기법인 다차원척도법[Cox and Cox, 2001], 주요인 분석법[Yoon et al., 2002] 및 네트워크 분석법[Scott, 1988] 등과 결합하여 주제영역의 경향과 시기적인 변화를 파악하기 위해 다양한 연구에서 활용된 바 있다. CWA는 기술문서의 키워드 또는 제목이 해당 기술문서의 내용을 적절하게 표현하고 있다는 가정하에 이루어지며, 따라서 같은 기술문서 내에서 한 쌍의 키워드가 동시에 발생한다는 것은 이들이 서로 연관되어 있음을 의미하며[Cambrosio et al., 1993], 같은 쌍의 키워드들이 다양한 기술문서 내에서 함께 자주 나타난다는 것은 해당 키워드가 해당 기술분야에서 밀접한 관련성을 지니고 있다는 것을 말한다. 결국, CWA를 통하여 이러한 기술 키워드들과 이들 간의 연관성을 저차원의 맵 또는 네트워크화하여 표현하는 것이 가능하며 시간의 흐름에 따라 분석하는 것이 가능하게 된다.

CWA를 사용하여 특정 기술영역의 경향과 시기적 변화를 파악한 선행연구들로 한국의 로봇

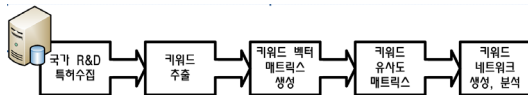
기술에 대한 키워드들을 활용하여 기술발전 수준을 분석하는 연구[Lee and Jeong, 2008], 다차원척도법을 이용하여 과학분야 간 및 화학공학 분야의 연구에 대한 사이언스맵을 작성하는 연구[Peters and van Raan, 1993a; Peters and van Raan, 1993b; Noyons, 2005], 의료분야 저널에 발표된 논문들을 활용하여 줄기세포연구의 발전동향을 분석하는 연구[An and Wu, 2011], 연구과제 정보로부터 키워드를 추출하여 키워드 기반 지식맵을 구축하는 연구[한국연구재단, 2011] 등이 수행된바 있다. 또한 CWA는 연구 키워드들 간의 관계뿐만 아니라 문서들 간 연관관계의 분석이 가능하므로, 기술전문가들의 연구문헌에 나타난 키워드들 간 출현정보기반의 잠재적인 전문가 네트워크를 생성하는 방법에 관한 연구[Liu et al., 2011], 기술수명이 짧은 첨단기술분야의 특허인용 한계점을 보완하기 위해 특허간의 내용적 유사성을 기반으로 한 특허 네트워크를 형성하는 연구[Yoon and Park, 2004], 키워드 기반의 특허맵에 나타난 기술공백 분석을 통해 새로운 기술개발의 기회를 도출하는 방법에 대한 연구[Lee et al., 2009] 등의 확장된 연구들이 수행되어 왔다.

이와 같이 CWA는 텍스트 마이닝 기법의 일종으로 다양한 연구논문 및 특허와 같은 과학기술문서를 분석하여 기술동향분석, 연구개발 기획 등을 위해 널리 활용되어 왔다. 하지만 기존의 연구들은 기술공백에 대한 기회포착, 기술발전의 동향분석 등에 초점을 맞추어 왔으며, 기술융합의 관점에서 각 기술과 관련된 국가 R&D의 방향성을 제시하지는 못한다. 따라서 본 연구에서는 우선 기술융합의 관점에서 CWA와 네트워크 분석을 응용하여 기술키워드들 간 융합적 결합강도와 다양성을 측정할 수 있는 지표를 제시한다. 그리고 지표 기반 산출된 결과에 따른 기술융합적 특성을 분류 및 정

의하고 각 기술키워드들을 분류에 따라 맵핑한다. 마지막으로 각 분류의 기술융합적 특성을 바탕으로 분류에 해당하는 기술키워드들과 관련된 국가 R&D의 방향성을 제시한다.

3. 분석모형

본 연구는 국가 R&D 특허들의 텍스트 정보를 활용하여 키워드 유사도 매트릭스(Keyword similarity matrix)를 생성한 후, 연구키워드 네트워크를 가시화하고 분석함으로써 국가 R&D의 연구주제들과 이들 간의 연관관계를 분석한다. 이를 위해, 먼저 국가 R&D 특허들을 수집하고, 분석을 위한 기술키워드들을 선정한 후, 키워드 벡터 매트릭스(Keyword vector matrix)를 생성하고, 키워드들 간의 유사도 분석을 통해 기술키워드 네트워크를 생성하여 분석한다(<그림 1>).

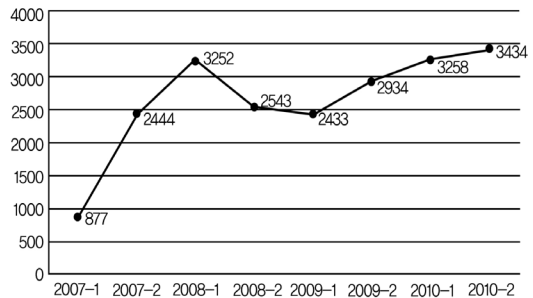


<그림 1> 분석절차

3.1 국가 R&D 특허수집

국가 R&D의 주요 기술개념들 간 연관관계를 분석하기 위하여 국가 R&D 특허들의 수집이 선행된다. 2009년부터 정부에서는 지식경제부, 과학기술부 등과 같은 정부부처의 지원을 통한 국가 R&D 특허산출물들을 관리하기 시작하였으며, 본 연구에서는 정부 R&D 특허성과 관리 시스템을 통해 공개된 특허들을 활용한다. 이 시스템은 정부부처, R&D 과제 및 산출 특허들을 정리하여 국가 R&D 특허들에 대한 통계정보를 제공하는 웹 사이트이다. 본 연구의 분석을 위해 본 시스템으로부터 국가 R&D 특허들을 2007~2010년까지 한국 특허청에 등록 확정된

특허들의 등록번호를 수집한다. 일부 특허의 경우 여러 국가 R&D 과제의 결과물로 등록된 경우가 있어, 이러한 중복특허들을 제거한 후 최종적으로 분석을 위한 특허집합을 정리한 결과 21,175건이 수집되었으며, 반기별 특허등록 증가율은 21.5%이다(<그림 2>). 2007년부터 등록된 특허들을 이용하여 분석하기 때문에, 일반적으로 특허가 출원시점으로부터 등록이 되기까지 약 1.5~2년 이상이 소요되는 점을 감안하면 이들 특허는 대부분 2005~2009년의 연구결과로 볼 수 있을 것이다.



<그림 2> 반기별 국가 R&D 특허 등록건수

3.2 키워드 추출

특허의 명칭은 발명에 대한 가장 함축적이고 간결한 표현으로 발명을 대표하며, 따라서 대량의 특허정보 분석에서 발명의 명칭을 이용한 분석은 서지정보분석에서 활용된 바 있다[Wen and Huang, 2012]. 따라서 CWA는 수집된 특허서지 정보에 포함된 발명의 명칭정보를 활용하여 국가 R&D의 주요 연구키워드들을 추출 및 정의한다. 키워드는 출현빈도(Term frequency) 및 상대적 용어 출현빈도(Term frequency-document frequency)를 활용하거나 전문가의 검토를 통하여 선정될 수 있다. 현재 한국 특허청에 등록된 특허들은 발명의 영문 명칭을 가지고 있기 때문에, 본 연구에서는 수집된 국가 R&D 특

허들의 영문명칭에 나타난 단어의 출현빈도를 이용해 기술키워드들을 일차적으로 선별한다. 이를 위해 전체 특허들에 대해서 30회 이상 출현한 키워드들을 우선적으로 추출하였다. 그러나 키워드의 출현빈도만을 활용하여 CWA를 수행하게 되면 기술적으로 의미가 부족한 키워드가 분석에 사용될 수 있다. 예를 들어, “method”, “invention”, “system” 등과 같은 일반적인 의미를 표현하는 키워드들, 그리고 대명사와 관사들은 특허의 명칭에서 빈번히 나타나는 단어이지만 주요 기술키워드로 선정되기에는 무리가 있다. 이러한 영단어들을 불용어(Stopwords)라고 일컫는데, 본 연구에서는 기술분야의 특성을 표현하지 못하는 일반적인 단어들을[STOPWORDS, 2010] 확장하여 정의하였다. 그리고 이들을 키워드 리스트에서 1차적으로 자동화 처리를 통해 제거한 후, 수작업으로 존재 가능한 불용어들을 2차 적으로 제거한 결과 총 397개의 키워드를 선정할 수 있었다. 선정된 키워드들은 “organic”, “sensor”, “wireless”, “internet” 등과 같이 기술적인 속성을 표현할 수 있는 단어들이며, 이들 기술키워드는 주로 기술적인 특징을 지니고 있는 형용사와 명사들로 구성이 된다.

본 연구에서는 기술적 특성을 명확히 보여주는 단일 키워드들을 중심으로 기술적 특성을 도출하고 분석에서 활용하기 때문에 함축적이고 간결한 형태로 발명을 대표하는 특허의 명칭만을 키워드 추출 대상으로 한다. 광범위한 분석을 시행하기 위해서는 발명의 명세서 및 청구항 등 특허 원문을 폭넓게 활용하여야 하나 본 연구에서 활용하는 국가 R&D 특허의 수가 2만건을 초과할 정도로 대량이라는 점과 단일 키워드를 활용할 시 기술적 특성을 나타내지 못하는 다수의 키워드들로 인해 분석 데이터 및 결과의 신빙성이 떨어질 수 있다는 점에 의해 특허의 명칭만을 활용하여 분석을 시행한다.

3.3 키워드 벡터 매트릭스 생성

각 특허의 명칭은 선정된 기술키워드들의 출현빈도를 기반으로 하는 하나의 키워드 벡터로 표현 가능하다. 예를 들어, <그림 3>과 같이 특허1이 키워드 벡터(2, 1, 0, ..., 1)로 표현된 것은, 키워드 1, 2, 3이 특허 1의 명칭에서 각각 2회, 1회, 0회 출현했음을 의미한다. N개의 특허와 M개의 키워드를 이용할 경우, 각 특허를 표현하는 행벡터(Row vector)들을 모두 결합하면 최종적으로 N×M 매트릭스를 얻을 수 있으며, 이를 키워드 벡터 매트릭스라 일컫는다.

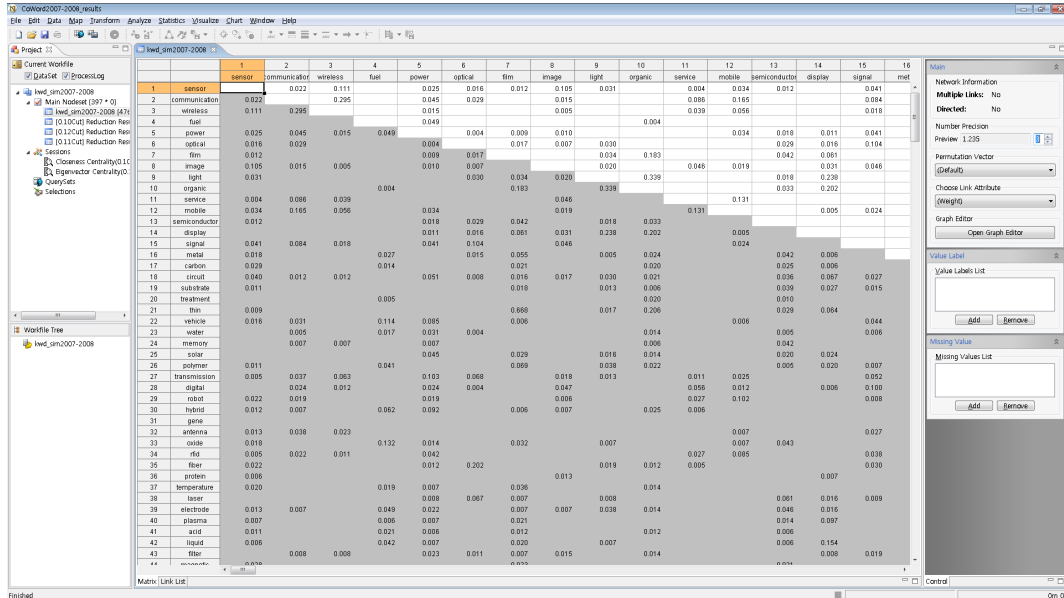
	키워드1,	키워드2,	키워드3,	...	키워드M
특허1	(2 ,	1 ,	0 ,	...	1)
특허2	(0 ,	1 ,	1 ,	...	0)
특허3	(0 ,	1 ,	0 ,	...	1)
⋮				⋮	
특허N	(1 ,	0 ,	2 ,	...	0)

<그림 3> 키워드 벡터 매트릭스의 예

3.4 키워드 유사도 매트릭스 생성

본 단계에서는 이전 단계에서 얻어진 키워드 벡터 매트릭스의 열벡터(Column vector)들을 이용하여 키워드들 간의 유사도를 분석함으로써 키워드 유사도 매트릭스를 생성한다. 벡터간의 유사도 및 거리를 측정하는 데는 Salton 지수, Euclidean 거리 등의 다양한 기준이 있지만, 본 연구에서는 문헌정보분석에서 가장 널리 사용되는 코사인 유사도(Cosine similarity)를 활용하여 기술키워드 쌍의 유사도를 측정한다. 벡터 A와 B가 주어졌을 때, 두 벡터간의 코사인 유사도는 식 (1)과 같이 정의되며 출현빈도는 음수가 없으므로 0에서 1사이의 값을 가진다.

$$\text{cosine similarity} = \cos(\theta) = \frac{A \cdot B}{\|A\| \|B\|} \quad (1)$$



〈그림 4〉 기술키워드 유사도 매트릭스를 담고 있는 NetMiner 시스템화면

M개의 키워드를 이용한 키워드 벡터 매트릭스를 이용하게 되면, 본 단계를 통해 모든 기술 키워드 쌍의 유사도를 담고 있는 $M \times M$ 매트릭스가 생성되며, 이를 키워드 유사도 매트릭스라 한다. 이 키워드 유사도 매트릭스는 국가 R&D 특허들의 주요 기술키워드 간 네트워크 생성을 위한 기본자료로 활용된다.

3.5 키워드 네트워크 생성 및 분석

네트워크는 집단을 구성하는 요소 또는 객체를 의미하는 노드(Node), 그리고 노드들 간의 상호관계를 의미하는 링크(Link)로 이루어진 하나의 그래프이다[김용학, 2003]. 네트워크는 하나의 집단에 대한 전체적인 경향을 파악하는 시각화 결과물로 표현이 가능하다는 점과 더불어, 노드 중앙성 및 네트워크 클러스터링 등의 다양한 기법을 적용하여 분석할 수 있도록 한다는 장점을 가진다. 이전 단계에서 생성된 키워드 유사도 매트릭스는 키워드 쌍들의 연관관계 정도를 담고 있는 정보로서

하나의 네트워크로 표현이 가능하다. 네트워크의 시각화 및 지표분석을 효율적으로 수행하기 위하여 UCINET, Pajek, NetMiner 3.0 등과 같은 대표적인 네트워크 분석도구를 활용할 수 있다. 본 연구에서는 NetMiner 3.0을 활용하여 국가 R&D 기술키워드 네트워크를 가시화하고, 네트워크 관련 지표들을 산출하여 분석에 활용하였다(<그림 4>).

4. 분석 결과

본 연구는 국가 R&D 기술키워드 네트워크의 시각화 결과물을 활용하여 직관적인 분석을 실시하고, 동시에 R&D 키워드의 연관관계 중요성 및 다양성에 대한 상세한 분석을 위해 연도 구간을 구분한 후 중심성지표(Centrality index)를 산출하여 분석을 시행한다.

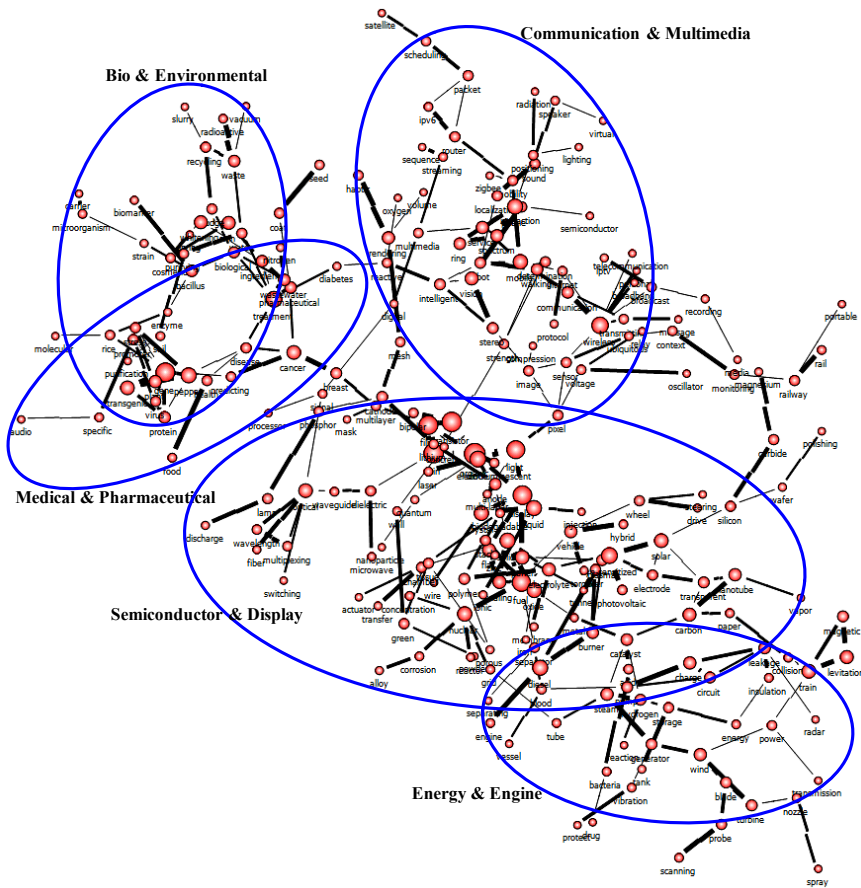
4.1 국가 R&D 기술키워드 네트워크의 시각화

국가 R&D 기술키워드들의 전체적인 연관관

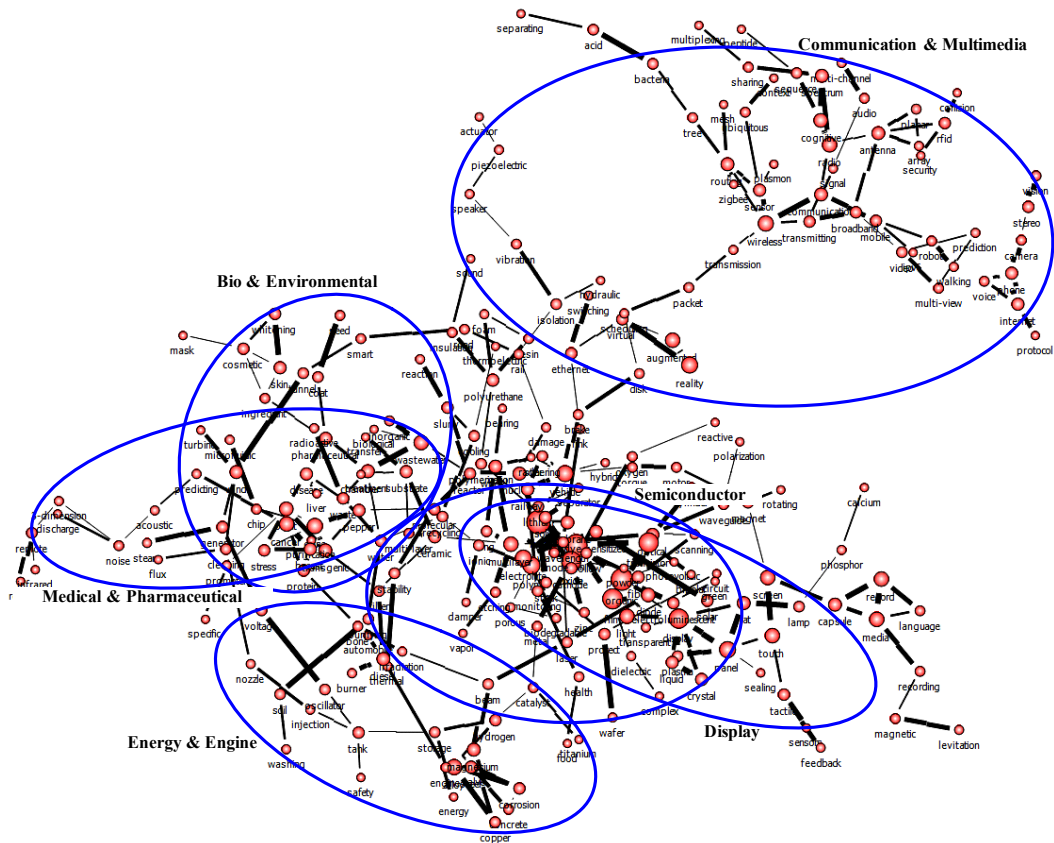
계를 시각화하기 위해 본 연구에서는 크게 두 개의 연도구간 A(2007~2008)와 B(2009~2010)로 나누어 분석을 실시한다. 단계 3에서 생성된 키워드 유사도 행렬을 그대로 사용할 경우에는 연관관계가 매우 약한 키워드들 간의 링크가 네트워크에 그대로 반영되어 네트워크를 직관적으로 이해하기가 어렵게 된다. 따라서, 기술키워드들 간의 연관관계가 미약한 경우에는 연관관계가 없는 것으로 가정할 수 있으며, 미약한 연관관계에 대한 링크를 절단(Cut-off)함으로써 네트워크를 효과적으로 가시화할 수 있다. 이를 위해 다양한 연구들이 다양한 절단값을 설정하여 가장 자연스러운 시각화 결과물을 이용하여

분석에 활용하였는데[Yoon and Kim, 2012; Yoon and Park, 2004], 본 연구에서는 여러 절단값을 적용한 결과 0.10의 유사도 값을 활용하여 그 이하에 해당하는 경우 링크를 절단하여 네트워크를 가시화하는데 활용하였다. 또한 네트워크에 표현된 기술키워드들을 통해 기술분야를 개략적으로 파악할 수 있었는데, 연도구간 A와 B의 국가 R&D 기술키워드 네트워크를 생성한 결과는 <그림 5>, <그림 6>과 같다.

연도구간별 가시화된 네트워크를 통해 직관적으로 판단할 수 있듯이 연도구간 A에 비해 연도구간 B의 키워드 관계가 보다 집중된 형태를 띄고 있음을 알 수 있다. 이에 반해 네트워



<그림 5> 국가 R&D 기술키워드 네트워크 : 연도구간 A(2007~2008)



〈그림 6〉 국가 R&D 기술키워드 네트워크 : 연도구간 B(2009~2010)

크를 구성하는 기술키워드의 수는 A구간의 327개에서 B구간의 294개로 감소한 것으로 나타나는데, 이는 최근 국가 R&D 활동의 방향성이 다양한 기술의 활용성을 강조하는 측면에서 각 기술을 집중적으로 이용하여 새로운 가치를 발굴하는 측면으로 이동하고 있음을 시사한다.

R&D 영역 기준으로 파악 시, 연도구간 A와 B 모두에서 공통적으로 반도체, 디스플레이, 신소재 그리고 태양전지와 관련된 기술키워드가 중심을 이루고 있음을 알 수 있다. 이는 현재 우리나라 R&D 추세가 반도체 및 디스플레이와 같은 첨단 IT 분야의 핵심기술 강화와 함께 신소재 및 태양전지를 비롯한 차세대 신성장동력 발굴에 초점이 맞추어져 있음을 반증한다. 에너지 및 엔진의 경

우 연도구간 A에 비해 B구간에서 상대적으로 두꺼운 링크들이 많이 나타나는데, 이는 자동차 및 신재생에너지 산업과 관련된 R&D 활동이 보다 다양한 기술들을 흡수/활용하는 방향으로 점차 확장되고 있음을 나타낸다.

전반적인 기술키워드의 공유 양상을 살펴보면, 연도구간 A에서는 바이오 및 의료 분야, 유비쿼터스 및 모바일 통신 분야, 반도체, 신소재, 태양전지 및 디스플레이 분야와 같이 크게 3개의 공유 그룹이 확연히 구분되는 형태로서 확인된다. 기술키워드 관점에서 연도구간 A는 공유 그룹 내에서는 서로의 기술을 복합적으로 활용한 연구개발이 이루어지고 있지만, 공유그룹 간의 기술 흡수/복합활용 수준은 낮은 편으로 평

가할 수 있다. 반면, 연도구간 B에서는 반도체 및 신소재 기술이 중심에 위치하고 이들에 활용되는 기술키워드가 디스플레이, 의약학 및 에너지 분야와 연관되는 모습으로 나타난다. 즉, 이는 최근의 R&D 활동에 있어 기술 영역간 복합화의 범위가 유사영역 내 한정적인 범위에서 핵심 기술을 중심으로 영역간 장벽을 넘어서는 융복합화로 나아가고 있음을 의미한다. 실제로 최근 기술 융합의 화두는 나노융합으로서, 나노 기술을 바탕으로 새로운 소자를 개발하고 의료 및 반도체 분야로 이를 확장 적용함으로써 신시장 및 신산업 등을 창출하는 것을 목표로 한다. 이처럼 국가 R&D 특허에 대한 기술키워드 네트워크 분석을 바탕으로 최근 R&D 융합의 화두를 확인할 수 있으며, 나아가 기술융합의 새로운 방향성을 제시할 수 있다. 융합의 측면에서 멀티미디어 및 통신 분야의 경우 다른 영역과의 연계가 작은 것으로서 나타나기 때문에 나노융합에 대한 새로운 도메인으로서 이를 제시하고 추후 국가 R&D 과제를 추진할 수 있도록 제안할 수 있을 것으로 판단된다.

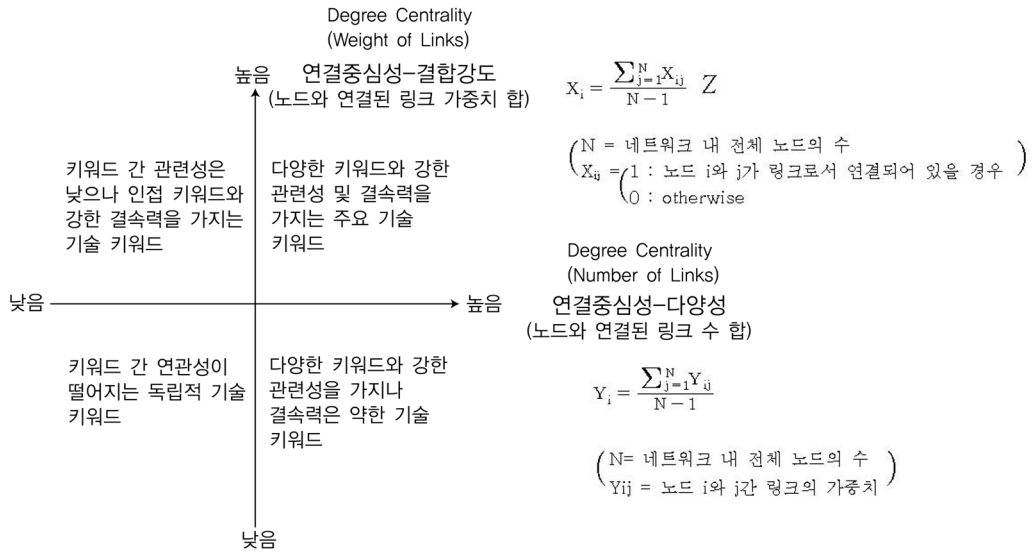
이와 같이 국가 R&D 기술키워드 네트워크의 시각화는 직관적인 분석을 통하여 전체적인 관점에서 기술키워드간의 기술분야별 연관관계를 분석하는 데 활용 가능하다. 하지만 시각적인 분석만으로는 상세한 수준의 국가 R&D 기술키워드의 변화를 분석하기에는 한계가 있기 때문에, 네트워크 분석 지표들을 추가적으로 활용하여 시간의 흐름에 따른 분석이 병행되어야 한다.

4.2 국가 R&D 연구키워드의 중심성지표 분석

연도구간 변화에 따른 국가 R&D 기술키워드들과 인접 기술키워드들과의 연관관계 분석을 위하여 연결중심성 지표(Degree centrality)를 활용한다. 연결중심성 지표는 다양한 연결망 분

석 분야에서 노드 간 연결관계를 활용하여 국지적인 지역 중앙성을 측정하는 방법으로 널리 활용되고 있다[김용학, 2003]. 본 연구에서는 노드 간 연결된 링크의 수를 이용하는 방법과 각 링크에 주어진 가중치를 이용하는 방법의 두 가지 기준을 활용하여 국가 R&D 기술키워드 네트워크에 대한 분석을 시행한다. 복합기준 기반 연결중심성 지표는 이미 융합기술의 학제적 분석 분야에서 활용된 바 있는데[윤장혁, 김광수, 2011], 이는 특허간 인용정보를 바탕으로 특허 클래스 수준에서 네트워크를 구성하고 연결중심성을 파악하여 특허 클래스 간 지식흐름의 동향을 분석하는 데 초점을 맞추었다. 하지만 본 연구에서는 R&D 기술키워드를 중심으로 키워드 네트워크를 구축하고 중심성 지표를 활용하는 것으로서 그 의미를 변형하여 활용한다(<그림 7>). 노드 간 연결된 링크의 수는 해당 키워드가 네트워크 내 다른 키워드와의 연관관계 다양성(DCNL : Degree Centrality(Number of Links)) 정도를 나타내고, 노드 간 링크의 가중치 합은 해당 키워드가 연관된 키워드들과의 결합강도(DCWL : Degree Centrality(Weight of Links))를 나타낸다. 따라서 다양성과 결합강도가 상대적으로 높은 키워드는 다양한 연구분야와 영향을 주고받으며 활발하게 R&D 활동이 이루어지고 있는 기술을 나타내고, 그 정도가 낮은 키워드는 다른 분야와의 연관성 없이 독립적으로 R&D 활동이 이루어지는 기술을 의미한다.

연도구간 A와 B의 R&D 특허에 대해 다양성과 결합강도를 나타내는 두 가지의 연결중심성 기준에 따라 산출한 기술키워드의 연도별 중심성 값과 증가율은 <표 1>과 같다. 연도구간 A에서 B로 변화함에 따라 연평균 다양성 19.6%, 결합강도 0.4%의 증가추세를 나타냈다. 이러한 변화는 연도구간 B에서 네트워크를 구성하는 전체적인 기술키워드의 수는 감소하였지만(연



〈그림 7〉 키워드 네트워크 분석을 위한 연결중심성지표 종류별 의미 및 산출방법

도구간 A 327개, 연도구간 B 294개로 10.1% 감소), 개별 R&D 활동에서 복합적으로 활용되는 기술의 범위가 넓어졌으며(다양성 19.6% 증가) 동일 기술을 복합적으로 활용하는 R&D 활동의 수 또한 소폭 증가하였음을 의미한다(결합강도 0.4% 증가). 즉, 시간의 흐름에 따라 R&D 활동이 보다 제한된 기술키워드에 집중하고 있으며, 그들 간 융합적 접근은 강화되었음을 나타낸다.

개별 기술키워드 관점에서 보면, “sensor”의 경우 연도구간 A에 B로 변화 시 4년간 연평균 다양성 32.3%, 결합강도 11.2% 증가 추세를 보이고 있다. 이러한 경우 “sensor” 기술과 관련한 R&D 활동이 보다 다양한 기술적 결합을 시도하고 있으며, 그 각각의 결합이 단순한 시도를 넘어서서 많은 결과물을 양산하고 있는 것으로 해석할 수 있다. 실제로 “sensor”와 연관된 등록특허의 수도 연도구간 A의 247에서 연도구간 B에서는 453으로 83% 가까이 증가하고 있는 것으로 나타났다. 특히 “wireless” 키워드와의 결합강도가 크게 증가하였는데(연도구간 A 25건, 연도구간 B 69건), 이는 무선 센서 네트워

크 기술을 활용한 R&D 활동이 급증하고 있음을 시사한다. 실제 연도구간 B 내 69개의 등록특허들도 무선통신을 중심으로 바이오 및 환경과 같이 다양한 분야에 걸쳐서 확장되고 있다. “sensor”-“optical”의 경우도 이와 유사한데 실제 등록특허의 동향을 살펴보면 광센서 기반 측정 시스템이 환경 및 자동차 영역으로 확장되면서 R&D 활동이 급격하게 증가하고 있음을 확인할 수 있다. “signal”도 “sensor”와 비슷하게 4년간 연평균 다양성 30.4%, 결합강도 11.4% 증가 추세를 나타낸다(등록특허의 수는 연도구간 A의 155건에서 연도구간 B의 244건로 57% 증가). 특히, “transmitting”과의 동시출현 등록특허 건수가 연도구간 A의 6건에서 연도구간 B의 22건으로 증가하면서 강한 결합강도를 보이는데, 이는 방송통신 신호전송 기술 관련 R&D 활동이 보다 활발하게 이루어지고 있음을 나타낸다. “mobile”의 경우 다양성은 증가추세이나, 결합강도가 9.3% 감소한 것으로 나타났다. 그러나 등록특허 건수는 연도구간 A의 206건에서 연도구간 B의 237건으로 증가하고 있다. 이는

다방면의 기술을 흡수 또는 “mobile” 기술의 확산을 통한 융합기술에 대한 R&D 범위가 확장되고 있으나 아직 확장된 영역에서의 R&D 활동성은 낮은 것으로서 해석할 수 있다. 즉, 현재 “mobile” 기술은 다른 기술 영역과의 융복합을 통해 확장하는 단계로서 지속적으로 다양성을 늘릴 수 있는 기회를 모색해야 하는 상황이고,

확장된 영역에서의 융합기술에 대한 깊이 있는 R&D 활동의 촉진을 통해 그 활용성을 더욱 높여야 할 것으로 보인다. 실제로도 연도구간 A에서는 존재하지 않았던 “transport”와의 동시출현 등록특허가 연도구간 B에서는 5건 존재하고 있어 지속적으로 새로운 융합기술영역을 찾아 확장하는 단계로서 의미를 부여할 수 있다.

〈표 1〉 연도구간별 연결중심성 지표값 산출결과(일부)

키워드	DCNL (2007)	DCNL (2008)	DCNL (2009)	DCNL (2010)	DCWL (2007)	DCWL (2008)	DCWL (2009)	DCWL (2010)	DCNL 평균	DCWL 평균	DCNL 평균 증가율	DCWL 평균 증가율
sensor	0.144	0.265	0.250	0.333	0.701	0.908	0.858	0.963	0.248	0.857	32.30%	11.19%
power	0.141	0.212	0.194	0.212	0.693	0.785	0.638	0.634	0.190	0.687	14.47%	-2.91%
film	0.134	0.187	0.172	0.220	0.874	0.986	0.907	1.056	0.178	0.956	17.96%	6.51%
metal	0.136	0.202	0.134	0.210	0.763	0.778	0.682	0.770	0.170	0.748	15.41%	0.31%
optical	0.104	0.144	0.194	0.222	0.694	0.689	0.693	0.704	0.166	0.695	28.99%	0.46%
fuel	0.139	0.174	0.144	0.202	0.931	0.958	0.924	0.931	0.165	0.936	13.30%	0.02%
mobile	0.141	0.159	0.146	0.177	0.898	0.875	0.587	0.670	0.156	0.757	7.72%	-9.30%
signal	0.081	0.162	0.179	0.179	0.432	0.646	0.696	0.596	0.150	0.592	30.43%	11.37%
wireless	0.114	0.149	0.149	0.184	0.788	0.720	0.696	0.736	0.149	0.735	17.50%	-2.25%
water	0.121	0.162	0.134	0.177	0.681	0.715	0.592	0.679	0.148	0.667	13.40%	-0.10%
communication	0.106	0.146	0.131	0.189	0.655	0.721	0.590	0.742	0.143	0.677	21.32%	4.25%
light	0.088	0.124	0.179	0.174	0.607	0.691	0.798	0.663	0.141	0.690	25.39%	2.99%
carbon	0.129	0.136	0.136	0.162	0.803	0.655	0.694	0.701	0.141	0.713	7.86%	-4.42%
hybrid	0.093	0.159	0.149	0.157	0.505	0.712	0.643	0.470	0.140	0.582	18.78%	-2.37%
image	0.098	0.139	0.144	0.177	0.602	0.528	0.537	0.523	0.140	0.548	21.53%	-4.59%
circuit	0.068	0.189	0.154	0.146	0.375	0.689	0.591	0.512	0.140	0.542	29.03%	10.92%
polymer	0.129	0.144	0.121	0.164	0.757	0.731	0.678	0.691	0.140	0.714	8.42%	-2.99%
treatment	0.106	0.144	0.152	0.146	0.698	0.649	0.751	0.680	0.137	0.695	11.36%	-0.88%
temperature	0.091	0.121	0.134	0.187	0.539	0.545	0.517	0.556	0.133	0.539	27.15%	1.03%
organic	0.111	0.131	0.141	0.144	0.770	0.765	0.917	0.738	0.132	0.798	9.01%	-1.44%
thin	0.066	0.139	0.114	0.194	0.597	0.856	0.740	0.954	0.128	0.787	43.61%	16.90%
oxide	0.101	0.129	0.111	0.167	0.764	0.778	0.741	0.861	0.127	0.786	18.17%	4.03%
service	0.121	0.141	0.129	0.116	0.716	0.772	0.590	0.494	0.127	0.643	-1.41%	-11.66%
transmission	0.119	0.126	0.116	0.144	0.783	0.492	0.509	0.519	0.126	0.576	6.64%	-12.79%
display	0.093	0.149	0.121	0.134	0.738	0.862	0.727	0.669	0.124	0.749	12.73%	-3.19%
평균(전체)	0.029	0.044	0.041	0.049	0.273	0.284	0.271	0.276	0.041	0.276	19.62%	0.42%

DCNL(다양성) : Degree Centrality(Number of Links)

DCWL(결합강도) : Degree Centrality(Weight of Links)

DCWL(결합강도)의 경우, 코사인 유사도를 활용하기 때문에 단위가 매우 작아 시각적 변별력을 위하여 *10²하여 표현함.

한 “가치 창출을 위한 융합기술에 집중”을 시행하게 되면 영역 C로 이동하는 모습을 나타내게 될 것이다. 현재 분석 데이터 기준으로 영역 C에 존재하는 기술키워드는 “record” 하나인데, 이는 분석구간의 국가 R&D 활동이 대부분 기술들의 결합을 통한 신규영역 발굴에 집중하고 있음을 의미한다. 마지막으로 영역 D는 다양성 및 결합강도가 모두 감소하는 영역으로 기술융합을 통한 R&D 활동이 탄력을 잃어가는 부분이다. 가치에 대한 면밀한 평가가 반드시 병행되어야 하겠지만, 영역 D에 존재하는 기술키워드 중심의 기술융합의 시도는 향후 국가 R&D의 방향성에서 벗어나는 것으로 분석 가능하다.

기술키워드들 간 결합강도 및 다양성의 증가율에 따른 영역별로 지니는 특성을 바탕으로 기술융합의 관점에서 국가 R&D에 대한 방향성을 제시할 수 있다. 영역 A에 속한 기술은 다양한 인접기술들과 활발하게 결합을 시도하고 있는 추세를 나타내는 반면, 영역 D에 속한 기술은 기술융합을 통한 R&D 활동이 감소하는 추세를 나타낸다. 즉, 한정된 자원과 역량을 효율적으로 활용할 수 있도록 국가 R&D 포트폴리오를 영역 A의 기술들을 중심으로 강화할 필요가 있다. 대표적으로 기술키워드 “thermoelectric”은 결합강도 및 다양성이 매우 높게 나타나는 것으로서 열전모듈, 열전재료 및 소자 관련 기술을 반도체 및 가전과 같은 다양한 분야에 접목하여 기술융합을 강화해나갈 수 있도록 국가 R&D의 집중 및 투자강화가 필요함을 나타낸다. “biosensor”도 이와 유사하게 바이오센서, 센서 식별 판독기술 및 시스템이 의료, 제약, 환경, 식품 등 다방면에 걸쳐 적용 범위를 넓혀가고 있는 것으로써 국가 R&D 포트폴리오의 집중이 필요한 기술로 분류될 수 있다. 영역 B는 결합강도는 감소추세이나, 다양성이 증가추세인 영역으로서 다양한 인접기술에 대한 탐색을 바탕으로 가치있는 인접기술을 발굴하고 집중적으로 육성

하기 위한 기틀을 필요로 한다. “haptic”은 촉감의 활용을 위한 기술개발과 함께 이러한 촉감을 다양한 시스템에서 활용하기 위한 기반으로서 역할을 수행한다. 따라서 “haptic”과 융합적으로 활용되고 있는 인접기술들을 대상으로 가치를 평가하고 파급력을 가질 것으로 예상되는 인접기술을 중심으로 기술융합의 촉진을 위한 국가 R&D의 집중을 높일 필요가 있다. 영역 C는 다양한 인접기술들과의 융합적 시도 후 일부 기술들과 함께 융합의 강도를 높여가는 영역이다. 따라서 그 강도가 높은 인접기술들만을 대상으로 융합적 시너지를 창출해낼 수 있도록 한정적인 형태로 R&D 포트폴리오를 정의할 필요가 있다. 본 연구의 대상인 2007년부터 2010년까지의 국가 R&D 성과에서는 이에 해당하는 기술은 거의 없는 것으로 나타난다.

연도구간 A에서는 존재하지 않았던 기술적 결합이 연도구간 B에서 시도되거나 혹은 그 반대인 경우에 대해서는 증가율 산출의 산술적인 문제로 <그림 8>의 증가율 현황에서는 나타나지 않는다. 또한 증가율을 통해 연도구간의 변화에 따른 추세를 확인할 수 있지만 다양성과 결합강도의 크기를 함께 고려하지 않는다면 상승/하강 추세가 얼마나 강하게 발생하고 있는지 파악하기 어렵다. 따라서 이들을 복합적으로 고려하여 주요키워드를 정리하면 <표 2>와 같다. 다양성과 결합강도에 대한 정규화를 통해 데이터의 범위를 일치시킨 후, 둘 간 합산을 통해 핵심키워드를 선정한다. “sensor”, “film” 등 선정된 핵심키워드는 연도구간 전체 평균적으로도 매우 높은 다양성 및 결합강도를 나타내고 있으며, 그 상승추이 또한 높게 나타나 현재의 국가 R&D에 있어 기술융합을 적극적으로 유발하고 있는 기술키워드로 판단할 수 있다. 상승 및 하락키워드는 다양성 및 결합강도의 증가율을 통해 선정되었으며, 이는 <그림 8>에서 나타나는 것과 동일하다. 상승 키워드들은 전체

적인 다양성 및 결합강도의 수준은 약하지만 연도구간의 변화에 따라 기술결합을 통한 R&D 활동의 범위를 확장해나가고 있다. 신규 키워드는 연도구간 A에서는 미미한 수준에 불과하였으나, 연도구간 B로 접어들면서 기술적 융합의 가능성을 보여주며 다양성과 결합강도를 생성해가고 있는 것들이다. 아직 활발한 기술융합을 불러일으키고 있지는 않지만 향후 새로운 융합 기술을 발굴할 때 훌륭한 요소가 될 것이다. 실제로, 상승키워드로 발견된 “roll”의 경우 기존의 반도체, 디스플레이, 태양전지 등에 공유되고 있는 기존 박막제작 공정을 대체할 것으로 예상되는 “roll-to-roll” 인쇄기술과 밀접한 관련성을 지님을 파악할 수 있었다.

〈표 2〉 주요키워드

항목	키워드
핵심 키워드	sensor, film, fuel, thin, optical
상승 키워드	biosensor, thermoelectric, acoustic, oscillator, roll
하락 키워드	router, insulation, marine, rendering, turbine
신규 키워드 ²⁾	peptide, isolation, resin, damper, ontology

이와 같이 국가 R&D 활동의 산출물인 특허를 활용하여 특허 내 기술키워드 간 네트워크에 대한 시각적, 계량적 분석은 기술융합의 관점에서 국가 R&D 활동의 전체적인 동향 및 향후 방향성을 제시하기 위한 기초자료로서 활용 가능할 것이다.

5. 결론 및 추후연구

본 연구는 2007년부터 2010년까지 등록된 특허 내 기술키워드들에 대한 CWA 및 네트워크 분석을 통해 기술융합 측면의 국가 R&D 연구동향을 탐색적으로 분석하였다. 연도구간을 A(2007~2008)과 B(2009~2010)의 두 구간으로 분리한 후, 각 연도구간 별 기술키워드 네트워크를 구성하고 각 키워드의 연결중심성 지표를 연관 다양성과 연관 결합강도 두 가지 측면에서 시각적, 계량적으로 살펴보았다. 전체적으로 연도구간 A에 비해 연도구간 B에서 기술키워드의 총 수는 감소하였지만 보다 밀집된 형태의 네트워크를 구성하고 있어, 최근 R&D 활동의 방향성이 세부기술을 집중적으로 융복합하여 새로운 가치를 창출하는 측면으로 이동하고 있음을 확인할 수 있다. 또한 개별 키워드 중심의 계량분석을 통해 다양한 기술들과 융합을 이루고 있는 대표적인 기술키워드에 대해 살펴보고 이를 보다 세분화하여 현 기준 핵심키워드와 상승/하락 기조에 있는 키워드 그리고 구간 융합이 시작되고 있는 것으로 보이는 신규 키워드를 도출하였다. 특히, 상승/하락 부분을 보다 깊이 분석하기 위하여 다양성 및 결합강도 증가율을 도식화하고 영역을 구분하여 의미를 부여하였으며, 이를 통해 각 영역에 위치하는 기술키워드를 중심으로 현재 동향을 분석하고 향후 방향성을 제시할 수 있다. 영역 A에 해당하는 기술을 중심으로 국가 R&D 포트폴리오를 재정의 하되, 영역 B의 경우에는 다양하게 연결되어 있는 인접기술들 중 가치있는 기술을 발굴하여 집중하여야 하고, 영역 C의 경우에는 결합강도가 강화되고 있는 인접기술들만을 대상으로 기술융합을 위한 R&D를 집중해야 한다. 이와 같은 국가 R&D의 기술융합 측면의 분석 방법론 및 결과물은 향후 국가 R&D 정책 전략을 수립하는 시점에서 국가 R&D 연구동향 파악, 기술융합 관련 현 수준 분석 및

2) 신규키워드의 경우, 연도구간 A에서 전혀 존재하지 않았음을 의미하는 것이 아니라 본 연구의 분석을 위해 활용될 수준에 미치지 못했음을 의미함.

향후 기술융합 방향분석을 시행하는데 활용 가능한 기초자료가 될 것으로 기대된다.

하지만 국가 R&D의 기술융합에 대한 보다 명확한 분석을 시행하기 위해서는 추가적인 연구가 수행되어야 한다. 우선, 본 연구에서는 기술적인 속성을 표현하는 키워드를 단독 단어로 한정하여 추출하였지만, 실제 기술들은 복합어로서 표현되는 경우가 많다. 또한 약어나 동의어 등을 활용하여 키워드가 존재하는 경우도 많기 때문에, 추후 연구에서는 이들을 복합적으로 처리할 수 있도록 자연어처리기법을 접목한 텍스트 마이닝 기법이 적용되어야 할 것이다. 두 번째로, 본 연구는 개별 키워드를 중심으로 네트워크 상 연결중심성 지표를 활용하여 기술융합의 측면을 살펴보고 있지만 융합정도를 보다 명확히 분석하기 위해서는 융합을 이루고 있는 키워드 묶음을 중심으로 그들 간 결합강도를 살펴보아야 한다. 즉, 개별키워드를 중심으로 연관 다양성을 살펴보고, 각 키워드 묶음을 중심으로 결합강도를 분석하여야 보다 정확한 기술융합의 양상을 확인할 수 있는 것이다. 세 번째로, 본 연구에서는 기술적 특성을 명확히 보여주고 함축적인 형태로 발명을 대표하는 특허의 명칭만을 대상으로 키워드를 추출하였으나 보다 광범위한 분석을 시행하기 위해서는 발명의 명세서 및 청구항 등 특허 원문정보를 폭넓게 활용할 필요가 있다. 마지막으로 본 연구에서는 최종 등록된 특허만을 분석대상으로 선정하였으나, 출원-등록 간 시간 격차로 인하여 최신 R&D 동향 분석에 있어 한계점을 나타낼 수밖에 없다. 따라서 추후 연구에서는 등록 전일지라도 최신 특허들의 분석 데이터를 활용할 수 있도록 출원 이후 공개된 특허까지 분석대상으로 선정할 필요가 있다.

참 고 문 헌

- [1] 김용학, 사회 연결망 분석, Seoul : 박영사, 2003.
- [2] 김은중, 김무웅, 현병환, “[기술정책]바이오분야 국가연구개발사업의 포트폴리오 및 포지셔닝 분석”, *기술혁신학회지*, 제14권, 제2호, 2011, pp. 279-300.
- [3] 김종우, 주영진, 이성용, 정현수, “국가 연구개발 정보체계 분석을 위한 정보생성행렬 분석”, *Journal of Information Technology Applications and Management*, 제9권, 제2호, 2002, pp. 57-70.
- [4] 김대회, 김인호, 안성봉, 이계석, “자료포락분석법을 활용한 국가연구개발사업의 효율성 분석”, *기술혁신학회지*, 제12권, 제1호, 2009, pp. 70-87.
- [5] 박병무, 이기중, “과학기술혁신체제 하에서의 국가연구개발 평가 시스템 개선에 관한 연구”, *기술혁신학회지*, 제12권, 제4호, 2009, pp. 819-839.
- [6] 송병선, 이선혜, 이남용, 류성열, “글로벌스탠다드기반의 국가연구개발사업 평가프로세스”, *한국전자거래학회지*, 제13권 제3호, 2008, pp. 103-119.
- [7] 윤장혁, 김광수, “특허정보를 이용한 기술융합의 학제적 동향 분석 : 대기오염물질 저감 기술의 사례”, *Entrue Journal of Information Technology*, 제10권, 제2호, 2011, pp. 21-31.
- [8] 이우형, 김윤명, 박각로, 이명호, “Co-word Analysis을 통한 신기술 분야 도식화 방법에 관한 연구”, *경영과학*, 제23권, 제3호, 2006, pp. 77-93.
- [9] 이윤규, 손충근, “국가연구개발사업 연구과제 선정방식 개선에 관한 연구”, *기술혁신학회지*, 제12권, 제3호, 2009, pp. 614-637.
- [10] 이종식, 이동규, “국가연구개발사업의 연구개발비 관리체계 개선에 관한 연구”, *회계연구*, 제1권, 제1호, 1995, pp. 49-70.
- [11] 최요철, 이재천, 조연옥, 김상암, 윤혁진, “국

- 가연구개발프로젝트의 성과물 검증 프로세스 개발에 관한 연구”, *한국철도학회 논문집*, 제12권, 제3호, 2009, pp. 382-387.
- [12] 한국과학기술정책연구원, “2011년도 국가연구개발투자 모니터링 사업 보고서”, 서울 : 한국과학기술정책연구원, 2011.
- [13] 한국연구재단, “R&D 기획과정 혁신에 필요한 지식지도 구축 방안 연구”, 대전 : 한국연구재단, 2011.
- [14] 한국지식재산연구원, “연구개발로 창출된 지식재산성과의 질적 평가 방법론 개발”, 서울 : 한국지식재산연구원, 2011.
- [15] An, X. Y. and Wu, Q. Q., “Co-word analysis of the trends in stem cells field based on subject heading weighting”, *Scientometrics*, Vol. 88, No. 1, 2011, pp. 133-144.
- [16] Cambrosio, A., Limoges, C., Courtial, J. P., and Laville, F., “Historical scientometrics? Mapping over 70 years of biological safety research with cword analysis”, *Scientometrics*, Vol. 27, No. 2, 1993, pp. 119-143.
- [17] Clark, K., Cavicchi, J., Jensen, K., Fitzgerald, R., Bennett, A., and Kowalski, S. P., “Patent data mining : A tool for accelerating HIV vaccine innovation”, *Vaccine*, Vol. 29, No. 24, 2011, pp. 4086-4093.
- [18] Cox, T. F. and Cox, M. A. A., *Multidimensional scaling*, (2nd Ed.) Chapman and Hall/CRC, 2001.
- [19] Cozzens, S., Gatchair, S., Kang, J., Kim, K.-S., Lee, H. J., Ordóñez, G., and Porter, A., “Emerging technologies : quantitative identification and measurement”, *Technology Analysis and Strategic Management*, Vol. 22, No. 3, 2010, pp. 361-376.
- [20] Dereli, T. and Durmusoglu, A., “Application of possibilistic fuzzy regression for technology watch”, *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, Vol. 21, No. 5, 2010, pp. 353-363.
- [21] Lee, B. and Jeong, Y. I., “Mapping Korea’s national R&D domain of robot technology by using the co-word analysis”, *Scientometrics*, Vol. 77, No. 1, 2008, pp. 3-19.
- [22] Lee, S., Yoon, B., and Park, Y., “An approach to discovering new technology opportunities : Keyword-based patent map approach”, *Technovation*, Vol. 29, No. 6-7, 2009, pp. 481-497.
- [23] Liu, P., He, D., and Liu, K., “Construction of experts network based on co-word analysis”, *International Conference on Computer Science and Service System(CSSS)*, Wuhan, China, 2011.
- [24] Noyons, C., “Science maps within a science policy context”, *Handbook of Quantitative Science and Technology Research*, H. Moed, W. Glänzel and U. Schmoch, Springer, 2005.
- [25] Peters, H. and van Raan, A. F. J., “Co-word -based science maps of chemical engineering. Part I : Representations by direct multidimensional scaling”, *Research Policy*, Vol. 22, No. 1, 1993a, pp. 23-45.
- [26] Peters, H. and van Raan, A. F. J., “Co-word -based science maps of chemical engineering. Part II : Representations by combined clustering and multidimensional scaling”, *Research Policy*, Vol. 22, No. 1, 1993b, pp. 47-71.
- [27] Scott, J., “Social network analysis”, *Sociology*, Vol. 22, No. 1, 1988, pp. 109-127.
- [28] Trappey, C. V., Wu, H.-Y., Taghaboni-Dutta, F., and Trappey, A. J. C., “Using

- patent data for technology forecasting : China RFID patent analysis”, *Advanced Engineering Informatics*, Vol. 25, No. 1, 2011, pp. 53-64.
- [29] Yoon, B. and Park, Y., “A text-mining-based patent network : Analytical tool for high-technology trend”, *The Journal of High Technology Management Research*, Vol. 15, No. 1, 2004, pp. 37-50.
- [30] Yoon, B., Yoon, C., and Park, Y., “On the development and application of a self-organizing feature map-based patent map”, *R&D Management*, Vol. 32, No. 4, 2002, pp. 291-300.
- [31] Yoon, J. and Kim, K., “Detecting signals of new technological opportunities using semantic patent analysis and outlier detection”, *Scientometrics*, Vol. 90, No. 2, 2012, pp. 445-461.
- [32] Wen, H. and Huang, Y., “Trends and performance of oxidative stress research”, *Scientometrics*, Vol. 91, No. 1, pp. 51-63.

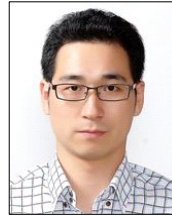
■ 저자소개



서원철

POSTECH 산업경영공학과에서 학사 및 박사 학위를 취득하고, 현재 한국지식재산연구원에 재직 중이다. 주요 연구 관심분야는 특허 마이닝, 기술

예측, 기술가치평가 등이다.



윤장혁

POSTECH 산업경영공학과에서 학사, 석사 학위를 취득하고, LG CNS에서 4년간 재직하였으며, POSTECH 산업경영공학과에서 박사학위를 취득

하였다. 한국지식재산연구원을 거쳐 현재는 건국대학교 산업공학과 조교수로 재직 중이다. 주요 연구관심 분야는 특허마이닝, 기술예측 및 기회도출방법론, 제품-서비스 시스템 기회분석 등이다.



박현석

한양대학교 미디어통신공학과에서 학사를 마쳤으며, 현재 POSTECH 기술경영대학원에서 석박 통합과정 재학중이다.

주요 연구관심 분야는 특허 마이닝, 기술인텔리전스, 기술기획, 기술평가, 기술거래 등이 있다.