

한국 국가 R&D의 학제적 특성 분석

- 특허 공동IPC 연결망 분석의 활용 -

Identifying Interdisciplinarity of Korean National R&D Using Patent CoIPC Network Analysis

박 현 석(Hyunseok Park)*

서 원 철(Wonchul Seo)**

윤 장 혁(Janghyeok Yoon)***

목 차

1. 서 론	3.3 공동IPC 연결망 생성
2. 관련연구	3.4 공동IPC 연결망 시각화 및 지표 분석
3. 분석모형	4. 분석자료
3.1 국가 R&D 특허데이터 수집	5. 분석결과
3.2 IPC코드 전처리	6. 결론 및 추후연구

초 록

본 연구는 국가 R&D와 관련된 기술분야들의 학제적 특성을 분석하기 위한 특허 공동IPC 연결망 기반의 방법을 제시한다. 기존의 연구는 국가 R&D에 대한 학제성 분석이 단순 통계수준의 계량정보에 그쳤다는 점을 고려할 때, 본 연구에서 제시되는 연결망 분석 기반의 지표들은 학제적 다양성과 결합강도 관점에서 국가 R&D에 관련된 기술들의 학제성을 분석할 수 있도록 한다. 본 연구에서는 제시된 방법에 따라 2007-2010년 사이에 등록된 국가 R&D 특허들을 활용하여 국가 R&D 공동IPC 연결망을 생성 및 분석함으로써 국가 R&D 기술분야들에 대한 학제적 특성분석을 실시하였다. 본 연구는 추후 자동화된 국가 R&D 동향분석 시스템 개발에 활용되거나, 또한 국가 R&D 정책 수립 시 기술융합의 현안 도출 및 동향 이해를 위한 프로세스에 활용될 수 있을 것이다.

ABSTRACT

This paper proposes a method of using national R&D patents' CoIPC networks to identify interdisciplinary trends of technology areas related to Korean national R&D. While previous research analyzed interdisciplinarity of national R&D with simple bibliometric descriptions, this research uses the network-based indexes to analyze its interdisciplinarity from the viewpoints of interdisciplinary "diversity of coupling" and "strength of coupling". In this research, this proposed method was used to form a R&D CoIPC network from the Korean national R&D patents registered from 2007 to 2010. It is expected that the proposed method can be incorporated into a system for a national R&D trend analysis, and used to identify the issues of technology convergence in national R&D and formulate its related research policies.

키워드: 국가 R&D, 국제특허분류, 공동IPC 연결망, 학제성, 특허분석

National R&D, International patent classification, CoIPC network, Interdisciplinarity, Patent analysis

* POSTECH 기술경영대학원 박사과정(howgood@postech.ac.kr) (제1저자)

** 한국지식재산연구원 부연구위원(wonchul@gmail.com) (공동저자)

*** 건국대학교 산업공학과 조교수(janghyoon@konkuk.ac.kr) (교신저자)

논문접수일자: 2012년 10월 16일 최초심사일자: 2012년 10월 21일 게재확정일자: 2012년 11월 4일
한국문헌정보학회지, 46(4): 99-117, 2012. [http://dx.doi.org/10.4275/KSLIS.2012.46.4.099]

1. 서론

오늘날 하나의 학문체계 내에서의 단선적인 기술개발은 이미 포화상태에 이른 것으로 인식되고 있으며, 이로 인해 치열한 국가간 경쟁과 다각화된 소비자의 취향을 선도하기 위해서는 새로운 차원의 기술 또는 제품을 생성하는 융합적 접근에 대한 수요가 증대되고 있다(김현철, 이성중, 이번 2006). 기술융합을 통한 새로운 기술의 창출은 기존 기술의 점진적 개선으로는 달성하기 어려우며, 서로 다른 분야에 속한 기술들간의 결합이나 다학제적 분야의 연구개발을 통해 달성 가능한 것으로 알려져 있다(장선호 2008). 이러한 융합기술 개발을 통한 신산업 및 신성장 분야에서의 글로벌 경쟁력 확보를 위한 노력은 미국, 유럽 국가들과 같은 선진국을 중심으로 이루어져 왔으며, 최근 한국정부도 기술간 융합 가능성에 대한 분석을 통해 중장기적 국가 연구개발(Research and Development: 이하 "R&D") 역량제고를 위한 전략적 대응을 강조하고 있다(김윤중, 정욱, 정상기 2009).

이러한 관점에서 국가의 재정지원을 통해 수행되는 R&D("국가 R&D")는 연구조직들의 도전적 연구추진을 장려함과 동시에 시장실패를 보완하고 민간기업의 미래 먹거리 창출기회를 확대한다는 측면에서 매우 중요하다(최석준, 김상신 2007; 한국지식재산연구원 2011). 한국의 경우 최근 4년간(2008-2010년) 정부의 연평균 R&D 투자액 증가율은 약 10.3%이며, 투자규모는 2011년에 15조원에 달할 정도로 OECD국가들 중에서도 GNP 대비 투자율이 높은 수준이다(한국과학기술정책연구원 2011). 따라서 국가 R&D에 대한 분석 결과는 한 국가 내의 선도적

인 연구활동에 대한 경향을 이해할 수 있도록 하여 국가 R&D 정책수립에 활용될 수 있다(한국지식재산연구원 2011).

이러한 국가 R&D의 동향에 대한 분석을 위해서는 특허정보를 활용할 수 있다. 기술혁신 또는 연구개발의 대리변수로 인식되는 특허는 R&D 활동의 대표적인 최종 성과물이자 산업재산권이다(Yoon & Kim 2011). 특히, 연구의 결과물을 특허로 등록하여 법률적 보호를 받을 수 있다는 특허제도는 특허가 경제적 가치라는 근본적 속성을 띠고 있음을 의미하며, 따라서 특허는 일반적인 논문이나 연구보고서와는 근본적인 차별성을 지니게 된다(윤정연, 류태규, 윤장혁 2012). 또한 특허는 하나의 기술적 발명과 관련된 서지정보 및 기술정보를 완전히 포함하고 있어(Yoon and Kim 2011), 다양한 국가 R&D 과제로부터 산출된 특허("국가 R&D 특허")들을 분석하는 것은 국가 R&D의 학제적 성향을 분석하는데 적합할 것으로 판단된다.

한국은 2006년부터 등록이 완료된 국가 R&D 특허들을 국가 R&D 과제별로 정리하였으며, 이러한 국가 R&D 특허들은 2009년 말부터 정부 R&D 특허성과 관리시스템(www.rndip.or.kr)을 통하여 관리되고 있다. 그러나 이 시스템은 국가 R&D 특허들에 대한 단순한 수준의 통계 서비스만 제공하고 있어 국가 R&D의 학제적 동향분석에 활용되기에는 미흡한 실정이다. 비록 지금까지 한국의 제조산업에서 특허가 미치는 경제적 성과를 분석한 연구(Son 2008), 특허를 통한 기술혁신과 한국기업의 성과간의 상관관계를 분석한 연구(박선영, 박현우, 조만형 2006), 특허와 논문정보를 활용한 한국의 과학-기술 지식의 연계적 특성을 분석한 연구(박현

우, 손종구, 유연우 2011) 등과 같이 한국에 출원된 특허들을 활용한 연구들이 진행되어 왔으나, 아직까지 한국의 국가 R&D 특허들을 활용하여 국가 R&D를 구성하는 기술들의 학제적 특성을 분석하는 정량적인 접근방법에 대한 구체적인 연구는 미흡한 실정이다.

따라서, 본 연구는 국가 R&D 특허들을 활용하여 국가 R&D와 관련된 기술분야들의 학제적 동향을 정량적으로 파악하는 연결망 분석(Network analysis) 기반의 절차를 제시한다. 이를 위해 본 연구에서는 국가 R&D 특허문서의 서지정보인 국제특허분류(International Patent Category: "IPC") 코드를 추출하여 연결망을 구성하고, 연결망 관련 지표들을 활용하여 국가 R&D를 구성하는 기술분야의 학제성 분석지표를 제시한다. 실질적인 국가 R&D의 학제적 동향 파악을 위해, 본 연구에서는 2007-2010년 사이에 등록 확정된 국가 R&D 특허 21,175건을 활용한다. 본 연구에서 제시되는 방법 및 분석결과는 국가 R&D의 학제적 동향에 대한 특성을 계량적으로 분석할 수 있도록 한다는 장점이 있으며, 이는 추후 자동화된 R&D 동향분석 시스템 개발의 기반이 될 수 있을 것이다. 또한 본 연구의 방법은 국가 R&D 정책 입안자가 기술융합의 현안을 도출하거나 기술융합의 동향을 이해하기 위한 프로세스에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

먼저 2장에서 본 연구가 활용하는 배경개념 및 관련연구들을 살펴본 후, 3장에서 실제 국가 R&D 특허들을 이용한 연결망 분석 과정을 설명한다. 이어서 4장에서 수집된 국가 R&D 특허를 활용하여, 5장에서는 국가 R&D의 기술분야들이 지니는 학제적 특성 분석결과를 제시한다. 마지막 5장에서는 연구의 결론 및 추후연구에 대해 살펴본다.

2. 관련연구

특허문서 내에는 발명의 명칭, IPC코드, 발명자, 출원인, 등록일자, 등록번호 등과 같은 발명에 대한 서지정보가 포함되어 있으며, 일반적으로 인용정보, IPC코드, 출원인 정보가 특허서지 정보분석에 널리 활용되고 있다. 특허의 IPC코드를 활용한 분석은 일반적으로 하나의 특허가 다수의 클래스에 속한다는 특성을 이용하는 co-classification 분석이다(Hinze 1994; Todorov 1989). 한 특허가 속하는 다수의 IPC 클래스들은 서로 관계를 가지고 있으며, 이러한 관계의 수가 많을수록 클래스간의 관계가 강하다는 것을 의미한다. 이러한 특성을 바탕으로 특허 IPC코드를 활용하는 co-classification 분석은 과학기술의 확산 효과 파악(Grupp 1996), 기술간 연결 관계 파악(김철현 외 2006), 기술 중계자 발견(Lim and Park 2010) 등을 위한 연구들에 사용되었다. 특허의 인용분석은 후발특허가 선행특허를 인용하는 관계를 활용한 특허분석방법으로(Narin 1994), 선행특허를 인용한 본래 의도에 대한 세부적 증거의 부족에도 불구하고 인용이 많이 된 특허가 상대적으로 높은 기술적 가치를 지닌다는 것은 다양한 연구를 통해 증명된 바 있다(Harhoff et al. 1999; Hall, Jaffe, and Trajtenberg 2005; Harhoff, Scherer, and Vopel 2003; Reitzig 2003). 일반적으로 특허를 활용한 연결망 분석에서는 특허를 구성요소로, 인용관계를 상호작용으로 활용한다(윤장혁, 김광수 2011). 이러한 특허인용정보를 활용함으로써, 특허들간의 상호연관관계를 파악하고 그에 따른 특허의 상대적 중요도를 분석하거나(Li et al. 2007), 특허의 중요도를 평가하기 위한 모델을 개발하

기 위한 요소로 활용하거나(백동현, 김현, 신민주 2006), 기술포트폴리오의 질적 우수성을 측정하는 방법 및 지표를 제시하는(Karki 1997; Michel and Bettels 2001) 등의 다양한 연구들이 수행되어 왔다.

연결망 분석은 사람, 그룹, 조직, 컴퓨터 등과 같이 연결된 구성요소들간의 관계나 상호작용을 맵핑하고 측정함으로써 사회과학 분석에 널리 사용되어 왔으며(Scott 1988; Hanneman and Riddle 2005), 특허서지정보와 접목되어 연결망의 시각화와 더불어 다양한 계량적 분석을 가능하도록 한다(Mizruchi 1994). IPC코드는 특허가 속하는 기술 그룹 또는 클래스를 의미하는 것으로, 주로 인용정보를 기반으로 IPC 연결망을 생성하여 기술클래스의 특성을 파악하는데 활용이 가능하다. 특허 인용관계는 특허들 간의 참조 방향성을 담고 있기 때문에 인용관계를 특허를 포함하는 IPC코드로 확장하게 되면 기술지식의 흐름을 기술클래스 관점에서 분석하는 것이 가능하다(Suzuki and Kodama 2004; Han and Park 2006; Fontana, Nuvolari, and Verspagen 2009). 따라서 인용정보 기반의 IPC 연결망은 특허들이 포함되는 기술분야들 간의 기술지식의 흐름 및 파급효과를 분석하거나(Tseng 2009; Aldieri 2011; Otsuka 2012; Wang, Huang, and Chen 2012), 기술분야 내에서의 기술동향을 분석하는데(Meyer 2007)

다양하게 응용이 가능하다.

비록 특허서지정보를 활용한 분석은 특허기술과 관련된 실제적인 발명내용의 파악을 효과적으로 지원하지는 못한다는 한계점이 있지만(Yoon and Park 2004), 산업분야, 국가, 기업들이 보유한 대량의 특허자료를 활용한 계량적 분석을 가능하게 하여 전체적 관점의 R&D 동향과 약을 효율적으로 가능하게 한다는 점에서 매우 유용하다. 본 연구에서 활용하고자 하는 국가 R&D 특허들은 한국 특허청에 등록된 특허들로 인용정보를 활용하기에는 한계점이 있는데, 이는 한국 특허의 경우 2009년부터 인용정보를 본격적으로 기재하기 시작하였을 뿐만 아니라 이마저도 필수적이지 않다는 점 때문이다(윤정연, 류태규, 윤장혁 2012). 따라서 본 연구에서는 특허의 IPC코드정보를 활용하여 공동IPC 연결망을 형성하여 분석함으로써 국가 R&D를 구성하는 기술분야들의 학제적 동향을 분석하고자 한다.

3. 분석모형

본 연구는 국가 R&D 특허들이 포함되는 IPC코드들의 공동 분류 정보를 추출하여 IPC 연결망을 생성한 후, 연결망 지표를 응용하여 국가 R&D에 관련된 기술분야들의 학제적 특성을 분석하는 절차를 따른다(〈그림 1〉 참조).



〈그림 1〉 분석절차

3.1 국가 R&D 특허데이터 수집

국가 R&D의 기술분야들간의 연관관계에 대한 대리자로서 본 연구는 국가 R&D 과제들을 통해 산출된 특허들을 수집하여 활용한다. 최근 정부에서는 국가 R&D 과제들에 대해 매년 국가 R&D 특허들을 취합하여 저장관리하고 있는데, 이들 특허들은 과제의 발주기관, 수행기관, 과제명, 관련 특허 등록번호 등을 포함한다. 본 단계는 국가 R&D 과제를 발주한 정부유관기관별로 정리된 특허정보들을 수집한 다음, 중복으로 등록된 특허들을 제거한 후¹⁾ 이들의 특허 등록번호를 활용하여 WIPS(www.wips.co.kr)와 KIPRIS(www.kipris.or.kr)로부터 국가 R&D 특허들의 서지정보를 MS엑셀 파일 또는 텍스트 파일의 형태로 저장한다. 본 단계에서 저장되는 대량의 특허서지 정보는 다음 단계에서 공동IPC 연결망 분석을 위한 IPC코드 추출의 기본자료로 이용된다.

3.2 IPC코드 전처리

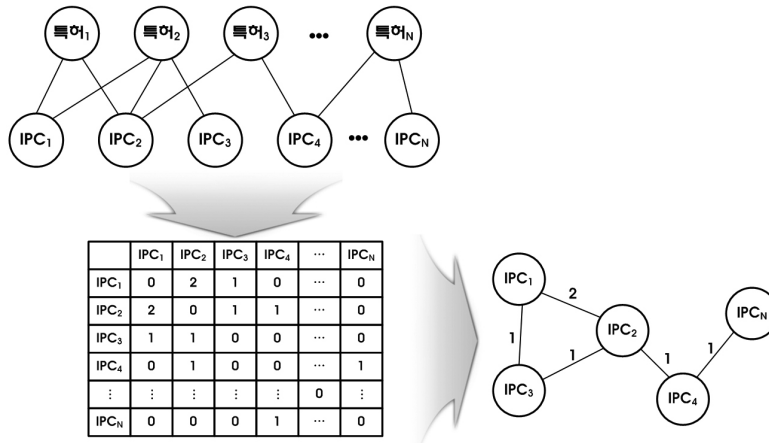
본 단계는 특허서지정보로부터 IPC코드를 추출하는 단계이다. IPC코드는 각국에서 시행되는 독자적인 특허분류를 국제적으로 통일하기 위해 개발되어, 섹션A부터 섹션H까지의 기술대분류에 중분류, 소분류에 해당하는 코드를 추가함으로써 특허가 속하는 기술분야를 상세화하는 정보이다. IPC는 생활필수품, 화학, 야금, 전기 등의 8가지 기술섹션으로부터 시작하여 기술클래스, 세부기술분류에 이르기까지 국제협약에 따른 표준코드로 구성되어 있으며, 하나의

특허는 여러 개의 IPC에 속할 수 있다(Vijvers 1990). IPC코드를 활용하여 기술분야를 상세화하는 수준에 따라 코드의 길이가 다르게 이용될 수 있지만, 일반적으로 기술클래스 단위의 4자리 분류코드가 가장 널리 활용되고 있으므로(Verbeek et al. 2002; Dou and Bai 2007; Meyer 2007), 본 연구에서는 각 특허가 포함되는 IPC코드를 추출하여 4자리로 변환한다. 그러나 IPC코드를 4자리 코드로 변환하게 되면 하나의 특허에 중복된 IPC코드가 존재할 수 있으므로, 하나의 특허에 존재하는 중복된 IPC들을 제거하는 과정을 거쳐 각 특허가 4자리의 고유한 IPC코드들에 포함될 수 있도록 한다.

3.3 공동IPC 연결망 생성

본 단계에서는 하나의 특허가 포함되는 IPC 코드들을 활용하여 공동IPC 연결망을 생성한다. 앞서 언급한 것처럼, 하나의 특허는 1개 이상의 IPC코드로 분류될 수 있는데 이는 하나의 기술지식이 서로 다른 기술클래스, 즉 기술분야에 걸쳐 있는 것으로 해석될 수 있다. <그림 2>에 나타난 것처럼 특허1이 서로 다른 두 IPC1과 IPC2에 포함된다고 할 때, 이들 두 IPC는 특허1로 인해 기술적 연관성을 1만큼 지니게 된다. 마찬가지로 특허2는 세 개의 서로 다른 IPC1, IPC2, IPC3에 분류되고 있으며, 따라서 IPC1, IPC2, IPC3은 서로 1만큼의 연관관계를 가지게 된다. 결과적으로, IPC1과 IPC2는 두 개의 특허들로 인해 2만큼의 연관관계를 가지게 된다. 이처럼 서로 다른 IPC들간의 연관관계가 높다는 것은 해당 IPC

1) 한 건의 국가 R&D 특허가 두 개 이상의 국가 R&D 과제에 걸쳐 등록되는 경우가 존재하여 중복된 특허가 수집 결과에 존재함.



〈그림 2〉 국가 R&D 공동IPC 연결망의 생성과정

들이 보다 많은 정도의 기술지식을 공유하는 기술적 관계에 있음을 간접적으로 반영한다.

이와 같은 방법으로 모든 국가 R&D 특허들에 대해 공동IPC 정보를 정리하면, 최종적으로 국가 R&D를 구성하는 IPC들간의 기술지식의 공유정도를 반영하는 국가 R&D 공동IPC 행렬을 도출할 수 있다. 이 공동IPC 행렬은 다음 단계에서 공동IPC 연결망을 가시화하고, 연결망 지표 산출을 통해 국가 R&D의 기술분야들간의 학제적 특성을 분석하는 기반자료가 된다.

3.4 공동IPC 연결망 시각화 및 지표 분석

본 단계는 연결망분석을 통해 IPC들간의 연관 관계를 시각화하고 연결망 지표를 산출하는 단계이며, 이를 효과적으로 지원하기 위해 NetMiner, UCINET, Pajek과 같은 연결망 분석 소프트웨어를 활용하거나 JUNG(<http://jung.sourceforge.net>)과 같은 자바기반의 공개소스를 이용하여 구현할 수 있다. 본 연구에서는 연결망 분석에서 인접 노드(Node)들과의 연관성을 파악하기 위

한 지표인 연결정도 중심성(Degree Centrality)을 활용하여 국가 R&D에 관련된 IPC, 다시 말해 관련된 기술클래스들이 지니는 학제적 성향을 분석한다. 연결정도 중심성은 두 가지 방법으로 산출될 수 있는데, 첫 번째 방법은 하나의 노드(i)와 연결된 다른 노드들의 수(Degree Centrality based on the Number of Links: DCNL)를 이용하는 것이고(〈식 1〉), 다른 방법은 하나의 노드(i)에 연결된 링크(Link)들의 가중치 합(Degree Centrality based on the sum of Link Weight)을 이용하는 것이다(〈식 2〉). 〈식 1, 2〉에서 n 은 공동IPC 연결망을 구성하는 전체 IPC들의 개수를 의미하며, 〈식 1〉의 $Adjacent(i,j)$ 는 노드 i 에 연결된 노드 j 의 인접여부로 0 또는 1의 값을 가지고, 〈식 2〉의 $Weight(i,j)$ 는 노드 i 에 연결된 노드 j 사이의 링크 가중치를 의미한다.

$$DCNL_i = \frac{\sum Adjacent(i,j)}{n-1} \quad \text{-----} \langle \text{식 1} \rangle$$

$$DCLW_i = \frac{\sum Weight(i,j)}{n-1} \quad \text{-----} \langle \text{식 2} \rangle$$

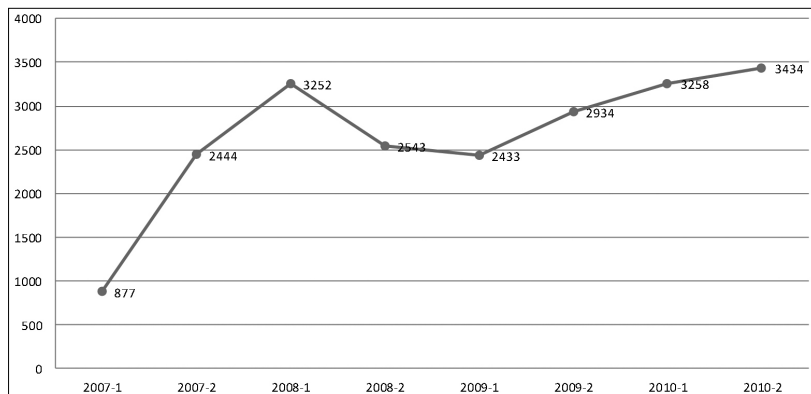
이러한 연결정도 중심성의 특징을 학제적 관점에서 해석하면, 첫 번째 방법은 하나의 기술클래스가 얼마나 다양한 기술클래스들과 연관되어 있는지를 의미하며, 두 번째 방법은 하나의 기술클래스가 얼마나 강한 정도로 인접 기술클래스와 기술지식을 공유하고 있는지로 해석할 수 있을 것이다. 이러한 관점에서, 본 연구에서 생성되는 공동IPC 연결망의 연결정도 중심성은 국가 R&D를 구성하는 각 기술클래스들이 얼마나 다양한 기술분야에 연관되는지 또는 다른 기술분야와 얼마나 강하게 결합하고 있는지를 파악하는데 활용이 가능하다(〈표 1〉 참조).

〈표 1〉 연결정도 중심성의 산출방법에 따른 기술클래스의 학제적 속성

		DCNL(학제적 다양성)	
		낮음	높음
DCLW (학제적 결합강도)	낮음	인접 기술클래스들과 관련성이 낮은 독립적 기술클래스	다양한 기술클래스와 관련성은 높으나 결합강도는 낮음
	높음	인접기술클래스들과 관련성은 낮으나 제한된 기술클래스들과 결속력이 높음	다양한 기술클래스와 강한 결속력을 지닌 기술융합에 관련된 주요 기술클래스

4. 분석자료

제시된 연구모형에 따라 국가 R&D에 관련된 기술분야의 학제적 동향을 분석하기 위해, 본 연구는 2007-2010년 사이에 등록 확정된 정부 R&D 특허성과(www.rndip.or.kr)를 수집한 후 이들의 상세 서지정보를 WIPS 특허검색 시스템으로부터 수집하였다. 등록특허를 분석에 사용하는 이유는 국가 R&D를 통해 출원된 특허들이 최종적으로 등록으로 이어지지 않는 경우가 많으며, 특허등록이 이루어져야 기술적으로 검증이 완료된 신뢰성 있는 기술로 볼 수 있기 때문이다. 또한 2007-2010년 사이의 등록특허들만이 완전한 연도단위로 수집이 가능하므로 4년간의 국가 R&D 등록 특허성과물을 본 연구의 분석자료로 활용한다. 일반적으로 특허가 출원시점으로부터 등록이 되기까지 1.5~2년 이상이 소요됨을 감안할 때, 이들 국가 R&D 특허들은 2005~2009년 사이에 이루어진 국가 R&D의 성과물로 예상되며 따라서 비교적 최근의 연구결과라 볼 수 있다. 국가 R&D 특허들의 등록 동향을 확인한 결과, 〈그림 3〉과 같이 대상분석



〈그림 3〉 반기별 국가 R&D 특허 등록건수 추이

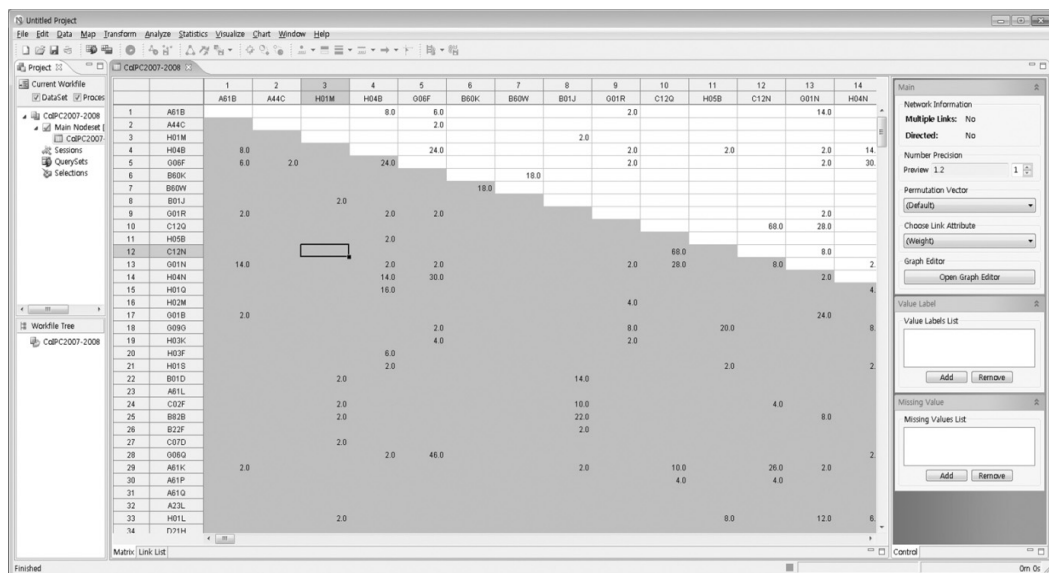
기간 동안에 총 21,175건의 특허등록이 이루어졌으며 약 21.5%의 반기별 평균 특허등록 증가율을 나타내었다.

5. 분석결과

본 연구는 3장에서 제시된 분석모형에 따라 4장의 국가 R&D 특허집합을 활용하여 생성된 공동 IPC 연결망으로부터 국가 R&D의 주요 기술클래스들이 지니는 학제적 동향을 분석한다. 국가 R&D 기술클래스들의 학제적 성향 변화를 관찰하기 본 연구에서는 연도구간을 A(2007-2008)와 B(2009-2010) 두 구간으로 나누어 분석을 실시한다. 실제적 분석결과 도출을 위해 본 연구에서는 연도구간을 2년 단위로 분할하지만, 연도구간의 세분화는 정보분석의 관점에 따라 다양하게 설정하여 분석을 실시할 수 있을 것이

다. 본 연구에서는 상용 사회연결망(Social Network Analysis) 분석도구인 NetMiner3.0을 사용하여 국가 R&D 공동IPC 연결망 분석을 실시하였다. <그림 4>는 본 연구에서 공동 IPC 연결망 생성을 위해 활용한 연도구간 A의 공동 IPC 행렬인데, 공동IPC 행렬의 경우 IPC들간의 기술지식(특허)의 공유정도를 담는 것이므로 방향성을 지니지 않는 대칭행렬의 형태로 표현된다.

일반적으로 특허와 관련된 연결망을 생성하여 분석할 때, 연결망 내에서 연관관계가 미약하여 유효하지 못하다고 판단되는 경우에는 절단(이하 “Cut-off”) 값에 미치지 못한 연결관계를 제거하여 분석할 수 있다. 이러한 Cut-off 값을 명확하게 정하기 어려운 경우에는 다양한 Cut-off 값을 이용하여 연결망이 가장 자연스러운 경우를 활용하여 분석한다(Yoon and Park 2004; Chang, Wu, and Leu 2010; Cho and



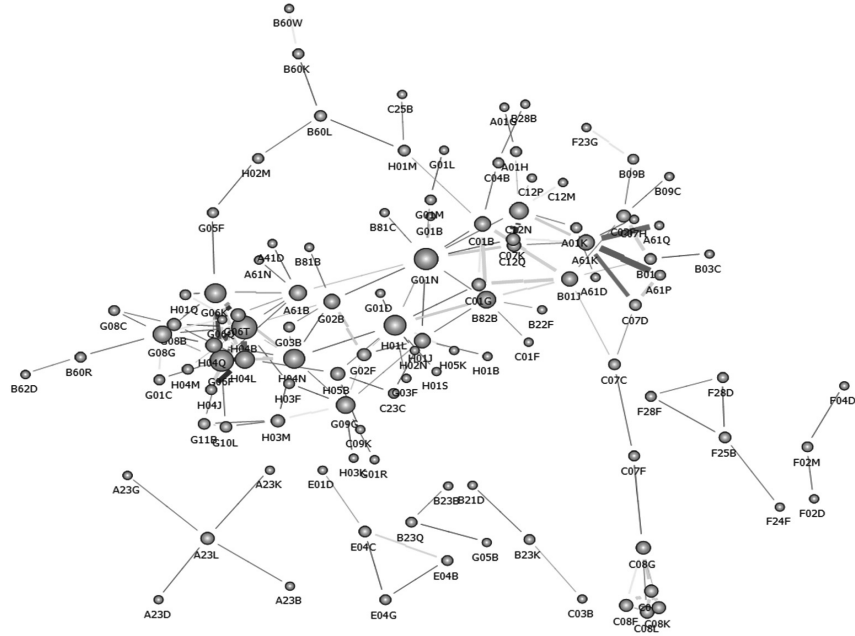
<그림 4> 공동IPC 연결망 분석 시스템 화면 예; 국가 R&D 연도구간 A(2007-2008)

Shih 2011; 윤장혁, 김광수 2011). 본 연구에서는 Cut-off 값을 1-10 사이의 정수로 설정하여 공동IPC 연결망을 시각화한 결과, Cut-off 값이 1-4 사이의 값일 경우 IPC들간의 링크가 거의 제거되지 않아 연결망의 복잡도가 매우 높았으며 따라서 시각적 분석이 어려운 형태로 판단되었으며, Cut-off 값이 6-10 사이의 값일 경우의 공동IPC 연결망은 IPC들간의 연관관계 제거 정도가 너무 높아 연결망 분석에 이용되기 어려울 것으로 판단되었다. 따라서 본 연구는 최종적으로 Cut-off 값을 5로 결정하고, 분석을 위한 국가 R&D 공동IPC 연결망을 생성하였다.

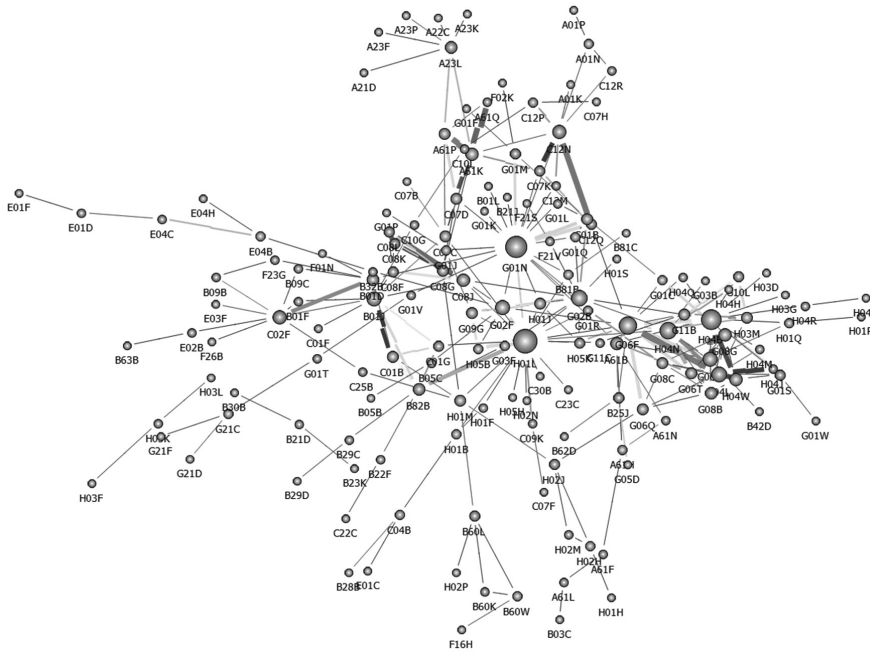
NetMiner3.0을 활용하여 연도구간 A와 B의 공동IPC 연결망을 <그림 5>와 <그림 6>과 같이 생성할 수 있었는데, 생성된 공동IPC 연결망에서 다른 IPC와 연관성이 나타나지 않았거나 2개 이하의 IPC들로 구성된 클러스터들은 상대적 중요성을 띠지 못하는 관계로 편의상 이들을 그림상에서는 제외하였다. 두 연도구간에 활용된 전체 IPC 집합을 동일하게 활용한 결과, 연도구간 A에서는 다른 IPC들과 연관성을 지니고 있는 IPC의 개수가 총 430개였고 연도구간 B에서는 451개가 나타나 연도구간 B에서 국가 R&D 특허들이 21개만큼 더 다양한 기술분야에 등록되었음을 확인할 수 있었다. 국가 R&D 공동IPC 연결망에서 링크가 두껍게 표시된 것은 해당 링크에 연결된 IPC들간에 동시에 분류되는 국가 R&D 특허의 수가 많다는 것을 의미하며, 노드의 크기가 큰 것은 그만큼 해당 IPC가 다른 IPC들과 함께 분류된 특허들이 많거나 다양하여 주변 IPC들과 연관성이 상대적으로 높음을 의미한다.

시각화 결과물을 통해 직관적으로 파악 가능하듯이, 연도구간 A에 비해 연도구간 B의 국가 R&D 공동IPC 연결망이 보다 다양한 IPC들간의 연관관계로 형성되어 있음을 알 수 있다. 이는 국가 R&D 과제들이 시간의 흐름에 따라 기존에 시도되지 않은 분야에 대한 연구를 수행하거나 기존에는 접목되지 않았던 기술분야들 서로 결합한 연구주제들을 발굴하여 진행하고 있다는 특성을 직접적으로 보여준다. 또한 연도구간 B의 국가 R&D 연결망에서 두꺼운 링크들이 상대적으로 더 많은데, 이는 시간이 흐름에 따라 국가 R&D 과제와 관련된 기술분야들간의 학제적 결합강도가 점차 높아지고 있음을 시사한다. 이러한 특성은 연도구간 A에서는 독립성을 띠는 하위연결망(sub-network)이 존재하는 반면, 연도구간 B에서는 독립적으로 형성된 하위연결망이 거의 없음을 통해서도 파악이 가능하다.

시각적 분석을 통해 두 연도구간에서 동시에 다양한 기술클래스들과 관련성을 지니는 학제적 다양성이 높은 기술클래스로는 H04B(정보반성관련 전기통신기술), G06F(전기에 의한 디지털 데이터처리 기술), G01N(반도체장치 및 전기적 고체장치 기술) 등이 있었다. 연도구간의 변화에 따라, 기술클래스 H04B는 연관성을 지니는 인접 기술클래스의 수가 13에서 19로 증가, G06F는 12에서 15로 증가, G01N은 12에서 22로 큰 폭 증가, H01L은 11에서 25로 큰 폭 증가하였다. 따라서, 이들 기술클래스들은 국가 R&D 전체에서도 다양한 세부기술들과 인접하여 연구개발 되고 있는 기술분야로 짐작할 수 있는데, 확인결과 이들 기술클래스들은 한국의 대학 및 연구기관들이 지속적으로 집중적 연



〈그림 5〉 국가 R&D 공동IPC 연결망; 연도구간 A(2007-2008), Cut-off = 5



〈그림 6〉 국가 R&D 공동IPC 연결망; 연도구간 B(2009-2010), Cut-off = 5

구를 진행하고 있는 반도체 및 나노소재와 같이 응용성이 높은 기술분야에 속하였다. C02F (물, 폐수, 하수 또는 슬러지의 처리 기술)의 경우 연도구간 B에 들어서서 인접 기술클래스들의 수가 4에서 9로 2.25배 증가하였는데, 이는 시간의 흐름에 따라 환경오염물질 저감기술에 대한 연구가 다양한 응용분야로 확장되고 있음을 시사한다.

IPC코드의 문자가 유사하다는 것은 전체적인 기술분야 상에서는 유사하나 세부적인 기술분야가 다르다는 것을 의미하는데, 시각화 결과물에 나타난 IPC코드들 간의 관계를 전체적으로 보면 연도구간 A에서는 비슷한 기술분야에 속하는 기술클래스들간의 연관관계가 비교적 주를 이루는 편이나, 연도구간 B에서는 상대적으로 IPC코드가 상이한 기술클래스들이 연관관계의 다양성 측면과 결합강도 측면에서 전체적으로 높은 양상을 보이고 있음을 확인할 수 있었다. 이는 최근의 융합기술에 대한 연구개발이 강조된 국가 연구개발 정책의 결과로 연도구간 B에 들어서 다른 기술분야들간의 융합을 시도하는 국가 R&D 과제의 생성이 증가하였음을 간접적으로 반영한다. 이와 같이 연도구간별로 시각화된 국가 R&D 공동IPC 연결망을 활용함으로써, 국가 R&D와 관련된 주요 기술클래스들의 학제적 특성을 직관적으로 파악하는 것이 가능하였다.

공동IPC 연결망의 분석은 시각화 결과물을 통해 정책 입안자와 같은 전문가들의 국가 R&D의 학제적 특성에 대한 직관적인 이해를 돕는다는 장점 이외에도, 연결망에 관련된 지표산출을 통해 국가 R&D의 기술클래스들간의 학제적 동향에 대한 계량적 분석을 가능하도록 한다. 본

연구에서는 연결정도 중심성 지표를 학제적 관점에서 해석하여 국가 R&D의 기술클래스 각각의 학제적 다양성과 학제적 결합강도를 분석할 수 있었는데, 연도구간별로 산출된 주요 국가 R&D 기술클래스들의 연결정도 중심성의 값, 증감률, 평균값을 <표 2>에 정리하였다.

<표 2>에 나타난 바와 같이 각 기술클래스가 인접기술클래스들에 대해 지니는 인접성을 의미하는 학제적 다양성은 H04B, G01N, G06F, H01L과 같은 기술클래스들이 두 연도구간에서 전체적으로 높게 나타났다. 이는 반도체 관련 공정기술 및 소재와 관련된 국가 R&D 연구과제들이 다양한 기술분야와 결합하여 지속적으로 연구개발 되어 왔음을 의미하는데, 특히 H01L의 경우에는 학제적 다양성 정도가 연도구간 A에서 0.026으로 높은 편이었음에도 불구하고 연도구간 B에서는 0.056으로 약 116% 증가하여, 다양한 국가 R&D 과제들이 공통적으로 관심을 두고 있는 기술클래스일 뿐만 아니라 다양한 인접 기술클래스들과 결합되어 연구개발 가능한 분야로 해석할 수 있다. 또한 G02B의 경우 학제적 다양성 측면에서 연도구간 A에서는 0.014이었으나 연도구간 B에서 0.028로 약 106% 가량 큰 폭으로 증가하여 응용기술분야의 다양성이 높은 것으로 파악되었다. 그러나 A61K(의약품, 치과용 또는 화장용 제제 기술), A61P(화합물 또는 의약품 제제의 특정한 치료효과와 관련된 기술)와 같은 의약품 제조와 관련된 기술클래스들은 반도체 관련 및 정보전자 기술과 관련된 기술클래스들에 비해 학제적 다양성 측면에서는 큰 변화가 없는 양상을 보였다. 이는 의약품 제조 관련된 기술들이 반도체 및 정보전자 기술들에 비해 응용분야의 범위가 다소 제한적이라

〈표 2〉 국가 R&D 기술클래스의 연결정도 중심성 산출결과(일부)

IPC	DCNL (07-08)	DCNL (09-10)	DCLW (07-08)	DCLW (09-10)	DCNL 증가율	DCNL 평균값	DCLW 증가율	DCLW 평균값
H04B	0.030	0.042	1.897	2.582	39.33%	0.036	36.09%	2.240
G01N	0.028	0.049	0.322	0.720	74.78%	0.038	123.83%	0.521
G06F	0.028	0.033	0.727	0.987	19.17%	0.031	35.67%	0.857
H01L	0.026	0.056	0.270	0.889	116.67%	0.041	228.74%	0.580
G06K	0.023	0.022	0.648	0.680	-4.67%	0.023	4.94%	0.664
H04N	0.023	0.031	0.350	0.658	33.47%	0.027	88.12%	0.504
H04L	0.021	0.027	1.883	2.671	27.11%	0.024	41.82%	2.277
B82B	0.019	0.016	0.406	0.356	-16.58%	0.017	-12.34%	0.381
C12N	0.019	0.020	0.592	0.733	7.25%	0.019	23.86%	0.663
G08G	0.019	0.018	0.200	0.227	-4.67%	0.018	13.07%	0.214
G09G	0.019	0.011	0.210	0.222	-40.42%	0.015	5.93%	0.216
A61B	0.016	0.018	0.145	0.213	8.95%	0.017	47.61%	0.179
A61K	0.016	0.018	1.897	1.711	8.95%	0.017	-9.82%	1.804
B01J	0.014	0.024	0.317	0.511	74.77%	0.019	61.23%	0.414
C01B	0.014	0.011	0.308	0.307	-20.56%	0.013	-0.33%	0.307
G02B	0.014	0.029	0.163	0.329	106.56%	0.021	101.56%	0.246
H01J	0.014	0.013	0.103	0.178	-4.67%	0.014	73.33%	0.140
H04Q	0.014	0.004	0.578	0.027	-68.23%	0.009	-95.39%	0.302
C08G	0.012	0.013	0.177	0.222	14.40%	0.012	25.44%	0.200
G06T	0.012	0.013	0.308	0.422	14.40%	0.012	37.22%	0.365

DCNL: Degree Centrality based on the Number of Links
 DCLW: Degree Centrality based on the Link Weight

는 특징 때문으로 추측된다.

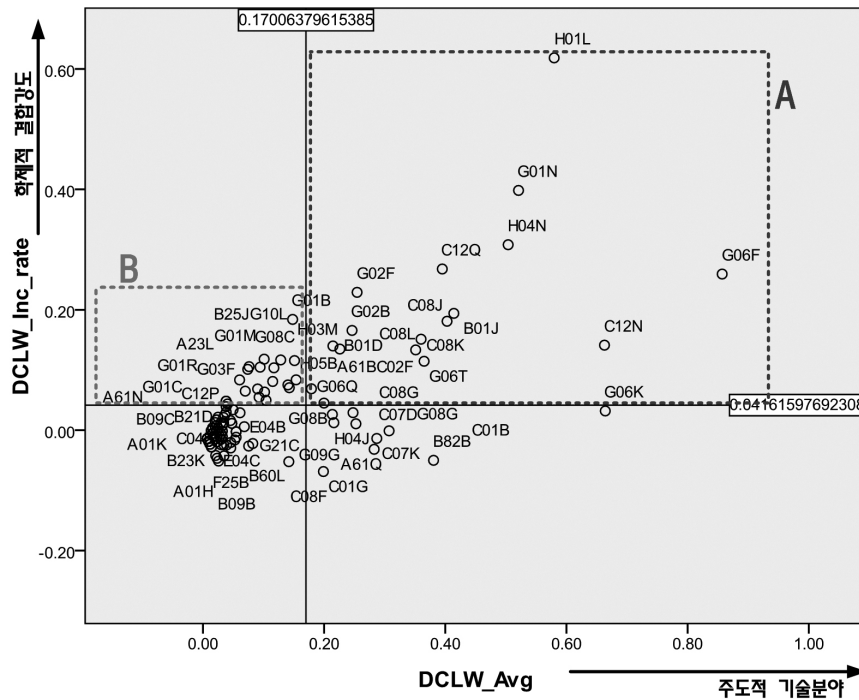
전체 연도구간에 대해 국가 R&D의 타 기술 분야와의 학제적 결합강도 측면에서 봤을 때, H04L(디지털 정보의 전송관련 기술), H04B, A61K, A61P, G06F, C12N(미생물 또는 효소: 미생물의 보존, 유지, 증식)과 같은 기술클래스들이 인접 기술클래스들과 강하게 결합하고 있는 것으로 나타났다. 이는 해당 IPC들과 공동으로 분류되는 특허의 절대적인 수가 많음을 의미한다. 실제로 서로 다른 기술클래스를 가지고 있는 국가 R&D 특허들 중에서 연도구간 A와 B에서 H04L은 418건과 617건, H04B는 431건과 605건, A61K는 429건과 395건, G06F는 176건

과 269건, C12N은 136건과 180건의 특허들을 다른 기술클래스들과 공유하고 있는 것으로 확인되었다. 이러한 학제적 결합강도는 학제적 다양성과 함께 고려하여 국가 R&D에 관련된 기술클래스의 특징을 분석하는데 활용이 가능하다. 연도구간의 변화에 따른 학제적 다양성을 학제적 결합강도와 함께 고려해 볼 때, H04L의 경우 학제적 다양성은 증감에 있어 거의 변하지 않았지만 학제적 결합강도는 약 42% 가량 증가하였다. 이는 디지털 정보 전송 관련 국가 R&D 과제들이 기술의 응용범위를 확장하기 보다는 기존의 기술적 효율성 및 신뢰성을 높이기 위한 연구개발에 보다 집중하고 있다는 것을 시사한

다. 연도구간의 변화에 따른 국가 R&D 기술클래스들의 결합강도 증가율은 G01N이 123% 증가, H01L이 228% 증가, H04N이 88% 증가, B01J가 61% 증가, G02B가 102%로 증가하는 양상을 보였으며, 특히 결합강도가 크게 증가한 G02B(광학요소, 광학계 또는 광학장치 관련 기술)와 관련된 기술분야는 최근 태양광전지와 관련된 소재 및 공정에 대한 국가 R&D 과제들이 반도체 기술과 함께 활발히 연구되고 있음을 보여준다.

연도구간의 흐름에 따른 국가 R&D 기술클래스들의 학제적 다양성과 학제적 결합강도의 변화를 분석하면, 각 기술클래스들의 학제적 속

성을 분리할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 각 연도구간에 대해 공동IPC 연결망을 구성하기 위해 사용한 전체 IPC의 개수를 동일하게 설정하였기 때문에, 연도구간의 변화에 따른 학제적 결합강도의 연도구간 전체의 평균값과 평균값 증가율을 활용하여 국가 R&D 기술클래스들에 대해 <그림 7>과 같은 맵핑 결과를 얻을 수 있었다. 전체 연도구간에서의 학제적 결합강도의 평균값은 약 0.17로 나타났으며, 학제적 결합강도의 증가율은 약 4.15%로 나타났다. 기술클래스의 학제적 결합강도가 높다는 것은 해당 기술클래스가 인접 기술클래스들과 밀접한 관련성을 가지고 연구된 중심 기술임을 의미하며, 학제적



<그림 7> 국가 R&D 기술클래스의 학제적 결합강도 변화²⁾

2) H04B 또는 H04L 등과 같이 학제적 결합강도 및 증가율이 너무 큰 IPC들은 그림상에서만 제외된 것이며, 이들이 분석의 대상에서 제외된 것은 아님.

결합강도의 증가율이 높다는 것은 해당 기술클래스가 점차 다른 기술클래스들과의 밀접성이 높아지는 융합가능성을 의미한다. 본 연구에서는 학제적 중심 기술임과 동시에 학제적 결합강도가 평균 이상으로 증가한 기술분야로 H04B, H04L, H01L, G06F, C12N, B01J(화학적 또는 물리적 방법; 촉매, 콜로이드 화학 및 그들의 관련 장치 기술) 등의 기술분야를 도출할 수 있었으며, 현재까지는 연결 강도가 낮지만 추후에 강도가 높아질 경우 전체적인 학제성이 높아질 수 있는 기술클래스로 G10L(음성분석 또는 합성; 음성인식; 오디오 분석 또는 합성)과 같은 디지털 음향관련 기술, B25J(매니플레이터 기술)와 같은 산업로봇 및 관련 장치에 대한 기술을 파악할 수 있었다.

이상 본 장에서 설명한 것과 같이, <표 1>에 제시된 국가 R&D 기술클래스의 학제적 속성 분석방법에 따라 국가 R&D 공동IPC 연결망을 분석하게 되면, 수많은 특허로 대변되는 국가 R&D에 관련된 기술분야들의 학제적 특징을 시각적, 계량적으로 분석하는 것이 가능하다.

6. 결론 및 추후연구

본 연구는 국가 R&D 특허들을 이용하여 공동IPC 연결망을 생성하는 절차와 국가 R&D 기술클래스의 학제적 특성을 다양성과 결합강도 측면에서 분석하기 위한 지표를 제시하였다. 이를 기반으로 본 연구는 2007-2010년 사이에 등록 확정된 21,176건의 국가 R&D 특허들을 활용하여 국가 R&D 기술클래스들의 학제적 특성을 연도구간의 변화에 따라 분석하였다. 연도구

간 A(2007-2008)와 B(2009-2010)로 분리하여 국가 R&D 공동IPC 연결망을 생성한 결과 전체적으로 연도구간 B에서 기술클래스들이 다양한 인접 기술클래스들과 강한 정도로 연관되는 특성을 지님을 확인할 수 있었다. 또한 국가 R&D 기술클래스들의 연도구간에 따른 학제적 다양성과 결합강도의 관찰을 통하여 주요 기술분야들의 학제적 특성의 변화를 분석하였다.

기존에는 국가 R&D에 대해 단순 통계수준의 계량분석에 한정적이었다는 점을 고려해볼 때, 본 연구에서 제시되는 방법은 국가 R&D를 구성하는 기술들을 학제적 관점에서 계량적으로 분석할 수 있도록 한다는 장점을 지닌다. 현재 국가 R&D 정부투자가 증가함에 따라 수많은 연구과제 및 특허를 포함한 지식재산이 생성되는 최근의 경향을 볼 때, 국가 R&D 정책수립을 효과적으로 지원하기 위한 분석정보 생성에 관한 연구가 요구된다. 따라서 본 연구의 방법이 추후 국가 R&D 동향분석 시스템(www.rndip.or.kr) 등에 통합되면 지속적으로 증가하는 대량의 국가 R&D 특허정보로부터 국가 R&D의 학제적 특성 분석을 효율적으로 수행할 수 있도록 하여, 국가 R&D 정책 및 연구개발 정책 입안자와 같은 전문가들이 기술융합의 현안을 도출하거나 기술융합의 동향을 이해하기 위한 프로세스에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

하지만, 본 연구는 여전히 몇 가지 한계점을 지니므로 이에 따른 추후연구방향을 제시하고자 한다. 먼저, 본 연구는 IPC코드정보를 활용하여 특허클래스 수준에서 국가 R&D의 학제적 특성의 변화를 계량 분석한 것이므로 실제로 어떤 기술이 생성되고 있는지를 구체적으로 파악하기 위해서는 전문가의 추가적인 정성분석이

요구된다. 따라서 추후연구에서는 텍스트 마이닝과 같은 내용분석 기법을 접목하여 국가 R&D의 연구주제의 변화에 대한 추이를 분석하는 연구가 수행될 수 있을 것이다. 다음으로, 본 연구는 국가 R&D 특허들에 대해 연도구간을 2년 단위로 구분하여 분석을 실시하였는데, 추후연구에서는 보다 세밀한 연도구간으로 설정하여 분석을 수행할 필요가 있을 것이다. 마지막으로,

본 연구에서는 특허기술의 신뢰성이라는 측면 때문에 등록 확정된 특허들만을 활용하였다. 그러나 이는 역으로 최신 국가 R&D 동향을 분석하기에는 한계점으로 작용할 수 있다. 따라서 추후연구에서는 아직 등록되지는 않았지만 출원 신청 이후에 공개된 특허들을 분석자료에 통합하여 국가 R&D 공동IPC 연결망을 생성하고 분석하는 연구를 수행할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 김윤중, 정욱, 정상기. 2009. 융합기술 관련 국가 연구개발 사업 현황과 효과적 지원전략에 대한 연구. 『기술혁신학회지』, 12(2): 413-429.
- [2] 김철현, 김승겸, 설현주, 박용태. (2006). 특허의 co-classification 분석을 이용한 기술간 연결 관계 파악: TOPSIS 기반 접근. 『대한산업공학회 추계학술대회』, 2006년 11월 4일. [서울: 고려대학교].
- [3] 김현철, 이성중, 이번. 2006. 국가연구개발사업의 융합기술과제 기획연구, 『대한기계학회 춘추학술대회』, 2006년 11월 2-3일. [전북: 무주리조트].
- [4] 박선영, 박현우, 조만형. 2006. 특허분석을 통한 기술혁신과 기업성과의 관계분석. 『기술혁신학회지』, 9(1): 1-25.
- [5] 박현우, 손종구, 유연우. 2011. 우리나라 기술혁신에서의 과학-기술 지식연계 특성분석. 『기술혁신학회지』, 14(1): 1-21.
- [6] 백동현, 김현, 신민주. 2006. 인용분석을 이용한 특허의 중요도 평가 모형 개발. 『한국지능정보시스템학회』, 2006년 11월 19일. [서울: 코엑스].
- [7] 윤장혁, 김광수. 2011. 특허정보를 이용한 기술융합의 학제적 동향 분석: 대기오염물질 저감기술의 사례. 『Entrue Journal of Information Technology』, 10(2): 21-31.
- [8] 윤정연, 류태규, 윤장혁. 2012. IP포트폴리오의 특성분석을 위한 특허지표 개발에 대한 연구. 『정보관리연구』, 43(2): 67-83.
- [9] 장선호. 2008. u지능화사회 서비스기반 IT/BT/NT 융합기술. 『정보과학회지』, 26(1): 24-30.
- [10] 최석준, 김상신. 2007. 정부 연구개발 보조금의 기업자체 R&D투자에 대한 효과 분석. 『기술혁신학회지』, 10(2): 706-726.
- [11] 한국과학기술정책연구원. 2011. 『2011년도 국가연구개발투자 모니터링 사업 보고서』. 서울: 한국과학기술정책연구원.

- [12] 한국지식재산연구원. 2011. 『연구개발로 창출된 지식재산성과의 질적 평가 방법론 개발』. 서울: 한국지식재산연구원.
- [13] Son, U. 2008. "The effects of technological innovation on economic performance in the South Korean manufacturing industry and its sub-sectors." *Journal of Industrial Economics and Business*, 21(5): 1901-1924.
- [14] Aldieri, L. 2011. "Technological and geographical proximity effects on knowledge spillovers: Evidence from the US patent citations." *Economics of Innovation and New Technology*, 20(6): 597-607.
- [15] Chang, P. L., Wu, C. C., & Leu, H. J. 2010. "Using patent analyses to monitor the technological trends in an emerging field of technology: A case of carbon nanotube field emission display." *Scientometrics*, 82(1): 5-19.
- [16] Cho, T. S. & Shin, H. Y. 2011. "Patent citation network analysis of core and emerging technologies in Taiwan: 1997-2008." *Scientometrics*, 89(3): 795-811.
- [17] Dou, H. & Bai, Y. 2007. "A rapid analysis of Avian Influenza patents in the Espcenet database: R&D strategies and country comparisons." *World Patent Information*, 29(1): 26-32.
- [18] Fontana, R., Nuvolari, A., & Verspagen, B. 2009. "Mapping technological trajectories as patent citation networks. An application to data communication standards." *Economics of Innovation and New Technology*, 18(4): 311-336.
- [19] Grupp, H. 1996. "Spillover effects and the science base of innovations reconsidered: An empirical approach." *Journal of Evolutionary Economics*, 6: 175-197.
- [20] Hall, B. H., Jaffe, A. B., & Trajtenberg, M. 2005. "Market value and patent citations." *Rand Journal of Economics*, 36(1): 16-38.
- [21] Han, Y. J., & Park, Y. 2006. "Patent network analysis of inter-industrial knowledge flows: The case of Korea between traditional and emerging industries." *World Patent Information*, 28(3): 235-247.
- [22] Hanneman, R. A., & Riddle, M. 2005. *Introduction to Social Network Methods*, University of California Riverside, CA: University of California.
- [23] Harhoff, D., Narin, F., Scherer, F. M., & Vopel, K. 1999. "Citation frequency and the value of patented inventions." *Review of Economics and Statistics*, 81(3): 511-515.
- [24] Harhoff, D., Scherer, F. M., & Vopel, K. 2003. "Citations, family size, opposition and the value of patent rights." *Research Policy*, 32(8): 1343-1363.
- [25] Hinze, S. 1994. "Bibliographical cartography of an emerging interdisciplinary discipline: The

- case of bioelectronics.” *Scientometrics*, 29: 353-376.
- [26] Karki, M. 1997. “Patent citation analysis: A policy analysis tool.” *World Patent Information*, 19(4): 269-272.
- [27] Li, X., Chen, H., Huang, Z., & Roco, M. C. 2007. “Patent citation network in nanotechnology (1976-2004).” *Journal of Nanoparticle Research*, 9(3): 337-352.
- [28] Lim, H., & Park, Y. 2010. “Identification of technological knowledge intermediaries.” *Scientometrics*, 84: 543-561.
- [29] Meyer, M. 2007. “What do we know about innovation in nanotechnology? Some propositions about an emerging field between hype and path-dependency.” *Scientometrics*, 70(3): 779-810.
- [30] Michel, J. & Bettels, B. 2001. “Patent citation analysis. A closer look at the basic input data from patent search reports.” *Scientometrics*, 51(1): 185-201.
- [31] Mizruchi, M. S. 1994. “Social network analysis: Recent achievements and current controversies.” *Acta Sociologica*, 37(4): 329-343.
- [32] Narin, F. 1994. “Patent bibliometrics.” *Scientometrics*, 30(1): 147-155.
- [33] Otsuka, K. 2012. “University patenting and knowledge spillover in Japan: panel-data analysis with citation data.” *Applied Economics Letters*, 19(11): 1045-1049.
- [34] Reitzig, M. 2003. “What determines patent value? Insights from the semiconductor industry.” *Research Policy*, 32(1): 13-26.
- [35] Scott, J. 1988. “Social network analysis.” *Sociology*, 22(1): 109-127.
- [36] Suzuki, J. & Kodama, F. 2004. “Technological diversity of persistent innovators in Japan: Two case studies of large Japanese firms.” *Research Policy*, 33(3): 531-549.
- [37] Todorov, R. 1989. “Representing a scientific field: A bibliometric approach.” *Scientometrics*, 15: 593-605.
- [38] Tseng, C. Y. 2009. “Technology development and knowledge spillover in Africa: Evidence using patent and citation data.” *International Journal of Technology Management*, 45(1): 50-61.
- [39] Verbeek, A., Debackere, K., Luwel, M., Andries, P., Zimmermann, E., & Deleus, F. 2002. “Linking science to technology: Using bibliographic references in patents to build linkage schemes.” *Scientometrics*, 54(3): 399-420.
- [40] Vijvers, W. G. 1990. “The international patent classification as a search tool.” *World Patent Information*, 12(1): 26-30.
- [41] Wang, C., Huang, M., & Chen, D. 2012. “The evolution of knowledge spillover and company

- cluster in semiconductor industry.” *Journal of the Knowledge Economy*, 3(2): 1-16.
- [42] Yoon, B., & Park, Y. 2004. “A text-mining-based patent network: Analytical tool for high-technology trend.” *The Journal of High Technology Management Research*, 15(1): 37-50.
- [43] Yoon, J. & Kim, K. 2011. “Identifying rapidly evolving technological trends for R&D planning using SAO-based semantic patent networks.” *Scientometrics*, 88(1): 213-228.
- [44] Yoon, J., & Kim, K. 2011. “TrendPerceptor: A property-function based technology intelligence system for identifying technology trends from patents.” *Expert Systems with Applications*, 39(3):2927-2938.

• 국문 참고자료의 영어 표기

(English translation / romanization of references originally written in Korean)

- [1] Kim, Yun-Jong, Jung, Uk, & Jeong, Sang-Ki. 2009. “A study on the status and supporting strategy of national R&D programs related to the convergence technology.” *Journal of Korea Technology Innovation Society*, 12(2): 413-429.
- [2] Kim, Cheol-Hyeon, Kim, Seung-Gyeonm, Sul, Hyeon-Ju, & Park, Yong-Tae. 2006. “Identifying the linkage between technologies using co-classification analysis: TOPSIS-based approach.” *Proceedings of the Korean Institute of Industrial Engineers Fall Conference*, November 4, 2006. [Seoul: Korea University].
- [3] Kim, Hyun-Cheol, Lee, Sung-Jong, & Lee, Bun. 2006. “A planning study on the fusion technology project innational R&D program.” *Proceedings of the Korean Society of Mechanical Engineers Conference*, November 2-3, 2006. [Jeonbuk: Muju Resort].
- [4] Park, Sun-Young, Park, Hyun-Woo, & Cho Man-Hyung. 2006. “The relationship between technology innovation and firm performance of Korean companies based on patent analysis.” *Journal of Korea Technology Innovation Society*, 9(1): 1-25.
- [5] Park, Hyun-Woo, Son, Jong-Ku, & You, Yeon-Woo. 2011. “How is scientfic and technological knowledge linkedin technological innovation in Korea?” *Journal of Korea Technology Innovation Society*, 14(1): 1-21.
- [6] Baek, Dong-Hyeon, Kim, Hun, & Shin, Min-Ju. 2006. “Inyong bunseok-eul iyonghan Teukheoui jungyodo pyeongga mohyeong gaebal.” *Proceedings of the Korea Intelligent Information System Society Conference*, November 19, 2006. [Seoul: Coex].
- [7] Yoon, Jang Hyeok, & Kim, Kwang Soo. 2011. “A study on interdisciplinary trends of technological

- convergence using patent information: The case of air pollutant control technology.” *Entrue Journal of Information Technology*, 10(2): 21-31.
- [8] Yoon, Jeong-Yeon, Ryu Tae-Gu, & Yoon, Jang Hyeok, 2012. “A study on patent indexes for characteristics analysis of IP portfolios.” *Journal of Information Management*, 43(2): 67-83.
- [9] Chang, Sunho. 2008. “IT/BT/NT fusion technologies based on service fo ubiquitous intelligent society.” *Korea Information Science Society Review*, 26(1): 24-30.
- [10] Choi, Seokjoon, & Kim, Sang Shin. 2007. “The effects of government R&D subsidies on private R&D investment: The case of Korean industry after 2000.” *Journal of Korea Technology Innovation Society*, 10(2): 706-726.
- [11] Science and Technology Policy Institute. 2011. *Monitoring Governmental R&D Investment 2011*. Seoul: Science and Technology Policy Institute.
- [12] Korea Institute of Intellectual Property. 2011. *Yeongu Gaeballo Changchul-doen Jisik Jaesan Seonggwauil Jiljeok Pyeongga Bangbeoblon Gaebal*. Seoul: Korea Institute of Intellectual Property.