

특허의 네트워크 분석을 통한 기술혁신의 산업별 특성 연구

Investigation of Sectoral Patterns of Innovation Using Patent Information: Network Analysis Approach

윤병운*, 이성주**, 박용태***

Abstract

기술 패러다임의 변화는 전체 산업구조를 변화시킬 뿐 아니라 새로운 산업 분야를 만들어 내고 현존하는 산업분야 내의 기술을 변화시킨다. 기술혁신의 산업별 유형에 관한 Paviit의 연구는 이러한 산업분야 별 기술적 특성의 다양성, 즉 기술 패러다임 변화에 토대를 두고 있으며 그의 산업분류는 많은 후행 연구에서 인용되어 왔다. 그럼에도 불구하고 Paviit의 연구는 분석이 특정 시기에 국한되고, 정량적 분석이나 시간의 흐름을 고려한 동적 분석이 부족하며 일부 산업분야의 데이터가 미흡하다는 점 등, 데이터 분석과 관련된 몇 가지 한계점을 가지고 있다.

따라서 본 논문에서는 Paviit 연구의 한계점을 극복하고자 1975년과 1999년 사이에 미국특허청(USPTO)에 등록된 특허에 대한 자료 및 특허인용에 대한 자료를 이용하여 실험적인 분석을 실시하였다. 산업구조의 변화를 고려하여 Pavitt이 제시한 4개의 산업 유형은 1)공급자 지배형(Supplier dominated), 2)규모 집약형(Scale intensive), 3)전문 공급자형(Specialized suppliers), 4)화학 기반형(Chemical science based), 5)생명과학 기반형(Bio-science based), 6)정보과학 기반형(Information science based)의 6개로 확장되었다.

이와 같이 도출된 각 산업 유형 별로 A)특허 네트워크(Patent Network), B)기술 궤적(Technology Trajectory) 두 가지 측면에서 분석을 실시하였다. 우선 특허 네트워크 분석은 기술 발달 과정에서의 지식 흐름을 연구하기 위한 분석으로, 산업 내 분석으로는 각 산업에 속한 특허들의 관계의 측면에서 긴밀성을 나타내는 네트워크 밀도와 기술 지식의 집중 정도를 나타내는 네트워크 중심도를 산출하였고 산업간 분석으로는 산업간 지식 흐름의 양상을 살펴보았다. 또한, 기술 궤적 분석에서는 각 산업별 기술의 특성을 분석하는 것으로, 특정 기술 지식의 활용 기간을 통해 기술 주기를 도출하고, 산업 내 평균 권리 청구 항목 수를 이용하여 각 산업의 기술 범위를 비교하였다. 각각의 동적 분석을 통해 시간에 따른 변화 양상이 관찰하였고, ANOVA 분석을 이용하여 통계적 유의성을 검증하였다.

본 연구는 현재의 기술 패러다임 내에서 Pavitt이 제시한 산업 분류의 근거를 보충 설명하였고 특허 정보를 이용하여 기술혁신의 산업별 유형에 대한 폭넓은 분석방법을 제시하였다.

* 서울대학교 산업공학과 박사과정

** 서울대학교 산업공학과 석사과정

*** 서울대학교 산업공학과 교수

1. 서론

기술혁신 활동은 주어진 기술 패러다임에서 문제를 해결하는 과정이다.(Dosi, 1988) 즉, 기술 패러다임에 따라 문제해결을 위한 지식의 내용과 범위가 결정되고 이에 따라 문제해결의 방법이 결정된다. 동시대의 기술-경제 패러다임은 전시대와 매우 다르기 때문에 지속적으로 발전하고자 하는 기업들은 새로운 기술을 받아들이고 혁신해야 한다.(Hicks et al., 2001) 이러한 패러다임 변화는, 특별한 기술적 특징을 가진 새로운 산업분야를 만들어내기도 하고 전체 산업의 구조를 변화시키기도 하며 현존하는 산업분야의 기술을 진보 시키기도 한다.

특히 산업분야별 혁신유형과 관련된 Pavitt의 연구는 이처럼 산업분야에 따라 기술적 특징이 다르다는 기술-경제 패러다임 변화에 토대를 두고 있다. Pavitt 분류의 목적은 기술변화 유형의 다양성을 설명하고자 하는 것으로, 특정 산업분야에 속하는 기업은 일정한 혁신 양상을 따르는 경향이 높음을 일정 기간 동안의 혁신 자료를 통해 보였다.(Pavitt, 1984)

그러나 Pavitt의 분류가 이후 연구에서 많이 인용되었음에도 불구하고 데이터 분석의 타당성과 관련하여 몇 가지 한계를 발견할 수 있다. 첫째, Pavitt의 분류는 1945년부터 1979년까지 영국에서 일어난 약 2000개의 중요한 혁신들에 대해, 그 특징을 조사하여 연구한 결과이다. 그러므로 이는 특정 시기, 특정 경제 시스템 내에서만 유효한 것으로 평가될 수 있다.(Marchi, 1996) 사실, 세계 경제 시스템은 이 시기 이후에 기술 패러다임의 상당한 변화를 경험했으므로 Pavitt의 분류가 현재 경제 시스템에서도 적용되는지는 확신할 수 없다. 둘째, 35년간의 데이터가 시간의 문제를 상정하지 않고 집합적으로 분석되었으므로 이 기간 동안 기술적 특성의 변화 양상을 적절히 고려하고 있지 못하다. 셋째로는 데이터의 수와 관련하여 특정 산업분야의 데이터가 부족하다는 점이다. 예를 들어 가죽 및 양말, 식음료 등과 같은 산업분야의 데이터의 크기는 30~70개 정도에 불과하다. 넷째, 각 산업에 대한 Pavitt의 분석은 다소간 정성적이고 애매한 부분이 많다. 따라서 각 산업의 특성을 설명하기 위해 객관적 자료에 입각한 정량적 분석이 추가될 필요가 있다. 마지막으로 일부 정량적 분석이 시도되었지만 통계적 유의성이 검증되지 못했기 때문에 산업부문 간 기술특성의 차이를 명확히 증명했다고 할 수 없다.

본 연구에서는 앞에서 제시된 한계점들을 극복하면서 산업분야별 특성을 분석하고자 한다. 그리고 이를 위해 1975년부터 1999년까지 미국 특허청(USPTO)¹ 데이터 베이스에 저장된 특허 자료를 이용하고자 한다. 자료의 양이 충분히 많기 때문에 산업부문별 혁신의 특성이 명확하게 설명될 수 있으며, 비교적 최근 자료이므로 새로운 기술 패러다임이 반영될 수 있을 것이다. 이러한 분석을 위해서 우선 현재 기술 패러다임에 적합하도록 Pavitt의 분류를 일부 수정하였다. 또한 산업부문별 혁신의 특성을 보다 넓은 관점에서 살펴보기 위해 특허 자체의 정보 뿐 아니라 특허간의 인용관계에 대한 정보를 함께 이용하였다.

¹ United State Patent Trade Office

2. 배경 이론

2.1. 산업부문별 혁신의 유형

기술혁신을 분석하는 데 있어 시스템적 접근을 시도하고자 하는 많은 노력이 있었다. (Carlsson et al., 2002) 이 중 ‘국가 혁신 시스템’(National Innovation System)은 비교적 최근의 접근방식 중 하나로서 기술 시스템의 국가간 차이를 이해하는데 기초를 제공하며, 기술 정책이나 기술 변화에 대한 경제학적 분석을 위해 널리 사용되고 있다.

한편 ‘산업별 혁신 시스템’(Sectoral Innovation System)은 산업 수준에서 국가 혁신 시스템과 유사한 접근방식을 적용한 것이다. 이것은 산업 군집 내 상호관계에 초점을 맞추는 것보다는 각 산업부문이 서로 다른 기술적 환경, 즉 기회와 적절한 조건 및 관련 지식의 특성이 조합된 환경의 지배를 받는다는 생각에 기초를 두고 있다.(Carlsson et al., 2002)

산업별 혁신 시스템은 다양한 영역에서 연구되고 있다. 우선, 기술 변화에 대해 분류 유형이나 이와 관련된 이론을 제시하고 응용하는 연구가 있다. Pavitt은 영국에서 있었던 약 2000개 혁신 사례를 통해 기술변화의 부문별 유형을 3개로 분류하고 각각의 특징을 설명하였다.(Pavitt, 1984) 그리고 Souitaris는 Pavitt 분류의 적용가능성을 테스트하고, 기술혁신의 결정요인에 대한 경영문헌과 불일치하는 결과를 수정하였다.(Souitaris, 2002) 다음으로는 각 산업별 조직적 특성 및 기술혁신의 특성이 상당수의 학자에 의해 연구되었다. 대표적으로는 전기, 반도체, 화학, 자동차와 같은 제조업 부문 혁신의 특성을 R&D 시스템, 혁신 과정, 협업 네트워크 등의 관점에서 설명하고, 서비스 부문에서 혁신의 특성은 제조업 부문 혁신과의 차이점에 초점을 맞춰 분석하는 연구가 있었다.(Rothwell, 1994) 또한 서비스 부문에서 기술혁신의 효과를 나타내기 위한 경제 모델이 제시되기도 했으며,(Zagler, 2002) 기계나 전자 등과 같은 특정 부문의 혁신에 대한 특징이 서베이를 통해 설명되기도 하였다.(Keizer et al., 2002)한편, 산업의 변화나 산업 구조의 변형에 대한 연구는 각 산업이 시간에 따라 변화한다는 점에서 강조되고 있다. 이러한 연구들은 산업 생명 주기(Industry life cycle) 등의 개념에 기초하여 산업의 성장, 출현, 변형 등에 초점을 맞추고 있다.(Malerba, 2002) 또한 연관된 산업들간의 기술지식이 원만하게 교류되기 위한 산업 부문간의 연결관계 및 상호 의존 관계를 규명하는 연구도 강조되어 왔다. 이와 관련된 연구에서는 Leontief inverse 계수를 대용지표로 산업간 지식의 흐름을 측정하기도 하였다.(Leoncini et al., 1996; Park&Kim, 1999) 마지막으로 혁신시스템의 특성을 산업 수준에서 분석함에 있어, 기술혁신을 기업, 학교, 연구센터, 정부 등의 다양한 참여자들의 상호작용에 의해 얻어지는 것으로 간주하는 연구가 있다. 이러한 연구에서는 산업부문별 기술변화의 유형을 결정하는데 기업 혁신활동에서의 이질성의 역할을 살펴보거나(Malerba et al., 1997), 참여자들의 관계와 네트워크가 기술 혁신 과정에 주는 영향을 분석하기도 하였다.(Edquist, 1997;Freel, 2002)

2.2. 특허 인용분석과 특허 네트워크

기술 변화에 대한 연구는 적절한 자료 부족으로 오랜 기간 어려움을 겪어왔다. 특허는 이러한 문제를 극복할 수 있는 거의 유일한 자료로 볼 수 있다. 이것은 대부분의 선진국에서 실질적으로 모든 분야의 혁신활동을 명확히 설명할 수 있는 자료이며, 장기간 축적되어 있는 자료이기 때문이다.(Trajtenberg, 2002) 또한 특허 정보는 기술적인 의사결정을 보조하고 정책결정자가 보다 경제적인 의사결정을 내리는 데 도움을 줄 수 있기 때문에 발명자나 관련된 R&D를 수행하는 기업 모두에게 중요하다.(Granstrand, 1999) 특허 분석과 관련된 연구는 거시적 차원에서 기술 개발의 경제적 영향을 측정하는 연구(Griliches, 1990; Paci, Sassu and Uasi, 1997)로부터, 미시적인 차원에서 경쟁자의 기술적 강점과 약점을 판단하거나 기업의 기술 개발 활동을 계획하는 연구에 이르기까지 다양하다.(Narin&Noma, 1987; Moge, 1991) 이들 대부분의 연구에서는 특허 통계가 이용되었지만, 최근에는 특허 인용관계에 대한 자료가 기술의 가치 및 영향을 평가하거나 기술정보의 확산을 연구하는데 자주 이용된다.(Karki, 1997) 각 특허의 인용횟수는 혁신 산출물의 시장가치를 더욱 잘 평가해 주는 지표로서 활용되기도 하고(Hall, Jaffe & Trajtenberg, 2000), 국제적인 지식의 흐름을 측정하기 위해 특허인용 횟수를 사용한 경제적 모델이 제안되기도 했다.(Jaffe & Trajtenberg, 1999)

이러한 특허 인용 정보는 특허 네트워크 생성의 토대가 된다. 일반적으로 네트워크는 노드(node)와 관계(link)로 구성된 것으로서 사람, 사물, 혹은 사건들의 집합이 특정한 유형의 관계를 맺으며 연결되어 있는 것이다.(Mitchell, 1969) 특허 네트워크에서는 특허가 노드로, 특허인용관계가 관계로 해석될 수 있다. 그래프 이론을 통해 노드들의 관계를 분석하는 정량적인 방법인 네트워크 분석을 활용하여 기술지식의 흐름과 기술 궤적 등과 관련된 중요한 정보들이 특허 네트워크로부터 추출될 것이다.

3. 특허정보를 통한 산업부문별 혁신 유형에 대한 연구

3.1. 분석 개념

Pavitt 분류의 목적은 영국에서의 약 2000개 중요한 혁신 사례를 통해 산업 부문별 기술변화의 유형에 있어서 존재하는 다양성을 설명하기 위한 것이다. Pavitt은 다양한 정성적 판단에 기초하여 혁신의 특성을 설명하고 있으며, 이때 혁신은 1945년부터 1979년까지 영국에서 개발된 새로운 혹은 개선된 제품이나 공정 중 성공적으로 상업화 된 경우만을 의미한다. 그런데 상업화의 성공 여부나 혁신의 중요도의 기준은 애매하거나 주관적이기 쉽다. 더욱이 연구에 사용된 데이터나 분류체계는 다소 오래된 것이다. 또한 식음료, 가축 및 양말과 같은 일부 산업부문의 경우 수집된 혁신 사례가 다른 부문보다 상대적으로 매우 부족하여 산업부문의 특성을 설명하기에는 불충분하다는 문제점이 있다. 따라서 본 연구에서는 새로운 기술

변화 경향을 반영하여 Pavitt의 분류를 일부 수정한 뒤, 특허 네트워크에서의 정량적 분석을 통해 산업 분류별 기술의 특성을 살펴보고자 한다.

본 연구에서 채택한 자료는 1975년부터 1999년까지 미국특허청에 의해 출원된 특허 정보이다. 특허는 새롭게 개발된 제품이나 공정의 상업적 이용에 대해 발명자에게 독점권을 부여 하기 때문에, 잠재적인 시장 가치가 있다. 또한 특허 문서는 쉽게 이용가능하고 풍부하며 공개되어 있으므로, 본 연구에서는 특허 정보를 이용하여 산업부문별 혁신 유형에 대해 살펴보고자 한다.

그러나 특허 정보를 이용하여 Pavitt이 그의 분류에서 제안했던 기술 궤적의 모든 영역을 살펴볼 수는 없다. 그의 분석에는 각 산업 유형별로 기술원천, 사용자 유형, 공정기술의 원천 등 비기술적 특성들이 포함되어 있지만 특허 정보는 특허의 기술 속성을 표현할 뿐이다. 따라서 특허 정보는 기술 혁신의 기술 내용적인 측면에 국한하여 산업별 특성의 차이를 설명할 수 있을 것이다.

3.2. 분석 내용

Pavitt은 산업부문별 혁신의 유형을 살펴보기 위해 공급자 지배형(supplier dominated), 규모 집약형(scale intensive), 전문 공급자형(specialized suppliers), 과학 기반형(science based) 등 4개로 분류하였다. 본 연구에서는 최근의 새로운 패러다임을 반영하기 위해 과학 기반형을 화학 기반형(chemical science), 생명과학 기반형(bio-science), 정보과학 기반형(information science)으로 세분화하여 총 6개의 산업 분류를 제시하였다.

이를 토대로 특허 네트워크와 기술 궤적을 분석하여 각 산업 분류별 특성을 도출하고 이것을 산업 분류간 비교하고자 한다. 이를 위해서는 우선 특허 인용관계를 토대로 특허가 노드이고 인용 관계가 관계인 특허 네트워크를 만든다. 특허 네트워크 분석에서는 네트워크 밀도, 네트워크 중심성, 지식 흐름에 있어서 부문들 간의 차이를 살펴본다. 기술 궤적 분석에서는 각 산업부문의 특징을 기술 주기, 기술 범위의 관점에서 검토한다. 분석 내용은 <표 1>에 정리되어 있다.

<표1> 분석 내용

분류	특허 네트워크	기술 궤적
	네트워크 밀도	기술 주기
세부 분석	네트워크 중심성	기술 범위
	지식 흐름	

4. 데이터 설명

수집된 데이터는 미국의 국가경제연구소(NBER²)가 제공한 특허정보로, 1975년부터 1999년까지 미국 특허청에 출원된 약 2백만 개 특허에 대한 상세정보와 그 특허들간에 이루어진 모든 인용관계에 대한 가공된 정보를 포함하고 있다. 분석에 앞서 데이터들은 본 연구에서 실행하고자 하는 분석에 적합한 형태로 가공되었다.

각 특허 정보는 일반적인 정보와 인용 정보의 두 가지로 분류된다. 일반적인 정보는 특허 자체의 보편적인 정보로서 특허번호, 출원년도, 기술분류, 권리 청구 항목 수가 포함되고, 인용 정보에는 관련된 다른 특허와의 관계를 규명하는 것으로서 관련 특허를 인용한 횟수, 인용한 특허의 특허 번호, 인용한 특허의 기술분류가 포함된다. 다음 <표2>는 특허정보의 다양한 특성을 설명하고 있다.

<표2> 특허정보 항목

특허정보 항목		입력 유형(단위)
상위 레벨	하위 레벨	
일반 정보	특허번호	Ordinal
	출원년도	Interval
	기술분류	Nominal
	권리 청구 항목 수	Ratio
인용 정보	인용한 횟수	Ratio
	인용한 특허 번호	Ratio
	인용한 특허의 기술분류	Ordinal

1975년에서 1999년 사이에 미국 특허청에 출원된 특허는 특허번호 3858241에서 6009554까지 이르며, 본 연구는 특허의 인용관계를 규명 지을 수 있는 총 1,828,592개를 선택하였으며, 이들 간의 인용관계는 12,541,698개에 이른다. 본 연구의 목적이 특허정보를 통해 산업분야별 혁신의 유형을 검토하는 것이므로 우선적으로 기술분류를 명확히 정의하고 이 분류에 속하는 특허청의 특허 분류를 연결시킴으로써 각 특허를 본 연구에서 제안하는 기술분류에 할당하였다. 따라서 <표2>의 각 특허와 그들이 인용하는 특허의 기술 분류는 각 특허에 부여된 미국 특허청의 특허 분류를 토대로 하여 기술 분류를 각 특허에 할당하여 가공한 것이다. <표3>은 제안된 6개의 기술 분류의 명칭과 주요한 산업 그리고 포함되는 특허의 수를 정리한 것이다.

² National Bureau of Economic Research

<표3>기술분류 및 각 분류별 기술부문

기업 유형	중요 기술(산업)부문	특허수	
공급자 주도형	Agriculture, Food, Textiles, Coating, Apparel, Furniture, House Fixtures	187,140	
생산 집약형	Gas, Power systems, Materials Processing & Handling, Metal Working, Engines & Parts, Optics, Transportation, Motors, Miscellaneous-Mechanical, Heating, Receptacles	578,215	
전문공급자형	Surgery & Medical Instruments, Measuring & Testing, Pipes & Joints	169,054	
과학 기반형	화학 기반형	Organic Compounds, Resins, Miscellaneous-Chemical	334,746
	생명과학 기반형	Drugs, Biotechnology, Miscellaneous-Drugs & Medical	101,122
	정보과학 기반형	Electrical Lighting, Nuclear & X-rays, Semiconductor Devices, Miscellaneous-Electronics, Computer Peripherals, Communications, Information Storage, Computer Hardware & Software	458,321

5. 분석 결과 및 해석

다량의 특허 데이터는 혁신의 산업부문별 특성을 연구하는데 있어 풍부한 정보를 제공하고 통계적 유의성을 보장하고 있다고 할 수 있다. 본 장에서는 산업부문 간의 차이를 앞에서 제안한 특허 네트워크와 기술 궤적의 측면에서 분석하여 제시한다. 따라서 여기에서는 두 분석 각각의 내용과 방법을 설명하고 실제 특허 데이터를 이 분석에 적용한 결과를 정리하고자 한다.

5.1. 특허 네트워크 분석 (Patent Network Analysis)

특허 네트워크를 통해 기술개발과정에서 산업내, 산업간 지식흐름을 파악할 수 있다. 네트워크 밀도와 중심성은 특허 네트워크 분석에서 핵심적인 지표로 이를 통해 산업부문 내에서 지식의 연결관계에 대한 정보를 얻을 수 있으며, 지식흐름 분석을 통해 산업부문 간 관계에 대한 정보를 얻을 수 있다.

■ 네트워크 밀도 (Network Density)

네트워크 밀도는 노드들이 구성하고 있는 전체 네트워크의 특성을 설명할 수 있다. 이는 노드들이 맺고있는 관계 행렬에서 실제로 발생한 연결관계의 수를, 모든 가능한 연결관계의 수 (g^2-g)로 나누어 계산한다.(Knoke and Kuklinski, 1982) 단, 노드의 수가 많은 경우 지표 값이 매우 작아지게 되어 네트워크 밀도를 비교하는 것이 어려워지므로 본 연구에서는 분모를 g 로 수정하여 네트워크 밀도를 정의하고자 한다.

$$\text{Density} = \frac{\sum_{i=1}^g d(n_i)}{g}, \quad d(n_i): i \text{ 번째 노드와 연결된 노드의 수}$$

결과에 의하면, 전문 공급자형 산업의 네트워크 밀도가 다른 부문에 비해 높다. 이는 이 산업 부문에서 특허의 전체 범위가 다소 좁고 특허 지식 자체가 매우 부문 특성적(sector-specific)이기 때문에 기계나 장비 산업에서의 기업간에는 전문 지식공유가 상대적으로 활발함을 의미한다. 이와는 대조적으로 생명과학 기반형 기업들은 산업 자체가 아직 초기 발전 단계에 머무르고 있고 생명공학기술의 범위가 매우 넓기 때문에 이 산업부문 내에서 특허들 간의 관계는 크게 밀접하지 않다. 각 산업부문별 네트워크 밀도는 <표4>에 나타나 있다.

■ 네트워크 중심성 (Network Centrality)

네트워크 중심성은 네트워크 전체가 소수의 노드에 집중되어 있는 정도를 산출하는 것이다.(Wasserman and Faust, 1994). C_D 를 네트워크 중심성으로 표현하였을 때, $C(n_i)$ 는 노드의 중심성 지수로 네트워크 밀도에서 계산되는 $d(n_i)$ 와 동일하다. $C(n^*)$ 를 노드들의 중심성 지수 중 가장 큰 값이라 한다면, C_D 는 중심성 지수의 최대값과 각 노드들의 중심성 지수값과의 차를 더한 값인 $\sum_{i=1}^g C(n^*) - C(n_i)$ 을, 노드들이 맺을 수 있는 관계의 이론상 최대값인 $(g-1)^2$ 로 나눈으로써 구할 수 있다.

$$C_D = \frac{\sum_{i=1}^g C(n^*) - C(n_i)}{(g-1)^2}$$

이 지표는 지식 유입과 지식 방출의 두 가지 경우에 대해 계산할 수 있으며 이는 네트워크 전체에서 차지하는 특정 노드의 영향을 살펴보는 데 중요한 역할을 한다. 즉, 특허 네트워크의 중심성은 지식흐름의 집중도를 이해하는데 도움을 준다고 할 수 있다.

<표4>에 의하면, 세 개의 과학 기반형 부문과 전문 공급자형은 공급자 지배형과 규모 집약형 부문에 비해 더 높은 네트워크 중심성을 가지고 있다. 이는 앞서 언급된 부문들이 지식의 흐름 측면에서 몇몇의 특허에 집중되어 있음을 의미한다. 즉, 이 부문에서는 기술 수준이 비교적 높고 복잡하기 때문에 몇 개의 특정한 특허들이 영향력을 가지며 그 이외의 많은

특허가 이들 기술들에 의해 파생되는 구조를 가지고 있다. 한편 다른 부문과는 대조적으로 생명과학 기반형 부문의 경우, 지식 유입에서의 중심성은 높지만 지식 방출의 중심성은 낮다. 이는 지식 방출의 정도가 거의 유사한 많은 특허 자식이 몇 개의 복잡한 특허로 유입되고 있음을 의미한다.

<표4> 산업부문 별 네트워크 밀도와 중심성

분류	밀도	중심성	
		지식 유입	지식 유출
공급자 지배형	6.69	0.000728	0.000515
규모 집약형	6.45	0.000285	0.000306
전문 공급자형	8.24	0.001637	0.001691
화학 기반형	6.54	0.001713	0.000993
생명과학 기반형	6.20	0.002866	0.00768
정보과학 기반형	7.29	0.001498	0.001575

■ 지식 흐름 (Knowledge Flow)

산업간의 지식 흐름을 파악하기 위해서는 앞에서 행했던 네트워크 밀도와 중심도의 경우 특허가 노드, 특허 인용 관계가 관계였던 것과는 달리 여기에서는 노드들을 여섯 개의 산업 부문으로, 노드들간의 관계는 부문간 지식의 흐름으로 정의해야 한다. 산업간 지식 흐름의 네트워크를 생성하기 위해 본 연구에서는 우선 특허인용관계를 토대로 산업부문간 지식흐름의 행렬을 만들었으며 이는 <표5>와 같다. 각 열은 지식 제공자이며, 각 행은 지식 수용자이다. (n_i, n_j) 셀 상단에는 n_i 의 전체 지식 유입에서 n_j 으로부터 유입된 지식의 양의 비율을, 하단에는 n_j 의 총 지식 유출에서 n_i 로 유입된 지식의 양의 비율을 퍼센트(%)로 표시하였다.

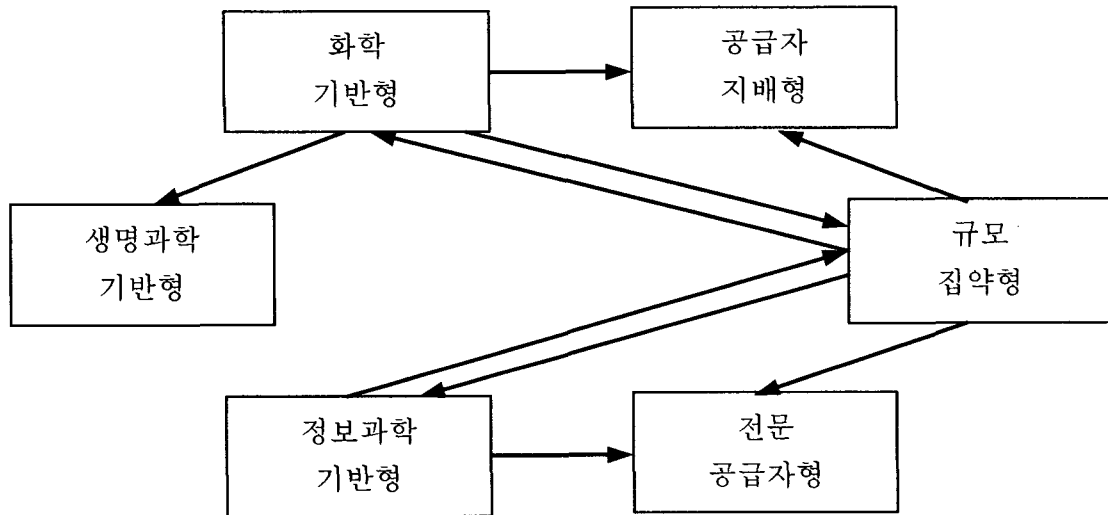
<표5>에서 알 수 있듯이 정보과학 기반형 기업들은 동종 산업에서의 특허 지식을 활용하는 경향이 높은데, 이것은 이 부문이 다른 부문들과 다소 독립적이기 때문으로 해석할 수 있다. 한편, 생명과학 기반형 기업들은 동종 산업의 특허 지식 활용도가 낮은 반면 타 부문으로부터의 지식 유입이 매우 활발한데, 이것은 점진적이고 누적적으로 발전하는 생명공학 기술의 특성 때문으로 간주된다. 또한 타 산업과의 지식 흐름에 대해 비교하면, 규모 집약형 부문에서 공급자 지배형 부문으로의 흐름과 화학기반형 부문에서 생명과학 기반형 부문으로의 흐름은 의미 있는 부분이다. 특히 화학기반형 부문에서 생명과학 기반형 부문으로 향하는 기술지식이 매우 많다는 사실은 생명공학기술이 화학에 기초를 두고 있다는 사실을 반영하는 것이라고 볼 수 있다.

<표5>각 산업부문의 지식흐름 행렬

지식 유출 지식 유입	공급자	규모	전문	화학	생명과학	정보과학
	지배형	집약형	공급자형	기반형	기반형	기반형
공급자	71.3	12.1	2.9	9.3	1.4	3.0
지배형	73.1	4.0	2.7	5.1	3.1	1.1
규모	3.6	81.3	2.9	5.3	0.3	6.6
집약형	11.0	80.3	7.8	8.7	1.8	7.5
전문	2.5	8.5	76.1	3.0	2.0	8.0
공급자형	2.8	3.1	76.5	1.8	5.0	3.4
화학	4.4	8.7	1.9	78.5	3.8	2.7
기반형	7.9	5.0	3.1	75.4	15.1	1.8
생명과학	4.3	2.3	4.9	22.3	65.5	0.7
기반형	2.2	0.4	2.2	6.1	74.4	0.1
정보과학	1.1	8.2	3.2	1.9	0.1	85.5
기반형	2.9	7.2	7.8	2.8	0.6	86.1

위 행렬을 바탕으로, Pavitt 논문에서 제시한 것과 유사한 지식흐름의 다이어그램을 만들 수 있다. 공급자 지배형 기업들이 규모 집약형, 화학 기반형 기업들로부터 기술지식을 제공 받는다는 점과 규모 집약형, 과학 기반형 기업들이 그들의 기술을 전문 공급자형 기업들에게 전파한다는 점은 Pavitt의 분석과 유사하다.

그러나 Pavitt의 제안과는 달리, 전문 공급자형 부문으로부터 규모 집약형 기업들과 정보과학 기반형 기업들에게 전달되는 지식의 양은 많지 않으며 또한 규모 집약형 기업들도 과학기반형 기업들(특히 화학 기반형과 정보과학 기반형 부문)에게 기술 지식을 전파하는 양상을 보인다. 결론적으로 규모 집약형 부문과 과학 기반형 부문은, 후자가 전자에게 기술지식의 원천을 제공하고, 전자는 후자가 적용될 수 있는 기술적인 바탕을 제공하는 상보적 관계를 맺고 있다고 볼 수 있다. 본 연구에서의 산업간 지식 흐름 도출은 과학 기반형 부문을 세분화함으로써 기술 지식이 다른 부문에 비해 상대적으로 많은 과학 기반형 부문 내에서의 흐름을 분석할 수 있도록 하고, 이 산업부문과 다른 산업부문과의 흐름 관계에 대해 좀더 상세하고 풍부한 정보를 제공하고 있다고 볼 수 있다. 그 결과 과학 기반형 부문에서 다른 과학 기반형 기업들이 다른 산업 부문과 활발한 지식 흐름을 보이고 있지만 생명과학 기반형 기업들은 화학 기반형 기업들과의 밀접한 관계만을 보이고 있음을 확인할 수 있다. 또한 공급자 지배형과 전문 공급자형과 연관된 과학 기반형 부문의 세부 부문은 각각 화학 기반형, 정보과학 기반형임이 분석을 통해 도출되었다. [그림1]은 Pavitt이 제시한 다이어그램과 유사하게 본 연구에서 제안한 6개의 산업 부문들 간의 지식 흐름을 표시한 것이다.



[그림1] 산업부문 간의 지식 흐름

5.2. 기술 궤적 (Technology Trajectory)

■ 기술 주기 (Technology Cycle Time)

특히 네트워크에서의 기술 주기는 인용된 특허와 인용한 특허의 출원연도 차의 평균값으로 정의한다. 이 지표는 각 특허의 기술적인 영향력의 지속 기간을 분석하기 위해 사용될 수 있다. <표6>에서 확인할 수 있듯이, 특허의 기술 주기는 평균적으로 7.58년(정보과학 기반형)에서 10.79년(공급자 지배형)까지 다양하다. 이는 농업이나 전통적인 제조업 분야가 상대적으로 느리게 진보하는 반면, 전자나 통신 분야에서의 기술은 급속히 성장하고 있음을 나타낸다. 동적 분석 결과는 이러한 두 산업간의 차이를 더 확연하게 해준다. 기술 주기를 볼 때, 두 산업부문의 초기 지표 값은 거의 비슷하지만 시간이 지날수록 그 차가 커져서 마지막에는 4년 정도의 격차가 발생한다. 즉, 정보 과학 기반형 부문의 기술 주기는 2년 정도 증가하지만, 공급자 지배형 부문의 기술 주기는 6년까지 증가한다. 동적 분석의 길이가 길어질수록 인용 특허와 피인용 특허의 출원연도 차이가 커지게 되지만 정보과학 기반형 부문의 변동은 크지 않은 반면, 공급자 지배형 부문은 기술 주기의 증가가 확연하다. 따라서 정보과학 기반형 부문이 시간이 지남에 따라 급속히 변화하는 경향이 있으며 기술 지식의 창출의 측면에서 관련된 지식을 비교적 최신 특허로부터 제공받을 수 있다. 또한 공급자 지배형이나 규모 집약형 부문이 전문 공급자형과 과학 기반형 부문보다 상대적으로 기술 주기가 긴 것으로 분석되었으며, 이것은 전통 산업과 첨단 산업의 특성 차이로 해석할 수 있다.

위의 결과는 일원분산분석(one-way ANOVA)를 통해 통계적 유의성이 검증되었다. 즉, 유의 수준 0.05에서 각 산업 부문들간의 기술 주기의 차이가 존재한다는 것을 보이고 있다.

<표6> 동적분석을 통한 기술 주기 비교

산업 분류	기술 주기					평균
	1975 ~ 1979	1980 ~ 1984	1985 ~ 1989	1990 ~ 1994	1995 ~ 1999	
공급자 지배형	6.45	8.59	10.30	11.25	12.32	10.79
규모 집약형	6.14	8.23	9.82	10.42	11.38	10.01
전문 공급자형	6.02	8.18	9.51	9.81	10.31	9.68
화학 기반형	5.92	7.76	9.32	10.45	11.41	9.77
생명과학 기반형	5.43	6.88	8.33	8.97	9.91	9.10
정보과학 기반형	5.41	7.15	7.85	7.70	7.75	7.58
통계적 유의성	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*

■ 기술 범위 (Technology Scope)

기술 범위는 각 특허별 권리 청구 항목 수를 평균하여 계산한다. 권리 청구는 특허 등록된 특허의 기본 내용을 상세하게 명시하고 있으므로 그 항목의 수는 기술의 ‘범위’ 혹은 ‘깊이’를 나타낸다.(Lanjouw and Schankerman, 1999)

<표7>에서 보면 과학 기반형 산업 부문의 평균 권리 청구 항목 수가 공급자 지배형이나 규모 집약형 부문에 비해 많다. 특히 생명과학 분야의 특허인 경우, 1975년부터 1999년까지 꾸준히 높은 값을 보이므로 이 분야의 특허들은 가장 포괄적인 기술 분야를 포함하고 있고 기술의 내용이 매우 세부적임을 알 수 있다.

동적 분석의 측면에서는 공급자 지배형과 규모 집약형 부문 특허의 권리 청구 항목 수가 분석 길이가 길어짐에 따라 다른 부문에 비해 상대적으로 낮은 값을 유지하는데 반면, 정보과학 기반형 부문 특허의 지표는 1990년대에 갑자기 증가하는 추세를 보인다. 이는 1990년대에 정보과학 기반형 부문의 기술 내용이 한층 포괄적이고 자세하게 변화했으며, 반도체나 컴퓨터 및 통신산업에 있어서 개술개발경쟁이 심화되었음을 의미한다.

그러나 각 산업 부문들에서의 권리 청구 항목 수 값의 변화 추이를 보면 크기의 차이는 있으나 산업에 구분 없이 같이 증가하고 있음을 확인할 수 있다. 이것은 모든 산업 영역에서의 기술 개발 경쟁은 심화되어 가고 있으며 동시에 기술의 수준 또한 상당한 정도로 진보했음을 보여주고 있는 것이다. 다음 <표7>은 각 산업 부문별 권리 청구 항목의 수를 시간의 흐름에 따라 정리하고 값의 평균을 산출한 것이다.

<표7> 산업부문별 권리 청구 항목 수

산업 분류	권리 청구 항목 수					평균
	1975 ~ 1979	1980 ~ 1984	1985 ~ 1989	1990 ~ 1994	1995 ~ 1999	
공급자 지배형	9.41	10.40	11.59	12.67	13.71	11.76
규모 집약형	9.45	9.89	10.78	12.33	13.86	11.41
전문 공급자형	9.72	10.56	11.84	13.43	15.32	12.74
화학 기반형	10.21	11.36	12.45	12.91	14.04	12.25
생명과학 기반형	11.90	12.88	13.39	13.21	15.41	13.82
정보과학 기반형	10.02	10.59	11.70	13.48	15.66	13.12
통계적 유의성	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*

6. 결론

본 연구에서는 특허 정보를 네트워크 분석에 적용하여 기술지식의 흐름과 기술 궤적을 분석함으로써 산업 분야별 기술 특성의 차이를 검토해 볼 수 있었다. 이러한 접근 방법은 Pavitt의 연구에서 파악된 산업의 구조가 최근의 새로운 패러다임을 포괄하기에는 부족하며, 분석에 쓰여진 자료의 양이 불충분하고 정성적 분석 위주라는 문제 의식에서 출발하였기 때문에 객관적이고 정량적인 분석을 위해서 특허 정보와 네트워크 분석을 채택하였다.

이를 활용하여 산업부문간 기술 특성의 차이를 지식 흐름의 밀도나 집중도, 산업간 흐름의 측면에서 조명하기 위해 특허 네트워크 분석을 제안하였으며, 기술 궤적 분석에서는 특허의 인용 정보와 권리 청구 수 정보 등을 토대로 기술 주기와 기술 범위를 분석, 비교하였다. 또한 과학 기반형 부문을 화학 기반형, 생명과학 기반형, 정보과학 기반형 부문으로 세분화하여 Pavitt의 분류를 수정함으로써 최근 기술변화의 경향을 반영하고자 했다. 그러나 특허정보는 기술원천, 공정혁신의 원천, 제품과 공정혁신 간의 비율 등을 포함하는 기술 궤적의 모든 범위를 설명해 줄 수는 없다. 따라서 Pavitt이 제시한 산업부문별 특성 중 일부에 대해서는 실증적으로 설명할 수 없었다.

추후연구는 신기술의 최신 경향을 반영하여 Pavitt의 분류를 수정하는 데 초점을 맞출 수 있을 것이다. 또한 각 산업 부문별 특성을 설명하는 요소들을 정의하는 것이 중요하기 때문에 기술 궤적을 설명할 수 있는 특허 정보의 변수들을 도출해 내는 것은 중요한 의미를 지닐 것이다. 마지막으로 특허 정보와 함께 발명자 정보를 고려하여 혁신 기업들의 특성 차이를 분석한다면 기업의 기술 전략 수립에 도움을 줄 수 있을 것이다.

참고 문헌

1. Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmen, M., Richne, A., 2002, 'Innovation systems: analytical and methodological issues', *Research Policy* 31, 233–245.
2. Dodgson, M., Rothwell, R., 1994, *The Handbook of Industrial Innovation*, Edward Elgar Publishing, UK.
3. Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G., Soete, L., 1988, *Technical Change and Economic Theory*, Pinter Publish, London, UK.
4. Edquist, C., Jacobsson, S., 1997, *Institutions and organizations in systems of innovation*, In: Edquist, C. (Ed.), *Systems of Innovation*, Frances Pinter, London, UK.
5. Freel, M., 2002, 'Sectoral patterns of small firm innovation, networking and proximity', *Research Policy* 31, 1–20.
6. Freeman, C., Perez, C., 1988, *Structural crises of adjustment: business cycles and investment behaviour*, In: Dosi et al. (Ed.), *Technical Change and Economic Theory*, Pinter Publish, London, UK.
7. Grandstrand, O., 1999, *The Economics and Management of Intellectual Property: Toward Intellectual Capitalism*, Edward Elgar, UK.
8. Grilliches, Z., 1990, 'Patent statistics as economic indicators: a survey', *Journal of Economic Literature* 28, 1661–1707.
9. Hichs, D., Breitzman, T., Olibastro, D., Hamilton, K., 2001, 'The changing composition of innovative activity in the US: a portrait based on patent analysis', *Research Policy* 30, 681–703.
10. Holl, B., Jaffe A., Trajtenberg M., 2000, *Market Value and Patent Citations: A First Look*, NBER working paper series, Cambridge, MA.
11. Jaffe, A., Trajtenberg, M., 1999, 'International knowledge flows: evidence from patent citations', *Economics of Innovation of New Technology* 8, 105–136.
12. Karki M., 1997, 'Patent citation analysis: a policy analysis tool', *World Patent Information* 19(4), 269–272.
13. Keizer, A., Dijkstra, L., Halman, I., 2002, 'Explaining innovative efforts of SMEs. An exploratory survey among SMEs in the mechanical and electrical engineering sector in the Netherlands', *Technovation* 22, 1–13.
14. Lanjouw, J., Schankerman, M., 1999, 'The quality of ideas: measuring innovation with multiple indicators', National Bureau of Economic Research, working paper no. 7345.
15. Leoncini, R., Maggioni, M., Montresor, S., 1996, 'Intersectoral innovation flows and national technological systems: network analysis for comparing Italy and Germany', *Research Policy* 25, 415–430.

16. Malerba, F., 2002, 'Sectoral systems of innovation and production', *Research Policy* 31, 247–264.
17. Malerba, F., Orsenigo, L., 1999, 'Technological entry, exit and survival: an empirical analysis of patent data', *Research Policy* 28, 643–660.
18. Malera, F., Orsenigo, L., Peretto, P., 1997, 'Persistence of innovative activities, sectoral patterns of innovation and international technological specialization', *International Journal of Industrial Organization* 15, 801–826.
19. Marchi, M., Napolitano, G., Taccini, P., 1996, 'Testing a model of technological trajectories', *Research Policy* 25, 13–23.
20. Mitchell, J., 1969, The concept and use of social networks, In: Mitchell, J. (Ed.), *Social Networks in Urban Situation*, Manchester University Press, Manchester, UK.
21. Moguee, M., 1991, 'Using patent data for technology analysis and planning', *Research–Technology Management* 34, 43–49.
22. Narin, F., Noma, E., 1987, 'Patents as indicators of corporate technological strength', *Research Policy* 16, 143–155.
23. Niosi, J., Saviotti P., Bertrand B., Michael C., 1993, 'National systems of innovation: in search of a workable concept', *Technology in Society* 15, 207–227.
24. Paci, R., Sassu, A., Usai, S., 1997, 'International patenting and national technology specialization', *Technovation* 17(1), 25–38.
25. Pavitt, K., 1984, 'Sectoral patterns of technical change: toward a taxonomy and a theory', *Research Policy* 13, 343–373.
26. Park, Y., Kim, M., 1999, 'A taxonomy of industries based on knowledge flow structure' *Technology Analysis & Strategic Management* 11, 541–549.
27. Souitaris, V., 2002, 'Technological trajectories as moderators of firm-level determinants of innovation', *Research Policy* 31, 877–898.
28. Trajtenberg, M., 2002, A penny for your quotes: patent citations and the value of innovations, In: Jaffe, A., Trajtenberg, M. (Ed.), *Patents, Citations and Innovations*, the MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, UK.
29. Wasserman, S., Faust, K., 1994, *Social Network Analysis: Method and Applications*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
30. Zagler, M., 2002, 'Services, innovation and the new economy', *Structural Change and Economic Dynamics* 13, 337–355.