

## 특허 인용 정보를 이용한 과학-기술-산업 지식흐름에 관한 연구

A Study on the Knowledge Flow of Science, Technology and Industry using Patent Citation Information

권오진, 노경란, 서진이, 김완중, 정의섭, 박현우  
한국과학기술정보연구원

Kwon Oh-Jin, Noh Kyung-Ran, Seo Jinny, Kim Wan-Jong,  
Jeong Eui-Seob, Park Hyun-Woo  
Korea Institute of Science & Technology Information

### 요약

과학 기술 정책 및 산업 정책을 수립하기 위해 과학, 기술, 산업의 지식 흐름에 대한 연구가 최근 활발히 진행되고 있다. 지금까지 과학, 기술, 산업 간의 관계를 규명하기 위한 연구는 과학과 기술 측면, 기술과 산업 측면에서 주로 연구되었고, 과학-산업측면에 대한 연구는 미진한 상황이다. 본 연구는 특허인용정보를 사용하여 과학-기술-산업에 대한 지식흐름을 측정하는 방법을 제시하고자 한다. 특허와 이 특허에 인용된 학술문헌정보간 매핑을 통해 구해진 과학-기술간 지식흐름 데이터와, OECD가 발표한 특허와 산업간 매핑 소프트웨어인 OTC 프로그램을 이용하여 구해진 기술-산업간 지식흐름 데이터를 토대로 네트워크 링크 가중치 계산 방법인 오버랩 함수를 적용하여 과학-산업간 지식흐름을 규명하는 방법을 제시하고자 한다.

### Abstract

Recently, several studies have been carried on knowledge flow of science, technology, industry to establish STI policy. Still it is lack of studies on relationship of science-industry although there have been studied only in aspect of science-technology relationship or technology-industry relationship. This paper's purpose is to propose method to measure knowledge flow among science, technology, and industry by means of patent citation. After gathering knowledge flow data between science and technology through mapping citing patent and cited paper, it gets knowledge flows data between technology-industry by using OTC (OECD Technology Concordance), technology-industry mapping program. Based on 2 types of knowledge flow data, it propose method to examine knowledge flow from science to industry by applying overlap function is a network link weight function.

## 1. 서론

21세기는 지식기반경제의 시대로 경제성장은 과학기술을 포함하는 지식을 얼마나 생산하고 이용하느냐에 달려있다. 또한 지식의 융합화와 혁신주체간 네트워크를 통한 새로운 가치창출현상은 더욱 두드러질 것으로 예견되고, 이러한 패러다임에 있어서 기술혁신과 경제성장에 기여하기 위한 방식으로 학계, 연구계, 산업계까지 포함한 연계시스템이 절실히 요구되고 있다. 과학기반으로 성장하는 산업은 OECD 국가들의 성장을 주도하고 있으며, 이 때문에 모든 국가는 과학과의 연계를 증가시키기 위해 노력하고 있다.

과학기술은 기술혁신이라는 복합적 과정을 통해 경제발전 에 기여하고, 궁극적으로 인간의 삶을 풍요롭게 만들어주는 원천이 되고 있다. 선진국은 장기적 경제발전 에 있어 과학과 기술의 중요성을 경험적 증거에 의해 지지한다.

활발한 기술혁신은 혁신주체간 활발한 상호작용을 통해서

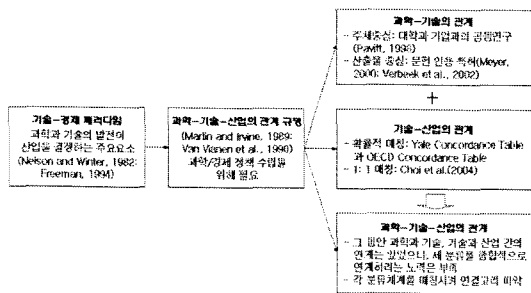
이루어지며, 이들 상호작용을 명시적으로 고려한 것이 지식흐름(knowledge flow)이다(박규호 2005). 지식흐름은 일반적으로 기술적 진보를 가능케 하며, 그 결과 경제발전을 지원한다고 가정된다.

과학기술이 경제발전에 미치는 영향은 많은 연구에서 제시되고 있고, 이러한 관계는 기술-경제 패러다임(techno-economic paradigm)으로 해석되고 있다. 공공과학(public science)이 기술에 끼친 기여도를 측정하고자 하는 노력에는 과학과 기술간 다양하고 많은 지식흐름에 대한 깊은 통찰력을 필요로 한다.

과학, 기술, 산업의 관계는 매우 복잡하고, 시간에 따라 변하기 때문에 과학적 연구가 지니고 있는 가치와 그 경제적 효과를 분명하게 평가하는 것뿐만 아니라 이들 3 영역을 묶어 하나의 모델로 만드는 것이 거의 불가능하다고 여겨져왔다. 또한 과학, 기술, 경제는 각각의 본연적 목적이 차별화되며, 그 활동 주체 역시 과학자, 기술자, 기업이라는 다른 형태로

구성되어 있어, 이들 간의 관계를 체계적으로 분석하기 위한 연결고리를 찾는 일은 쉽지 않은 것으로 여겨졌기 때문이다. 지식흐름을 따로 떼내어 측정하고 모형화하는 것이 어렵으며, 지식흐름이 갖는 중요성에도 불구하고 이 지식흐름을 측정하거나 추적할 수 있는 수단이 마땅치 않았기 때문이다.

그림에도 불구하고, 이들 간에 상호의존적 관계를 밝혀냄으로써 향후 과학기술정책을 모색하려는 노력은 지속되었다. 과학-기술-산업 연계의 필요성을 <그림 1>과 같이 나타낼 수 있다.



▶▶ 그림 1. 과학-기술-산업 연계의 필요성

기존 지식의 흡수와 활용, 새로운 지식의 창출을 위한 지식의 제공 등 지식흐름의 관계를 분석하기 위해 인용분석을 기본적으로 사용하며, 지식흐름의 복합적 현상을 분석하기 위해 네트워크 분석을 적용하고자 한다. 이러한 분류연계와 분석 방법론을 기초로 과학과 기술, 산업간 지식흐름의 연계구조 규명을 통한 기술혁신 추세분석의 기본적인 틀을 제시하고자 한다.

## 2. 기존 연구

### 2.1 과학과 기술의 연계

오랫동안 과학과 기술간 관계는 기초과학연구, 응용연구 및 기술발전, 그리고 경제성장 및 그에 따른 국가변영이라는 선형흐름으로 받아들여졌다. 2차세계대전 이후 1950~60년대 기초과학연구가 기술발전을 이끄는 추진력이며 결국에는 경제 성장을 가져온다는 생각이 지배적이었다. 이는 미국이 모든 주요 분야에서 매우 높은 수준의 연구성과를 달성하는데 성공하였을뿐만 아니라, 그러한 연구성과를 국가의 이익으로 전환하는 자본화에도 성공하였기 때문이다(조황희, 박수동 2000).

Toynbee는 과학기술간 상호작용을 한쌍의 댄서에 비유하고 있으며, Price와 Rosenberg & Birdzell은 과학기술 상호작용에 대한 정성적 이해를 확립시켰다. Schmoch는 'science-technology interaction'이란 용어를 사용하여 과학

과 기술간 실질적 관계를 표현하고자 하였다. Meyer는 과학과 기술간 지식흐름이 순차적, 단방향으로만 발생하지 않으며, 훨씬 상호호혜적이고 다면적으로 상호작용이 발생한다고 주장한다.

특허인용정보는 과학과 기술간 다면적 상호작용을 보여줄 수 있다. 과학과 기술간 지식흐름은 항상 과학에서 기술로 순차적으로 발생하지는 않으며, 최소한 양방향을 가지고 있으며, 다양한 방향을 지니고 있으며 지속적으로 발생한다.

### 2.2 기술과 산업의 연계

최근 연구들이 특허인용관계를 활용한 지식흐름 측정 및 급효과 분석으로 전개되고 있지만 기술과 산업간 관계를 실질적으로 규명한 연구는 활발히 진행되지 못했다. 기술과 산업의 연관관계를 살펴보기 위해 가장 먼저 진행되어야 할 필요가 있는 것은 특허의 분류와 산업의 분류를 일치시키는 일이다. 1974년 미국 NSF에서 미국특허분류(USPC)를 산업분류(SIC)로 연계하고자 한 시도가 있던 후 기술과 산업간 연계가 구체적으로 분석 제안되었으며, 캐나다 특허청은 1972년부터 1995년까지 30만건에 달하는 등록특허에 IPC뿐만 아니라 제조부문코드(Industry of Manufacture: IOM)과 이용부문코드(Sector of Use: SOU)를 동시에 부여하였다.

Yale 대학에서는 이 30만건의 데이터를 이용하여 특정 IPC를 가진 한 건의 특허가 특정 IOM-SOU 결합을 가질 확률을 결정하는 테이블을 YTC(Yale Technology Concordance)를 발표하였다. 하나의 기술이 반드시 하나의 산업에 매칭이 되지 않기 때문에 이 역시 확률로 계산되는 복잡한 형태를 띄게 되었다. 캐나다 특허청에서 IOM과 SOU 부여시 사용한 분류표가 SIC-E version이므로, OECD는 국제표준산업분류체계 (ISIC-rev.3)에 맞춘 OTC (OECD Technology Concordance)연계표를 발표하였다(Johnson 2002).

이원영 등(2004)은 미국특허청과 한국특허청의 특허 DB를 활용하여 특허간 인용과 피인용관계를 활용하여 기술과 산업간 연계관계를 규명하고자 하였다. 이를 위해 어떤 기술이 어떤 산업으로 활용되는가를 나타내는 기술-산업 매트릭스를 작성하였다. 즉 미국특허의 기술중 한국과학기술분류 58개 항목과 매칭되는 기술들만 선별하여 27개 항목으로 구성된 한국표준산업분류로 변환하는 방법을 취하였다. 이들의 연구는 OTC에 비해서 상당히 간략화를 하여 현실의 왜곡이 있을 수 있다는 단점이 있지만, 간편하게 이용할 수 있다는 장점이 있다.

### 2.3 과학·기술·산업 연계

과학의 진보와 발명이 외생적으로 기술혁신을 결정하고 기

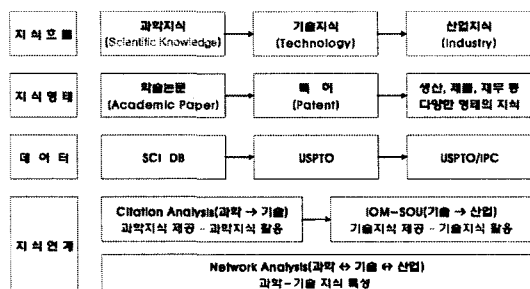
술혁신은 다시 시장구조와 기업의 산출 및 이윤에 영향을 미쳐 궁극적으로 경제발전에 기여한다는 스펀터의 가설이 1950년대 솔로우 등의 경제학자들에 의해 실증적으로 검증되었다.

최근에 수행된 연구결과들에 의하면 과학과 기술의 강력한 관계, 그리고 과학과 기술이 경제적 진보에 끼친 영향에 이의를 제기하지 못한다. 그러나 이들 연구들은 과학과 기술간, 학계와 산업계간 지식흐름의 방향에 대해 이의를 제기한다.

상호작용 모형의 출현 이후, 과학, 기술, 산업 간의 관계를 규명하려는 노력은 다각도에서 진행되었다. 몇몇 연구는 과학과 기술의 측면에서, 어떤 연구는 기술과 산업 측면에서, 또 다른 연구는 과학과 산업의 측면에서 관계를 밝히고자 하였다. 그러나 하나의 과학(과학지식 또는 과학연구 결과)이 하나의 기술, 산업에 연계되지 않고, 기술 또한 하나의 산업에 연계되지 않아, 이들 간의 관계를 전체적으로 조명할 수 있는 틀은 적절히 제시되고 있지 못한 상태이다. 더욱이 국가 수준에서 오랫동안 축적되고 분류된 과학, 기술, 산업관련 정보가 존재하지 않아, 거시적 측면의 '큰 그림'을 그리려는 노력이 부족할 수밖에 없었다.

### 3. 지식흐름 규명 방법론

과학-기술-산업간 지식흐름을 분석하기 위한 기본적인 방법론은 <그림 2>와 같다. 과학지식으로부터 기술지식을 거쳐 산업지식으로 이어지는 지식흐름, 학술논문, 특허, 제품으로 대표되는 지식형태, SCI 수록논문과 미국특허데이터 등과 같이 지식을 구체적으로 측정하기 위한 데이터, 그리고 인용 분석과 IOM-SOU 분석을 이용하여 과학과 기술간, 기술과 산업간 지식흐름을 측정하였다.



▶▶ 그림 2. 과학-기술-산업 지식흐름의 연계구조 파악을 위한 세부 분석 방법

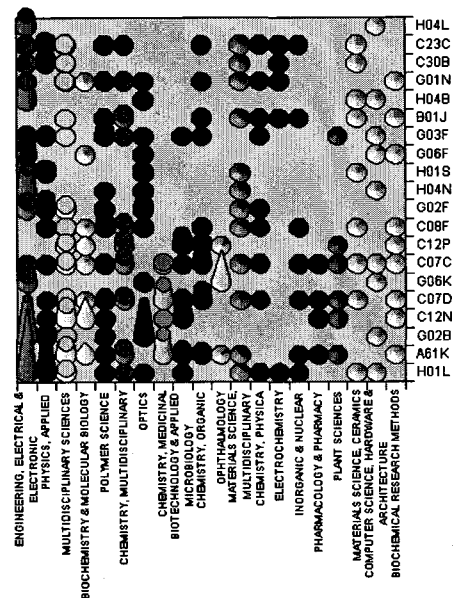
과학-기술-산업간 지식흐름을 분석하기 위해 활용한 특허 자료는 미국특허청에 1990년부터 2004년까지 등록된 한국특허이다. 출원인 또는 발명자의 국적이 한국으로 지정된 미국 특허중 SCIE 수록논문을 인용하고 있는 2,791건의 특허와 이 특허에 인용된 SCIE 수록논문 9,205건을 이용하였다.

과학-기술간 지식흐름을 규명하기 위해 Thomson ISI의 학문분류체계와 IPC 특허분류체계를 활용하였다. 기술-산업간 지식흐름을 규명하기 위해 OECD의 OTC 체계를 활용하였다. 그리고 과학-산업간 지식흐름을 규명하기 위해 overlap function 알고리즘을 이용하였다.

## 4. 결과

### 4.1 과학과 기술간 지식흐름

특허에 인용된 과학논문은 과학활동 영역과 기술활동 영역을 연결짓는 교량역할을 한다. 과학영역을 구분하기 위해 SCI 학문분류표를 사용하였으며, 기술영역을 구분하기 위해 특허에 부여된 국제특허분류표 서브클래스를 사용하였다. SCIE 과학논문을 인용하고 있는 한국인 특허에 부여된 IPC 기술분야코드는 모두 166개였으며, SCIE 과학논문에 부여된 SCI 학문분야코드는 모두 115개였다. 과학과 기술간 지식흐름을 파악하기 위해 115 × 166 매트릭스를 작성하였다. 한 과학분야는 복수의 기술분야와 연계되어 있으며, 한 기술분야는 복수의 과학분야와 연계되어 있다.



▶▶ 그림 3. 과학-기술간 지식흐름

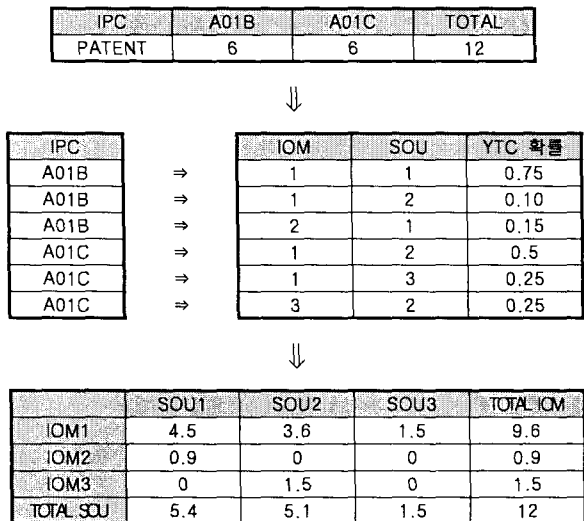
특허에 인용된 과학논문이 포함된 115개 SCI 학문분야중 과학논문이 가장 많이 인용된 상위 20개 학문분야와 이들 학문분야에 속한 과학논문을 인용하고 있는 기술분야는 <그림 3>과 같다. 과학과 기술간 지식흐름이 가장 많이 가장 역동적으로 발생하는 영역은 전기전자공학/물리학, 화학분야이다. 더 구체적으로 말하자면 전기전자공학과 반도체(H01L), 응용

물리학과 반도체, 전기전자공학과 광학장치(G02B) 분야에서 활발한 과학-기술간 지식흐름을 보여주었다.

### 4.2 기술과 산업간 지식흐름

대부분의 국가에서 특허데이터에 쉽게 접근할 수 있지만 특허데이터의 제공형태로 인해 이 특허데이터를 경영/경제분야에서 활용하는 것은 아직 미미한 수준에 불과하다. OECD Technology Concordance (OTC)는 IPC 기반 특허데이터를 경제산업분야별 특허건수로 전환할 수 있도록 가교역할을 하는 도구이다. OTC의 목표는 하나의 분류체계를 다른 분류체계로 변환, 매핑하는 것이다. 특히 OTC는 특허제품 또는 과정변수를 이것들의 생산 및 활용에 책임지는 경제부문으로 매핑하는 것이다.

OTC 방법론은 IPC를 SIC (Standard Industrial Classification System)기반 영역으로 변환하는 단계, SIC 기반 영역을 ISIC (International Standard Industrial Classification System)기반 영역으로 변환하는 단계로 구성된다. 이 방법론은 30만건의 캐나다 특허에 수록된 IPC, IOM, SOU 를 읽은 후 각 IPC에 대한 확률값을 계산한다. 이 과정은 특허데이터의 벡터 (IPC 부여된 특허)를 상관관계형 특허데이터 매트릭스 (IOM-SOU 매트릭스)로 변환한다. 이 결과로부터 각 발명의 산업분야(IOM)가 전체에서 차지하는 중요도뿐만 아니라 각 활용분야(SOU)의 중요도, 그리고 IOM과 SOU 상호작용의 중요도를 파악할 수 있게 된다.



▶▶ 그림 4. 기술-산업간 지식흐름 확률

### 4.3 과학과 산업간 지식흐름

여러 연구를 통해 기초과학이 산업의 산출에 직·간접적으로 영향을 미친다는 것이 밝혀졌다. 이에 따라, 과학기술 정책

및 산업정책을 개발하는데 과학이 궁극적으로 산업과 어떤 관계를 가지고 있는지 과학-기술-산업의 분류적 틀을 한꺼번에 묶어서 관찰하는 것이 필요하다.

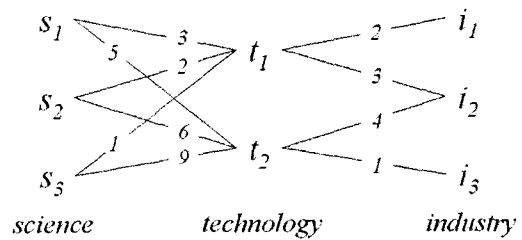
이 논문에서는 과학-기술-산업간 지식흐름을 추적하기 위해 OTC 프로그램을 이용하여 구해진 기술-산업간 지식흐름 데이터를 토대로 네트워크 링크 가중치 계산방법인 Overlap function을 사용하여 과학→산업간 지식흐름을 추적하였다. 노드 s1으로부터 노드 t1을 거쳐 노드 i1으로 가능 경로가중치는 노드 l로부터 노드 k까지를 나타내는 Oik와 노드 k로부터 노드 l 까지를 나타내는 Okl이라는 두개의 링크 가중치 함수이다. 한 경로에서 연속적으로 연결된 링크를 생각할 때 그 이후 나타나는 링크 가중치는 이 경로내에서 가장 작은 링크 가중치에 의해 제한을 받는다.

$$f_1 = \sum_{k=1}^{m_2} f_2 (o_{ik} [x_1 : x_2], o_{kl} [x_2 : x_3])$$

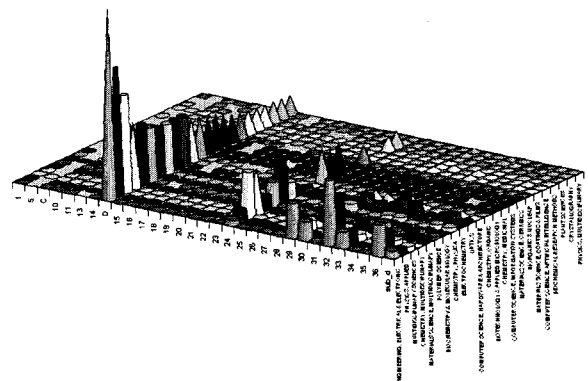
$$o_{ij} [x_1 : x_3] = \sum_{k=1}^{m_2} \min (o_{ik} [x_1 : x_2], o_{kl} [x_2 : x_3])$$

$$o_{x_1 : x_2} = OVL (O_{x_1 : x_2}, O_{x_2 : x_3})$$

▶▶ 그림 5. Overlap function



▶▶ 그림 6. 과학-기술-산업간 지식흐름 네트워크



▶▶ 그림 7. 과학-기술-산업간 지식흐름

특허에 인용된 과학논문이 포함된 115개 SCI 학문분야중 과학논문이 가장 많이 인용된 상위 20개 학문분야와 IOM 간 지식흐름은 <그림 7> 과 같다. 과학과 산업간 지식흐름이 가장 활발한 영역은 전기전자공학과 라디오/TV 제품산업(32)

이며, 그 다음이 응용물리와 라디오/TV 제품산업이다. 과학 의존도가 가장 높은 산업은 화학제품산업(24)으로, 이중 제약 산업(2423)과 기타화학산업(2429) 부분에서 여러 학문분야의 과학적 지식을 가장 많이 활용하였다.

## 5. 결론 및 향후 연구과제

본 연구는 계량적인 측면에서 과학-기술-산업에 대한 지식 흐름을 특허 인용정보를 이용하여 측정하였다. 지금까지 과학, 기술, 산업 간의 관계를 규명하기 위한 연구는 과학과 기술 측면, 기술과 산업 측면에서 주로 연구되었고, 과학-산업 측면에 대한 연구는 미진한 상황이다. 본 연구는 특허 인용정보를 이용하여 과학-기술, 기술-산업에 대한 지식흐름을 계량적으로 측정하고 네트워크 링크 가중치 계산 방법인 오버레이 함수를 적용하여 과학-산업에 대한 지식흐름을 측정하는 방법을 제시하였다. 향후 지식흐름을 측정하기 위해 시간 소모적인 데이터 정비작업을 줄이기 위한 노력으로 특허에 인용된 과학문헌 데이터베이스 구축 및 우리나라 실정에 맞는 기술-산업간 매핑 소프트웨어 개발에 대한 연구가 진행되어야 한다.

### ■ 참고 문헌 ■

- [1] 노경란. “특허분석을 통한 과학기술자의 과학논문 인용행태에 관한 연구”, 연세대학교 박사학위논문. 2006.
- [2] 박규호. 지식흐름의 지리적 국지화. Science Times 2005년 1월 10일자.
- [3] 박현우. “과학기술·산업 지식흐름과 기술혁신 확산”, 한국과학기술정보연구원 정보분석센터 소과제 중간발표 자료. 2006.
- [4] 이원영, 박용태, 윤병운 등. “특허 데이터베이스를 활용한 기술-산업간 연계구조 분석과 한국 기업의 특허전략 평가”, 서울 : STEPI. 2004.
- [5] 조황희, 박수동. “과학기술의 자본화 : 과학기반산업의 혁신”, 서울 : STEPI. 2000.
- [6] Johnson, D.K.N., “The OECD Technology Concordance (OTC) : Patents by Industry of Manufacture and Sector of Use”, OECD STI Working Papers 2002/5.
- [7] Morris, S.A., “Unified mathematical treatment of complex cascaded bipartite networks : The case of collections of journal papers”, Ph.D. Thesis of Oklahoma State University. 2005.