

# 특허정보분석을 이용한 기술파급효과 측정에 관한 연구

A Study on the Measurement of Technological Impact using Citation  
Analysis of Patent Information

유선희(Sun-Hi Yoo)\*, 이용호(Yong-Ho Lee)\*, 원동규(Dong-Kyu Won)\*\*\*

## 목 차

I. 서언

IV. 분석결과 및 논의

II. 선행연구에 대한 검토

V. 결론

III. 자료, 모형 및 추정법

## 국 문 요 약

본 연구는 특허의 인용정보를 이용하여 비체화 지식의 흐름이라 할 수 있는 기술군간의 파급효과를 측정하는 방법론을 개발하고 실제 사례를 통해 적용 타당성을 제시하고자 하였다. 이를 위해, 기술파급효과에 기존연구를 리뷰하였고, 특허정보의 인용분석과 관련된 지표에 대해 개괄적으로 분석하여 효과적인 특허인용 분석 방법론을 설계하였다. 그리고, KISTI에서 보유하고 있는 미국특허 데이터베이스(USPA)를 이용하여 기술군간 인용관계를 계수하여 기술군간 비체화 지식의 흐름행렬을 도출하였고, 이를 활용하여 기술적 파급효과를 나타낼 수 있는 지수 모형을 연구함과 동시에 네트워크 분석을 통한 기술군간의 파급 유형을 클러스터링하여 기술군간 내생적 속성을 분석하였다.

본 연구의 결과는 어떤 기술군의 타기술군간의 상호 관계에 대해 정량적으로 내생적 속성을 표현하도록 함에 따라 연구개발의 사전기획시 기술적 파급효과에 대한 현안을 제시할 수 있을 뿐만 아니라 기술의 융복합 현상을 이해하는데 기초정보를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

핵심어 : 혁신지표, 기술지식, 특허인용분석, 기술파급효과, 기술확산, 계량정보분석

\* 한국과학기술정보연구원 선임연구원, sunny@kisti.re.kr, 02-3299-6054

\*\* 한국과학기술정보연구원 연구원, stylee@kisti.re.kr, 02-3299-6253

\*\*\* 한국과학기술정보연구원 책임연구원, dkwon@kisti.re.kr, 02-3299-6053

## ABSTRACT

---

Nowadays it is more important to measure the technological impact of a concerned R&D technology on others, when deciding or selecting strategically, under the environment such as more complex, more uncertain and more costly. But there was very few of proper methods to measure quantitatively. So we studied on measuring the technological impact of one group of technologies on others, which means the flow of disembodied knowledge, using patent citation analysis.

We reviewed the prior art of the measurement of technological impact, and designs the effective citation analysis method using patent information, analyzing the prior art of patent citation analysis method and its index.

Finally, we developed the disembodied knowledge flow matrix between technology groups, counting citation frequencies between them, using KISTI's US patent database(USPA) and the index to represent the technological impact to others using the developed matrix as well as the intrinsic nature of the technological groups clustering by network analysis.

The results of this study is to present the insight of a technological impact on the others quantitatively and this study aims at using them to refer to R&D budgeting and decision making in case of R&D planning or to the basic information to understand technology conversion or fusion.

key words : technology innovation index, technological knowledge flow, citation analysis, patent information, technological impact, bibliometrics

---

## I. 서 언

국가 연구개발 연구성과의 목표는 국가 경쟁력 제고에 있으며, 이를 위해 국가에서 투자하는 연구개발예산규모는 계속적으로 증대되고 있다. 따라서 연구개발 예산을 어디에, 어떻게 투자하고 그 성과를 어떠한 방식으로 어떻게 평가관리할 것인가 하는 것은 우리나라의 미래가 달린 중요한 문제라 할 수 있다.

연구개발활동은 그 속성장 불확실성으로 인한 실패 위험이 매우 높은 특성이 있다. 이러한 관점에서 본격적인 투자가 시작되기 이전인 연구기획단계에서부터 기술적·경제적 타당성을 지속적으로 분석할 수 있는 방안이 강구될 필요가 있다.

선진국에 있어서도 1990년대 중반이후부터 연구개발활동에 대한 평가는 사후 평가 중심에서 조기에 신기술을 조기에 탐색하고 유망한 기술을 분석하기 위한 사전 타당성 분석을 중심으로 전환되고 있다(윤문섭 외, 2003).

또한 새로운 기술은 전문화와 융합화가 동시에 진행되고 있기 때문에 해당 기술에 대한 전문가를 찾기도 어려울 뿐 아니라 연구기획에 참여할 충분한 전문가 동원에도 한계가 있다. 선진국에서도 신규 연구개발활동에 대한 사전 타당성 분석에 있어서 과거에는 전문가의 직관에 의존하였으나, 1990년대 이후부터는 계량서지학, 기술로드맵 및 데이터마이닝을 이용한 지식탐색(KDD; knowledge discovery in data mining)등을 이용한 과학기술 정보분석에 근거하여 보다 객관적으로 의사결정을 지원하면서 연구기획 및 평가에 활용하는 사례가 증가하고 있다.

우리나라도 이러한 연구개발 사전기획에 많은 노력을 기울이려 하고 있으나, 전문가의 직관적 판단과 병행하여 객관적으로 참고할 수 있는 측정지표의 개발은 거의 이루어지지 못한 형편이어서 연구개발 성과 극대화를 고려한 기획이나 평가에 유용하게 활용할 수 있는 과학기술관련 혁신지표 개발의 중요성이 더욱 부각되고 있다.

따라서 본 연구에서는 특허정보를 이용하여 기술의 파급효과를 추정하는 방법론을 제시하고 실제 사례를 통해 적용 타당성을 제시하고자 한다.

## II. 선행연구에 대한 검토

### 1. 기술파급효과의 추정

기술지식흐름의 추정을 위해 필요한 두 가지 방법론은 첫째로 기술지식의 정의와 정의된 지식 자체에 대한 측정, 둘째로 기술지식의 흐름을 추정하는 방법론이라 할 수 있다.

경제적으로 유용한 지식의 창출과 확산 여부가 중요해짐에 따라 지식과 지식의 흐름을 측정할 필요가 증대되고 있으나 지식의 특성상 지식 자체 또는 지식의 확산을 정확히 측정하는 것은 거의 불가능하다. 이는 지식이 기계, 장비 등의 자본재와 달리 실체가 없어 통계로는 잘 잡히지 않는데 그 원인이 있다. 따라서 지식의 총량이나 지적 자산의 감가상각을 등을 구한다는 것은 쉬운 일이 아니며 이 때문에 지식의 측정은 지식이 창출되고 확산되는 '활동'(연구개발, 교육훈련, 지식 유통과 관련된 제반 시스템 등)이나 지식이 포함된 '결과물'(과학기술논문, 특허 출원수(혹은 등록수), 소프트웨어 관련 장비 등)을 통해 이루어진다. OECD에서는 기술지식의 크기를 측정하는 지표로서 연구개발인력(기술자, 과학자 등의 수), 연구개발투자, 특허, 기술무역수지(Technology balance of payments; licensing fees, direct purchase of knowledge, etc.)등을 제안하고 지표와 관련한 매뉴얼을 작성, 제시하고 있다(OECD, 1996).

〈표 1〉 기술지식 대응지표 관련 매뉴얼

데이터의 유형	메뉴얼
연구개발 측면	Proposed Standard Practice for Surveys of Research and Experimental Development(Frascati Manual, 1993)
	Main Definitions and Conventions for the Measurement of Research and Experimental Development (A Summary of the Frascati Manual, 1993)
기술무역수지 측면	Proposed Standard Method of Compiling and Interpreting Technology Balance of Payments Data(TBP Manual, 1990)
혁신 관련	OECD Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data(Oslo Manual, 1992)
특허관련	Using Patent Data as Science and Technology Indicators(Patent Manual, 1994)
인적자원 관련	The Measurement of Human Resources Devoted to Science and Technology(Canverra Manual, 1995)

여러 한계에도 불구하고 연구인력, 연구개발비용 등이 지식의 창출을 위한 투입 지표로 널리 사용되고 있다. 특허 출원수나 등록수는 지식의 결과물을 나타내는 산출지표로서 형식화된 자료나 구성체로 존재하므로 새로운 지식을 창출하는데 기초자료, 참고자료로 유용하다. 또한 국가간 기술지식의 흐름을 측정하는 데는 기술사용료, 지식의 구매 등의 기술무역수지를 보통 사용한다. 단, 이는 국가차원의 측정 지표로 사용되는 경우가 대부분이다. 또한 일부 국가에는 조사하는데 한계가 있어 국가별로 모두 조사하여 측정하는 데는 문제가 있다.

기술지식의 흐름을 측정하기 위한 연구 방법론으로 산업연관표(I/O table)를 이용하는 방법, 기술흐름행렬표를 이용하는 방법 그리고 시간대별로 기술거리 또는 기술간 유사성 지수를 측정하여 흐름관계를 밝히는 방법 등이 있다(홍순기, 홍사균, 1994).

산업연관표를 이용하는 방법은 산업연관표와 고정자본 흐름행렬표의 투입-산출계수를 이용하는 방법으로 타 산업으로부터 구입하는 중간재 또는 자본재의 양에 비례하여 타 산업의 기술지식(또는 연구개발투자)이 흘러 들어온다고 가정하고 이에 따라 산업별로 가중치를 주고 합산하는 방식을 말한다. 기술흐름행렬표를 이용하는 방법은 Scherer에 의해 제시되었는데 Leontief의 투입-산출분석 아이디어를 확장하여 행에는 발명산업을, 열에는 발명의 이용산업을, 그리고 대각행렬(diagonal matrix)에는 공정기술에 대한 발명을 나타내는 일종의 투입-산출 행렬표를 이용하는 방법이다. Scherer(1982; 1984)는 미국 443개 기업의 15,112 건에 달하는 특허자료를 이용하여 해당 특허의 산업간 발명-이용 관계를 추적하였으며, 이를 연구개발 지출과 연결시켜 기술흐름 행렬표를 작성하고 투자의 수익률을 추정하였다. 특허흐름 접근방법을 통해 얻어진 기술흐름 행렬표는 방법론적으로 유망할 수 있으나 자료의 제약으로 이의 작성이 어렵고 특허를 출원하지 않는 연구개발과제의 결과에 대한 측정의 어려움이 있어 분석의 한계가 존재한다. 또한 발명의 효용성이나 생산원가절감 측면에서 발명의 가치는 매우 다양하기 때문에 단순히 특허건수로 발명을 파악하여 생산성 증가와 같은 보다 넓은 범위의 기술진보와 연관시키는 것은 연구결과를 해석함에 있어 상당한 주의가 필요하다. Scherer의 경우 개개 특허의 개발비용을 추산함으로써 이상과 같은 문제점들을 어느 정도 극복하려고 노력하였다.

체화된 확산의 경우 그 흐름을 측정하기 위한 지표로 통상 산업연관표에 근거하여 구성되는 경우가 많다. 앞서 언급한 바와 같이 산업연관표 사용의 기본 개념은 기술지식이 중간재나 자본재에 체화되어 산업간 흐름을 따라 이동한다는 것이며 이러한 방식의 기술지식 흐름 추정은 다른 산업으로 흘러가는 연구개발 스톡의 비율과 자체 산업에서의 연구개발 스톡의 추정으로 이어지게 된다.

체화 지식의 산업간 확산은 국가간에 상당한 차이를 보이고 있으며, 또한 해외로부터 이전

되어 오는 지식의 양과 국내에서 이전되는 지식의 양과의 차이도 국가간에 매우 다양하게 나타난다(G. Papaconstaninou etc., 1996)

비체화 지식의 추정은 인용분석에 기초하여 이루어진다. 여기서의 기본 개념은 개인이나 기업이 학술지 혹은 특허관련 데이터베이스에서 주요 관심 부분을 입력함으로써 지식의 흐름이 발생한다는 것이다.

Jaffe et.(2002)는 특허정보를 대용지표로 이용하여 기업 또는 조직의 기술지식흐름을 여러 가지 각도로 추정한 바 있다. 연구개발의 기술적 파급효과 추정을 위해 먼저 기업이 보유한 특허를 임의의 49개 분류로 나누고 이를 위치벡터화하여 해당 기업의 기술적 위치를 표현하였으며 그 기술적 위치를 가지고 기업간 기술거리<sup>3)</sup>를 계산한 후, 연구개발 비용과 연계시켜 잠재적 기술 파급효과를 표현하였다. 결과적으로 기업의 연구개발비용을 기술적 연관성의 측도에 따라 가중평균하고, 파급효과의 풀(spillover pool)이라는 변수를 만들어 기술파급효과의 대리변수인 파급효과 풀의 크기가 각 기업의 특허수와 양의 상관관계를 가진다는 결론을 도출하였다. 참고로 Jaffe의 연구에서 기술파급효과에 대한 기본전제는 산업간, 기업간 기술거리가 가까울수록 지식의 흐름이 용이하다는 것을 기본 가정으로 하고 있다.

반면에 Berstein & Nadiri(1988; 1989)는 타 기업들의 연구개발자본을 수혜기업 혹은 수혜산업의 비용함수에 포함시킴으로써 파급효과의 크기를 측정하는 직접적인 접근방법을 사용하였다. 이들은 여러 산업에서 산업간 및 산업내의 파급효과로 인해 상당한 효율성 증가가 있다는 것을 보였다<sup>4)</sup>.

Goto와 Suzuki(1989)는 한 산업의 연구개발 투자가 특정 분야에 얼마만큼의 비율로 구성되었는가를 기준으로 Jaffe와 유사한 기술 위치벡터를 구하여 지식흐름을 측정하는 바 있다. 또한 이회경, 이정우(1996)는 각 산업의 연구인력들의 학문적 배경을 고려하여 유사한 학문적 배경을 갖는 연구인력이 서로 다른 산업에 많이 존재하는 경우 두 산업은 기술적 배경 혹은 지식 배경이 유사하며, 따라서 두 산업 간의 지식흐름이 보다 용이하게 이루어진다는 가정 하에 역시 Jaffe가 구했던 방식으로 지식의 흐름을 측정하였다.

국내의 연구 중 김문수 외(1998)의 연구에서는 산업의 기술지식을 측정하는 대용지표로서 연구개발인력을 사용하여 기술파급효과를 추정하였다. 김문수 외(1998)의 연구를 살펴보면 1984년, 1987년, 1990년도의 산업기술개발실태조사 내용 중 34개 산업을 중심으로 각 산업의 연구인력과 연구인력들의 학문적 배경, 학위와 관련된 통계치를 이용, 대상 산업들의 연구

3) 각 기업의 기술적 위치가 벡터로 표현되었으므로 기업간의 기술거리를 위치벡터간의 유클리디안 거리(euclidean distance)로 정의하여 계산하였다.

4) 기계산업의 경우, 평균비용의 산업 내 파급효과에 대한 탄력성은 -0.1, 석유화학산업의 경우 -0.2정도였다. 산업간 파급효과 탄력성은 대부분의 산업에서 -0.05 내지 -0.1 정도였다.

인력수를 대각행렬로 만들어 각 산업 기술지식의 총량의 대리변수로 사용하고, 대상 산업간 유사성 지수를 계산하여 산업간 기술흐름을 추정하였다.

김문수 외(1998)의 연구에서 유사성 지수라는 개념은 두 개의 산업이 있을 때 상대영역의 전공 연구인력이 교차되어 있는 수가 많을수록 산업간 유사성이 높고 유사성이 높은 산업들은 기술흐름이 원활한 것으로 해석되는 개념이다. 이러한 전제에 따라 비체화 지식 흐름은 앞서 언급한 바와 같이 산업연구개발인력을 사용하여 추정하는 산업 기술지식 총량 행렬과 산업간 유사성 지수 행렬을 곱한 행렬로 표현된다. 이 때 행렬 원소들은 각각 의미를 갖게 되는데 대각 원소는 해당 산업 지식의 총량값이 되고 다른 원소들은 한 산업에서 다른 산업으로 확산되는 지식의 양을 표현하게 된다. 최종적으로 이를 바탕으로 기술지식의 흐름을 대상 산업별로 표현하여 지식의 흐름을 규명하였다.

Jaffe(1986)의 연구와 김문수 외(1998)의 연구를 비교하여 보면 Jaffe는 특허정보를 사용하였다는 것과 특허를 사용하여 생성한 벡터를 기업의 '기술적 위치' 로 해석하고 그 변화를 기업의 '기술위치의 변화' 로 해석하였다는 것이며 기술적 파급효과에 대한 추정 내용은 대동소이하다고 할 수 있다<sup>5)</sup>.

지금까지 정리된 기술지식과 기술지식의 흐름과 관련된 방법론을 정리하면 <표 2>와 같다.

<표 2> 기술지식 및 기술지식흐름 추정 방법론

추정대상	추정방식(방법론)
기술지식	내용지표
	인적자원(R&D인력수, 전공분야, 학위정보) R&D투자비용(연구개발비용) 특허정보(특허 출원수, 등록수, 인용정보) 기술무역수지(Technology Balance Payment, licensing fees, direct purchase of knowledge)혁신
기술지식흐름	추정 방법론
	산업연관표 분석, 기술흐름행렬표 분석, 기술거리(기술간 유사성 지수) 추정, 네트워크 분석

5) 기술분야 또는 산업간 기술흐름의 파급효과 추정 부문에 한하여 연구 방법론이 유사하다는 것이며 연구의 주 목적과 이에 따라 사용되는 방법론에서는 상이한 차이를 보이고 있다.

## 2. 특허인용분석

본 연구에서는 비체화된 지식흐름을 특허인용분석에 의해 측정하여 기술적 파급지표로 표현하고자 한 것이다. 특허인용분석에서 특허인용은 어떤 특허가 다른 특허나 문헌을 인용된 횟수로 정의된다(Karki, 1997). 특허 발명자가 기존 특허들을 인용하는 의도에 대해 세부적 증거의 부족에도 불구하고 타 특허에 인용된 횟수가 많은 특허가 높은 기술적 가치를 지닌다는 것은 다양한 연구를 통해 제시된 바 있다(Albert, M., etc. 1991)

특허인용분석은 특허들간의 인용관계를 분석하여 특허간 상호 연관관계 뿐만 아니라 상대적인 중요도를 파악하는 것을 의미한다. 많은 연구자들이 이를 통해 기술의 질과 영향력, 기술정보의 확산 등을 분석하였다. Pavitt(1998)은 공인용분석을 이용하여 기술영역의 관계를 사상하였으며, Narin과 Noma(1985)는 생명공학에서 과학과 기술사이의 지식 흐름의 구조를 특허인용분석을 통해 연구한 바 있다.

특허인용분석이 활용되는 실용적 및 학문적 분야는 매우 다양하며, 대표적으로는 기술의 영향력이나 기술의 우수성을 평가하는 기본적인 지표로 인용된 횟수를 고려하는 인용빈도가 있다. 이외에도 특허인용분석을 통한 지표로는 미국 CHI Research에서 제시하고 있는 특허 인용(CP:Cites per Patent), 영향지수(CII:Current Impact Index), 기술강도(TS:Technology Strength), 기술순환시간(TCT:Technology Cycle Time)가 있는데, 각각의 의미는 다음과 같다.

CP는 특허의 피인용 횟수를 특허 건수로 나눈 평균특허 피인용도를 의미하며, CII는 최근 년도(분석하는 해당 년도)에 발생된 특허가 과거 5년간의 특허를 인용하는 횟수를, TS는 CII를 특허의 수에 곱하여 기술적 우수성을 가중치로 사용한 포트폴리오 규모를 의미한다. 또한 TCT는 혁신속도 또는 얼마나 빨리 기술이 변화되는지에 대한 지표로 특허가 출원되었을 때 그것이 인용하고 있는 특허들의 년수의 중앙값에서 구한다.

## Ⅲ. 자료, 모형 및 추정법

### 1. 자료

본 연구에서는 미국특허의 원거리통신(455) 기술군을 대상으로 한다. 455 기술군은 전기통신에 관한 것으로 방해 신호 전송, 무선전화기 시스템, 릴레이 시스템, 개별 단자에서의 전송



기 및 수신기, 동일 단자에서의 전송기 및 수신기, 아날로그 변조된 신호 주파수 변환기 등의 기술이 포함된다.

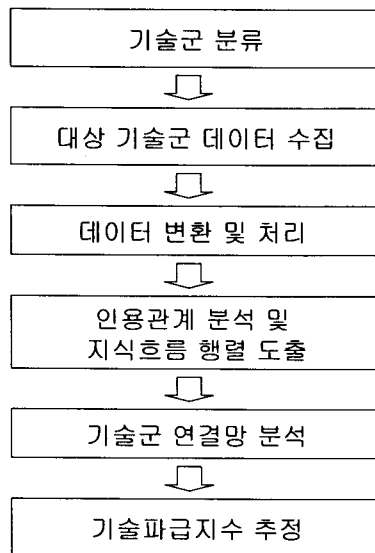
분석을 위한 데이터는 KISTI의 미국특허 데이터베이스를 대상으로 수집하였으며, 2000년-2004년의 데이터를 가지고 분석하고자 하는 기술군의 특허(1976-2004년 대상)를 인용하고 있는 모든 특허를 추출하여 데이터를 수집하였다.

최근 5년간(2000-2004년)의 미국특허를 대상으로 455 기술군을 인용하고 있는 등록특허를 수집한 결과, 전체 건수는 20,834건이었다.

## 2. 분석모형

본 연구는 앞에서 언급한 개별특허를 기준으로 한 지표와는 달리, 어떤 기술군이 다른 기술군에 미치는 파급효과를 추정하고자 하는 것이다. 즉, 지식의 흐름을 기존의 특허를 활용하는 데에서 측정하고자 하는 것으로, 기존의 선행 기술특허가 그 이후의 연구개발에 의한 기술특허에서 인용될 경우, 기존의 선행 특허가 후발 특허로 지식이 흘러가는 것으로 보고 이를 기술군의 관점에서 측정하고자 하는 것이다.

본 연구에서의 전체적인 연구분석의 흐름을 도식화하면 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 연구분석 흐름도

1) 데이터 변환 및 처리

분석을 위해서 수집된 특허데이터의 인용정보 항목(UR field)에서 455 기술군에 해당하는 특허를 추출하고 이를 인용하고 있는 원 특허 데이터의 분류정보 항목(IC field)에서 기술군 정보를 도출하여 이의 관계를 건수로 계측하여야 한다. 수집된 데이터의 양이 대량이기 때문에 기술군을 기준으로 인용관계를 계측할 수 있도록 구조화된 자료로 데이터를 변환하였다.

2) 인용관계 분석 및 지식흐름 행렬 도출

455 기술군을 기준으로 추출된 지식흐름 행렬은 <그림 2>와 같다. Y축에는 피인용 기술군을, X축에는 인용 기술군을 놓고 해당 관계가 있는 특허의 수를 계량하여 매트릭스로 표현하였다. 인용은 그 정의상 인용대상으로부터 피인용대상으로 지식의 흐름을 가정할 수 있으며 본 연구에서 제시한 행렬에서는 피인용 기술군(Y축)에서 인용 기술군(X축)으로 지식의 흐름이 일어나는 것으로 본다.

<그림 2>에서 굵은 선으로 예시한 내용을 보면 Y축의 455 기술군(i=455)이 X축의 370 기술군(j=370)으로 인용된 횟수( $\Pi_{ij}$ , i=455, j=370)가 3,628회이며 이 횟수에 해당하는 지식이 455 기술군에서 370 기술군으로 흐르고 있음을 알 수 있다.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1		45	327	340	342	343	345	348	361	370	375	376	355	701	705	707	709	710	713	714	725
2	45	0	0	0	3	2	0	1	0	2	j=370	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0
3	327	8	252	19	19	4	4	10	8	38	133	19	238	9	1	0	0	10	9	5	5
4	340	125	27	1176	274	75	189	143	63	480	226	323	1487	404	107	76	298	102	95	74	68
5	342	95	22	405	912	170	29	36	14	307	296	61	1219	358	24	17	51	7	8	11	12
6	343	38	15	145	224	504	18	16	30	77	74	45	528	63	8	1	7	3	1	4	12
7	345	15	4	127	12	7	328	199	89	191	35	121	288	61	68	145	275	59	41	14	135
8	348	48	24	1	1	1	1	1	15	224	207	123	487	34	70	63	236	48	33	22	289
9	361	17	16	1	1	1	1	1	39	1	17	77	195	11	5	8	33	41	25	31	6
10	370	231	35	272	263	60	88	143	14	3073	1063	604	3551	121	61	98	627	130	105	177	159
11	375	170	116	196	288	43	31	108	12	1388	1564	172	2191	97	22	18	127	72	39	135	46
12	379	222	11	388	159	53	166	116	58	874	279	1559	2651	120	113	133	427	84	71	56	74
13	455	751	666	1451	666	666	661	500	366	3628	1954	1842	9735	632	281	355	1054	263	266	270	372
14	0	320	221	8	38	18								453	35	35	49	12	4	6	8
15	j=455	3	119	24	4	53	25							83	228	136	253	27	45	10	39
16	707	6	1	52	18	0	102	36						50	95	278	376	44	41	29	42
17	709	9	0	78	18	5	99	54	6	480	38	217	396	42	85	198	790	108	76	63	104
18	710	1	2	32	2	3	32	17	20	98	23	43	104	14	17	28	159	145	52	27	19
19	713	1	6	36	7	2	34	15	8	122	17	41	94	18	38	44	194	58	129	30	20
20	714	2	7	25	10	2	14	9	3	184	88	34	134	17	14	27	133	52	40	183	13
21	725	0	1	21	3	3	26	56	1	62	29	29	98	7	24	28	72	6	17	6	135

<그림 2> 455기술군을 기준으로 인용관계 분석에서 도출된 지식흐름 행렬

### 3) 기술군 연결망 분석

연결망(네트워크) 분석은 앞서도 언급하였듯이 구성요소간 상호작용을 시스템적으로 시각화함으로써 그 연결망의 구조를 분석하는 정량적 기법으로, 본 연구에서는 구성요소를 기술군으로, 기술군간 인용관계를 상호작용으로 보았다.

이러한 과정을 통해 얻어진 각 기술군들간의 벡터는 기술군간 연관성의 정도를 측정하기 위해 활용될 수 있고, 또한 타분야로 기술군이 파급되는 정도를 측정하기 위해 활용될 수 있다.

먼저 연관성 정도를 파악하기 위해서 벡터간 거리를 기준으로 할 수도 있고, 일정한 기준값을 넘게 되면 그 두 기술군은 네트워크 분석에서 상호작용이 존재하는 것으로 파악할 수 있을 것이다.

또한 대상 기술군에서 자신이 아닌 타 기술군으로 파급되는 정도를 측정하기 위해서 지식 흐름 행렬에서의 나타난 건수를 기준으로 할 수 있으며, 마찬가지로 기준값을 넘게 되면 네트워크 분석을 그래프화함으로써 대상기술군의 유형을 구분하는 것이 가능하다. 즉, 네트워크 분석에서 대상기술군 자신을 제외하고, 외향연결정도값이 높은 다른 기술군은 지식 방출형으로 간주할 수 있고, 내향연결정도값이 높은 기술군은 지식 흡수형으로 간주할 수 있다.

### 4) 기술파급지수 추정

본 연구에서 타분야로의 인용이 많으면 많을수록 파급효과는 크다고 보았고, 따라서 기술 파급지수는 인용된 기술군의 파급효과라고 말할 수 있으며, 이를 CTI(Cited-patent analysis for Technology Impact) 지수로 표현하고자 한다.

$$CTI_i = \frac{\sum_j TI_{j \neq i}}{S_i} \quad (1)$$

여기서 CTI<sub>i</sub>지수는 인용된 i 기술군의 기술적 파급지수를 의미하고, TI<sub>ij</sub>(j≠i)는 i 기술군에서 j 기술군으로 인용된 건수, S<sub>i</sub>는 측정시점까지 i 기술군의 총 등록특허 건수를 의미한다. 즉, 기술파급(CTI) 지수는 어떤 전체 발생된 특허중에서 타분야로 인용된 건수의 총합을 전체 특허건수로 나눈값으로 개별 특허를 대상으로 한 것이 아니라, 기술군내의 개별 특허당 타분야로 인용된 정도를 나타낸 것이다.

종합적으로는 CTI 지수는 해당 기술군의 타 기술군으로의 파급지수를 나타내게 되고, 어느 기술군에 얼마나 영향을 미쳤는가는 앞에서 언급한 네트워크분석을 통해 타 기술군의 내향연결정도에서 의미를 찾을 수 있을 것이다.

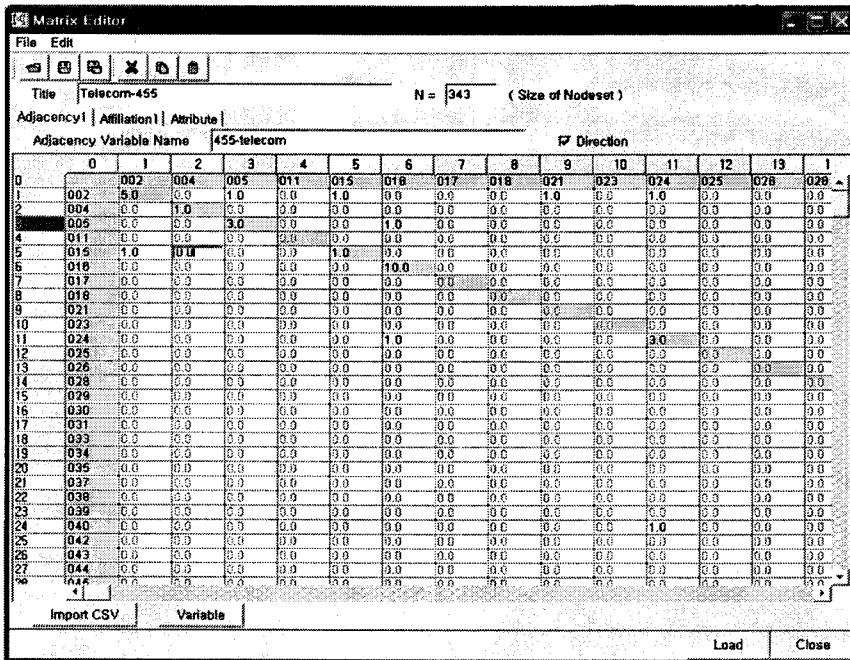
## IV. 분석결과 및 논의

### 1. 기술연결망 분석

상기에서 도출된 지식흐름 행렬을 이용하여 기술군(노드)간 상호연결(네트워크) 관계를 분석하기 위해 네트워크 분석을 수행하였다. 본 분석은 (주) 사이람의 NetMiner II를 이용하여 분석하였다.

본 데이터의 기술군간 인용관계를 살펴보면, 1의 인용관계를 갖는 기본적 기술군 관계에서 부터 1,000~10,000 이상 인용관계를 갖는 기술군까지 그 인용수의 편차가 매우 큼을 알 수 있다. 또한 대다수 기술군간 인용관계값이 0으로 구성되어 있다. 이러한 데이터는 그 편차가 워낙 커서 평균값이나 중앙값으로 데이터를 이분화하더라도 원하는 크기의 네트워크를 얻기 어렵다.

따라서 본 연구에서는 1 이상의 정보 흐름을 대상으로 그 평균과 표준편차를 구하고 표준 편차에 따라 데이터를 재변환하여 네트워크를 구성하였다.



〈그림 3〉 지식흐름행렬의 네트워크 분석



기술군	degree centrality		closeness		node betweenness score
	in	out	in	out	
327	0.051	0.026	0.417	0.404	0
329	0	0.051	0	0.423	0
330	0.077	0.103	0.417	0.411	0
331	0.026	0.051	0.417	0.411	0
332	0	0.026	0	0.417	0
333	0.051	0.026	0.417	0.404	0
340	0.385	0.436	0.47	0.456	0.007
341	0.026	0.026	0.417	0.404	0
342	0.308	0.359	0.47	0.44	0.005
343	0.128	0.103	0.423	0.411	0
345	0.154	0.077	0.436	0.418	0.001
348	0.154	0.205	0.43	0.44	0.002
358	0	0.077	0	0.43	0
359	0.026	0.026	0.417	0.404	0
361	0.051	0.026	0.417	0.404	0
364	0	0.256	0	0.469	0
370	0.744	0.615	0.52	0.474	0.039
375	0.487	0.385	0.486	0.448	0.009
379	0.436	0.462	0.502	0.456	0.012
380	0.026	0.128	0.417	0.418	0
381	0.026	0.026	0.417	0.404	0
395	0	0.205	0	0.438	0
455	1.59	2	0.78	0.795	0.574
701	0.231	0.103	0.436	0.418	0
702	0.026	0	0.43	0	0
704	0.026	0.051	0.417	0.411	0
705	0.026	0.051	0.417	0.411	0
707	0.077	0.051	0.442	0.28	0
709	0.667	0.179	0.549	0.425	0.067
710	0.026	0.026	0.423	0.283	0
713	0.026	0.026	0.423	0.283	0
714	0.051	0.026	0.43	0.301	0
725	0.103	0	0.449	0	0

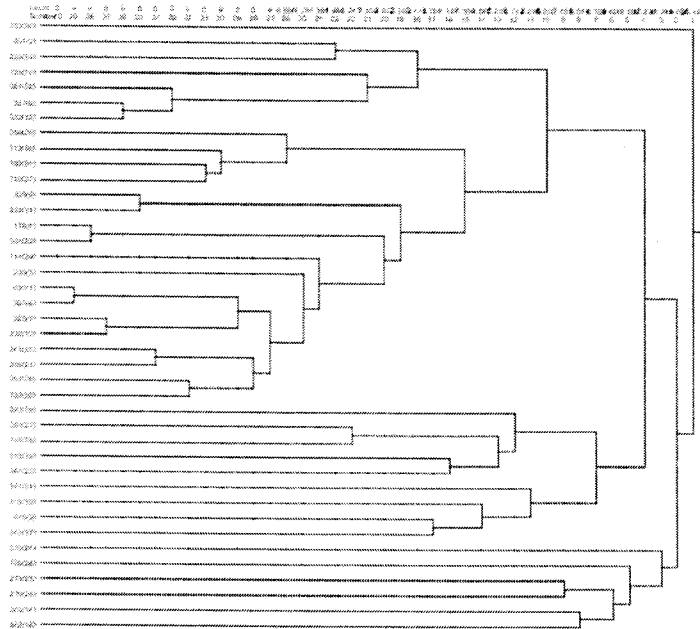
기술연결망 분석을 통해 455기술군을 중심으로 기준치 이상의 정보를 교환하는 기술군을 도출할 수 있다. 455 기술군과 임의의 기술군 A가 있을 때 이들의 정보흐름 유형은 크게 일방적인 정보 흐름 유형( $455 \rightarrow \forall A$ ;  $455 \leftarrow \forall A$ )과 상호정보교환 유형( $455 \leftrightarrow \forall A$ )으로 나

눌 수 있을 것이다. 구성된 네트워크 내 455 기술군과 타 기술군(39개 기술군)와의 관계유형에 따라 대상 기술군을 조사하면 <표 4>와 같다.

<표 4> 455 기술군과의 정보교환유형에 따른 분류

관계	$\forall A$	합계
455 $\rightarrow$ $\forall A$	34 37 45 702 707 710 713 714 725	9
455 $\leftarrow$ $\forall A$	179 324 325 329 332 358 364 395	8
455 $\leftrightarrow$ $\forall A$	235 327 330 331 333 340 341 342 343 345 348 359 361 370 375 379 380 381 701 704 705 709	22
합 계		39

또한 계층적 클러스터링을 이용하여 455 기술군을 기준으로 기술군의 군집분석을 수행하였다(그림 5).



<그림 5> 계층적 클러스터링을 이용한 기술군 덴드로그램

클러스터 분석결과 나타난 기술군 군집을 정리하면 <표 6>과 같다.

<표 6> 기술군 클러스터

	미국특허분류	내 용
군집 1	037,330,725,361,327,333,358,713,705,710,329,331,704,714, 235,034,324,332,341,359,381,702,701,348,343	응용제품 분야
군집 2	395,380,707,345	데이터 처리기술 분야
군집 3	370,709,375,379,340,342	유사 통신기술 분야

주) 미국특허분류 부록 참조

원거리통신(455) 기술군을 중심으로 하여 타분야 기술로의 파급효과를 정리하면, 증폭기, 쌍방향비디오, 팩스, 컴퓨터주변기기, MIS 시스템, 오디오, 텔레비전, 안테나 등 응용부품 및 제품분야 클러스터(군집 1), 정보처리, 암호기술, 데이터베이스, 그래픽 인터페이스 등 데이터 처리분야(군집 2) 및 디지털통신, 다중송신, 전화통신 등 유사 통신분야(군집 3)로 구분되며 이상 세 분야로 원거리통신 기술군의 지식이 파급되어 발전되는 것을 알 수 있다.

## 2. 기술파급지수 추정결과

455 기술군의 기술파급효과는 2가지로 표현된다. 첫 번째는 파급되는 타 기술군의 개수이며, 두 번째는 자기인용을 제외하고 타분야로 파급되는 정도를 나타내는 CTI지수이다. 455 기술군의 기술파급효과 추정결과, 타분야로 파급되는 기술군의 개수는 342개 분야이며, 기술파급지수인 CTI<sub>455</sub>는 0.83으로 측정되었다.

$$CTI_{455} = \frac{\sum_j TI_{j \neq 455}}{S_{455}} = \frac{23,735}{28,469} = 0.83z$$



## V. 결 언

본 연구는 기술군 단위의 기술지식 흐름을 가지고 기술적 파급효과를 측정하기 위한 것이다. 사용한 방법론으로 특허기술의 인용관계를 네트워크분석을 통해 분석하여 기술군의 중심도와 기술군집에 관련된 정보를 도출하였으며, 비체화된 지식정보의 흐름을 기술군을 중심으로 가시화하고 영향을 미치는 기술군의 종류와 파급정도를 지수화하였다.

분석대상인 455 기술군의 분석결과, 증폭기, 쌍방향비디오, 팩스, 컴퓨터주변기기, MIS 시스템, 오디오, 텔레비전, 안테나 등 응용부품 및 제품분야 클러스터(군집 1), 정보처리, 암호기술, 데이터베이스, 그래픽 인터페이스 등 데이터 처리분야(군집 2) 및 디지털통신, 다중송신, 전화통신 등 유사 통신분야(군집 3)로 지식의 파급 현상이 나타났으며, 총 342개 특허 기술군으로 파급되었고, 기술군 보유특허개수 대비 타분야 기술지식흐름의 개수로 표시하는 기술 파급효과지수는 0.83으로 분석되었다.

본 연구결과는 향후 거시적 관점에서 연구개발 중점 기술영역을 도출하고자 할 경우 기술적 파급효과에 대해 정량적으로 비교할 수 있는 근거 및 기술군별 기술파급효과의 비교에 유용한 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

그러나 본 연구는 지식의 쌍방향 흐름 중 외부 흐름을 기준으로 한 파급효과를 대상으로 하여, 내부흐름의 측정 및 그와 연계한 분석에 대한 부분에 대한 구체적 분석이 미진하다는 한계를 가진다. 내부 흐름에 대한 분석은 특정 기술군에서 기술의 융합현상에 관한 지식을 제공할 수 있는 지표로 활용될 수 있을 것이며 이 부분은 향후 연구과제로 남는다.

## 참고문헌

- 김용학(2003), 「사회 연결망 분석」, 박영사.
- 김문수, 오형식, 박용태(1998), “한국 제조업의 지식 네트워크의 구조변화의 특성”, 「기술혁신연구」, 제6권, 제1호.
- 손동원(2002), 「사회 네트워크 분석」, 경문사.
- 윤문섭 외(2003), “신기술 연구기획 사전 타당성분석을 위한 지식맵 작성 방법론 개발 및 활용방안”, STEPI.
- 이희경, 김정우(1996), “연구개발투자의 산업간 파급효과: 한국제조업에 대한 실증연구”, 기술혁신연구, 제4권, 제1호.

- 홍순기, 홍사균(1994), "산업간 기술흐름 구조와 연구개발투자의 파급효과 분석", 「과학 기술정책」, 제6권, 제1호.
- Albert, M., Avery, D., Narin, F. and McAllister, P.(1991), "Direct Validation of Citation counts as Indicators of Industrially Import Patents", *Research Policy*, 20, pp. 123-134.
- Berstein, J.I. and Nadiri, M.I.(1988), "Inter-industry R&D Spillovers, Rates of Return, and Production in High-Tech Industries", *American Economic Review*, Papers and Proceedings.
- \_\_\_\_\_ (1989), "Research and Development and Intra-industry Spillovers: An Empirical Application of Dynamic Duality", *Review of Economic Studies*, Vol. 56.
- Papaconstaninou, G., Sakurai, N. and Wyckoff, A.(1996), "Embodied Technology Diffusion: An Empirical Analysis for 10 OECD Countries", STI Working Papers, OECD.
- Goto, A. and Suzuki, K.(1989), "R&D Capital, Rate of Return on R&D Investment and Spillover of R&D in Japanese Manufacturing Industries", *The Review of Economics and Statistics*, Vol. LXXI, No. 4.
- Jaffe, A.(1986), "Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firms' Patents, Profits, and Market Value", *American Economic Review* 76, No. 5.
- Jaffe, A., Trajtenberg, M.(2002), *Patents, citations, and innovations; a window on the knowledge economy*, MIT.
- Karki, M.(1997), "Patent Citation Analysis: A Policy Analysis Tool", *World Patent Information*, 19(4), pp. 269-272.
- Narin, F. and Noma, E.(1985), "Is Technology Becoming Science?", *Scientometrics*, 7.
- OECD(1996), *Knowledge based Economy Industrial Dynamics*.
- Pavitt, K.(1998), "Uses and Abuses of Patent Statistics", *Handbook of Quantitative Studies of Science and Technology*(edited by Van Raan), pp.239-256.
- Scherer, F. M.(1982), "Inter-industry Technology Flows in the United States", *Research Policy* 11.
- \_\_\_\_\_ (1984), "Using Linked Patent and R&D data to Measure Inter-industry Technology Flows", in R&D, *Patents and Productivity*, ed. by Griliches, Z.

Wasserman, S. and Faust, K.(1994), *Social Network Analysis : Methods and Applications (Structural Analysis in the Social Sciences)*, Cambridge University Press.

### 유선희

연세대학교 세라믹공학과를 졸업하고, 동 대학교에서 공학 석사 및 박사학위를 취득하였다. 현재 한국과학기술정보연구원(KISTI) 기술정보분석팀 선임연구원으로 재직중이다. 주요 저서는 “기술가치평가-기법과 정보활용”, “R&D성과의 파급효과 측정에 관한 연구”, “연구개발 성과관리에 관한 연구” 등의 R&D 성과 관련 단행본과 다수의 기술가치평가 보고서 등이 있으며, 주요 관심분야로는 기술가치평가, R&D 기술의 성과 분석 및 지표, 의사결정 지원시스템, 계량정보분석 등이 있다.

### 이용호

한국과학기술원 산업경영학과를 졸업하고 서울대학교에서 “전자 상거래 산업의 수익모델 분석 및 모델의 유형화에 관한 연구”로 석사학위를 취득하였으며, 동 대학원에서 산업공학과 박사과정을 수료하였다. 현재 한국과학기술정보연구원(KISTI) 산업정보분석팀 연구원으로 재직중이다. 주요 저서는 「해외연구개발 성과평가 제도동향 및 사례 분석」 및 다수 기술가치평가 보고서 등이 있으며, 주요 연구분야는 산업정보분석, 계량정보분석기법을 활용한 기술혁신연구 등이다.

### 원동규

고려대학교 이학사, 경제학사 그리고 서울대학교에서 도시계획학 석사, 박사학위(도시 및 지역경제학 전공)을 취득하였다. 현재 한국과학기술정보연구원(KISTI) 기술정보분석팀장(책임연구원)으로 재직 중이다. 주요 관심분야는 혁신 클러스터 분석, 과학기술 혁신경영 및 정책, 성과분석, 복잡계 경제학, 지식 생태학 등이다.