

국내 혁신클러스터의 기술혁신 연계관계 연구

: 공동발명의 네트워크 분석을 중심으로

A Study on the Technological Network between Innovative Clusters in Korea
- With Special Reference to the Network Analysis of Co-invention -

박현우(Hyun Woo Park)*, 유선희(Sun-Hi Yoo)**

목 차

- I. 서론
- II. 기술혁신 연계관계 분석에 대한 관련 연구
- III. 기술혁신 연계관계 분석의 방법과 자료
- IV. 대덕특구와 타 클러스터간 기술연계 분석
- V. 결론 및 시사점

국 문 요 약

본 연구는 현재 우리나라의 혁신클러스터 역할을 수행하고 있는 대덕특구와 7개 산업단지 혁신 클러스터를 대상으로 이들 클러스터간의 기술혁신활동의 연계관계를 대덕특구를 중심으로 분석하고자 한다. 이를 위해 대덕특구가 기술혁신 역량을 가지고 있는 것으로 보이는 주요 기술을 도출하며, 이 기술분야를 대상으로 한국의 최근 등록특허 중 공동발명을 통해 이루어진 특허를 추출하고 연계행렬을 구성하여 지역간 혁신활동의 연계관계를 계량적·시각적으로 도출하고자 한다. 이를 통해 대덕특구의 주요 기술분야별로 타 클러스터와의 기술혁신 연계관계를 계량적으로 분석하고, 이러한 분석에 기초하여 타 클러스터와의 기술협력 방향을 제시하고자 한다.

핵심어 : 기술혁신, 연계관계, 네트워크 분석, 혁신클러스터, 대덕특구

* 한국과학기술정보연구원 책임연구원, hpark@kisti.re.kr, 02-3299-6051

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

ABSTRACT

This study analyzed the linkage relations of technological innovation between Daedeok Innopolis and other seven innovative clusters in industrial complexes which have played important roles as innovative centers in Korea. To begin with, we selected major technologies of Daedeok Innopolis for which the linkage with other clusters of innovative activities was analyzed quantitatively and graphically with association matrices, network analysis and dendrogram. Based on this network analysis, we analyzed the technological linkage among clusters and found the direction and strength of technological cooperation of the Daedeok Innopolis with other innovative clusters by technology field.

This study analyzed the technological network between the Daedeok Innopolis and other clusters on 6 technology fields in which Daedeok has innovative capabilities. In the analysis was measured the centrality of Daedeok compared with that of other clusters in areas where Daedeok is relatively active in innovative activities. As a result, Daedeok showed the highest centrality with the active innovative activities. Except Daedeok, Banwol-Sihwa cluster showed the highest centrality in all of the 6 technology fields.

Putting all the centrality of each innovative cluster and the linkage relations of Daedeok Innopolis together, it need to consider the following policy directions to strengthen the innovative linkage with other clusters. In Daedeok's main technology areas, it needs to increase the regional linkage with the clusters with relatively high centrality and relatively low linkage with Daedeok. For Changwon, Wonju and Gunsan with which Daedeok has the relatively low innovative linkage, it need to examine a new policy to improve the linkage with technologies related with the industry other clusters are nurturing.

When Daedeok formulates a plan to cooperate with other clusters, it does not only have to consider the linkage relations of technological innovation analyzed in this study and but also has to examine the cooperative strategies from the comprehensive point of view considering every aspect of their strategic industries, supportive policies, industrial base and competitiveness.

This study analyzed the linkage relations between regions based on the network analysis of patents only by co-invention. Consequently, it did not examine the factors inducing the co-invention, which is a limitation of the study and is to be investigated in the future. Also, the exploratory analysis on determinants of linkage intensity and the strategies to get synergy effects through solidified linkage will be the issues of further study.

Key words : Technological Innovation, Technological Linkage, Network Analysis, Innovative Cluster, Daedeok Innopolis

I. 서 론

1973년 설립된 대덕연구단지의 발전은 기반 구축기, 혁신 창출기, 클러스터 형성기 등의 3단계로 구분될 수 있다(임덕순, 2004). 지난 2004년 대덕밸리가 R&D 특구로 지정된 이래 연구기능에 이어 혁신클러스터로의 발전이 기대되고 있다.

대덕특구는 하향식 클러스터링(downstream clustering)의 형태를 취하고 있다고 할 수 있다. 정부의 강력한 투자 및 지원으로 진화를 거듭하면서, 연구개발 견인형 혁신클러스터로 진입하여 발전하고 있다.

대덕특구는 산학연 연계에 적합한 교육환경과 인력의 충원 및 관리에 적합한 조건을 갖추고 있는 것으로 나타난다. 대덕특구는 외형상 집적성(agglomeration)과 공식적·비공식적 연계성을 일부 충족시킴으로써 클러스터의 특성을 지니고 있다. 그러나 입주기관들간 활발한 네트워킹이 부족하여 자체완결적인 특성을 보이지 못하고 타 지역 또는 타 클러스터와도 연계가 부족하여 효율적 혁신 클러스터로의 발전에 제약이 있는 것으로 평가되고 있다(김선근, 2005).

따라서, 혁신클러스터로서의 대덕연구단지가 국가기술혁신의 견인차 역할을 수행하기 위해서는, 혁신주체들이 연구개발 단계부터 전략적인 시각하에 추진이 가능할 수 있도록 혁신클러스터의 기대효과를 극대화할 수 있는 방안의 제시가 필요하다.

또한, 대덕특구내 연구개발과 산업의 지원에 있어서 단순한 임무지향형(Mission-oriented) 지원으로부터 탈피하여, 수요지향형(Demand-oriented) 맞춤형지원으로의 전환을 모색하고, 연구개발부터 사업화까지의 전 과정을 전략적으로 지원하고 타 지역과의 효율적 연계를 추진할 수 있는 연계형 클러스터 기반에 대한 연구가 필요하다(황혜란, 2006).

대덕특구는 대전광역시 유성구와 대덕구를 중심으로 구성된 국내 최대의 연구개발 중심지로서 국내 최대의 연구기관, 국내 최대의 연구인력, 국내 최고의 R&D 인프라, 수도권을 제외한 국내 최고의 기술력을 보유하고 있다. 그러나 국내 최고의 연구개발 여건을 최대한 활용하여 연구개발 성과의 사업화를 통한 R&D와 산업의 연계를 효율적으로 추진하기 위해서는 대덕특구와 타 지역 또는 타 클러스터와의 연관관계 확인을 위한 체계적 분석이 필요하다.

혁신클러스터로서의 특구의 강점을 더욱 강화하면서, 사업의 효율성을 제고하고, 산·학·연 협력 활성화 및 연구역량의 강화를 위한 인프라를 확충하며, 특구운영 성과의 전국적 확산을 통하여 국가 균형발전을 도모하기 위한 산업간 연관관계의 분석이 필요하다고 할 수 있다.

한편, 산업자원부는 2005년부터 산업단지 혁신클러스터사업을 추진하고, 국가균형발전과 지역의 혁신역량을 고려하여 7개 지역(창원, 구미, 울산, 반월시화, 광주, 원주, 군산)을 시범단지로 선정하였다. 이는 생산 중심의 산업단지를 생산과 연구개발 기능이 결합된 혁신 클러스터로 육성하기 위한 것이었다(산업자원부, 2005). 또한 이들 클러스터의 경우 지역 별로 여건에 맞는 전략산업을 선정하여 산업 클러스터 형성을 활성화함으로써 지역산업의 경쟁력을 제고하고 특성화 발전을 통한 지역혁신체제 구축을 추진하고 있다.

본 연구에서는 국내 최대의 R&D 기반을 갖춘 대덕특구와 7개 산업단지 혁신클러스터를 대상으로 이들 혁신클러스터간의 기술혁신활동의 연계관계를 대덕특구를 중심으로 분석하고자 한다. 이를 위해 한국의 최근 등록특허 중 공동발명을 통해 이루어진 특허를 추출하고, 이를 대상으로 연계행렬을 구성하고 네트워크 분석기법을 적용하여 지역간 혁신활동의 연계관계를 계량적·시각적으로 도출하고자 한다.

II. 기술혁신 연계관계 분석에 대한 관련연구

1. 지역간 기술혁신 연계

지역간의 지식연계를 고려할 경우 일반적으로 재화나 서비스의 지역간 거래, 자본재나 연구인력의 이동, 특허 및 기술문헌의 인용빈도, 산업간 공동연구 등 다양한 방법을 이용하여 가중치를 측정할 수 있다. 이는 두 지역간에 거래가 많을수록, 연구인력 및 숙련공의 이동이 빈번할 수록 특허나 기술문헌의 인용빈도가 높을 수록, 두 지역간 기술·지식의 흐름도 많아질 것이라는 논리에 근거하고 있다(유선희, 2006).

기술혁신활동의 지역간 연계는 그 주체를 발명자로 볼 경우 지역간 지식의 연계라고 할 수 있다. 지식연계를 측정하기 위해서는 무엇보다도 관계의 경로나 크기를 나타내는 가중치, 즉 지식연계 행렬이 우선적으로 측정되어야 한다.

이를 위한 기존의 방법으로는 투입산출지표에 의한 산업간의 근접성을 상호간의 매출에 의해 측정하는 방법(Brown and Conrad, 1967), 자본과 중간재 투입의 구입매트릭스를 사용하여 측정하는 방법(Terleckyj, 1974), 또한 특허정보를 대용지표로 이용하여 기업 또는 조직의 기술지식흐름을 여러 가지 각도로 추정하여 기업간 기술거리의 측정방법(Jaffe, 1986) 등이 있다.

특히, Jaffe는 R&D의 기술적 파급효과(R&D spillover) 추정을 위해 먼저 기업이 보유한 특허를 임의의 49개 분류로 나누고 이를 위치벡터화하여 해당 기업의 기술적 위치를 표현하고 있다. 이렇게 표현된 기업의 기술적 위치를 가지고 기업간 기술거리를 계산한 후, R&D 비용과 연계시켜 잠재적 기술 파급효과를 표현하고 있다. 다시 말해, Jaffe는 각 기업에 관해 해당기업 외의 모든 기업들의 연구개발비용을 기술적 연관성의 측도에 따라 가중평균하고, 파급효과의 풀(spillover pool)이라는 변수를 만들고, 최종적으로 파급효과 풀의 크기가 각 기업의 특허건수와 양의 상관관계를 가진다는 결론을 도출하고 있다. 즉, '기술파급효과의 풀'이 기술파급효과 추정의 대리변수로 활용된 것이다. 참고로 Jaffe의 연구에서 기술파급효과에 대한 기본적인 전제는 산업간, 기업간 기술거리가 가까울수록 지식의 흐름이 용이하다는 것이다.

지역간 혁신활동의 연계는 특정 지역내의 기업, 연구소의 지식인력들의 다른 지역으로의 이동, 교류, 접촉, 산업간 특허권 구입, 상호 라이선스, 그리고 학회, 회의, 세미나, 심포지엄 등을 통해서 이루어진다.

이러한 경로를 통한 지식흐름을 측정하기는 매우 어렵기 때문에 대용변수(proxy)로 유사성 행렬을 구하여 지역간 지식흐름량을 측정하였다. 예를 들어 A지역과 B지역의 세부산업별 숙련 노동인력의 직능별 비율이 비슷하다면 두 지역의 지식적 배경이 유사하고, 따라서 지식의 흡수나 방출(즉, 지역간 지식의 흐름)이 용이하다고 분석하는 것이다(원동규, 2002).

2. 네트워크 분석

일반적으로 특정집단에 속한 행위자(actors) 간의 상호관계는 네트워크로 설명될 수 있다(Gelsing, 1992). 따라서 네트워크는 사람이나 물체, 사건 등의 객체를 연결짓는 특수한 형태의 연관관계라고 정의될 수 있다(Mitchell, 1969).

네트워크 분석은 그래프 이론(graph theory)으로부터 얻어지는 정량적 기법으로서, 행위자(node) 사이의 상호작용(link)의 분석을 용이하게 하는 역할을 한다. 행위자는 사람이나 물체 등, 형태와는 관계없이 다른 객체와 연결될 수 있는 것이면 무엇이든 가능하며, 상호작용은 행위자들이 집단 내에서 맺게 되는 연결의 집합을 말한다. 보통 시각적인 형태로 표현되는 행위자들 사이의 연관관계의 구조와 네트워크에서 개별 행위자들의 위치는 각 행위자들뿐만 아니라 시스템 전체의 특성에 대한 풍부한 정보를 제공하게 된다(Knoke

and Kuklinski, 1982; Marseden and Laumann, 1984).

네트워크 분석은 다양하고 폭넓은 영역에서 활용되고 있다. 우선 네트워크의 본질적 특성을 분석한 연구로서, 사회의 구조와 환경에 대한 특성을 설명하기 위해 네트워크의 밀도(density), 범위(span), 연결성(connectedness), 군집 가능성(clusterability) 등이 50-60년대부터 활발히 제안되었다(Bott, 1957; Thurman, 1980; Kapferer, 1969).

본격적인 네트워크 분석은 세계정치와 경제 시스템을 네트워크화 하는 연구(Synder and Kick, 1979)로부터 혁신의 산업간 확산(diffusion)과 채택의 분석(Leoncini et al., 1996; Park and Kim, 1999), 지식경영에서의 휴먼 네트워크의 형성(Cross et al., 2001)에 대한 연구에 이르기까지 폭넓게 확장되었다.

특허분석의 측면에서는 특허 사이의 본질적 연계는 텍스트 형태를 활용하여 표현될 수 없다. 그러나 개별 특허들의 위치와 특허 간의 연관관계의 패턴을 네트워크로 시각화하여 특허들의 전체적인 관계를 조명할 수 있다.

III. 기술혁신 연계관계 분석의 방법과 자료

1. 분석방법의 이론적 근거

본 연구에서는 특허의 공동 발명자의 거주지역, 즉 어떤 특허를 이루기 위한 발명자의 거주지역을 혁신활동이 발생하는 곳으로 가정하여 분석하고자 한다. 즉, 어떤 특정한 분야에 있어서 A지역과 B지역에 거주하는 발명자가 공동으로 출원한 특허가 많을수록 A지역과 B지역은 지식적 연계가 높다고 보는 것이다.

다시 말해, 어떤 지역간의 기술혁신 활동의 연계를 당해 지역간의 기술지식 흐름에서의 연계로 보며, 따라서 서로 다른 지역에 거주하는 발명자가 동일한 특허신출물을 구성하는데 기여할 경우 지역간 지식의 연계가 이루어졌다고 할 수 있다. 이러한 기술지식 연계관계를 측정하기 위해 특허정보의 발명자 거주지를 활용한다. 여기에서 기본적인 가정은 A지역과 B지역의 발명자는 그 지역의 기술혁신 환경을 활용함으로써 혁신활동을 이룩하였다는 것과, 발명자의 실제 거주지역과 특허상에서의 발명자의 주소는 일치한다는 것이다.

또한 이러한 발명자 거주지역간 연계행렬의 네트워크 분석을 통해 지역간 군집(cluster)도 확인할 수 있는데, 이때 사용되는 개념이 구조적 동위성(structural equivalence) 모형이다. 구조적 동위성 모형이란 두 개체가 한 시스템 내의 다른 모든 개체와 동일한 유형의

관계를 맺고 있다면 이들은 '구조적으로 동등한 위치'를 갖는 것으로 간주하는 분석모형이다. 따라서 구조적 등위성에 있는 개체 간에는 시스템 내에서 개체 간의 위치가 서로 대체될 수 있다는 것을 의미한다(Knoke and Kuklinski, 1982).

이 모형에서는 행위자들이 점유하고 있는 위치가 관계유형의 유사성과의 차이에 의해 규정되기 때문에 시스템 내에 포함되어 있는 모든 행위자들간의 관계가 고려된다. 따라서 이 모형을 이용하여 전체 사회체계의 특정한 지위체계 내의 위치를 확인할 수 있을 뿐만 아니라 그것들의 총화된 구조를 파악할 수도 있다(김용학, 2003; 손동원, 2002).

대부분의 특허는 발명의 지역적 근원지를 결정하기 위한 2가지 정보를 가지고 있다. 첫째는 '특허출원 회사 소재지' 개념인데, 이것은 기술혁신의 공간적 기여에 대한 큰 왜곡을 가져다 주게 된다(Blind and Grupp, 1999). 대부분의 경우, 출원인 회사의 주소는 본사의 위치를 의미하는데, 이것은 기술혁신의 개발활동의 지식환경이 실제로 존재하는 연구실의 주소와는 많은 경우 다르기 때문이다.

이러한 문제는 다음과 같은 예를 통해 이해할 수 있다. 즉, 베를린에 있는 연구실에 근무하는 지멘사의 R&D 부서의 직원을 생각해 볼 수 있다. 이 연구자가 발명을 수행하면 그의 고용주인 지멘사(뮌헨에 본사 위치)는 그 발명에 대한 권리를 보호받기 위해 특허출원을 하고, 특허청은 그 특허를 뮌헨 지역 특허로 간주하게 된다. 이러한 개념, 즉 본사의 개념은 기술혁신 활동에 대한 지역적 기여에 대해 현실적으로 보여주지 못하게 되며, 특히 전체 특허 출원건수가 많은 대기업의 경우에 더욱 그러하다(Deyle and Grupp, 2005).

두 번째 개념, 즉 '발명자 거주지'를 적용하면 그러한 편차는 줄어들수 있게 된다. 이러한 개념에 따르면 기술혁신의 근원은 발명자의 거주지역으로 지정된다. 이것은 발명자가 자신의 작업장(회사의 연구소) 부근에 살고 있다는 것을 암묵적으로 가정하고 있는 것이다.

따라서 본 연구에서는 발명자 거주지를 기술혁신 활동의 지역적 근원지로 간주하여 실제 혁신활동이 지역과 어떠한 관계가 있는지를 네트워크 분석을 통해 가시화하고자 한다.

2. 분석방법의 설정

1) 지역간 지식연계의 네트워크 분석

지역간 기술혁신 활동의 연계를 파악하기 위하여, 비체화된 지식이라고 할 수 있는 특허의 대상 지역간 연계구조를 네트워크 분석에 의해 시각적으로 나타내고자 한다.

일반적으로 특허는 기술혁신활동 성과의 대표적인 지표라고 할 수 있으며, 이러한 특허

의 지역적 분포나 연계를 분석할 경우 특허 출원인의 주소를 활용하여 분석해 왔다. 그러나 출원인의 소재지(본사 주소)와 실제 기술혁신이 일어나고 있는 연구소나 연구자의 주소는 상이한 경우가 많기 때문에 실질적인 지식의 연계를 파악하기 위해서는 후자를 활용하는 것이 더 합리적이라 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 특정 분야의 특허군에서의 개별 특허를 혁신활동 결과로 보고, 해당 혁신활동은 발명자들간의 관계(상호작용)에 의해 이루어졌다고 할 수 있기 때문에 이러한 관계를 네트워크 분석을 통해 분석하고자 한다.

2) 네트워크 분석의 구조와 특성

분석을 위해 추출된 데이터는 각각의 특허별 발명자의 거주지를 계수화하여 나타내게 되며, 일반적으로 지역간 기술의 연계구조는 지역별로 유사기술이 얼마나 분포되어 있는지를 분석하는 유사도 분석을 이용하여 분석된다.

본 연구에서는 직접적인 연계관계 분석을 위해 개별 기술별로 지역이 어떤 관계를 갖는지에 대한 발명자 거주지별 특허행렬을 도출하고, 이를 이용하여 네트워크 분석을 수행하기 위해 <그림 1>과 같이 지역간 연계행렬로 변환한다.

도출된 지역간 연계행렬은 네트워크 분석을 통해 가시화 된다. 네트워크 분석은 구성요소(node) 간의 상호작용(link)을 시스템적으로 시각화(visualizing)함으로써 그 연결망(네트워크)의 구조를 분석하는 정량적인 기법으로서, 본 연구에서는 발명자의 거주지(8개 클러스터 지역)를 구성요소로, 그리고 공동발명을 상호작용으로 본다. 이러한 과정을 통하여 입수된 각 지역 간의 벡터는 지역간 연계 정도를 측정하기 위해 활용되게 된다.

먼저 연관성 정도를 파악하기 위해서 벡터간 거리를 기준으로 할 수 있고, 일정한 기준값(cut-off value)을 넘게 되면 그 두 기술군은 네트워크 분석에서 상호작용이 존재하는 것으로 파악할 수 있을 것이다. 또한 구조적 등위분석을 통해 지역간 클러스터를 확인하는 것도 가능하다.

〈그림 1〉 지역간 기술혁신활동 연계행렬 도출

〈개별특허별 발명자 거주지행렬〉

	한국특허 A	한국특허 B	한국특허 C	한국특허 D
서울	0	1	1	1
부산	0	0	0	1
대구	1	1	1	0
대전	1	1	0	0



Co-membership
Matrix

〈지역간 지식연계 행렬〉

	서울	부산	대구	대전
서울		1	1	1
부산	1		1	0
대구	1	1		2
대전	1	0	2	

3. 자료의 수집과 변환

본 연구의 분석에 사용하기 위한 데이터는 한국과학기술정보연구원(KISTI)의 한국공개특허 데이터베이스인 KUPA를 대상으로 한다.

1) 대덕특구 주요기술 데이터

대덕특구의 주요 기술을 도출하기 위해 최근 5년간의 한국등록특허(2001~2006년 상반기) 중 발명인이 대전 지역에 소재하고 있는 특허 16,034건을 수집하였다. IPC 분류코드의 서브클래스(ex. H01L)별로 특허건수를 조사하여 대전 지역에서 발생된 주요 특허(총 11,743건)를 선별하였다.

이 과정에서는 대전 지역에서 발생된 57개의 주요 기술군(서브클래스 단위)이 선정되었다. 선정의 기준은 해당 서브클래스별로 발생 건수를 기준으로 60건 이상을 선정하는 것을 원칙으로 하였으며, 추가로 상위 클래스별로 점유율이 높은 서브클래스도 포함시켰다. 서브클래스 단위의 기술군에 대한 IPC 분류해설을 기준으로 기술적 내용을 분석하고, 산업적인 기술제품 아이템을 고려하여 기술내용의 요약을 기재하였다.

2) 지역간 연계분석 데이터

대덕특구와 타 클러스터의 기술혁신 활동에 있어서 지역간 연계관계를 파악하기 위하여 앞에서 언급한 특허정보를 활용한 네트워크 분석방법을 적용한다.

분석을 위한 데이터는 대덕특구 소재 발명자가 출원한 1980년부터 2006년 상반기까지의 한국공개특허를 대상으로 데이터를 수집하였다. 또한, 동시발생 분석(Co-occurrence analysis)을 위하여 발명자가 2인 이상인 특허를 별도로 선별하였다.

분석을 위해서는 특허정보 중에서 출원인의 주소와 발명자의 주소를 클러스터 지역에 해당하는 시도별로 추출하여 분류하게 된다. 따라서 각각의 특허별로 출원인 주소와 발명자 주소를 계수화(counting)하여 나타내는데, 이를 이용하여 대전과 7개 클러스터 지역을 포함한 8개 지역별로 특허발생 현황을 파악한다. 또한 지역별 지식의 연관관계를 분석하기 위해 발명자가 2인 이상인 특허를 따로 추출하여 발명자 거주지별 특허 행렬로 변환한다.

4. 대덕특구 주요기술 선정

1) 대덕특구 주요 기술분야 선정 및 데이터 수집

먼저 대전지역 발명인 등록특허(최근 5년간) 중 IPC 서브클래스를 기준으로 출원건수가 높은 순위로 10개 IPC 서브클래스(〈표 1〉)를 선정하였다. 여기에는 H01L, H04L, G06F, H04B, A61K, C12N, C08L, H01M, H04N, C07D 등이 포함되고 있다.

〈표 1〉 대덕특구 주요 기술분야

빈도수 순위	서브클래스	건수	빈도수 순위	서브 클래스	건수
1	H01L	1,224	16	C07C	199
2	H04L	1,142	17	C02F	198
3	G06F	847	18	H04Q	176
4	H04B	643	19	B01J	167
5	A61K	522	20	C09K	162
6	C12N	445	21	A23L	149
7	C08L	395	22	C04B	144
8	H01M	387	23	B60C	141
9	H04N	339	24	B29C	136
10	C07D	321	25	C08G	133
11	G02B	314	26	G02F	129
12	C08F	307	27	G06T	120
13	G11C	232	28	G21C	120
14	B01D	217	29	H01J	111
15	G01N	206	30	G06Q	108

선정된 IPC 서브클래스를 6개의 기술군으로 재그룹핑 하고, 재그룹핑된 기술분야에 대해 한국공개특허 전체(1980년~2006년 상반기)를 대상으로 그룹핑된 기술분야별로 데이터(총 393,039건)를 수집하였다.

동시발생 분석을 위해 발명자가 2인 이상인 특허(총 19,738건)를 선별하였다. 이는 <표 2>와 같이 반도체 및 반도체장치, 전기화학장치, 전기통신, 바이오(생명과학), 고무조성물, 디지털계산기 등 6개 분야로 분석되었다.

<표 2> 주요 기술분야 선정내용

산업분야(기술 그룹핑)	분석대상건수
반도체 및 반도체장치	3,115
전기화학장치(전지, 연료전지)	917
전기통신	8,303
바이오(생명과학)	4,186
고무조성물	1,454
디지털계산기	2,680
총 계	19,738

주: 동시발생 분석을 위한 발명자 2인 이상의 등록특허 기준

2) 대덕특구 주요 기술분야의 위치

국내에서 출원건수를 기준으로 대덕특구의 비중이 높은 기술분야는 고무조성물(10.96%), 전지(9.84%), 바이오생명(7.69%), 전기통신(7.11%), 디지털계산기(6.71%), 반도체(4.52%) 순으로 나타났다(<표 3> 참조).

<표 3> 선정된 서브클래스의 기술 그룹핑 및 출원건수

구분	산업분야(기술 그룹핑)	서브클래스	특허출원 건수	대덕특구 출원건수	대덕특구 비중
1	반도체 및 반도체장치	H01L	121,730	5,501	4.52%
2	전기화학장치(전지, 연료전지)	H01M	9,302	915	9.84%
3	전기통신	H04B, H04M, H04N, H04R, G08B, H04L	138,289	9,839	7.11%
4	바이오(생명과학)	C07D, C12N, A61K	61,080	4,700	7.69%
5	고무조성물	C08L	12,288	1,347	10.96%
6	디지털계산기	G06F	50,350	3,377	6.71%

주: 국내 특허출원 건수 기준

IV. 대덕특구와 타 클러스터간 기술연계 분석

여기에서는 발명자가 2인 이상인 특허를 대상으로 하여 발명자의 소재지를 중심으로 한 Co-occurrence 분석을 수행한다. Co-membership Analysis를 통한 대덕특구와 7개 산업 단지 혁신클러스터 간의 연계행렬 도출 및 네트워크 분석을 통한 기술분야별 연계강도 분석을 수행한다. 여기에서는 클러스터간 중심성과 연계강도가 분석된다.¹⁶⁾

1. 기술분야별 연계관계 분석

1) 반도체(반도체 및 반도체장치: H01L) 분야

반도체 및 반도체 장비관련 분야에 있어서는 <표 4>에서 알 수 있는 바와 같이 대덕특구를 포함하여 8개 클러스터 중에서 대전이 중심성이 가장 높은 것으로 나타났다. 그 다음으로는 구미, 광주, 반월시화 순으로 중심성이 높은 것으로 나타나고 있음을 알 수 있다.

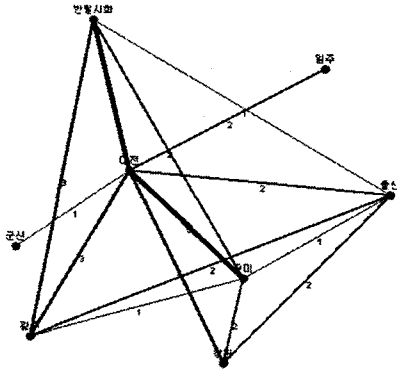
이들 중심성이 높은 클러스터들 중에서 대덕특구와 연계 강도가 높은 클러스터로는 <그림 2>와 <그림 3>과 같이 구미와 반월시화로 나타났다.

<표 4> 반도체 분야의 클러스터간 중심성(허브) 지수

	Degree Centrality	Flow Betweenness	Eigenvector
대 전	1,000	83,925	0,687
광 주	0,857	49,263	0,159
구 미	1,000	46,753	0,513
군 산	0,429	2,231	0,020
반월시화	0,857	43,058	0,469
울 산	0,714	28,436	0,082
원 주	0,429	1,474	0,040
창 원	0,714	26,059	0,103

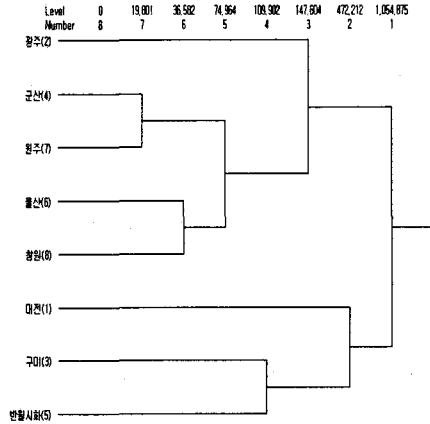
¹⁶⁾ 네트워크 분석을 위한 소프트웨어로는 Netminer 2.6을 사용하였다. 그리고 중심성 지수는 degree centrality(중심성), flow betweenness centrality(흐름 매개 중심성), eigenvector centrality(고유벡터 중심성)로 판단하게 되며, 이중 flow betweenness와 eigenvector가 주요 판단 지수이다.

〈그림 2〉 반도체 분야 연계 네트워크



1: 5-10, 2: 11-20, 3: 21-50, 4: 51-100, 5: 101-500

〈그림 3〉 반도체 분야 연계 덴드로그램



2) 전지(전기화학장치: H01M) 분야

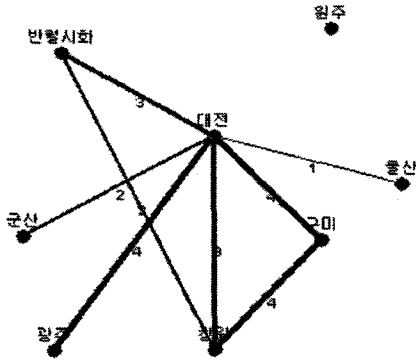
전지나 연료전지와 같은 전기화학장치 분야에 있어서는 〈표 5〉에서와 볼 수 있는 바와 같이 대덕특구를 포함하여 8개 혁신클러스터 중에서 대전과 구미가 중심성이 가장 높은 것으로 나타났다. 대전과 구미에 이어 그 다음으로는 창원과 반월시화가 높은 것으로 나타나고 있음을 볼 수 있다.

이들 중심성이 높은 클러스터들 가운데 대덕특구와 연계 강도가 높은 클러스터로는 〈그림 4〉와 〈그림 5〉에서 볼 수 있는 것처럼 구미와 창원 클러스터인 것으로 나타났다.

〈표 5〉 전지분야의 클러스터간 중심성(허브) 지수

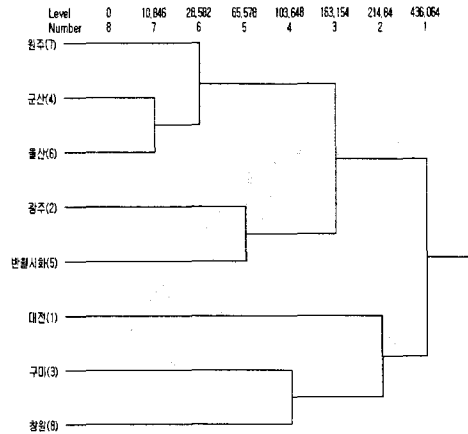
	Degree Centrality	Flow Betweenness	Eigenvector
대 전	0.857	54,634	0.536
광 주	0.286	4,086	0.233
구 미	0.714	42,216	0.603
군 산	0.143	0,000	0.044
반월시화	0.429	11,271	0.183
울 산	0.286	3,917	0.053
원 주	0,000	0,000	0,000
창 원	0.429	30,498	0.506

〈그림 4〉 전지분야 연계 네트워크



1: 5-10, 2: 11-20, 3: 21-50, 4: 51-100, 5: 101-500

〈그림 5〉 전지분야 연계 덴드로그램



3) IT(전기통신: H04B 등) 분야

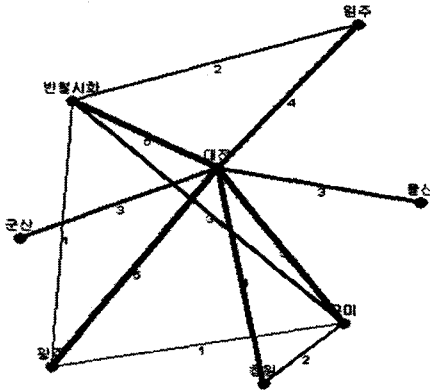
전기통신(무선통신 포함) 분야를 보면, 〈표 6〉에서 볼 수 있는 바와 같이 대덕특구를 포함하여 8개 클러스터 중에서 대전이 중심성이 가장 높은 것으로 나타났다. 대전을 제외할 경우 구미, 반월시화, 원주, 광주 순으로 중심성이 높은 것으로 나타났다.

그 중에서 대덕특구와 연계 강도가 높은 클러스터로는 〈그림 6〉과 〈그림 7〉에 나타나는 바와 같이 광주와 반월시화로 나타났다.

〈표 6〉 IT 분야의 클러스터간 중심성(허브) 지수

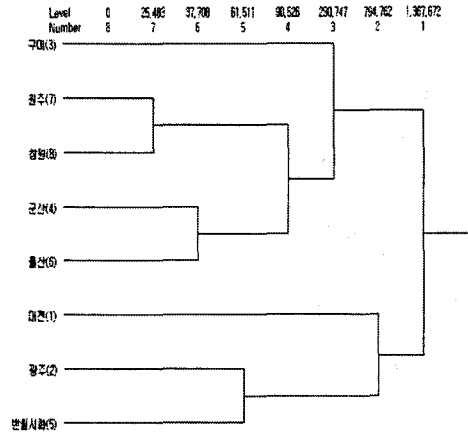
	Degree Centrality	Flow Betweenness	Eigenvector
대 전	1.000	61.403	0.695
광 주	0.714	11.658	0.445
구 미	0.857	26.527	0.257
군 산	0.286	0.900	0.047
반월시화	0.714	21.370	0.476
울 산	0.571	2.667	0.067
원 주	0.857	7.588	0.103
창 원	0.714	8.027	0.096

〈그림 6〉 IT 분야 연계 네트워크



1: 5-10, 2: 11-20, 3: 21-50, 4: 51-100, 5: 101-500

〈그림 7〉 IT 분야 연계 덴드로그램



4) BT(바이오 생명과학: C07D 등) 분야

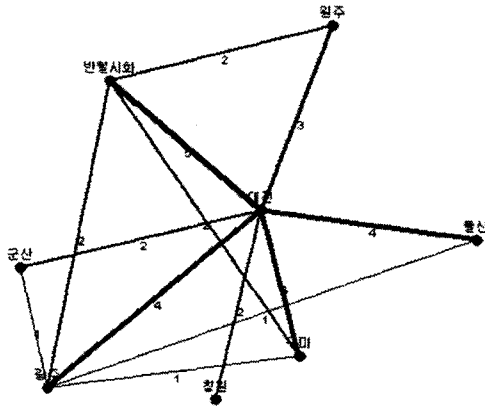
바이오 관련 분야를 보면, 〈표 7〉에서 알 수 있듯이 대덕특구를 포함하여 8개 클러스터 중에서는 대전이 중심성이 가장 높은 것으로 나타났다. 그 다음으로 광주, 반월시화, 울산 순으로 높은 것으로 나타났다.

이들 중심성이 높은 클러스터 중에서 대덕특구와 연계 강도가 높은 클러스터로는 〈그림 8〉과 〈그림 9〉에서 보는 바와 같이 반월시화, 울산, 광주, 구미, 군산 등으로 나타났다. 이 분야의 경우 모두 중심성이 상위에 있는 클러스터와 적절히 연계되고 있다.

〈표 7〉 BT 분야의 클러스터간 중심성(허브) 지수

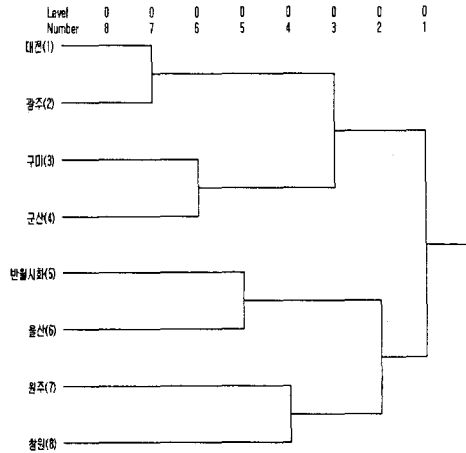
	Degree Centrality	Flow Betweenness	Eigenvector
대 전	1.000	62.543	0.698
광 주	1.000	33.092	0.319
구 미	0.714	7.942	0.138
군 산	0.286	3.407	0.039
반월시화	0.857	25.052	0.610
울 산	0.857	5.373	0.115
원 주	0.714	7.084	0.065
창 원	0.571	1.617	0.034

〈그림 8〉 BT 분야 연계 네트워크



1: 6-10, 2: 11-50, 3: 51-100, 4: 101-500, 5: 501-1000

〈그림 9〉 BT 분야 연계 덴드로그램



5) 소재(고무조성물: C08L) 분야

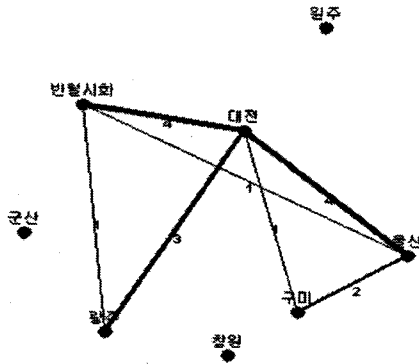
고무조성물 분야에 있어서는 〈표 8〉에 나타나 있듯이, 대덕특구를 포함한 8개 클러스터들 중에서 대전이 역시 중심성이 가장 높은 것으로 나타났다. 그 다음으로 울산, 반월시화, 구미 순으로 중심성이 높은 것으로 나타났다.

고무소재 분야에서 이들 중심성이 높은 클러스터들 중에서 대덕특구와 연계 강도가 높은 클러스터로는 〈그림 10〉과 〈그림 11〉에서 볼 수 있는 바와 같이 반월시화, 울산으로 나타났다.

〈표 8〉 고무소재 분야의 클러스터간 중심성(허브) 지수

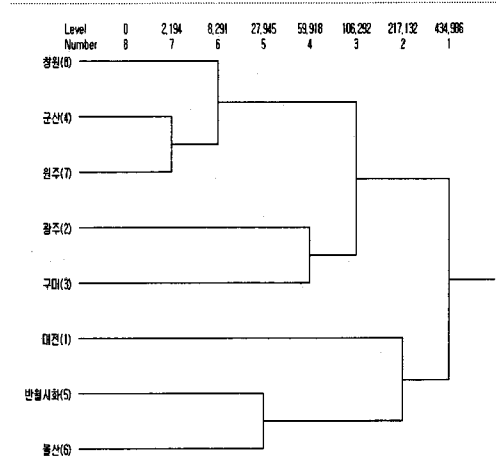
	Degree Centrality	Flow Betweenness	Eigenvector
대전	0.714	77.612	0.685
광주	0.429	29.997	0.195
구미	0.571	46.384	0.133
군산	0.000	0.000	0.000
반월시화	0.714	43.275	0.486
울산	0.571	56.070	0.488
원주	0.286	2.067	0.005
창원	0.143	0.000	0.016

<그림 10> BT 분야 연계 네트워크



1: 6-10, 2: 11-50, 3: 51-100, 4: 101-500, 5: 501-1000

<그림 11> BT 분야 연계 덴드로그램



6) 컴퓨터(디지털계산기: G06F) 분야

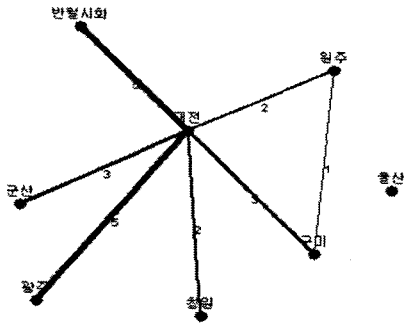
디지털계산기(컴퓨터 등)관련 분야에서는 <표 9>에서 알 수 있는 바와 같이 대덕특구를 포함하여 8개 클러스터 중에서는 대전이 중심성이 가장 높은 것으로 나타났다. 그 다음으로는 반월시화, 구미의 순으로 중심성이 높은 것으로 나타나고 있음을 알 수 있다.

그 중에서 대덕특구와 연계 강도가 높은 클러스터로는 <그림 10>과 <그림 11>에서 나타나는 바와 같이 광주와 반월시화로 나타났다.

<표 9> 컴퓨터 분야의 클러스터간 중심성(허브) 지수

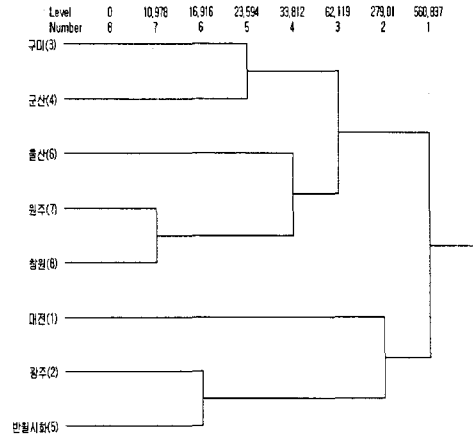
	Degree Centrality	Flow Betweenness	Eigenvector
대 전	1.000	56.902	0.701
광 주	0.571	13.448	0.473
구 미	0.714	24.650	0.144
군 산	0.143	0.000	0.105
반월시화	0.857	16.551	0.494
울 산	0.571	3.595	0.031
원 주	0.429	9.842	0.074
창 원	0.571	9.171	0.058

〈그림 10〉 컴퓨터 분야 연계 네트워크



1: 5-10, 2: 11-20, 3: 21-50, 4: 51-100, 5: 101-500

〈그림 11〉 컴퓨터 분야 연계 덴드로그램



2. 분석결과의 종합과 해석

본 연계관계 분석에서는 대덕특구에서 상대적으로 혁신활동이 활발한 6개 주요기술 분야에 있어 7개 타 혁신클러스터와 비교하여 중심성(허브)이 높은지에 대해 확인하였다. 그 결과 대덕특구의 경우 혁신활동도 활발하면서 타 클러스터에 비해 중심성도 가장 높은 것으로 나타났다.

또한 타 혁신클러스터와의 연계강도를 기술아이템 분야별로 분석한 결과 해당 분야에서 중심성이 높은 클러스터와 연계강도가 높지 않은 경우도 확인되었다.

향후 타 클러스터간 연계전략에 있어서 해당분야별로 중심성이 높은 혁신클러스터와의 연계강도를 높일 필요가 있을 것으로 판단된다. 즉, 〈표 10〉의 암영 부분 중에서 ◎표시가 되어 있지 않은 칸은 향후 연계강도를 높일 필요가 있는 클러스터를 의미한다고 할 수 있다.

7개 타 클러스터와 비교할 때 6개 기술분야 모두에서 대덕특구의 중심성이 높은 것으로 나타났고, 그 다음으로 중심성이 높은 클러스터와 지역간 연계강도가 높은 클러스터에 대해서도 그림에 표시되어 있다.

6개 기술분야 전체를 고려할 경우, 지역간의 연계강도가 높은 클러스터는 반월시화, 광주, 구미 등으로 나타나고 있다.

대덕특구 외에 6개 분야별 중심성이 상대적으로 높은 클러스터를 분석한 결과, 반월시화는 전 분야에 있어서 중심성이 높은 것으로 나타나고 있다.

광주는 반도체, IT, BT 분야에서, 구미는 반도체, 전지, IT, 소재(고무), 컴퓨터 분야에서, 창원은 전지 분야에서, 울산은 BT, 소재(고무조성물) 분야에서, 원주는 IT 분야에서 중심성이 상대적으로 높은 것으로 나타났다.

군산의 경우 대전 지역의 주요 6개 기술분야 중에서는 중심성이 높은 분야가 없는 것으로 나타나고 있다.

〈표 10〉 기술분야별 타 클러스터간 연계강도 및 중심 클러스터

2인 이상 대전출원 특허	연계 건수	연계건수 (순위)	반도체	전지	IT	BT	소재 (고무)	컴퓨터
대전-반월시화	1,189	1	◎		◎	◎	◎	◎
대전-광주	548	2			◎	○		◎
대전-구미	523	2	◎	◎		○		
대전-창원	270	3		◎				
대전-울산	252	3				○	◎	
대전-원주	106	4						
대전-군산	86	4						

주: ◎ - 연계강도 높음
 ○ - 해당분야 중심성이 높은 클러스터

VI. 결론 및 시사점

본고에서는 국내 최대의 연구개발 기반을 갖추고 있는 것으로 평가되는 대덕특구와 7개 산업단지 혁신클러스터를 대상으로 이들 혁신클러스터 간의 기술혁신 연계관계를 대덕특구를 중심으로 분석하고자 한다. 이를 위하여 한국의 최근 등록특허 중 공동발명을 통해 이루어진 특허를 추출하고, 이를 대상으로 연계행렬을 구성하고 네트워크 분석을 통해 지역 간 혁신활동의 연계관계를 계량적·시각적으로 도출하고자 하였다.

대덕특구가 혁신역량을 가지고 있는 주요 기술분야를 기준으로 하여 국내 7개 혁신클러

스터 지역과의 연계관계를 6개 기술분야(반도체 및 반도체장치, 전기화학장치, 전기통신, 바이오생명과학, 고무조성물, 컴퓨터)별로 측정하였다.

본 연계관계 분석에서는 대덕특구에서 상대적으로 기술혁신 활동이 활발한 기술분야에 있어서 7개 타 혁신클러스터와 비교하여 중심성(허브)이 높은지에 대해 분석하였다. 그 결과 대덕특구의 경우 혁신활동도 활발하면서 타 클러스터에 비해 중심성도 가장 높은 것으로 나타났다. 대덕특구를 제외할 경우 반월시화 클러스터가 6개 기술분야 전체에서 중심성이 높은 것으로 나타났다.

또한 타 혁신클러스터와의 연계강도를 기술분야별로 분석한 결과 해당분야에서 중심성이 높은 클러스터 지역과 연계강도가 높지 않은 경우도 확인되었다.

각 클러스터에 대한 연계 중심성과 대덕특구의 연계관계에 대한 분석결과를 종합해 보면, 타 클러스터간의 연계를 좀 더 강화하기 위해서는 다음과 같은 방안이 마련될 필요가 있다.

대덕특구의 주요 기술에 대해 상대적으로 중심성이 높은 클러스터이지만 연계강도가 다소 낮은 클러스터와 해당 기술분야에 있어서의 지역간 연계강도를 좀 더 높일 필요가 있다.

지역간 연계강도가 상대적으로 낮은 창원, 원주, 군산 등의 클러스터에 대해서는 해당 클러스터의 전략산업을 중심으로 대덕특구의 주요 기술뿐만 아니라, 각 클러스터가 중점 육성하고 있는 산업분야의 관련 기술을 연계하는 방안을 별도로 검토할 필요가 있다.

실제로 대덕특구가 타 클러스터와의 협력방향을 검토할 경우 본 연구에서 분석된 기술 혁신 활동의 연계관계를 고려함과 동시에 각 클러스터 지역의 전략산업과 지원정책, 당해 지역의 산업기반과 경쟁력 등을 동시에 검토하여 종합적인 시각에서 전략이 검토되어야 할 것이다.

한편, 본 논문에서는 공동발명에 의한 특허에 근거하여 지역간의 기술혁신 활동의 연계 관계를 분석하는 데 그치고 있다. 따라서 지역간의 공동발명이 이루어지는 요인들에 대해서는 별도로 분석하지 못하고 있다는 점은 본 연구의 한계이자 향후 추가 연구과제로 남는다고 할 수 있다. 또한 연계강도의 결정요인에 대한 탐색적 분석과 향후 연계강화를 통한 시너지 효과에 대한 전략 등에 대해서도 추후 연구과제로 언급될 수 있을 것이다.

참고문헌

- 김선근 외(2005), 대덕밸리 IT 및 BT 클러스터의 Global Value Chain 실증분석, 과학기술정책연구원.
- 김용학(2003), 사회 연결망 분석, 박영사.
- 산업자원부(2005), 산업단지의 혁신클러스터화 추진계획, 1.19.
- 손동원(2002), 사회 네트워크 분석, 경문사.
- 원동규(2002), 지식기반 공간구조형성과 지역간 지식연계망구조에 관한 연구, 서울대 박사학위논문.
- 유선희(2006), “국가 기술혁신활동의 지역간 네트워크에 관한 연구,” 정보관리연구, 제37권 제2호, 6, pp.93-107.
- 임덕순·김왕동·유정화(2004), “대덕연구단지의 발전과정 및 국제비교,” 기술혁신학회지, 제7권 제2호, 8, pp.373-395.
- 황혜란(2006), “대덕연구개발특구 육성과 국가혁신체제의 고도화,” KIET 지역경제, 3, pp.25-38.
- Becattini, G. (1991), “Italian Districts: Problems and Perspectives,” *International Studies of Management & Organization*, 21, 1, pp.83-90.
- Blind, K. and H. Grupp (1999), "Interdependencies between the Science and Technology Infrastructure and Innovation Activities in German Region: Empirical Findings and Policy Consequences," *Research Policy* 28, pp.451-468.
- Bott, E. (1957), *Family and Social Network*, London: Tavistock.
- Brown, M. and A. Conrad (1967), "The Influence of Research on CES Production Relations," in M. Brown(ed.), *The Theory and Empirical Analysis of Production, Studies in Income and Wealth*, 3, Columbia University Press for NBER., New York, pp.275-340.
- Cross, R., S. Borgatti, and A. Parker (2001), "Beyond Answers: Dimensions of the Advice Network," *Social Networks*, 23, pp.215-235.
- Deyle, H. G. and H. Grupp (2005), "Commuters and the Regional Assignment of Innovative Activities: A Methodological Patent Study of German Districts," *Research Policy*, 34, pp.221-234.

- Gelsing, L. (1992), "Innovation and the Development of Industrial Networks," in B. A. Lundvall (ed.), *National Systems of Innovation - Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, London: Pinter Publishers.
- Jaffe, A. (1986), "Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firms' Patents, Profits, and Market Value," *American Economic Review*, 76(5), pp.984-1001.
- Kapferer, B. (1973), "Social Network and Conjugal Role in Urban Zambia: Towards a Reformulation of the Bott Hypothesis," in J. Boissevain and J. C. Mitchell (eds.), *Network Analysis: Studies in Human Interaction*, Paris: Mouton.
- Park, Y. T. and M. S. Kim (1999), "A Taxonomy of Industries based on Knowledge Flow Structure," *Technology Analysis and Strategic Management*, 11(4), 1999, pp.541-549.
- Knoke, D. and J. Kuklinski (1982), *Network Analysis*, SAGE Publications.
- Leoncini, R., M. Maggioni, and S. Montessor (1996), "Intersectional Innovation Flows and National Technological System Network Analysis for Comparing Italy and Germany," *Research Policy*, 25, pp.415-430.
- Marseden, P. and E. Laumann (1984), "Mathematical Ideas in Social Structural Analysis," *Journal of Mathematical Sociology*, 10, pp.271-294.
- Mitchell, J. C. (1969), *Social Networks in Urban Situations*, Manchester, England: Manchester University Press.
- Synder, D. and E. Kick (1979), "Structural Position in the World System and Economic Growth 1955-1970: A Multiple Network Analysis of Transnational Interactions," *American Journal of Sociology*, 84, pp.1096-1126.
- Terleckyj, N. E. (1974), *Effects of R&D on the Productivity Growth of Industries: An Exploratory Study*, Washington, D.C.: National Planning Association.
- Thurman, B. (1980), "In the Office: Networks and Coalitions," *Social Networks*, 2, pp.47-63.
- Wasserman, S. and K. Faust (1994), *Social Network Analysis: Methods and Applications*, Cambridge: Cambridge University Press.

박현우

홍익대학교 대학원에서 경영학 박사학위를 취득하고, 산업기술정보원 부연구위원, San Francisco 주립대 Visiting Scholar를 거쳐 현재 한국과학기술정보연구원의 책임연구원으로 재직중이다. 「기술 라이선싱」, 「기술가치평가 개론」, 「기술마케팅」 등 저서 약 10편, 「미래 유망기술 사업화아이템 선정 연구」, 「기술시장 정보분석 체계화 연구」 등 연구보고서 약 20편, “기술가치 결정요인의 특성과 영향요인 분석” 등 논문 약 40편이 있다. 연구분야는 과학계량분석, 기술혁신경영, 기술가치평가 등이다.

유선희

연세대학교 세라믹공학과 학사, 공학석사, 공학박사학위를 취득하였고, 현재 한국과학기술정보연구원 (KISTI) 기술정보분석팀 선임연구원으로 재직중이다. 관심분야로는 기술가치평가, R&D 기술의 성과 분석, R&D 의사결정 지원시스템, 기술혁신지표 연구, 과학기술정보 계량분석 등이다.