

미국 제약업의 특허 네트워크 분석을 통한 기업수준에서의 혁신성과의 결정요인 탐색

이병규*

초록

기업의 지속가능한 성장의 핵심 요소로서 연구개발을 통한 혁신이 주목할만한 관심을 끌어들였다. (Brusoni, 2005) 기존의 혁신 연구들이 연구개발지출과 특허, 그리고 기업의 성과 간의 상관관계를 분석한데 비해 본 연구에서는 특허를 단순히 연구개발과 기업성과 사이의 중재변수로서 설명하는 것이 아니라 특허의 발명가 네트워크를 이용하여 연구개발비를 통제하고 난 뒤에도 사회적 자본으로서의 발명가 네트워크가 혁신 지표로서의 특허에 미치는 영향에 대해 살펴보았으며, 이에 본 연구는 2001년부터 2005년까지 5년간 미국 10대 제약기업의 특허 자료와 연구개발비 정보를 이용하여 기업수준에서의 특허 산출의 매커니즘을 밝히고자 하였다.

특허는 발명가들로부터의 산출물이기 때문에 발명가들의 협력과 지식공유의 네트워크가 특허의 산출에 영향을 미칠 것이며, 따라서 동일한 연구개발비와 자원을 통해도 발명가들의 네트워크에 따라 특허의 산출이 달라질 것이다. 또한, 혁신은 기존에 있는 것을 활용(Exploitation)하기 보다는 새로운 것으로부터의 탐색(Exploration)하는 것으로부터 오며(March, 1991), 밀집되고 응집력이 높은 구조의 연결망에서는 탐색보다는 활용을 더 많이 할 것이다. 이러한 배경 하에 본 연구에서는 발명자들 사이의 밀집되고 응집력이 높은 구조에서 보다는 약한 유대(weak ties)의 구조 속에서 더욱

* 연세대학교 사회학 석사
E-mail : letitbk@gmail.com

혁신적인 성과가 산출될 것이라는 가설을 설정하였다. 회귀분석결과 연구개발비를 통제하고 난 뒤에도 네트워크의 집중도가 커질수록 혁신의 성과에 통계적으로 유의한 부정적 영향을 미쳤으며, 네트워크의 밀도는 부정적인 영향을 미치지만 통계적으로 유의한 결과를 나타내지는 않았다.

따라서 특허의 수를 증진시키는 등 혁신의 성과를 산출해내기 위해서는 단지 연구개발비를 늘리는 양적인 노력 뿐만 아니라 발명자들의 네트워크를 유연한 구조로 만듦으로써 새로운 정보와 지식을 탐색할 수 있는 여건을 만드는 질적인 노력이 병행되어야 한다.

주제어 : 혁신, 특허, 발명가 협력 연결망, 연구개발, 미국제약업

I. 서론

II. 기존연구의 검토 및 가설설정

III. 연구방법론

IV. 연구결과

V. 결론

I. 서론

최근 연구개발을 통한 기술혁신이 기업의 경쟁력과 지속가능한 성장의 핵심요소로 중요하게 인식되고 있다. 특히, 제약 산업의 경우 성장의 대부분이 내생적 혁신과정에 기인하기 때문에 기술변화와 산업경제학의 학자들로부터 주목할만한 관심을 끌어왔다.¹⁾ 그럼에도 불구하고, 이러한 기술변화와 혁신에 대한 연구는 기술의 본질이나 특성을 설명할 수 있는 적절한 자료의 부족으로 개념적이거나 정성적 수준에 머무르는

1) Brusoni S., et al., "The Knowledge Base of The World's Largest Pharmaceutical Groups: What Do Patent Citations To Non-Patent Literature Reveal?", *Econ. Innov. New Techn.*, Vol. 14 No.5 (2005.7), pp. 395-415.

한계를 겪어왔다.²⁾ 하지만 기술혁신의 중요한 지표라고 할 수 있는 특허정보데이터가 축적됨에 따라 정량적 수준의 연구가 가능해지고 있으며, 이에 특허데이터는 다양한 연구에 활용되고 있다.

기업이 연구개발을 통하여 수익을 확보함에 있어 지적 재산권(Intellectual Property)이 중요하다는 것은 자명하지만, 이는 기업의 수익성을 결정하는 여러 요인 중의 하나에 지나지 않는다. Levin & Nelson의 연구에 의하면, 판매, 서비스에 대한 노력, 상품화까지의 리드타임이 짧다는 것 등에서 산업전체의 평균보다 개별 기업의 특허가 중요하다고 기업에 의해 인식되어 있다. 또한, 지식재산권의 중요성은 산업별로 크게 다르다. 특히 의약이나 소프트웨어의 분야처럼 연구개발 집약도가 높은 것은 프로닥트 이노베이션이 중요하며, 그 규모에 비하여 지식재산권에의 의존도가 비교적 높다.³⁾ 특히 WIPO 민영화에 관한 임시 권고 위원회 보고서에 의하면, 한 기업이 창출한 가치의 50~80퍼센트의 가치는 전통적인 물리적 자산이 아니라 지식자본에서 나온다는 주장이었는데 이는 경제 가치의 초점이 물리적 자본에서 무형, 지식자본으로 바뀌고 있음을 보여주고 있다.⁴⁾

특허는 이러한 지식자본의 한 가지로, 주어진 기간 (우리나라의 경우, 20년) 동안 정부로부터 부여된 독점권을 나타내며 그 목적은 명시적으로 발명과 혁신을 촉진하기 위하여 독점이윤을 보장해주는 한편 그 내용의 공개를 통해 산업전반에 걸쳐서도 추가적 혁신의 발판을 제공하는데 있다.⁵⁾

특허에 대한 기존의 연구를 살펴보면, <그림 1>에서 보는 바와 같이 특허의 생산성을 연구개발 등 특허를 만들어내는 요인의 측면에서 살펴본 연구와 연구개발비와 특허를 무형자산으로 간주하여 시장가치에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구, 그리고 기업의 성과를 특허에 대한 함수로 살펴본 연구가 다수를 이룬다. 하지만 연구개발을 하면 할수록 특허를 많이 출원할 것이라든지, 또는 특허가 많을수록 기업의 성과가 좋을 것이라는 것은 거시적 차원에서 명백하게 보이지만, 구체적으로 특허가 어떠한 조

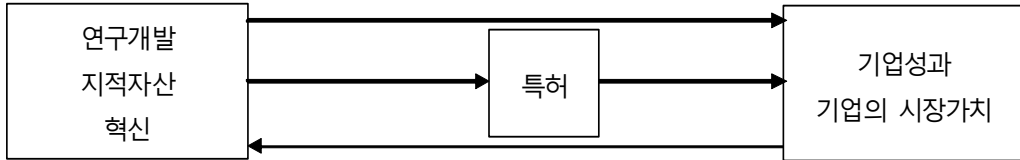
2) 박선영 외2인, “특허분석을 통한 기술혁신과 기업성과의 관계분석”, 「기술혁신학회지」, 제9권 1호 (2006.3).

3) 하홍준 외2인, 「출원주제별 특허활동의 경제적 효과에 관한 연구」, 한국발명진흥회 지식재산권연구센터, 2004.

4) Idris, Kamil, 「지식재산 경제성장을 위한 강력한 도구」, 특허청, 2005, 49면.

5) 연태훈 외, “지식재산이 경제발전에 미치는 영향에 관한 연구 : 특허관련 자료를 이용한 실증분석을 중심으로 : 최종보고서”, 한국개발연구원 연구기관. 특허청, 2003.

건에서 어떤 방식으로 역할을 하게 되는지에 대해서는 불분명하다.



〈그림 1〉 연구개발, 특허, 기업성과에 관한 기존연구 흐름

한편, 혁신연구에 있어서 사회네트워크 방법론을 이용하여 특허데이터의 인용-피인용 관계에 대한 분석, 또는 발명가들의 네트워크에 대한 분석을 통해 혁신지표로서의 특허의 생산성을 결정짓는 핵심요소를 찾아내고자 하는 연구들이 늘고 있다. 네트워크 분석의 이용에 대한 관심 증대는 표준적인 교재의 활용과 특허 데이터와 같은 대규모의 자료를 처리할 수 있는 네트워크 분석 패키지들의 발전에 기인한 것으로 보인다. 특히 네트워크 분석은 혁신 연구와 관련된 인과관계를 밝히는데 사용될 수 있기 때문이다.⁶⁾ 특허는 발명가들로부터 나오는 산출물이기 때문에, 특허 발명가들 개개인의 속성뿐만 아니라 사회적 자본으로서의 발명가들의 협력과 지식공유의 네트워크가 특허의 산출에 영향을 미칠 것이고, 같은 연구개발비와 자원을 통해서도 발명가들의 네트워크에 따라 특허의 산출이 달라질 것이다. 따라서 본 연구에서는 2001년부터 2005년 동안 5년간 미국 10대 제약기업의 특허 발명가 네트워크를 이용하여, 사회적 자본으로서의 발명가 네트워크가 혁신 지표로서의 특허에 미치는 영향에 대해 살펴봄으로써 단순히 연구개발과 특허간의 상관관계를 확인하는 수준을 넘어 특허 산출의 메커니즘을 밝히는데 기여하고자 한다.

본 논문은 2장에서 특허를 이용한 연구와 관련된 기존 연구를 살펴보고, 나아가 특허 산출의 메커니즘과 관련하여 혁신의 결정요인에 대한 문헌을 살펴보고 가설을 도출한다. 3장에서는 미국 10대 제약업체의 특허 데이터를 살펴보고, 발명자 네트워크를 도출하는 방법을 살펴보면서 본 연구의 가설을 실증하기 위한 종속변수, 독립변수, 통제변수를 설정하여 연구방법론을 제시하고, 4장에서는 미국 제약업체에 대한 전반적인

6) Coulon, F., "The Use of Social Network Analysis in Innovative Research: A literature review", *Danish Research Unit for Industrial Dynamics*, 2005.

네트워크 분석과 함께 회귀 분석을 통한 가설 검증 결과를 제시한다. 5장에서는 본 연구의 한계와 의의에 대해 토론하며 결론을 마무리한다.

II. 기존연구의 검토 및 가설설정

특허에 관한 기존의 연구를 살펴보면, 크게 연구개발지출이 특허의 출원에 미치는 영향에 대한 연구⁷⁾와 특허가 기업의 성과 또는 기업의 시장가치에 미치는 영향에 대한 연구⁸⁾ 또는 중간 매개 없이 특허와 연구개발과정을 통합적으로 보아 기업의 무형자산의 하나로서 지적자산이 기업의 성과에 미치는 영향에 대한 연구들⁹⁾이 있다. 하지만 단순히 특허를 연구개발과 기업성과 사이의 중재변수로서 설명하는 것이 아니라 특허 네트워크의 특성을 주목한 국내 연구는 많지 않다. 이에 남수현 외의 연구¹⁰⁾는 사회네트워크분석방법론을 도입하여 한국의 기술혁신 연구분야의 네트워크 구조를 규명하고자 시도하였다. 이에 본 연구는 기업의 특성과 기술혁신에 관한 연구를 중심으로 네트워크에 대한 개념 정의를 도입하여 연구개발로부터 특허 출원에 이르는 경로에 대해 분석한 연구들을 집중적으로 살펴보고자 한다.

특허 등록수와 기업의 연구개발 프로그램에서 도출되는 혁신의 수는 모두 연구개발 투자수준 뿐만 아니라 기업의 시장가치와 양(+)의 상관관계가 있는 것으로 발견되었다. 그러므로 특허는 혁신 프로세스에서의 투입물(연구개발) 및 산출물(시장가치) 모두와 관계가 있으며, 따라서 특허는 의미 있는 중간가치척도가 된다.¹¹⁾ 하지만 단지 관계가 있다는 것을 보이는 것으로는 불충분하다.

혁신과 관련된 인과관계를 밝히는 연구는 사회적 근접이 지식 확산에 미치는 영향, 또는 네트워크 구조의 모양이 혁신적인 산출물에 미치는 영향과 같은 과정에 대한 연

7) 정미애 외2인, “바이오기업의 생명공학기술 특허 성과와 흡수역량, 파급효과, 네트워크와의 관계”, 경제학연구 제55집 제4호, 2007 ; 김태기·장선미, “기업의 연구개발투자가 특허에 미치는 영향: 한국제조기업을 대상으로”, 「기술혁신연구」, 제12권 제1호(2004) ; 하홍준 외2인, 전게서.

8) 박선영 외2인, 전게서 ; 하홍준 외2인, 전게서.

9) 김연용 외2인, “무형자산의 기업가치 관련성에 관한 연구”, 「대한경영학회지」, 제19권 제1호(2006.2) ; 정진호, “기술 도입이 기업가치에 미치는 영향”, 「기술혁신연구」, 제12권 제1호(2004) ; 조정표·박정환, “기술혁신 정보가 기업가치에 미치는 영향”, 「기술혁신연구」 제12권 제3호(2004) ; 문홍배, “연구개발투자의 기업생산성 증대효과”, 산은조사월보, 1997.

10) 남수현·설성수, 전게서.

11) 김홍수, 「무형자산 가치평가론」, 부연사, 2005.

구를 말한다. 혁신에 관한 네트워크 분석 연구는 대부분 네트워크 데이터를 통해 중심성, 사이성, 위치 등을 측정하여 이를 행위자들을 특징짓는 변수로서 이용되어 왔는데¹²⁾, 이는 사회연결망 방법론의 거시적 차원의 인과관계를 미시적 차원과 연관시키려는 노력의 일환으로서 이해될 수 있다.¹³⁾

최근에 과학 지식 생산체계로서의 ‘과학자 공동연구 네트워크’에 대한 연구가 진행되어 밝혀진 사실로 과학지식은 과학자 사이의 지속적인 상호관계에 의해 생산되며, 특히 과학자 공동체(scientific community)에 의해 인정받은 중심인물에 의존하기도 한다. 협력네트워크에 속한 과학자들은 의견을 교류하고, 비슷한 기술을 활용하며 상호간 연구에 영향을 미친다. 네트워크의 영향에 관한 모델(network influence model)에 의하면 과학자들이 의견, 연구주제, 방법, 증거를 평가하기 위한 구체적인 방식을 그들의 공동연구자들과 교류하게 될 때, 문제들과 방법에 관해서만큼은 합의를 달성하게 됨을 유추할 수 있으며(Friedkin, 1993), 크레인(Crane, 1972)은 좁은 ‘보이지 않는 동료집단(invisible college)’의 사회적 구조에 관해서 전문 연구분야들이 상호협조하며 크기에 비해 많은 양의 아이디어를 생산해내는 과학자들의 핵심집단들로 특징지어진다는 것을 지적 하였다.¹⁴⁾

또한, 과학자의 학문적 성과에 영향을 미치는 변수로 개인의 속성 변수 뿐 만 아니라 관계의 형태나 네트워크에서의 위치도 연구 성과에 중요하게 영향을 미친다.¹⁵⁾ 특히, 협력 연결망은 암묵적 지식의 전수에 매우 적절한 형태이다. 신기술이 점차로 복잡화하고 비선형적으로 발전함에 따라, 이제는 한 분야의 전문가 몇 명이 신속하게 발전하고 있는 지식들을 내면화하기가 매우 어려워졌다. 따라서 한 전문 영역의 범위를 넘어서서 다른 전문영역과 연결을 맺는 경계 넘는 연결망이 혁신적인 지식의 창출에 필수적이 된 것이다. 특히 과학적 지식이나 기술의 발전에서 점차 암묵적 지식이 중요해짐에 따라 협력 연결망을 통한 학습이 차지하고 있는 비중이 증가하고 있다.¹⁶⁾

이에 특허가 발명자들의 산출물이라는 데 착안해서 살펴본 기존 연구는 다음과 같다. 다른 발명자 그룹과 R&D 부서 사이의 중재자 또는 링크의 역할을 하는 발명자들이 더 많은 특허를 산출하였고¹⁷⁾ 인용빈도가 높았다.¹⁸⁾ 이것은 다른 배경정보를 가진

12) Coulon, F., 전게서.

13) 김용학, 「사회연결망이론」, 박영사, 2007.

14) 김용학 외2인, 「한국 과학기술 공동연구의 네트워크 분석」, 한국과학재단, 2005, 1면.

15) 김용학, 전게서, 2007.

16) 김용학 외2인, 전게서, 2005.

17) Fleming, L., et al., *Small worlds and Innovation*, Harvard Business School, 2004.

18) Salmenkaita J., *Strategy in Transition*, Wiley-Blackwell, 2005, pp. 223-251.

그룹들 사이에 정보 중개자의 역할을 하는 발명자들이 정보 흐름의 덕을 보았으며, 이는 그들의 특허 발명에 있어 양적·질적 효과를 가져다준 것으로 보인다.¹⁹⁾ 그리고 네트워크에서의 중심성은 발명자들의 높은 인용 빈도와 연관되어 있었다.²⁰⁾ 또한, 발명자들 사이의 근접성은 그들이 기술적으로 관계되어 있음을 나타내지만, 이때 그들이 협력을 하지 않는다면, 그들이 높은 수준의 경쟁관계에 직면하고 있음을 뜻한다.²¹⁾

사회연결망과 기업의 네트워크 구조의 연결망에서 가장 많은 주목을 받는 개념으로 중심성과 연결성의 강도를 들 수 있다. 네트워크 내에서 중심성의 개념은 개별 노드가 지닌 차별적인 위상의 차원을 의미하는데, 일반적으로 중심성은 어떤 노드가 네트워크 상에서 최적의 연결 구조를 가지고 있으며, 가장 영향력이 있는지를 밝히기 위함이다. 특정 노드가 네트워크 내에서 갖는 중심성의 개념은 Freeman(1979)과 Bonacich(1982)에 의해 정립되었으며, 이는 Coleman(1973)이 제시한 ‘power’나 Burt(1982)가 제시한 ‘prestige’의 개념과 밀접한 관련성을 갖는다. 중심성의 개념과 맞물려 연결성의 강도는 정보의 이전과 확산에 있어서 관련성을 갖는 개념이다. Granovetter가 언급한 ‘tie’는 네트워크 구조상에서 노드들 간의 연결을 대변하는 개념으로 연결의 강함과 약함에 따라 정보의 흐름 속에서 노드들의 중심성과 최적의 연결 상태를 결정짓는 중요한 요소로 작용한다.²²⁾ 개인들 간의 연결을 고려할 때 강한 연결(strong ties)을 나타내는 friends와 약한 연결(weak ties)을 의미하는 acquaintances 사이에서 정보의 확산은 약한 연결 관계에 있어 더 영향력을 발휘할 수 있음을 포착함으로써 네트워크 구조 연결망에 있어서 시사점을 제시하고 있다. 동시에 발명자들의 네트워크가 밀집되어 있고 응집력이 높은 구조로 되어 있을 경우 다른 발명자들과 사회적 연결로 지식을 획득할 가능성이 높아짐에 따라 서로 간에 유사성 높은 지식이나 정보를 보유확 확률을 높이게 된다. 이는 혁신적인 기술 개발(Exploration) 보다 기존 기술의 개선(Exploitation)으로 이어질 확률을 높이는 원인이 될 수 있다.²³⁾

19) Sternitzke C., et al., “Visualizing patent statistics by means of social network analysis tools”, *World Patent Information*, Volume 30(2008), pp. 115-131.

20) Salmenkaita J., op. cit.

21) Sternitzke C., et al., op. cit.

22) Granovetter, M., “The Strength of Weak Ties”, *American Journal of Sociology*, 78(1973), pp. 1360-1380.

23) March, James G., “Exploration and Exploitation in Organizational Learning”, *Organization Science*, (1991.2), pp. 71-87.

이상의 연구결과를 종합하여 살펴볼 때, 발명자들 사이의 밀집된 구조나 응집력이 높은 구조의 경우보다는 약한 유대의 구조 속에서 더욱 혁신적인 성과가 산출됨을 예상할 수 있다. 혁신은 기존에 있는 것을 활용하는 데서 나오는 것이 아니라 새로운 것을 탐색하는 것으로부터 오기 때문이다. 이에 본 연구는 각 기업의 네트워크의 특성을 집중도를 나타내는 사이중심화 지수, 연결정도 중심화지수, 그리고 응집력을 나타내는 밀도의 차원에서 각각을 ‘약한 유대’의 구조를 나타내는 지표로서 이를 기업의 혁신성과에 미치는 연결고리로 파악하고자 다음과 같이 가설을 설정하였다.

가설1-1. 발명자들 사이의 사이중심화지수가 낮은 구조가 혁신 활동에 긍정적인 영향을 미칠 것이다.

가설1-2. 발명자들 사이의 연결 집중도가 낮을수록 혁신 활동에 긍정적인 영향을 미칠 것이다.

가설2. 밀도가 높은 네트워크일수록 네트워크가 조밀한 구조를 가짐으로써 탐색에 제한을 갖아 혁신 활동에 부정적인 영향을 미칠 것이다.

위의 가설1은 중심성이 낮은 경우를 중점적으로 살펴보면서 ‘약한 유대’의 구조 속에 놓여져 있는 발명가 네트워크가 혁신활동에 긍정적인 영향을 미쳐 특허를 더 많이 산출할 것을 나타내며, 가설2는 ‘약한 유대’의 구조를 밀집되어 있지 않은 구조로 보고, 응집력을 나타내는 밀도가 높을수록 많은 연결과 많은 정보의 공유가 이루어져서 발명가 네트워크가 새로운 지식을 탐색(Exploration)하기보다는 기존의 지식을 활용(Exploitation)할 가능성이 높아서 혁신에 장애가 될 것이라는 가설이다.

III. 연구방법론

1. 데이터

본 연구에서는 가설을 검증하기 위해 제약 산업 특허 자료를 사용하였다. 최근 산업 조직론 및 경영전략 분야의 연구에서 특허 데이터는 혁신 역량을 측정하기 위한 도구로서 광범위하게 활용되고 있다.²⁴⁾ 특허자료는 특허 출원자에 대한 구체적인 정보의

24) Hall, Bronwyn, et al., "Market Value and Patent Citations: A First Look", *UC Berkley and NBER*, No.7741(2000.6).

제공 및 발명자 정보를 비롯하여 체계적인 자료의 관리 등과 같은 실증분석을 용이하게 하는 자료의 우수한 특성 때문에 많은 연구자들로부터 주목 받아 왔다.²⁵⁾ 특히 미국에서 출원된 각 특허에는 학술논문의 참고 문헌과도 같이 연구 과정에서 참고한 선행 특허에 관한 인용과 출원 이후 피인용에 관한 정보가 붙어 있어 이를 분석함으로써 지식이나 기술의 흐름을 추적할 수 있다.²⁶⁾ 또한, 미국은 세계적으로 기술 시장의 규모가 가장 크고 전세계적으로 특허 분쟁이 일어났을 때 흔히 미국에서 소송이 걸리기 때문에, 외국 기업들은 일상적으로 미국에서 특허를 출원하게 된다.²⁷⁾ 따라서, 본 논문에서는 네트워크 중심성과 네트워크 구조와 관련하여 지식 파급 효과를 살펴보기 위해 미국 특허자료를 이용하였다.

본 논문에서는 제약 산업에 관한 특허 자료를 표본으로 삼았다. 제약 산업은 기술 혁신이 빈번히 일어나고 특허 출원이 일상화되어 있으며, 특허 출원은 기업의 새로운 상품 개발, 수익성과 시장 점유율과 긴밀한 관계가 있어 특허를 통해 연구하기 적합한 산업이 된다.²⁸⁾ 또한, 특허 개발을 위해 연구자들 간 협동이 일상화되어 있어 발명자 네트워크 구성에 따른 지식 흐름을 살펴보는 연구 목적에 적합하다.

실증분석을 위해 본 연구에서는 2006년을 기준으로 세계적인 제약 회사 10개를 연구 표본으로 선정하였다. 각 제약 회사에 대한 2001-2005년까지 5년 간 미국 등록 특허를 미국 특허청(USPTO)에서 제공하는 미국 특허 데이터베이스를 통하여 구성하였다. 하지만 2005년도의 GlaxoSmithKline의 발명자가 1명이기 때문에 발명가의 네트워크를 구성할 수 없어서 제외하였다. 최종적으로 49개의 데이터가 본 연구에 포함되었다. 본 연구의 표본 및 데이터는 <표 1>과 같다.

25) Albert, M. B., et al., "Direct Validation of Citation Counts as Indicators of Industrially Important Patents", *Research Policy*, 20(1991), pp. 251-259.

26) Jaffe, A.B. & Trajtenberg, M., *Patents, Citations and Innovations: A Window on the Knowledge Economy*, MIT Press, 2002 ; Song, Jaeyong, et al., "Learning-by-Hiring: When is Mobility More Likely to Facilitate Inter-firm Knowledge Transfer?", *Management Science*, Volume49 Issue3(2003.3), pp. 351-365 ; Singh, J., "Collaborative Networks as Determinants of Knowledge Diffusion Patterns", *Management Science*, Volume51 Issue5(2005.5), pp. 756-770.

27) Albert, M. B., et al., op. cit.

28) Comanor, W. S. & Scherer, F. M., "Patent Statistics as a Measure of Technical Change". *Journal of Political Economy*, 77(1969), pp. 392-398 ; Henderson, R. M. & Cockburn, Iain, "Measuring Competence? Exploring Firm Effects in Pharmaceutical Research", *Strategic Management Journal*, Issue 15(1994), pp. 63-84.

〈표 1〉 2001년 - 2005년 미국 10개 제약회사 특허 등록 건수

순위	제약 회사명	특허 건수
1	Pfizer	766
2	GlaxoSmithKline	54
3	Merck	1,096
4	Johnson & Johnson	1,069
5	Aventis	726
6	AstraZeneca	445
7	Novartis	436
8	Bristol-Myers Squibb	849
9	Wyeth	592
10	Eli Lilly	351

2. 연구방법

위의 데이터를 바탕으로 1년 단위로 등록된 특허에 대한 발명자 네트워크를 구성한다. 발명자들 간 네트워크를 구성하기 위해 다음과 같은 단계를 거쳐 연결 관계를 형성하였다.

첫째, first and last name이 정확하게 매치되는 경우 동일 인물로 보고 middle name이 있는 경우 이 역시 비교하여 매치될 경우 같은 발명자로 매치시킨다. 둘째, 만약, middle name이 빈칸으로 되어 있는 경우 발명자 국적과 표시 지역을 비교해보고 매치시킨다. 셋째, A,B,C 등과 같이 한 특허에 3명의 발명자가 참여할 경우 A-B, A-C와 같은 두 개의 연결관계를 형성한다. 이는 발명자 또는 논문의 공동저자에 관한 연구 (White & McCain, 1998) 에서는 두·세번째 actor간 맺는 관계는 첫번째에 해당하는 actor가 두·세번째 actor와 맺는 관계보다 미약하기 때문이다. 이는 실제로 기업에서 특허를 출원할 때 발명자를 일순위로 등록하고 발명자와 연관이 되어 있는 사람들을 동시에 등록하는 경우가 있기 때문인 것으로 보인다. 그러므로 일순위 발명자를 중심으로 연결하는 방법은 발명자 네트워크를 통한 분석에 있어서 내생적인 오차를 줄이고 본 연구의 결과를 얻는데 있어서 보다 의미 있는 접근 방법이 된다.

발명자 네트워크를 통해 네트워크의 구조에 따른 혁신 성과에의 영향력에 대한 가

설을 검증하고자 Stata 10 SE 를 사용하여 다중회귀분석을 실시하였고, 이때 독립변수 및 통제변수와 종속변수의 인과관계를 성립하기 위해 종속변수를 한해 후가 되도록 데이터베이스를 구조화하였다. 이렇게 자료를 구조화함으로써 독립변수 및 통제변수와 종속변수 간에 역의 인과관계가 존재하지 않도록 주의를 기울였다.

3. 변수

본 연구에서 혁신 성과로서 특허 건수를 종속변수로 활용하였다. 이는 위에서 전술한 바, 특허자료는 연구개발의 산출물이자 기업의 성과에 유의한 영향을 미치는 중재변수이기 때문이다. 이에 본 연구는 종속변수로 다음해의 개별 기업의 특허개수를 설정하였다.

독립변수로는 크게 중재자 역할, 집중도, 응집력으로 설정하였는데, 이는 각각 네트워크분석에서의 사이중심화지수(Betweenness Centralization), 연결정도 중심화지수(Degree Centralization), 밀도(Density) 으로 측정한다. 계산은 네트워크 분석 패키지로 널리 사용되고 있는 Pajek 으로 하였으며, 각 독립변수에 대한 설명은 다음과 같다.

$$\text{사이중양성}^{29)} : C_B(n_i) = \frac{\sum_{j < k}^n z_{ik}(n_i) / z_{jk}}{[(n-1)(n-2)/2]},$$

$z_{jk}(n_i)$: j 와 k 를 최단경로로 연결할 때, i 를 거치는 정도

$$\text{연결집중도} : C_D(n_i) = \frac{\sum_j^n x_{ij}}{n-1}$$

n : 총 노드수

X_{ij} : i 와 j 간의 연결정도

$$\text{밀도} : \text{Density} = \frac{\text{연결수}}{\text{최대가능연결수}}$$

사이중심화지수는 한 노드가 연결망 내 다른 노드들의 사이에 위치하는 정도를 나

29) 김용학, 「사회연결망분석」, 박영사, 2008.

타내는 것으로서 남들이 다른 사람에게 도달하기 위해 나를 거쳐야 하는 정도³⁰⁾를 의미하는 사이중심화지수에 대해 중심적인 결점으로부터의 차이를 구하여 논리적으로 가능한 최대값으로 나누어 측정하고, 연결정도 중심화지수는 연결망에서 한 노드가 얼마나 많은 다른 노드들과 연결되는지를 나타내는 연결집중도를 기반으로 하여 전체 연결망의 형태가 어느정도 중앙에 집중되어 있는지를 나타내고, 밀도는 네트워크의 노드 간 연결정도로 네트워크의 응집력 정도를 측정하는 지표이다.

따라서 사이중심화지수가 높은 네트워크의 경우 시스템 전체에서 개별 노드들이 차지하는 매개의 정도가 높음을 의미하므로, 사이중심화지수가 높을수록 중요한 역할을 차지하고 있는 노드들이 많음을 의미하며, 네트워크의 정보 흐름이 집중화 되어 있음을 의미한다. 그리고 연결정도 중심화지수가 높은 네트워크는 특정 연구자가 다른 연구자들보다 훨씬 많은 연계를 갖는다. 집중도가 높은 네트워크는 소수의 연구자들이 네트워크 허브로써 중요한 역할을 수행하나, 허브들에게 정보가 과잉 집중됨으로 인한 정보처리의 부실화, 허브들의 정보독식 등이 있어 전체 네트워크의 성능을 저해할 수도 있다.³¹⁾ 또한, 밀도가 높을수록 네트워크의 응집력이 높다고 할 수 있는데, 이는 다시 말해 밀도가 높을수록 감정적 지원, 정보교류의 활성화, 배신행위의 악화 등의 사회적 자본을 높이는데 유용하기 때문이다.³²⁾ 하지만, 혁신에 있어서는 지나친 동질화와 친밀감은 도리어 유유상종의 효과를 나타내어 지식의 탐색보다는 활용에 집중할 위험이 있다.

통제변수로는 년도와 연구개발비³³⁾, 그리고 네트워크의 차원에서는 직경과 평균연결 정도를 두었는데, 이는 특히 데이터가 저장(Stock)의 변수임과 동시에 유량(Flow)의 변수이므로 시계열성에 대한 통제가 필요함을 의미하고, 기본적으로 본 연구가 밝히고자 하는 것은 연구개발을 통제하고서도 발명가들의 네트워크 구조의 특성에 따라 혁신성과가 달라짐을 보여주는 것이므로 당해년도 연구개발비를 통제변수로 이용하였다. 네트워크의 직경은 네트워크를 구성하고 있는 어떤 두 연구자 간의 최단경로의 거리에

30) Freeman, L. C., "Centrality in Social Networks: Conceptual Clarification", *Social Networks*, 1(1979), pp. 215-239.

31) 남수현·설성수, "한국의 기술혁신 연구자 관계구조 분석:사회네트워크 관점", 「기술혁신학회지」 제10권 4호(2007.12), 617면.

32) 손동원, 「사회네트워크 분석」, 경문사, 2002.

33) 연구개발비에 대한 데이터는 블룸버그를 통해 수집하였다.

서 가장 큰 것으로 해당 네트워크의 직경이 구해진다. “6단계의 좁은세상”³⁴⁾에서는 어떤 두 사람의 최단 경로는 6단계 이내라는 상징적인 의미로서 사용되는 직경은 네트워크의 접근가능 정도를 나타낸다. 일반적으로 네트워크의 밀도가 높으면 직경은 짧아지는 경향이 있다. 직경이 짧은 네트워크에서는 직경이 큰 네트워크에 비하여 네트워크에 존재하는 사회적 자본에 보다 쉽게 접근할 수 있다. 만약 직경이 크다면, 연구자를 이전시키거나 신규로 네트워크에 진입시켜 네트워크 구조를 변경시킴으로써 직경을 일정 범위 이내로 조정할 수 있을 것이다. 이는 비구조적인 지식의 창출이 특히 중요한 R&D 조직에서 주목해야할 지표라 판단된다.³⁵⁾ 또한, 개별 발명자들의 평균 연결 정도의 경우에는 발명자 개인의 특성을 통제하고 난 뒤의 네트워크의 구조적 특성을 보고자 하였으므로 통제변수로 활용하였다. 이상의 각종 네트워크 지표는 Pajek 1.23 으로 계산하였다.³⁶⁾

IV. 연구결과

1. 발명자 네트워크 분석

발명자 네트워크에 관한 개괄적인 특징을 2003년도 10개의 제약회사를 기준으로 <표 2>에 관찰된 지표들을 통해 분석하고자 한다. 우선, 발명자 네트워크의 전반적인 연속 상태를 살펴보기 위해 본 연구에서는 연결 정도(degree), 밀도(density), 포괄성(inclusiveness)의 3가지 지표를 고려하였다. Merck가 가장 높은 연결 정도를 보이고 있는 반면, GlaxoSmithKline는 가장 낮은 연결 정도를 보이고 있다. 하지만, GlaxoSmithKline는 특허 수가 다른 기업들에 비해 워낙 적을 뿐만 아니라 이에 따라 발명자 수도 적기 때문에 이 두 회사를 비교하는 것은 의미가 없어 보인다. 오히려 Novartis의 경우 평균 연결 정도가 다른 기업들에 비해 낮은 값이 나온 결과를 주목하여 관찰할 필요가 있다. Novartis에 관한 조금 더 자세한 분석을 위해 직경 및 노드들

34) 1967년 하버드대의 Milgram 교수의 편지전달실험에 따르면, 서로 모르는 두 사람을 연결하기 위해서는 평균적으로 6단계의 연결로 가능하다고 밝히고 있다. (Milgram, 1967).

35) 남수현·설성수, 전계서 619면.

36) W. de Nooy, A. Mrvar, V. Batagelj: Exploratory Social Network Analysis with Pajek, CUP, January 2005 참고.

간 평균거리를 추가적으로 분석해 보았다. 직경은 네트워크를 구성하고 있는 어떤 두 발명자 간의 최단경로의 거리에서 가장 큰 것으로 해당 네트워크의 직경이 구해진다. 즉, 직경이 작은 값을 가질 경우 큰 경우에 비해 발명자들 간 사회적 거리가 줄어 다른 발명자가 가지고 있는 새로운 지식에 도달할 수 있는 접근성이 높아진다는 것을 의미한다. 이는 Milgram이 언급했던 ‘six-degrees of separation’의 개념³⁷⁾을 기본으로 하고 있다. Novartis의 직경은 5의 값으로 다른 기업들에 비해 오히려 작은 값을 가지게 되었다. 평균 거리 역시 317.2로 비교적 작은 값을 갖게 되었다. 이와 같이 발명자들 간 연결 정도가 낮으면서도 직경이 작은 결과는 Novartis의 발명자 네트워크 특성이 네트워크 상에서 중심성이 높은 star 발명자가 존재하기 보다 다른 기업에 비해 고루 발명자들의 협동 연구 관계가 이루어져 지름길(shortcut)이 존재하는 구조에 가까운 네트워크 형태를 지니고 있기 때문이라고 할 수 있다.

밀도가 높은 네트워크의 경우 감정적 지원, 정보교류의 활성화 등에 장점을 가지게 된다(Rogers et al, 2001). 밀도는 발명자간의 최대 가능한 연결 수를 실제 연결된 연결수로 나누는 정규화 과정을 거쳐 값을 구하게 된다. 이에 따라 밀도는 다른 연결망들 간에 서로 직접적인 비교는 어렵다. 왜냐하면 연결망의 크기가 클수록 그 연결망에 속한 점들의 밀도가 낮아지는 통계적인 경향이 내재되어 있기 때문이다. 간접적으로 관찰했을 때, AstraZeneca가 190 명이라는 적은 수의 발명자 수를 가지고도 상대적으로 높은 0.0085 값의 밀도를 보여주고 있는 결과는 2003년에 AstraZeneca가 발명자들 간 활발한 협동이 이루어졌음을 예측할 수 있다.

〈표 2〉 2003년도 각 제약회사의 네트워크 지표 분석

회사	Pfizer	GlaxoSmit hKline	Merck	Johnson & Johnson	Aventis	Astra Zeneca	Novartis	Bristol- Myers Squibb	Wyeth	Eli Lilly
전체 발명자 수	475	28	599	478	447	190	262	601	426	311
단독 발명자 수	25	3	17	31	6	17	18	20	10	6
연결 정도	920	44	1262	934	916	338	430	1172	804	632
평균 연결 정도	1,9368	1,5714	2,1068	1,9540	2,0492	1,7789	1,6412	1,9501	1,8873	2,0322
직경	13	2	9	16	13	8	5	15	12	12

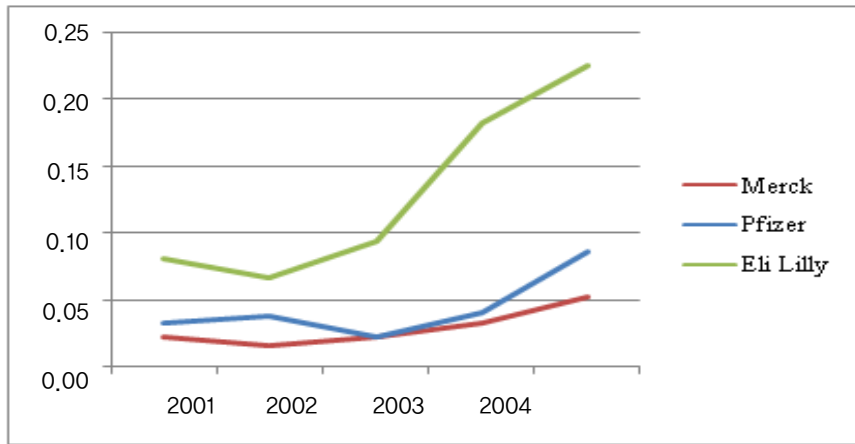
37) Milgram, S., “The Small World Problem”, *Physiology Today*, 2(1967), pp. 60-67.

노드들 간 거리 평균값	695.2	48.0	1064.2	1487.4	3602.5	153.8	317.2	2975.3	587.2	1940.3
밀도	0.0039	0.0503	0.0034	0.0038	0.0045	0.0085	0.0058	0.0031	0.0043	0.0064
포괄성	0.9474	0.8929	0.9716	0.9351	0.9866	0.9105	0.9313	0.9667	0.9765	0.9807
연결정도중심화 지수	0.0215	0.2251	0.0217	0.0362	0.0292	0.0610	0.0405	0.0303	0.0335	0.0942
인접중앙성 평균값	0.0124	0.1053	0.0107	0.0183	0.0407	0.0204	0.0146	0.0202	0.0141	0.0541
사이중심화지수	0.0099	0.0590	0.0030	0.0438	0.0840	0.0051	0.0031	0.0799	0.0098	0.1352
결속계수	0.0449	0.0000	0.1058	0.0772	0.0474	0.0279	0.0095	0.0590	0.0411	0.0435

포괄성은 한 그래프에 포함된 결점의 총수에서 연결되어 있지 않은 결점들의 수를 뺀 수의 비율로 정의된다. 그러므로 포괄성은 단독 발명자 수와 관련이 있게 된다.

다음으로 중앙성에 관한 세가지 지표인 연결 정도 중심화 지수(degree centralization), 인접 중앙성(close centrality), 사이 중심화 지수(betweenness centralization)을 고찰해 본다.

연결 정도 집중화 지수는 전체 연결망의 형태가 어느 정도 중앙에 집중되어 있는지를 나타내는 개념에 기반한다. 중심화는 한 연결망이 전체적으로 얼마나 중심으로 집중되어 결속되어 있는가를 측정하는 것이다. <그림 2>에서 연결정도 집중화 지수의 시계열적 변화를 관찰할 수 있다. 연결중심화지수가 시간이 지남에 따라 증가하는 경향은 발명자들 간 협동에 있어서 경로 의존성(path-dependence)이 생기면서 발명자들 간에 star 발명자가 생겨날 가능성이 높아진다는 것을 대변하고 있다. 왜냐하면 연결집중도가 높아지는 이유는 한 결점이 그 주위의 다른 점들과 직접 연결된 정도가 높아지면서 그 결점의 지역 중앙성이 높아지게 되기 때문이다.



〈그림 2〉 Merck, Pfizer, Eli Lilly 제약 회사의 연도별 연결 정도 중심화 지수

인접 중앙성은 한 점의 전체 중앙성을 표현하는 대표적인 지표로 다른 점들과의 인접성(closeness) 혹은 거리(distances)로 측정할 수 있다. 발명자 네트워크 상에서 나타나는 인접 중앙성 값은 두 발명자 들 간의 경로 거리의 합으로 표현되고 이 값이 작을수록 네트워크 전체에서 중심을 차지하고 있음을 나타낸다. 전체 발명자 네트워크를 고려할 때 Aventis, Eli Lilly가 평균적으로 높은 인접 중앙성을 보이고 있는 반면 Pfizer, Wyeth는 낮은 인접 중앙성을 보이고 있다. 이에 반해 사이 중심화 지수는 한 결점이 연결망 내의 다른 점들 사이에 위치하는 정도인 사이 중앙성 지수에 대해 중심적인 결점으로부터 차이를 구하여 논리적으로 가능한 최대값으로 나누어 측정하게 된다. 사이 중심화 지수 역시 Aventis, Eli Lilly가 높은 값을 보여주고 있는 반면, Novartis, Merck는 낮은 사이 중심화 지수를 보여주고 있다.

긴밀한 구조와 느슨한 구조의 판단을 위해 추가적으로 결속 계수와 노드들 간 거리 평균값을 구하였다. 결속 계수는 발명자 네트워크가 갖고 있는 링크 수를 모든 가능한 링크 수로 나눈 값이다(Watt & Strogatz, 1998). Coleman(1988)에 따르면 결속 계수의 개념을 네트워크가 얼마나 닫혀 있는지를 파악할 수 있는 지표로 결속 계수가 높으면 발명자들 간에 네트워크 결속력이 강하여 서로 긴밀하게 연결되어 있음을 내포하고 있다. 5년간 10개의 제약 회사로부터 관찰된 결속 계수와 노드들 간 평균 거리, 밀도 등의 네트워크 구조의 전반적인 형태를 비교, 분석하여 가장 긴밀한 구조를 가진 Eli Lilly와 느슨한 구조를 가진 Novartis를 선정할 수 있었다. 가장 긴밀한 구조를 보이고 있는 Eli Lilly와 느슨한 구조를 보이고 있는 Novartis에 관한 자료를 정리하면 다음

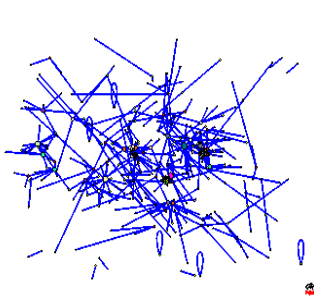
〈그림 3~8〉과 〈표 3,4〉와 같다. Eli Lilly와 같은 경우 〈그림 3〉과 〈그림 4〉에서 관찰할 수 있듯이 특징적인 점이 눈에 띄는데 2001년에 비해 2003년은 높은 중심성을 보여주는 허브 역할의 star 발명자를 중심으로 네트워크가 긴밀하게 연결되어 있음을 알 수 있다.

〈표 3〉 2001-2005년 Eli Lilly 네트워크 지표 분석표

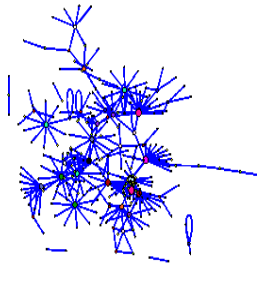
연도	2001	2002	2003	2004	2005
전체 발명자 수	396	361	311	103	53
단독 발명자 수	6	9	6	0	0
연결 정도	844	788	632	186	92
평균 연결 정도	2,1313	2,1828	2,0322	1,8058	1,7358
직경	0,0053	0,0059	0,0064	0,0177	0,0334
노드들 간 거리 평균값	0,9848	0,9751	0,9807	1,0000	1,0000
밀도	0,0812	0,0667	0,0942	0,1819	0,2251
포괄성	0,0387	0,0717	0,0541	0,0624	0,1136
연결 정도 중심화 지수	0,1728	0,1641	0,1352	0,0361	0,1017
인접 중앙성 평균 값	22	16	12	6	3
사이 중심화 지수	2405,9	3804,3	1940,3	191,7	189,3
결속 계수	0,1014	0,0709	0,0435	0,0434	0,0380

〈표 4〉 2001-2005년 Novartis 네트워크 지표 분석표

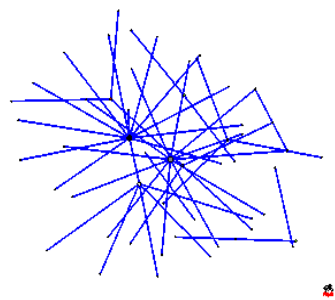
연도	2001	2002	2003	2004	2005
전체 발명자 수	390	321	262	130	80
단독 발명자 수	23	12	18	4	3
연결 정도	664	574	430	202	128
평균 연결 정도	1,7026	1,7882	1,6412	1,5538	1,6000
직경	0,0041	0,0054	0,0058	0,0116	0,0193
노드들 간 거리 평균값	0,9410	0,9626	0,9313	0,9692	0,9625
밀도	0,0321	0,0355	0,0405	0,0906	0,0711
포괄성	0,0117	0,0136	0,0146	0,0283	0,0401
연결 정도 중심화 지수	0,0095	0,0034	0,0031	0,0151	0,0111
인접 중앙성 평균 값	8	6	5	4	7
사이 중심화 지수	489,3	438,3	317,2	178,0	50,6
결속 계수	0,0407	0,0350	0,0095	0,0000	0,0263



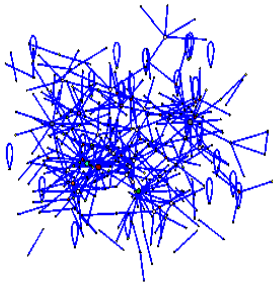
〈그림 3〉 Eli Lilly 2001



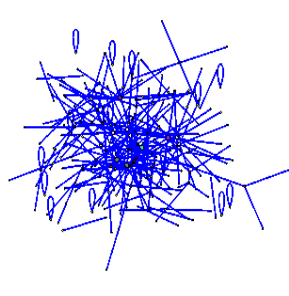
〈그림 4〉 Ely Lilly 2003



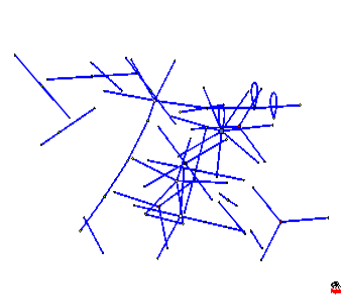
〈그림 5〉 Ely lily 2005



〈그림 6〉 Novartis 2001



〈그림 7〉 Novartis 2003



〈그림 8〉 Novartis 2005

2. 회귀분석 결과

가설에 대한 검증을 하기 전에 회귀분석에 사용된 변수들간의 상관관계 및 변수에 대한 기본정보를 살펴보았다. 〈표 5,6〉은 본 연구에서 사용된 변수들의 평균, 표준편차, 그리고 상관관계를 보여주고 있다. 이와 관련하여 〈그림 9〉는 종속변수를 포함한 산점도 매트릭스를 보여주고 있다.

〈표 5〉 회귀분석에 사용된 변수들의 기본정보

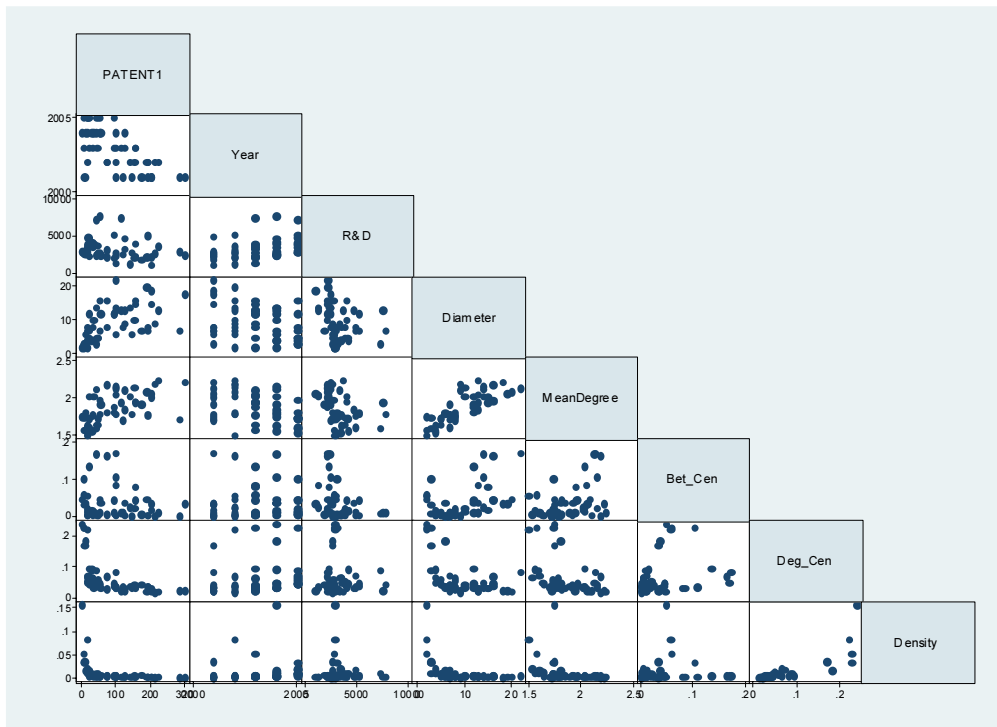
Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
patent1	49	98,449	77,5393	3	302
year	49	2002.96	1,41361	2001	2005
rd	49	3267.7	1450.44	1031	7684
diameter	49	9.63265	5.15871	2	22
meandeg	49	1.87278	0.20311	1.5	2.23934
bet_cen	49	0.03683	0.04571	0.00149	0.17283
deg_cen	49	0.06216	0.05942	0.0152	0.2381
density	49	0.01336	0.02511	0.00215	0.15625

〈표 6〉 회귀분석에 사용된 변수들의 상관계수행렬

	patent1	year	rd	diameter	meandeg	bet_cen	deg_cen	density
patent1	1							
year	-0.6662	1						
rd	-0.172	0.395	1					
diameter	0.5156	-0.2849	-0.3004	1				
meandeg	0.5289	-0.3388	-0.3843	0.7968	1			
bet_cen	-0.1922	0.0309	-0.3339	0.4394	0.3986	1		
deg_cen	-0.5864	0.1983	-0.0502	-0.533	-0.4519	0.2635	1	
density	-0.4175	0.1475	-0.0415	-0.4681	-0.3709	0.0825	0.7889	1

발명가 네트워크의 직경(Diameter)과 사이중심화지수(bet_cen) 사이에 비교적 높은 상관계수를 보이고 있다. 이에 다중공선성의 문제가 우려되어 변량증폭요인(VIF : Variance Inflation Factor)를 조사하였다. VIF 값이 크다는 것은 특정 독립변수의 변동이 다른 독립변수들간의 조합에 의해 설명되어 진다는 것을 의미하는데, 일반적으로 VIF가 5이상이면 다중공선성 문제를 의심할 수 있게 되는데, 본 연구에서 평균 VIF가 2안팎으로 나와(최대값 4.03) 다중공선성 문제가 없는 것으로 판단하여 기존의 독립변수들을 모두 모형에 포함시켰다.

또 한가지 특이할만한 사항은 연구개발비 지출과 특허등록수에 음(-)의 상관관계가 나온 것인데, 산점도를 통해 살펴보면 오히려 전체적으로는 별 관계가 없으며 두 개의 이상점의 영향이 큰 것으로 보인다. 하지만, 회귀분석결과를 살펴보면, 다른 요인에 대한 통제를 하고는 양(+)의 상관관계를 보이고 있음을 확인할 수 있다.



〈그림 9〉 회귀분석에 사용된 모든 변수들 간의 산점도 행렬

본 연구의 가설을 검증하기 위해 먼저 통제변수만을 포함한 ‘모형0’에 대한 회귀분석을 실시한 후, 각각의 통제변수와 독립변수를 모두 포함하여 집중도에 대한 가설 1-1, 1-2에 대해서 모형 1, 2로 회귀분석하였고, 응집력에 관한 가설 2에 대해 회귀분석을 한 결과는 모형 3으로서, 분석결과는 〈표 7〉에 나타나있다. 빨간색으로 표시된 부분은 회귀계수의 부호가 음(-)으로 나타난 경우이다.

〈표 7〉 회귀분석 결과

독립변수	모형0	모형1	모형2	모형3
상수	67304.32***(0.000)	54395.52***(0.000)	62187.88***(0.000)	65658.25***(0.000)
연구개발비	0.0120692**(0.041)	0.0053764(0.297)	0.0063232(0.252)	0.0098551*(0.097)
연도	-33.66983***(0.000)	-27.22631***(0.000)	-31.06003***(0.000)	-32.83121***(0.001)
직경	3.447328(0.150)	5.624315***(0.009)	0.9595523(0.671)	2.242272(0.362)
평균연결정도	85.84984(0.174)	101.5741*(0.06)	64.94068(0.255)	81.7336(0.188)
사이중심화지수		-701.8427***(0.000)		
연결정도중심화지수			-466.2548***(0.000)	
밀도				-532.1413(0.119)
Adj R-squared	0.5716	0.6948	0.6532	0.586
Mean VIF	2.06	2.02	2.07	2

〈표 7〉에 나와 있듯이 사이중심화지수가 클수록, 그리고 연결정도 중심화지수가 클수록 특허 등록개수에 부적 영향을 끼치는 것으로 나타났고, 이는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 이는 네트워크의 집중도가 커질수록 혁신의 성과에 부정적인 영향을 미치는 것을 나타낸다. 하지만, 응집력의 경우를 살펴보면, 밀도는 혁신의 성과에 부정적인 영향을 미치는 것은 하지만, 통계적으로 유의한 결과를 나타내지는 않았다. 이는 네트워크의 응집력이 긍정적인 방향과 부정적인 방향의 양쪽에서 영향을 미치기 때문인 것으로 보인다.

이상의 결과로 부터 결국 혁신은 기존 지식의 활용에서 오는 것이 아니라 새로운 지식의 탐색에서 오는 것이고, 이러한 탐색은 강한 유대 또는 강한 사회네트워크 구조로부터 기인하는 것이 아니라 약한 유대로부터 기인하는 것임을 확인할 수 있다. 다시 말해, 특허의 수를 증진시키는 등 혁신의 성과를 산출해내는 요인으로서 단지 연구개발비를 들이는 노력뿐만 아니라 동일한 연구개발비에서도 발명자들의 네트워크를 유연한 구조로 만듦으로써 새로운 정보를 탐색할 수 있는 여건을 만드는 노력이 필요함을 드러내고 있다.

V. 결론

본 연구는 미국 제약 업계의 특허 네트워크 분석을 통하여 혁신의 중요한 지표 중의 하나인 특허출원의 결정요인을 탐색하고자 하였다. 사회 연결망 분석 기법을 적용하여, 기존의 연구에서 불분명했던 연구개발이 특허의 생산성에 미치는 영향의 메커니즘을 밝히고자 하였다. 분석결과, 단순히 연구개발비의 증대는 특허의 등록개수의 증대를 가져오지 않으며, 특허를 발명해내는 발명가들의 네트워크가 약한 유대로 연결되어 있는 열린 네트워크일 때 그 효과가 나타났다. 이는 조직학습에 있어 탐색 (Exploration) 과 활용 (Exploitation) 의 양측면에 있어서 탐색에 유리한 조건을 조성해주는 제도가 필요함을 암시한다. 또한, 개인 수준에서의 분석이 아닌 기업 수준에서의 특허 네트워크 분석을 통해 개인 수준에서는 파악할 수 없었던 네트워크의 구조적 측면을 탐색했다는 데 본 논문의 의의가 있다.

하지만, 특허 데이터를 혁신의 대리변수(proxy)로 사용하는 데에는 한계가 있다. 왜냐하면, 소수의 특허나 혁신만이 상당한 수익률을 올리는 경향이 있고, 나머지 대부분의 경우는 사실상 무가치하게 된다는 의미에서 가치가 비대칭분포를 이루고 있으므로 특허나 혁신은 연구개발의 공헌도를 평가하는데 있어서 문제점을 가진 지표이기 때문이다. 차후에 이루어질 특허 출원에 포함되는 특정기업의 특허에 대한 인용(참조)을 선행인용이라고 하는데, 이러한 인용은 기업의 연구능력과 그 이후 나타나는 과학과 기술의 개발에 대하여 그 기업의 혁신활동이 미치는 영향에 관한 객관적 지표이므로 연구개발의 가치에 관한 좀 더 신뢰성 있는 척도를 제공한다. 다양한 연구에서 특허 인용이 연구개발 가치의 중요한 측면을 반영한다고 보고 있다.³⁸⁾ 따라서 후속 연구에서는 종속변수에 대한 면밀한 연구가 필요하다.

또한, 발명가들의 네트워크 구조를 살펴보는 데 있어서 1저자 중심으로 연결함으로써 약한 연결(weak ties) 또는 간접적인 연결에 대해 포착할 수 없었으며, 특히 샘플의 수가 49개에 불과해 일반화에 문제가 있을 수 있다. 따라서 종적, 횡적 데이터를 더 확보하여 추가로 분석을 해보는 것이 필요하며, 더 나아가 제약업계 뿐만 아니라 특허가 기업의 가치에 중요한 영향을 차지하는 업계를 중심으로 연구의 외연을 확장시킬 필요가 있다.

38) 김홍수, 「무형자산 가치평가론」, 부연사, 2005, 123면.

>>> 참고문헌

【국내문헌】

- 김연용 외2인, “무형자산의 기업가치 관련성에 관한 연구”, 「대한경영학회지」, 제19권 제1호(2006.2)
- 김용학, 「사회연결망분석」, 박영사, 2008
- 김용학, 「사회연결망이론」, 박영사, 2007
- 김용학 외2인, 「한국 과학기술 공동연구의 네트워크 분석」, 한국과학재단, 2005
- 김홍수, 「무형자산 가치평가론」, 부연사, 2005
- 김태기·장선미, “기업의 연구개발투자가 특허에 미치는 영향: 한국제조기업을 대상으로”, 「기술혁신연구」, 제12권 제1호(2004)
- 남수현·설성수, “한국의 기술혁신 연구자 관계구조 분석:사회네트워크 관점”, 「기술혁신학회지」 제10권 4호(2007.12)
- 박선영 외2인, “특허분석을 통한 기술혁신과 기업성과의 관계분석”, 「기술혁신학회지」, 제9권 1호(2006.3)
- 문홍배, “연구개발투자의 기업생산성 증대효과”, 산은조사월보, 1997
- 손동원, 「사회네트워크 분석」, 경문사, 2002
- 연태훈 외, “지식재산이 경제발전에 미치는 영향에 관한 연구 : 특허관련 자료를 이용한 실증분석을 중심으로 : 최종보고서”, 한국개발연구원 연구기관. 특허청, 2003
- 정미애 외2인, “바이오기업의 생명공학기술 특허 성과와 흡수역량, 파급효과, 네트워크와의 관계”, 경제학연구 제55집 제4호, 2007
- 정미애·허은영, “기업의 생명공학기술 특허 성과와 흡수역량, 네트워크와의 관계”, 한국기술혁신학회 06 추계학술대회, 2006
- 정진호, “기술 도입이 기업가치에 미치는 영향”, 「기술혁신연구」, 제12권 제1호(2004)
- 조정표·박정환, “기술혁신 정보가 기업가치에 미치는 영향”, 「기술혁신연구」 제12권 제3호(2004)

하홍준 외2인, 「출원주체별 특허활동의 경제적 효과에 관한 연구」, 한국발명진흥회 지식재산권연구센터, 2004

Idris, Kamil, 「지식재산: 경제성장을 위한 강력한 도구」, 안재현·이선택(역), 특허청, 2005

【외국문헌】

Albert, M. B., et al., “Direct Validation of Citation Counts as Indicators of Industrially Important Patents”, *Research Policy*, 20(1991)

Bonacich, P., “Factoring and weighting approaches to status scores and clique identification”, *Journal of Mathematical Sociology*, 2:113-120(1982)

Brusoni S., et al., “The Knowledge Base of The World's Largest Pharmaceutical Groups: What Do Patent Citations To Non-Patent Literature Reveal?”, *Econ. Innov. New Techn.*, Vol. 14 No.5(2005.7)

Breschi S. & Lissoni F., “Knowledge Networks from Patent Data: Methodological Issues and Research Targets”, *CESPRI Working Papers*, FAQ EconPapers, 2004

Burt, R. S., *Structural Holes*, Harvard University Press, Cambridge, 1992

Coleman, J., *The Mathematics of Collective Action*, Aldine, 1973

Comanor, W. S. & Scherer, F. M., “Patent Statistics as a Measure of Technical Change”, *Journal of Political Economy*, 77(1969)

Coulon. F., “The Use of Social Network Analysis in Innovative Research: A literature review”, *Danish Research Unit for Industrial Dynamics*, 2005

Fleming, L., et al., *Small worlds and Innovation*, Harvard Business School, 2004

Freeman, L. C., “Centrality in Social Networks: Conceptual Clarification”, *Social Networks*, 1(1979)

Granovetter, M., “The Strength of Weak Ties”, *American Journal of Sociology*, 78(1973)

Hall, Bronwyn, et al., “Market Value and Patent Citations: A First Look”. *UC Berkley and NBER*, No.7741(2000.6)

- Henderson, R. M. & Cockbyrn, Iain, “Measuring Competence? Exploring Firm Effects in Pharmaceutical Research”, *Strategic Management Journal*, Issue 15(1994)
- Jaffe, A.B. & Trajtenberg, M., *Patents, Citations and Innovations: A Window on the Knowledge Economy*, MIT Press, 2002
- March, James G., “Exploration and Exploitation in Organizational Learning”, *Organization Science*, (1991.2)
- Milgram, S., “The Small World Problem”, *Physiology Today*, 2(1967)
- Nooy, Wouter De, et al., *Exploratory Social Network Analysis with Pajek*, Cambridge Univ Pr, 2005
- Salmenkaita J., *Strategy in Transition*, Wiley-Blackwell, 2005
- Singh, J., “Collaborative Networks as Determinants of Knowledge Diffusion Patterns”, *Management Science*, Volume51 Issue5(2005.5)
- Song, Jaeyong, et al., “Learning-by-Hiring: When is Mobility More Likely to Facilitate Inter-firm Knowledge Transfer?”, *Management Science*, Volume49 Issue3(2003.3)
- Sternitzke C., et al., “Visualizing patent statistics by means of social network analysis tools”, *World Patent Information*, Volume 30(2008)

----- ABSTRACT -----

**The Exploratory Study on the Determinants of
Innovation at the firm level:
Social Network Analysis on Inventor's Network in
Pharmaceutical Industry**

Byungkyu LEE

Innovation through R&D is considered as a main factor of constant and competitive growth of firms (Brusoni, 2005). Although most of innovation studies reveal that R&D increases the firm's innovation output, the mechanism of link between R&D and innovation output is still unclear. This study tries to open the black box of innovation process in the firm level by analyzing data on 6,384 patents pending by top 10 pharmaceutical companies from 2001 to 2005.

The inventors' collaborative network of knowledge sharing will have an impact on the creation of patents as an innovation output because patents are produced by inventors. With the same resources such as R&D expenditures, some firms will have marginal benefits resulting from the shape and structure of the inventors' collaboration network. In this study, we hypothesized that the innovation output will be produced in the "weak" structure rather than in the cohesive and dense network because in the cohesive and dense network actors exploit resources and information, and their subsequent innovation comes from exploration rather than from exploitation. The results partially supported our hypothesis: after controlling for the R&D expenditure, the degree centralization and the betweenness centralization of the network has a negative and significant impact on the subsequent number of patents, but the network density has a negative and insignificant impact on the subsequent number of patents.

The implication of this study is that for the purpose of increasing the innovation output, such as increasing the number of patent, firms should try to make the inventors' network to be decentralized and flexible so that inventors can have an opportunity to seek new knowledge.

Key Words : Innovation, Patent, Inventors' Collaboration Network, R&D, Pharmaceutical Industry