

기술융합 구조 분석을 위한 사례연구: 2-mode 네트워크분석 활용*

이광민** · 홍재범***

<목 차>

- I. 서론
- II. 이론적 배경
- III. 분석방법
- IV. 분석결과
- V. 결론

국문초록 : 본 사례는 기술융합의 구조를 네트워크 기법을 이용하여 분석한 것이다. 좀 더 구체적으로 설명하면, 제품군을 매개로 투입기술들 간의 융합구조를 네트워크 분석 기법을 적용하여 분석하였으며, 제품군과 투입기술을 동시에 고려하기 위해서 2-mode 네트워크 분석을 적용하였다. 제품군은 개발목표에서 파악하여 표준산업분류에 따라 정의하고 기술은 개발에 투입된 기술들로 파악하여 국가과학기술표준분류에 따라 정의하였다. 본 연구의 대상은 중소기업정보진흥원의 융복합기술개발 사업에 신청한 401개 과제이다.

분석결과, IT분야는 특정기술이 다양한 제품군에 연결되는 구조이지만 BT분야에서는 특정 제품군을 중심으로 일부 기술은 공통적으로 적용되지만 상당수의 기술이 각기 제품군에 투입되고 있는 형태이다. 따라서 융합분야 마다 기술융합의 구조가 다른 것을 파악할 수 있었다. 투입기술의 연결중심성과 제품군을 매개로한 투입기술의 연결 중심성도 역시 차이가

* 이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2016년)에 의하여 연구되었음.

** 동아대학교 병원 임상시험연구센터 연구지원실 연구원 (tnt849@hanmail.net)

*** 부경대학교 경영학부 교수, 교신저자 (jbhong@pknu.ac.kr)

있다. IT분야에서는 임베디드S/W가 2가지 경우에 모두 연결중심성이 가장 높았다. BT에서 발효공학과 기능성화장품기술이 투입기술의 연결중심성은 가장 높았지만 기능성화장품기술만 제품군을 매개로 투입기술의 연결중심성은 가장 높다. 즉, 특정제품군에 투입빈도가 높은 기술이다.

본 사례는 실제 기술개발과제에서 기술융합을 정의하고 그 구조를 분석하였다는 것이다. 본 사례의 의미는 융합기술개발과제를 관리하고 기획하는 데 유용한 분석 틀을 제시했다는 것이다.

주제어 : 융복합기술개발사업, 기술융합, 사회연결망 분석, 1-mode, 2-mode

Case Study for Analysis of Technology Convergence Structure with Social Network Analysis

Kwang-Min Lee · Jae-Bum Hong

Abstract : This case is to analyze the structure of technology convergence with social network analysis. More specifically, the convergence structure among input technologies mediated with products is analyzed with 2-mode social network analysis. Products are identified in project's goal and coded as the Korea Standard Industrial Classification. The input technologies are coded as the National Science Technology Classification. The subjects were 401 R&D projects applied to '2012 Convergence Technology Development Project for Small and Medium Businesses' promoted by Korea Technology & Information Promotion Agency for Small and Medium Enterprises.

IT sectors had the structure of a particular input technology connected to many products, BT sectors also had a few input technology connected to many products but most were connected to specific products. Therefore We have realized that each convergence area had different convergence structure. There were the difference of connectivity centrality between input technologies and input technologies mediated with products. For IT sectors, the embedded S/W were the highest in both cases. For BT sectors, functional cosmetic development and fermentation technology were the highest in input technologies but fermentation technology was not the highest in input technologies mediated with products. This case defines the convergence based on the real projects and the use for managing and planing projects. Therefore, this case was to make a tool to analyze and design technology convergence projects.

Key Words : Technology convergence, Social network analysis, 2-mode analysis

I. 서론

저성장시대에 성장동력 창출이라는 차원에서 세계 각국은 기술융합에 다양한 지원정책을 펼치고 있다. 우리 정부도 2000년대 들어 IT, NT, BT 등으로 융합기술 분야에 대해서 적극적으로 지원했으며, 2009년에는 ‘국가융합기술발전전략’(09~13)을 수립하였으며 2014년에는 ‘창조경제를 위한 융합기술발전전략’(14~18)을 수립하였다. 또한 2011년에는 기술융합의 성과를 확산하기 위하여 ‘산업융합촉진법’의 제정과 ‘산업융합발전기본계획’(13~17)을 통해 융합신산업 창출에 노력하고 있다.

본 사례는 중소기업청의 2012년 ‘융복합기술개발사업’에 신청한 401개 과제의 기술융합구조를 네트워크 기법을 활용하여 분석한 것이다. ‘융복합기술개발사업’은 중소기업청이 추진하고 있는 대표적인 융합 지원 사업이다. ‘융복합기술개발사업’에서는 개별과제에 대해 투입기술 융합수준을 기술융합지수로 측정하여 과제 선정 시 주요 평가지표로 활용하고 있다. 본 사례에서는 기술융합지수를 측정하기 위한 기초자료에 네트워크 기법을 적용하여 기술융합의 구조를 분석하였다.

기술융합지수는 시장집중지수인 Herfindahl지수를 응용한 것으로 그 계산절차는 다음과 같다. 기술개발에 투입된 기술을 국가과학기술분류에 따라 파악하고, 이들 기술에 대한 기여도를 합이 100%로 산정하고, 투입기술 각자의 기여도를 곱한 값을 합산한 것이다. 즉, 특정시장에 참여한 모든 기업의 시장점유율을 산정한 후 이를 제곱하여 합산하는 Herfindahl지수를 응용한 것이다. 여기에 과제별로 과제관리목적 상 부여된 표준산업분류를 활용하여 개개의 과제를 제품군으로 정의하였다.

이를 다시 정리하면 본 사례는 과제별로 기술융합지수를 측정하기 위한 자료에 투입기술을 파악하고, 해당과제에 부여된 표준산업분류를 활용하여 제품군을 파악하여 투입기술들과 제품군과의 구조를 분석하였다. 2-mode 네트워크 분석방법을 적용하여 제품군을 매개로 투입기술간 기술융합구조를 분석하였다. 2-mode 네트워크 분석은 2 종류의 개체가 포함되며 동일한 개체 간에는 직접적인 관계가 없는 것으로 가정하고 분석하는 것이다.

본 사례가 지니는 의미는 다음과 같다. 중소기업청의 ‘융복합기술개발사업’에서 기술융합의 구조를 분석하는 도구를 제시하였다는 것이며, 이와 유사한 과제가 정부의 각 부처별로 운영되고 있다는 것을 고려할 때 향후 유용성이 높다. 나아가 중소기업청의 대표적인 융합정책사업인 ‘융복합기술개발사업’을 통해 기술융합시대에 대응하고 있는 중소기업들의 현실을 파악해 볼 수 있다는 것이다.

II. 이론적 배경

1. 기술융합

기술융합에 대한 학문적 관심은 1960년대부터 시작되었다. Rosenberg(1982)는 기술융합을 ‘산업이 각자의 기술적 문제를 해결해 나가는 과정에서 유사한 기술유형을 나타내는 현상’으로 개념을 정리하였으며 일본의 Kodama(1991)는 기계기술과 전자기술의 융합으로부터 생성된 메카트로닉스제품으로부터 기술융합이라는 용어를 사용하였으며, 기술융합을 ‘두 가지 이상의 현존하는 기술을 결합하여 새로운 기술을 만들어 내는 것으로, 현존하는 기술의 점진적 변화들을 결합하여서 시장을 혁명적으로 바꾸는 제품을 만들어 내는 것’으로 정의하였다.

Roco & Bainbridge(2002)는 기술융합을 ‘NT, BT, IT에 인지과학이 추가된 4가지 기술 간에 이루어지는 상승적인 결합을 통해 시너지를 창출하는 것’으로 정의하였다. 유경만(2006)은 기술융합을 ‘IT, BT, NT의 첨단 신기술간 접목을 통해 그동안 넘지 못했던 과학기술적 한계를 극복함으로써 경제와 사회에 혁명적 변화를 가져오는 기술’로 정의하고 있으며, 기술융합은 공통의 목표를 해결하기 위해 성질이 다른 기술들 간의 화학적 결합을 뜻하는 다학제적 연구 분야라고 제시하고 있다.

<표 1> 기술융합의 정의

연구자	개념에 대한 정의
Rosenberg(1982)	- 산업이 각자의 기술적 문제를 해결해 나가는 과정에서 유사한 기술유형을 나타내는 현상
Kodama(1991)	- 두 가지 이상의 현존하는 기술을 결합하여 새로운 기술을 만들어 내는 것으로, 현존하는 기술의 점진적 변화들을 결합하여서 시장을 혁명적으로 바꾸는 제품을 만들어 내는 것
Roco & Bainbridge(2002)	- NT, BT, IT에 인지과학이 추가된 4가지 기술 간에 이루어지는 상승적인 결합을 통해 시너지를 창출하는 것
유경만(2006)	- IT, BT, NT의 첨단 신기술간 접목을 통해 그동안 넘지 못했던 과학기술적 한계를 극복함으로써 경제와 사회에 혁명적 변화를 가져오는 기술
국가융합기술 발전 기본 계획(2009)	- NT, BT, IT 등의 신기술간 또는 이들과 기존 산업·학문 간의 상승적인 결합을 통해 새로운 창조적 가치를 창출함으로써 미래 경제와 사회·문화의 변화를 주도하는 기술

출처: 이수영·하태정·성양경(2008)의 연구 “융합기술 전문 인력 양성방안 연구: BT중심 융합기술을 중심으로”를 수정 보완하였음.

국가융합기술 발전 기본 계획(2009)에서는 ‘NT, BT, IT 등의 신기술간 또는 이들과 기존 산업·학문 간의 상승적인 결합을 통해 새로운 창조적 가치를 창출함으로써 미래 경제와 사회·문화의 변화를 주도하는 기술’로 정의하였다.

2. 기존연구

유선희·이용호·원동규(2007)는 미국특허의 원거리통신 기술을 중심으로 2000년부터 2004년까지의 데이터를 대상으로 기술군 간의 인용관계를 분석하였다. 인용관계를 위해 원거리통신 기술을 이용하고 있는 특허들도 데이터를 구성하였으며 데이터들의 인용관계의 수에 대한 표준편차가 커 데이터 구성에 문제가 있어, 표준편차를 이용해 데이터를 변환하였으며 정보의 흡수와 방출을 모두 고려하여 분석하였다. 분석결과, 원거리통신 기술에서 다른 기술로의 방출은 9개, 타 기술에서 원거리통신기술로의 흡수는 8개, 정보를 주거나 받는 유형의 양방향성은 22개의 기술이 분류되었다. 이를 통해 원거리통신 기술을 중심으로 타 기술과의 관계를 방출, 흡수, 양방향 3가지 유형으로 정의하였다.

Fontana, Nuvolari & Verspagen(2008)은 이더넷과 데이터 통신의 기술적 변화 원동력을 분석하였다. 이를 위해 이더넷의 특정 하위 분야를 대표하고 의미 있는 발명들을 파악하여 이러한 발명들의 특허들을 이용하여 특허인용 네트워크의 연결 구조를 분석하였다. 분석결과, LAN과 관련된 기술의 변화는 공학적 논리에 의한 군집화 될 수 있는 기술적 환경과 관련이 있으며, 이러한 군집들은 LAN기술의 혁신에서 중요 발명품과 관련된 가장 의미 있는 특허를 포함하게 된다고 하였다.

Hsueh & Wang(2009)는 LCD분야의 특허인용에 기초하여 국가 간 지식의 확산을 분석하였다. 연구의 목적은 기관과 국가 간 지식확산의 흐름을 이해하기 위해서이며, 분석을 위해 중요노드, 핵심노드 등의 개념을 이용하였으며 일본 LCD, LG Philips의 LCD, 샤프, 삼성이 산업에 중심에 있음을 확인하였으며, 이러한 사례분석은 특허 네트워크의 전체적인 프로세스를 설명하는데 도움이 된다고 하였다.

Xu(2010)은 2001년에서 2008년까지 지역 산학협력 특허 데이터를 이용하여 기업과 대학 간의 산학협력관계를 특허인용으로 분석하였다. 사회연결망 분석방법을 이용하여 혁신을 위한 대학, 과학연구기관 및 기업의 협업을 시각화하였으며 이를 통해 지역산학협력을 다양한 형태와 지식의 흐름을 설명하였다. 분석결과, 산학협력에서 다섯 종류의 서브협력네트워크로 파악할 수 있었다는 연구결과를 제시하였다.

윤장혁·김광수(2011)는 1998년부터 2007년에 걸쳐 미국 특허 데이터베이스에 등록된 대기오염물질 저감 기술에 관련된 194개의 특허를 분석하여 기술융합의 현황을 분석하였다. 융합기술 특허들에 포함되는 특허 클래스들과 인접 특허 클래스들 간의 관계를 사회연결망분석을 활용하여 시각화하여 융합 기술의 구조적 특성을 직관적으로 이해할 수 있도록 하였다. 나아가 연구기간을 1998~2002년과 2003~2007년으로 구분하여 방향성도 파악하였다. 분석결과, 1998~2002년에 비해 2003~2007년에 융합이 확대되고 있음을 파악하였다.

최진호·김희수·임남규(2011)는 미국 특허청에서 출원된 LED분야 국제특허들을 대상으로 하였다. 네트워크 기반 특허분석과 키워드 기반 특허분석, 두 방법론을 통합한 기술분석 및 예측 방법론을 제시하였다. 개별 특허를 대상으로 텍스트 마이닝을 통해 중요한 기술정보를 추출한 다음, 키워드 네트워크를 구축하고, 이를 대상으로 커뮤니티 네트워크 분석을 수행하였다.

분석결과, 특허 키워드 네트워크는 산발적이고 군집도가 높은 특성을 갖고 있는 것으로 파악되었다. 단기 및 장기예측에 대한 분석결과 모두 공통적으로 매우 낮은 밀도와 매우 높은 클러스터링 지수가 나타났다. 밀도가 낮다는 것은 LED 분야 내 특허 키워드 네트워크 내 노드(키워드)들이 산발적으로 연결되어 있다는 것을 의미하며, 클러스터링 지수가 높다는 것은 해당 키워드 네트워크 내 노드, 즉 키워드들이 각각의 커뮤니티로 매우 긴밀하게 연결되어 있다는 것이다. 이를 통해 특허가 지니는 핵심기술요소에 대한 구체적인 정보를 파악할 수 있고, 핵심기술요소들 간의 연관관계를 분석할 수 있으며, 나아가 해당분야 전문가들에게 미래에 개발 가능한 구체적인 기술요소들의 조합을 제시할 수 있다.

박준형·곽기영·한희준·김윤정(2013)은 2009년부터 2010년까지 S&P 500에 등록된 IT 및 통신서비스를 제공하는 74개의 IT 및 통신 서비스기업을 선정하였으며, 기업 성과 및 규모를 나타내는 순이익, 매출액, 총자산 등도 활용하였다. 또한 기업 간 특허인용 네트워크의 구조적 분석을 다루는 것에서 벗어나 속성 데이터를 활용하여 생성한 네트워크 데이터를 이용하여 QAP상관관계분석 및 MRQAP회귀분석을 실시하여 네트워크 간 관계에 대한 통계적 유의성을 확인하였다. 분석결과, QAP상관관계분석에서는 2009년도 기업규모를 기반으로 한 기업 간 거리, 기업 간 계층의 차이가 2009년도 및 2010년도 특허인용관계와 상관관계가 높았다.

앞선 연구들을 살펴보면 상당수의 연구가 특허를 이용하여 기술융합을 분석하고 있으며 그 이유는 특허자료는 거의 전 산업과 기술 분야에 대해서 방대한 분량의 정량 데이

터를 제공하고 있기 때문이다(백현미·김명숙, 2013). 특허인용정보를 활용하는 것은 특허가 출원된 이후, 출원된 특허에서 선행특허를 인용하는 것을 파악하여 이를 기술융합으로 정의하여 분석하는 것이다. 즉, 선행특허와 특허간의 결합을 기술융합으로 정의하고 분석하는 것이며 여기에 선행 특허와 현재 특허 간에 방향성을 부여하면 융합의 트렌드를 분석할 수 있다는 장점이 있다(Wartburg, 2005). 사회연결망 분석을 이용한 기존 연구들을 요약하면 <표 2>와 같이 정리할 수 있다.

<표 2> 연구결과 요약

연구자	분석대상	연구결과
유선희·이용호·원동규(2007)	미국특허청 내 원격거리통신 분야	기술을 타 기술에 대해 일방적으로 정보를 주거나 받는 유형, 상호 주고받는 유형으로 구분
Fontana et al. (2008)	1976-2007 미국 인터넷 관련 특허자료	근거리통신망에서의 발명활동은 개별 단계에서 발생함
Hsueh & Wang (2009)	미국특허청 자료 중 LCD분야 2003-2008년 특허자료	분석을 통해 LCD분야의 주요 특허품을 발굴 나아가 지식확산에 대한 정보 수집
Xu(2010)	2001~2008년 중국의 산학연구 특허자료	혁신적인 클러스터 발굴 산학연구에 존재하는 문제점 해결
윤장혁·김광수 (2011)	미국특허청 내 대기오염물질 관련 특허	1998~2002년에 비해 2003~2007년에 다양한 기술영역 으로부터 많은 기술을 흡수 및 방출
최진호·김희수·임남규(2011)	미국특허청 내 LED분야 특허	특허 네트워크는 매우 낮은 밀도와 매우 높은 클러스터링 지수를 가짐 특허 키워드 네트워크도 다른 지식네트워크와 마찬가지로 명확한 멱함수 분포를 따름
박준형·곽기영·한희준·김윤정 (2013)	S&P 500에 등록된 IT 및 통신서비스를 제공하는 74개 기업의 특허자료	기업 간 특허 인용관계는 2009년과 2010년 상관관계가 가장 높음 2009년도의 기업 간 거리 및 계층은 2009년 및 2010년의 기업 간 특허인용관계와 상관관계가 있음

Ⅲ. 분석방법

1. 분석대상

본 사례는 중소기업청 ‘융복합기술개발사업’에 신청한 2012년도 과제 401개를 대상으로 기술융합을 분석한 것이다. ‘융복합기술개발사업’은 중소기업청의 대표적인 융합지원 사업이다. 본 연구에서는 과제선정 때 사용하는 기초자료에서 기술융합의 자료를 확보하였다. 해당 사업에서는 선정평가 시, 특성지표로 기술융합지수를 활용하고 있다. 기술융합지수는 집중지수인 허핀달 지수를 이용하여 기술의 융합도를 측정하는 것으로 특정기술개발과제에 투입기술과 기여도를 파악하여 $(1 - \sum \text{기여도}^2)$ 로 측정하는 것이다. 이에 근거가 되는 자료가 기술융합현황표이다. 기술융합현황표는 국가과학기술표준분류에 따른 투입기술리스트와 해당 기술기여도가 제시되어 있으며 본 사례에서는 이를 활용한 것이다.

분석에서 제품군과 그 제품군에 투입된 요소기술을 서로 다른 개체로 정의하여 2-mode 네트워크 분석방법을 사용하였다. 제품군은 신청 시 기입한 표준산업분류 세세분류에 의거하여 정의하였다. 투입기술은 앞서 설명한 기술융합현황표에 따라 정의하였다. 기술융합현황표에는 과제별로 기술개발과제에 투입되는 기술들이 국가과학기술표준분류체계¹⁾에 의거 대·중·소분류에 따라 기재하고 있다. 국가과학기술표준분류체계에서 대분류 및 중분류의 경우 한 제품군에 속한 기술의 범주가 너무 협소해 기술과 기술의 융합 혹은 제품과 기술의 융합을 분석하는데 있어 제한점이 많아 기술을 소분류로 정의하였다.

중소기업 융·복합 기술개발사업에 신청한 기술융합은 기술융합 분류에 의해 IT, BT, NT, ET, CT, 기타 분야로 구분된다. 2012년 사업에 신청된 401개 과제에 대한 기술융합 분류를 보면, IT는 162개(40.4%)로 가장 많았으며, ET는 91개(22.7%), BT는 76개(19.0%) 순이다. 본 연구에서는 사업에 신청된 과제를 대상으로, 해당 제품군과 적용된 투입기술간의 관계를 알아보고자 하는 것이다. 401개 과제를 대상으로 할 경우 401개 제품과 734개 기술의 관계를 도식화 하는 것으로 의미가 있는 결과를 도출하기 어렵고, 기존에 기술융합의 일반적인 분류인 IT, BT, ET 3가지 분야로 구분하여 분석하였다.

1) 국가과학기술표준분류체계는 국가과학기술부에서 연구개발사업의 기획·관리, 과학기술정보의 관리·유통, 과학기술인력 관리 등의 효율화를 위해서 제정하였으며, 선진국의 과학 기술분류동향 및 신기술의 출현 등을 고려하여 3년마다 수정·보완하고 있다. 최근에는 2008년 개정되어 33개의 대분류, 371개의 중분류, 2,902개의 소분류로 이루어져 있다(교육과학기술부, 2010).

<표 3> 기술융합 분야별 과제 및 제품, 기술 수

기술융합	과제		제품군		기술	
	빈도	백분율	빈도	백분율	빈도	백분율
BT	76	19.0	76	19.0	249	33.9
CT	7	1.8	7	1.8	32	4.4
ET	91	22.7	91	22.7	281	38.3
IT	162	40.4	162	40.4	397	54.1
NT	20	5.0	20	5.0	113	15.4
기타	45	11.2	45	11.2	179	24.4
총합	401	100.0	401	100.0	734	-

* 기술의 빈도 총합은 과제의 총 사용된 기술 수로 하였다.

2. 분석방법

본 사례에서는 앞서 설명한 바와 같이 제품군을 매개로 투입기술간 융합구조를 분석한 것으로, 2-mode 네트워크 분석을 적용하였다. 사회연결망 분석기법은 분석대상의 형태에 따라 1-mode 네트워크, 2-mode 네트워크로 구분된다. 1-mode 네트워크 분석은 동일성질의 개체가 n개 존재할 때, 이들 개체간의 관계를 분석하는 것으로 이들 개체들을 $n \times n$ 의 행렬로 구성하고 이들 개체 간의 연관관계를 분석한다. 2-mode 네트워크 분석은 네트워크 내에 서로 다른 성질의 개체가 2개 존재할 때, 이들 개체간의 관계를 분석하는 것이다. 즉, 2-mode 네트워크 분석은 네트워크가 A개체와 B라는 2개의 개체로 구성되고 이중 A개체는 n개의 요소, B개체는 m개의 요소를 포함하고 있을 때, 이들 요소들을 $n \times m$ 의 행렬로 구성하고 이들 간의 연관관계를 분석하는 것이다.

2-mode 네트워크 분석의 핵심은 2-mode 네트워크 분석 구조를 1-mode 네트워크 분석구조로 변환하는 것으로, 제품군-투입기술 관계를 투입기술-투입기술 관계로 변환시키는 것이다. <표 4>는 2-mode 네트워크 분석에서 사용한 제품군-투입기술 matrix이고, 이를 투입기술-투입기술 matrix로 변환한 자료가 <표 5>이다. <표 4>에 기초하여 <표 5>를 작성하는 과정은 다음과 같다. 기술1이 사용된 제품군과 기술2가 사용된 제품군 중 공통적으로 사용된 제품군의 수를 계산하고, 이 빈도를 기술1과 기술2가 공통적으로 적용된 기술로 정의한다.

<표 4>에서 기술1과 기술2를 공통적으로 사용한 제품군은 제품군1, 제품군3으로 총 2회이므로 <표 5>에서 기술1-기술2(혹은 기술2-기술1)의 값은 2가 된다. 행렬의 대각선

값은 해당 기술이 총 사용된 빈도를 의미하게 되며, 대각행렬을 중심으로 대칭인 관계가 된다. 대각 행렬 값이 1 이상일 경우 해당 기술이 그 자신과 기술공유를 하고 있다는 것을 의미하므로, 기술-기술의 관계가 성립될 수 없다. 이를 보완하기 위하여 해당기술 자신의 가중치를 없애기 위해서 <표 5>의 대각행렬의 값을 0으로 변환한 것이 <표 6>이다.

<표 4> 2-mode 네트워크분석을 위한 데이터 구조

	제품군1	제품군2	제품군3	제품군4	제품군5	제품군6
기술1	1		1	1		1
기술2	1		1		1	
기술3		1		1		1
기술4	1		1		1	1

<표 5> 1-mode 네트워크분석을 위한 데이터 변환

	기술1	기술2	기술3	기술4
기술1	4	2	1	3
기술2	2	3	0	3
기술3	1	0	3	1
기술4	4	3	1	4

<표 6> 1-mode 네트워크분석을 위한 데이터 변환 : 대각행렬값 변환

	기술1	기술2	기술3	기술4
기술1	0	2	1	3
기술2	2	0	0	3
기술3	1	0	0	1
기술4	4	3	1	0

본 사례에서는 연결의 정도를 제시하는 연결정도 중심성을 중심으로 기술융합의 구조를 분석하였다. 연결정도 중심성은 특정 노드(개체)에 연결된 링크의 수를 기준으로 중심정도를 표현하는 지표로서, 특정 개체에서 다른 개체로의 직접적인 연결이 얼마나 많이 이루어져 있는가를 의미하며 각 개체가 맺고 있는 링크의 합이 개체의 연결정도 중심성이다. 이러한 연결정도 중심성은 가장 많은 연결 상황을 표현하는 지표로 기술융합의 상황을 파악하는데 적합하다.

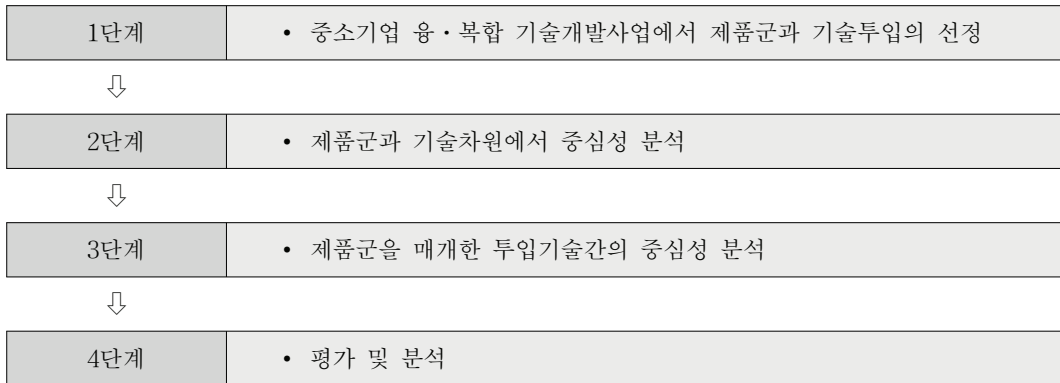
$$C_d = \sum_i^j \frac{C_{ij}}{N} \quad (\text{식1})$$

C_d : 연결중심성 정도,

$\sum_i^j C_{ij}$: 특정노드의 절대적 연결정도,

N : 네트워크 내 전체 노드 수

본 사례의 분석절차를 정리하면 다음과 같다. 중소기업청 융복합기술개발사업에 참여한 사업들을 대상으로 각 사업의 내용을 파악하여 표준산업분류에 근거해 제품군을 정의하고, 이어 기술융합지수 측정을 위해 투입된 기술들을 파악하여 이를 국가과학기술표준분류에 따라 투입기술로 정의하였다.



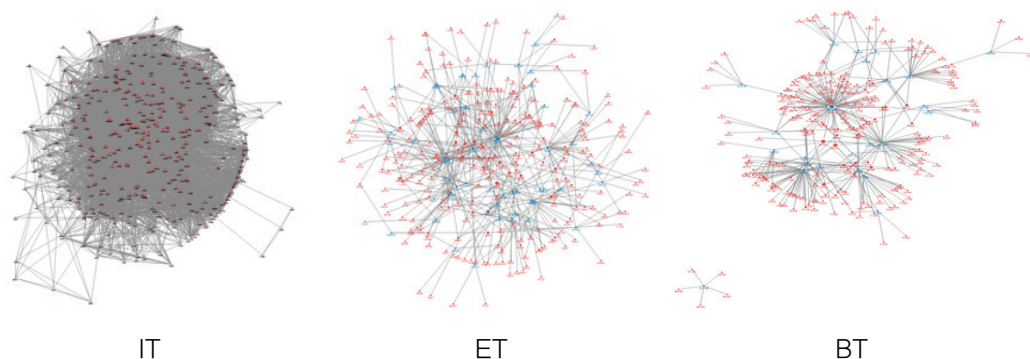
<그림 1> 분석 절차

IV. 분석결과

중소기업 융복합기술개발사업에 신청한 과제 의 제품군과 그 제품에 적용된 투입기술 간의 관계를 분석하기 위해 네트워크를 실시하였다. 분석에서는 사전분석 차원에서 제품군과 투입기술차원에서 연결정도 중심성을 분석하고, 이어 제품군을 매개로 투입기술과 투입기술 간의 연결정도 중심성을 분석하였다.

제품군과 기술의 관계를 도식화 하여 <그림 2>에 정리하였다. 사각형은 제품군을, 원

형은 기술을 나타낸다. 각 분야에서 사각형이 클수록 그 분야에서 많이 적용한 제품군이 되며, 원형이 클수록 그 분야에서 많이 사용되는 기술이 된다. IT분야는 특정기술이 다양한 제품군에 분산되어 연결되는 구조이다. 예를 들어, IT분야의 임베디드 S/W 기술은 “디지털 제품의 마이크로 프로세스나 메모리에 내장되어 HW 제어 또는 사용자에게 서비스를 제공하는 SW”로써 실시간 기기(자동제어, 의료시스템), 플랫폼기기(PDA, Tablet PC), 통신 인프라(Gateway, Access Point), 가전기기(Set-top Bo, DVR, DTV), 유비쿼터스 기기(액티브 배지, 센서) 등에 적용돼 다양한 제품에 동일한 기술들이 구성될 수 있다. BT 분야는 특정 제품군을 중심으로 각기 다른 투입기술이 투입되고 있다. 즉, BT 분야는 의료 및 식품, 화장품에 집중되어 있는데, 이들 제품군에 공통적으로 투입이 되는 기술들도 있지만 특정제품군에만 적용되는 기술도 상당수 존재한다.



<그림 2> 제품군과 투입기술간의 네트워크

1. IT분야

IT분야의 네트워크 분석결과를 <표 7>에 정리하였다. 제품군을 중심으로 분석하면, C27219(기타 측정, 제어 및 정밀기기) 0.216, J58221(시스템 소프트웨어 개발 및 공급업), 0.181, J58222 (응용소프트웨어 개발 및 공급) 0.163 순으로 연결중심성이 높다. 여기서 제품군 C27219(기타 측정, 제어 및 정밀기기)가 0.216이라는 것은 투입기술 중 21.6%가 해당 제품군과 관련이 있다. 투입기술을 중심으로는 분석하면, L0201(임베디드 S/W) 0.351, L0202(S/W솔루션) 0.34 순으로 높다. 투입기술 L0201(임베디드 S/W)이 0.351이라는 것은 제품군 중 35.1%가 해당 기술과 관련이 있다는 것이다. 제품을 매개로 투입기술을 분석하면, L0201(임베디드 S/W) 0.755, L0202(S/W솔루션) 0.674 순으로 연결중심

성이 높다. 이는 L0201(임베디드 S/W) 0.755라는 것은 해당기술이 제품을 통해 다른 기술과 75.5% 사용된다는 것이다. 2) 따라서, IT분야의 경우, L0201(임베디드 S/W)기술이 해당 분야에서 제품군들과의 공유정도가 가장 높고 핵심이 되는 기술이다.

<표 7> IT분야 연결중심성 분석결과

표준산업 분류	2mode: 제품군	연결 중심성	국가 과학기술 분류	2mode: 기술명	연결 중심성	국가 과학기술 분류	1mode: 기술명	연결 중심성
C27219	기타 측정, 제어 및 정밀기기	0.216	L0201	임베디드 S/W	0.509	L0201	임베디드 S/W	0.755
J58221	시스템 소프트웨어 개발 및 공급	0.181	L0202	S/W 솔루션	0.340	L0202	S/W 솔루션	0.674
J58222	응용소프트웨어 개발 및 공급	0.163	K0501	센서부품	0.245	L0203	System Integration	0.586
C27215	기기용 자동측정 및 제어장치	0.101	L0102	알고리즘	0.245	K0501	센서부품	0.583
C27216	산업처리공정 제어장비	0.090	L0204	인터넷 S/W	0.208	K0701	계측센서 및 부품	0.581
C30399	그외 기타 자동차 부품	0.090	L0203	System Integration	0.189	L1101	이동통신 모듈 및 부품	0.578
C26429	기타 무선 통신장비	0.083	K0502	PCB 부품	0.170	L0902	USN 기술	0.520
J62010	컴퓨터 프로그래밍 서비스	0.063	K0701	계측센서 및 부품	0.170	L0204	인터넷 S/W	0.513
C28122	배전반 및 전기자동제어반	0.060	L1101	이동통신 모듈 및 부품	0.170	L0302	네트워크 시스템 보안	0.508
C31114	선박 구성부분품	0.058	K0105	광원	0.151	K0502	PCB 부품	0.503
C28202	축전지 제조업	0.053	L0802	유/무선 홈네트워킹 기술	0.151	K0806	카메라 및 캠코더	0.492
C18129	기타 인쇄관련 산업	0.045	L1002	서버기술	0.151	L0802	유/무선 홈네트워킹 기술	0.49
C30320	자동차 차체용 부품	0.045	L0105	데이터베이스	0.132	L0102	알고리즘	0.485
C28119	기타 발전기 및 전기변환장치	0.043	L0902	USN 기술	0.132	K0705	안전감시/진단 계측제어기	0.482
C15219	기타 신발	0.038	L1001	U-컴퓨팅 플랫폼 및 응용기술	0.132	L0105	데이터베이스	0.472
C26329	기타 주변기기	0.038	L1105	안테나 모듈 및 부품	0.132	L1104	멀티미디어 모듈 및 부품	0.422
C30392	자동차용 전기장치	0.038	H0109	신뢰성/비파괴평가	0.113	HE0402	산업용제품/기기디자인	0.412
C27199	그외 기타 의료용 기기	0.035	K0402	화합물소자	0.113	L1105	안테나 모듈 및 부품	0.409
C28422	일반용 전기 조명장치	0.035	K0806	카메라 및 캠코더	0.113	HE0501	멀티미디어디자인	0.402
C29132	기체 펌프 및 압축기	0.035	H0505	조립/정밀 이송기술	0.094	L0901	RFID 기술	0.399

2) 1-mode에서는 연결된 제품만을 고려하고 있어 최소 2개 이상의 기술이 포함되므로, 2-mode보다 1-mode에서 연결중심성이 높음

2. ET분야

ET분야에서는 제품군을 기준으로 분석하면, C28202(기타 발전기 및 전기변환장치) 0.174, C28202(축전지 제조업)가 0.110 순으로 연결중심성이 높다. 투입기술을 기준으로 분석하면, K0302(전력변환기기)와 H0209(최적화 기술)가 0.140로 가장 연결중심성이 높다. 제품을 매개로 연결중심성을 분석하면 K0302(전력변환기기) 0.416, H310(금형)이 0.367 순으로 연결중심성이 높다. 단순 투입기술의 연결중심성은 K0302(전력변환기기)와 H0209(최적화 기술)가 가장 높지만 제품군을 매개로한 투입기술의 중심성에서는 K0302(전력변환기기) 0.416, H310(금형)이 0.367 순이다. 따라서 ET분야에서는 “전력변환기기”가 제품군에 좀 더 많이 적용되는 투입기술이다.

<표 8> ET분야 연결중심성 분석결과

표준산업 분류	2mode: 제품군	연결 중심성	국가 과학기술 분류	2mode: 기술명	연결 중심성	국가 과학기술 분류	1mode: 기술명	연결 중심성
C28202	기타 발전기 및 전기변환장치	0.174	K0302	전력변환기기	0.140	K0302	전력변환기기	0.416
C28202	축전지	0.110	H0209	최적화기술	0.140	H0310	금형	0.367
C27219	기타 측정, 시험, 정밀기기	0.103	H0310	금형	0.105	O1402	공정개선기술	0.338
C21102	생물학적 제제	0.099	H0701	공기조화/냉동기계	0.105	L0201	임베디드 S/W	0.327
C28422	일반용 전기 조명장치	0.074	H0707	에너지/환경 제어설비	0.105	K0903	응용 및 활용기술(HEV 등)	0.324
C27215	기기용 자동측정 및 제어장치	0.067	I0609	표면물성 개질기술	0.105	H0799	달리 분류되지 않는 에너지/환경기계시스템	0.313
C13223	커튼 및 유사제품	0.060	L0202	S/W 솔루션	0.105	H0207	예측/시뮬레이션기술	0.310
C28122	배전반 및 전기자동제어반	0.057	C0507	환경친화성 고분자	0.088	O0702	폐기물 자원화기술	0.306
C31114	선박 구성부분품	0.043	H0504	기계자동화기술	0.088	I0307	에너지/환경산업용 소재기술	0.299
C20493	접착제 및 젤라틴	0.039	H0799	달리 분류되지 않는 에너지/환경기계시스템	0.088	K0701	계측센서 및 부품	0.299
C22111	타이어 및 튜브	0.039	J0304	고분자박막/코팅 제조기술	0.088	L0105	데이터베이스	0.281
C26292	전자축전기	0.035	K0301	발전기/전동기 및 제어	0.088	M0604	폐기물	0.270
C29174	기체 여과기	0.035	K0905	이차전지	0.088	H0504	기계자동화기술	0.267
C29223	금속 성형기계	0.035	L0201	임베디드 S/W	0.088	M0501	IT기반 고부가 서비스 기술	0.263
C30392	자동차용 전기장치	0.035	M0601	태양광	0.088	H0909	시스템제어 및 통합기술	0.256
C23991	아스콘	0.032	O0702	폐기물 자원화기술	0.088	I0701	재료성분 분석기술	0.256
C29141	볼베어링 및 롤러베어링	0.032	H0207	예측/시뮬레이션기술	0.070	H0702	보일러/로설비	0.253
C29176	증류기, 열교환기 및 가스발생기	0.032	I0307	에너지/환경산업용 소재기술	0.070	K0705	안전감시/진단 계측제어기	0.253
C31991	자전거 및 환자용 차량	0.032	I0502	압출기술	0.070	H0209	최적화기술	0.249
C25111	금속 문, 창, 셔터 및 관련제품	0.028	I0601	열처리기술	0.070	H0707	에너지/환경 제어설비	0.246

3. BT분야

BT분야에서는 제품을 중심으로는 C21799(그외기타의료용기기) 0.376, C21300(의료용 품밧기타의약관련제품) 0.172, C10797(건강기능식품) 0.156 순으로 연결중심성이 높다. 투입기술을 중심으로 분석하면 G0321(기능성화장품개발기술)과 E0801(발효공학)이 0.250로 연결중심성이 가장 높다. 제품군을 매개로 투입기술을 분석한 결과에서는 G0321(기능성화장품개발기술) 0.726), E0801(발효공학) 0.613 순으로 연결중심성이 높다. 따라서 단순 투입기술의 연결중심성은 G0321(기능성화장품개발기술)과 E0801(발효공학)이 모두 같은 수준으로 높지만, 제품군을 매개로한 투입기술의 연결중심성은 G0321(기능성화장품개발기술)이 E0801(발효공학) 보다는 높다. 따라서 BT분야에서는 G0321(기능성화장품개발기술)이 제품군들과의 전반적인 공유 정도가 E0801(발효공학)에 비해 높아 좀 더 다양한 제품군에 적용되고 있음을 파악할 수 있다.

<표 9> BT분야 연결중심성 분석결과

표준산업 분류	2mode: 제품군	연결 중심성	국가 과학기술 분류	2mode: 기술명	연결 중심성	국가 과학기술 분류	1mode: 기술명	연결 중심성
C21799	그외 기타 의료용 기기	0.376	G0321	기능성화장품 개발기술	0.250	G0321	기능성화장품 개발기술	0.726
C21300	의료 및 기타 의약품관련제품	0.172	E0801	발효공학	0.250	E0801	발효공학	0.613
C10797	건강기능식품	0.156	J0401	발효공정기술	0.208	K0501	센서부품	0.581
C27219	기타 측정, 제어 및 정밀기기	0.100	C0201	천연물화학	0.167	L0202	S/W 솔루션	0.569
C20433	화장품	0.088	E0804	효소공학	0.167	C0504	생체 의료용 고분자	0.548
C21101	의약품 화합물 및 항생물질	0.088	E0905	바이오화장품/소재	0.167	E0802	생물분리/정제	0.548
C10799	그외 기타 식료품	0.044	K0501	센서부품	0.167	G0308	기준 및 시험방법 평가	0.548
C21102	생물학적 제제	0.040	K0701	계측센서 및 부품	0.167	G1516	질환모델동물활용기반	0.504
C26519	비디오 및 기타 영상기기	0.040	C0504	생체 의료용 고분자	0.125	I0310	고분자 가공기술	0.500
C13993	특수사 및 코드직물	0.036	E0802	생물분리/정제	0.125	E0403	세포성/체액성 면역	0.488
C27191	치과용 기기	0.036	E0807	세포/조직공학	0.125	E0706	생물정보학	0.488
C10619	기타 곡물가공품	0.032	E0906	기능성 식품소재	0.125	G0210	근골격학	0.488
C27213	물질 검사, 분석기구	0.032	F0507	농업자원 활용	0.125	G0502	임플란트	0.488
C10792	차류 가공업	0.028	F1704	식품가공학	0.125	G0508	생활지원기기 및 시스템	0.488
C33309	기타 운동 및 경기용구	0.024	F1709	효소 및 생물전환 반응	0.125	I0306	의료용 소재기술	0.488
C17229	기타 종이 상자 및 용기	0.020	G0308	기준 및 시험방법 평가	0.125	J0303	고분자 가공/성형기술	0.488
C20129	기타 기초무기화학물질	0.020	G0401	생체신호 측정/진단기기	0.125	G0401	생체신호 측정/진단기기	0.472
C27111	방사선 장치	0.020	G1516	질환모델동물활용기반	0.125	K0502	PCB 부품	0.460
C27329	기타 광학기기	0.020	I0107	생체재료기술	0.125	C0602	단백질/효소분자 생화학	0.444
C29192	용기세척, 포장 및 충전기	0.020	I0310	고분자 가공기술	0.125	E0101	신호전달	0.444

V. 결론

본 사례는 2012년 중소기업청 ‘융복합기술개발사업’에 신청한 401개 기술개발과제에 투입된 기술들의 융합구조를 분석한 것이다. 해당 과제에 투입된 기술들을 국가과학기술 표준분류에 따라 투입기술로, 기술개발과제에 부여된 표준산업분류에 따라 과제별로 제품군을 각각 정의하고, 제품군을 공유한 투입기술들 간의 관계를 분석하였으며 이를 위해 2-mode 네트워크 분석을 적용하였으며 시사점을 도출하기 위하여 IT, BT, ET 분야로 분석하였다.

분석결과, IT분야와 BT분야 간에 상당한 차이를 발견할 수 있으며 IT분야는 특정기술이 다양한 제품군에 분산되어 연결되는 구조이지만 BT분야에서는 특정 제품군을 중심으로 각기 다른 투입기술이 투입되고 있는 형태이다.

제품군을 중심으로 연결중심성이 높다는 것은 이들 제품군에 대한 투입기술이 다양하다는 것으로 투입기술의 융합도가 높다는 것이다. IT분야에서는 C27219(기타 측정, 제어 및 정밀기기) 0.216, J58221(시스템 소프트웨어 개발 및 공급업), 0.181, J58222 (응용소프트웨어 개발 및 공급) 0.163 순이다. ET분야에서는 C28202(기타 발전기 및 전기변환장치) 0.174, C28202(축전기 제조업)가 0.110 순으로 높다. BT분야에서는 C21799(그외 기타 의료용 기기) 0.376, C21300(의료용품 및 기타 의약품관련제품 제조업) 0.172, C10797(건강기능식품) 0.156 순이다.

투입기술 간 연결중심성이 높다는 것은 해당 기술이 전체 제품군에서 사용되는 비중이 높다는 것으로 해당 영역에서 많이 활용되는 기술이다. 투입기술을 중심으로는 연결중심성을 분석하면, IT분야에서는 C27219(기타 측정, 제어 및 정밀기기) 0.216, J58221(시스템 소프트웨어 개발 및 공급업), 0.181, J58222 (응용소프트웨어 개발 및 공급) 0.163 순이다. ET분야에서는 K0302(전력변환기기)와 H0209(최적화 기술)가 0.140로 가장 높다. BT분야에서는 G0321(기능성화장품개발기술)과 E0801(발효공학)이 0.250이 가장 높다.

제품군을 매개로 투입기술간 연결성이 높다는 것은 해당 기술이 제품을 통해 다른 기술과의 연결정도가 높다는 것으로 이들 기술이 제품 간에 공통적으로 활용되는 기반기술이라는 것이다. IT분야에서는 L0201(임베디드 S/W) 0.755 , L0202(S/W솔루션) 0.674 순이다. ET분야에서는 K0302(전력변환기기)가 0.416, H310(금형)이 0.367 순이다. BT분야에서는 기능성화장품개발기술(0.726), E0801(발효공학) 0.613 순이다.

단순히 투입기술간의 연결중심성을 분석한 결과와 제품군을 매개로 투입기술간의 연

결중심성을 구분하여 분석한 결과, 특정 투입기술이 다양한 제품군에 적용되는 IT와 같은 경우에는 2가지 연결중심성 분석결과가 일치하지만, BT와 ET와 같이 특정 제품군을 중심으로 투입기술이 다른 경우 공통적으로 적용되는 기술과 특정 제품군에만 적용되는 투입기술에 차이가 있어, 그 결과가 다른 것을 파악할 수 있었다. 따라서 이러한 연구결과를 통해 제품군들에서 공통적으로 많이 사용되는 기반기술들을 분류할 수 있다.

본 사례의 의미는 다음과 같다. 본 사례는 중소기업청의 융복합기술개발 사업을 대상으로 제품군을 매개로 기술과 기술의 결합을 융합으로 정의하고 어떤 제품군에서 융합이 많이 일어나는지, 어떤 기술을 중심으로 융합이 많이 발생하는지를 분석하였다는 것이다. 이를 통해 IT, BT, ET와 같은 분야에서 중소기업들이 추진하고 있는 기술융합의 구조를 분석할 수 있었다. 제품군을 매개로 연결중심성이 높은 기술과 단순 연결중심성이 높은 기술을 구분하여 분석하여 융합에 기반이 되는 기반기술을 파악할 수 있었다. 따라서 본 사례는 융합을 분석할 수 있는 하나의 구체적인 방법론을 소개했다는 데 의미를 지닌다.

본 연구의 한계점은 특정시점의 기술융합의 구조를 분석하는데 그치고 있어, 특정분야의 기술융합의 흐름을 파악하는데 한계가 있고, 또한 IT, BT, ET분야를 제외한 제품군과 기술의 수가 적은 NT, CT, 기타분야의 기술융합구조는 분석하지 못해 ‘중소기업 융복합기술개발사업’의 전체적인 기술융합구조를 파악하지 못했다는 그 한계점이 있다. 다년도의 자료를 수집하지 못해 기술융합에서의 영향력 있는 기술들의 변화를 살펴보지 못했다는 한계도 있다.

참고문헌

(1) 국내문헌

- 박준형·곽기영·한희준·김윤정 (2013), “기업 간 특허인용 관계 결정요인에 관한 연구,” 『지능정보연구』, 제19권 제4호, pp. 21-37.
- 백현미·김명숙 (2013), “특허 네트워크 분석을 통한 융합 기술 트렌드 분석: 한국 미국 유럽 일본의 특허데이터를 중심으로,” 제8월 4호, pp. 11-19.
- 유경만 (2006), “융합기술분야 연구개발 활성화를 위한 정책제언,” 한국과학기술기획평가원.
- 유선희·이용호·원동규 (2006), “특허인용분석을 통한 기술분야의 수명예측에 관한 연구,” 『경영과학회지』, 제31권 제4호, pp. 1-12.
- 윤장혁·김광수 (2011), “특허정보를 이용한 기술 융합의 학제적 동향 분석: 대기오염물질 저감기술의 사례,” 『Entru Journal of Information Technology』, 제10권 제2호, pp. 49-60.
- 이수영·하태정·성양경 (2008), “융합기술 전문 인력 양성방안 연구: BT중심 융합기술을 중심으로,” 한국직업능력개발원.
- 최진호·김희수·임남규 (2011), “기술예측을 위한 특허 키워드 네트워크 분석,” 『한국지능정보시스템학회』, 제17권 제4호, pp. 227-240.

(2) 국외문헌

- Scott, J. P. (2000), *Social Network Analysis: A Handbook*, London: SAGE Publications.
- Wasserman, S. and Faust, K. (1994), *Social Network Analysis*, Cambridge University Press.
- Kodama, F. (1991), *Analyzing Japanese High Technologies: The Techno Paradigm Shift*, London: Printer Publishers.
- Rosenberg, N. (1982), *Inside the Black Box—Technology and Economics*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Roco, M. and Bainbridge, W. (2002), *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*, US National Science Foundation.
- Wartburg, I. V., T. Teichert and K. Rost (2005), “Inventive Progress Measured by Multi-stage Patent Citation Analysis”, *Research Policy*, Vol. 34, No. 10, pp. 1591-1607.
- Fontana, R., Nuvolari, A. and Verspagen, B. (2008), “Mapping Technological Trajectories as Patent Citation Networks: An Application to Data Communication Standards”, *SPRU Electronic Working Paper Series*, p. 166.
- Hsueh C. C. and Wang C. C. (2009), “The Use of Social Network Analysis in Knowledge

Diffusion Research from Patent Data”, International Conference on Advances in Social Network Analysis and Mining.

Xu, H. (2010), “A Regional University–Industry Cooperation Research Based on Patent Data Analysis”, *Asian Social Science*, Vol. 6, No. 11, pp. 88-94.

□ 투고일: 2015. 07. 14 / 수정일: 2016. 05. 20 / 게재확정일: 2016. 05. 26