Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 12, No. 5 pp. 2067-2077, 2011

DOI: 10.5762/KAIS.2011.12.5.2067

3대 분야 17개 신성장 동력 기술간 동태적 경쟁관계 분석

김문수[1], 이성주[2*]
[1]한국외국어대학교 산업경영공학과, [2]아주대학교 산업정보시스템공학부

A dynamic competition among 3 fields & 17 key growth drivers of Korea

Moon-Soo Kim[1] and Sungjoo Lee[2*]
[1]**School of Industrial & Management Engineering, Hankuk University of Foreign Studies**
[2]**Department of Industrial and Information Systems Engineering, Ajou University**

요 약 최근 IT, BT, NT를 중심으로 기술간 융합이 가속화 되고, 다양한 기술이 복합적으로 활용되는 산업분야가 증가하면서 기술간 경쟁관계 분석에 대한 전략적, 정책적 필요성이 커지고 있으나 기술간 동태적 관계를 분석한 연구는 그리 많지 않다. 본 연구는 기술경쟁 관점에서 기술혁신 과정을 다룬다. 특히, 최근 정부가 우리 경제의 새로운 성장 비전으로 발표한 3대 분야 17개 신성장 동력 기술을 대상으로 하여 이들 기술들의 공진화 과정을 분석 한다. 분석을 위해서 대표적 기술혁신 자료인 특허정보를 활용하고, 동태적 경쟁확산모형으로 폭넓게 활용되고 있는 Lotka-Volterra 모형을 적용한다. 연구결과는 기술혁신 과정에 있어 3대 분야 간, 17개 신성장 동력 기술 간, 신성장 기술 내 세부기술 간 동태적 관계를 분석함으로써, 효과적인 국내 기술정책 수립과 연구개발 우선순위 선정 등의 전략적 의사결정에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract The recent trend in technology development is characterized as technology convergence, mainly between IT, BT and NT and also more and more industries are starting to use several technologies simultaneously or in a combined way theses days. As a result, the needs on technology interaction analysis is increasing for strategic technology management and policy-making. Responding to the needs, this research deals with technology innovation process in terms of technology competition, particularly focusing on the 17 new growth drivers in 3 areas, which has been announced by the Korean government as a new growth vision for Korean economy, and analyzing their co-evolutionary process. For the analysis, patent data, a representative data on technology innovation, is adopted. Then, Lotka-Volterra Competition model, a model frequently used to describe the dynamism of competitive innovation is applied to the data. The research results are expected to support strategic decision-makings such as effect policy-making or R&D priority-setting, by analyzing the relationship between the 3 areas, the 17 new growth drivers, or the particular technologies in the drivers.

Key Words : Technology Competition, LVC Model, Patent Analysis

1. 서론

기술혁신과정은 다수 기술의 공진화 과정으로 설명될 수 있다[1]. 일반적으로 공진화란 각 구성원들이 환경 혹은 시장에 적응하고자 취하는 행동이 생태계나 기술시장 및 경제를 구성하는 또 다른 이웃 구성원들의 구조를 바꿔버릴 수도 있는 상호 연관된 과정을 의미한다. 공진화를 기술확산과정에 적용시켰을 경우, 경쟁기술과의 상호작용이 기술확산에 미치는 영향관계를 고려하게 된다. 즉, 하나의 기술은 다른 기술의 발전을 저해하기도 하고, 반대로 촉진하기도 하는 등 타 기술들과의 상호연관관계를 기반으로 발전해 나간다. 특히 최근 IT, BT, NT를 중

이 연구는 한국외국어대학교의 연구비의 지원에 의하여 이루어진 것임.
*교신저자 : 이성주(sungjoo@ajou.ac.kr)
접수일 11년 01월 08일 수정일 11년 03월 13일 게재확정일 11년 05월 12일

심으로 기술간 융합이 가속화 되고, 다양한 기술이 복합적으로 활용되는 산업분야가 증가하면서 기술간 경쟁관계 분석에 대한 요구는 보다 커지고 있다. 따라서 제한된 자원으로 효율적인 기술혁신을 유도하기 위해서는 특정 기술의 발전이 타 기술의 발전에 미치는 영향 관계를 분석하고 이를 전략적으로 의사결정에 활용할 필요가 있다[2]. R&D 투자의사결정 지원을 위해 현재 우선순위 접근법, 수리적 최적화 접근법, 전략관리 접근법 등 다양한 관점에서 기법들이 제안되고 있지만[3], 이들은 대부분 기대수익, 전략적 중요성, 잠재성장성, 기술위험도, 시장위험도 측면에서 투자효과를 평가하고 있으며[4], 기술 연관관계에 기반 한 투자의 파급효과는 고려하지 못하고 있다.

특히 최근 정부는 미래 한국을 주도할, 우리 경제의 새로운 성장 비전으로 3대 분야 17개 신성장 동력을 발표한 바 있다. 신재생에너지, 탄소저감 에너지, 고도물처리, 방송통신융합산업, IT융합산업 등 17개 신성장 동력에 포함된 기술들의 대부분은 다수 기술이 결합된 융합기술(fusion technology)이거나 다양한 기술이 복합적으로 활용되어야 하는 복합기술(multi-technology)의 성격을 나타내고 있기 때문에 기술 내 혹은 기술간 밀접한 연관관계가 예상된다. 향후 17개 신성장 동력의 발표로 인해 많은 기업들이 17개 신성장 동력을 중심으로 기술개발활동을 진행할 것이며, 정부 또한 17개 신성장 동력에 막대한 R&D 자원을 투입할 것으로 판단된다. 이러한 상황에서 17개 신성장 동력이 경쟁확산 관계를 분석하고 특정 기술에 투자한 결과가 타 기술에 미치는 영향관계를 분석하는 것은 그 정책적 시사점이 적지 않을 것으로 판단된다.

따라서 본 연구는 올해 정부에서 발표한 3대 분야 17개 신성장 동력을 대상으로 이들의 기술혁신과정을 기술경쟁 관점에서 분석함으로써 미래의 공진화 방향을 검토하고, 아울러 정책적 시사점을 모색해 하는 것을 목적으로 한다. 분석을 위해서 대표적 기술혁신 자료인 특허정보를 활용하고, 동태적 경쟁 확산 모형으로 폭넓게 활용되고 있는 Lotka-Volterra 모형을 적용한다[5,6]. 특허 정보를 Lotka-Volterra 모형에 적용하게 되면, 첫째, 기술들 간의 동태적 진화 과정을 쉽게 고찰할 수 있고, 둘째, 기술사용자의 입장이 아니라 기술개발자의 관점, 체화된 기술이 아닌 비체화된 기술 관점에서 기술간 연관관계를 분석할 수 있으며, 마지막으로 기술영향관계에 있어 긍정적인 영향 뿐 아니라 부정적인 영향 관계까지를 고려할 수 있다는 장점이 있다[7,8]. 본 연구의 결과는 신성장 동력과 관련된 기술들의 영향관계를 분석하고 상호 공생관계, 기생관계, 경쟁관계 등에 있는 기술들을 규명함으로써, 효과적인 기술개발 정책수립과 연구개발 우선순위 등의 전략적 의사결정을 지원해 줄 수 있을 것으로 기대된다.

2. 신성장 동력과 기술경쟁확산모형

2.1 신성장 동력 관련기술

2009년 초 정부는 미래 우리 경제를 이끌어갈 산업부문으로 녹색기술산업, 첨단융합산업, 고부가서비스 등 3개 분야에 각각 6개, 6개 그리고 5개 성장 동력, 총 17개 신성장 동력을 확정, 발표하였다. 표 1은 3대 분야 17개 신성장 동력과 관련된 미국특허청 특허분류(USPC: United States Patent Classification)이다.

[표 1] 3대 분야 17개 신성장 동력 관련 특허

분야	17개 신성장 동력	USPC
녹색기술	신재생 에너지 (EN1)	60, 204, 290, 405, 426, 435
	탄소저감 에너지 (EN2)	260, 431
	고도 물처리 (W)	210
	LED 응용 (L)	362
	그린수송시스템 (GT)	136, 180, 903
	첨단 그린도시 (GC)	588, 701,706
첨단융합	방송통신융합산업 (BC)	455
	IT융합시스템 (IT)	709, 719, 726
	로봇 응용 (R)	901
	신소재, 나노융합 (NM)	420, 501, 977
	바이오제약 (B)	424, 514, 607
	고부가 식품산업 (FD)	99
고부가서비스	글로벌 헬스케어 (H)	600, 601, 602, 604, 606, 623
	글로벌교육서비스 (ES)	434
	녹색금융 (F)	705
	콘텐츠, 소프트웨어 (CS)	707, 715, 717
	MICE, 관광	

신성장 동력은 국가 R&D 정책과도 밀접하게 연관된다. 녹색기술산업의 경우, R&D 투자를 2012년까지 연간 2조원 수준으로 높여 향후 4년간 총 6.3조원 이상을 투자할 예정이며 특히 기초, 원천연구를 보다 확대할 예정이다. 이외에도 로봇응용 기술개발, 나노융합 원천기술 등의 첨단융합산업 분야의 R&D과제를 추가 발굴, 보완하는 작업을 진행하고 있다. 이와 함께 의료, 관광, 환경, 교육 부문 등 고부가 서비스 산업을 본격적으로 육성하기 위한 계획을 수립하고 있다.

2.2 기술경쟁확산모형

LVC 모형(Lotka-Volterra Competition Model)은 경쟁확산의 원리를 잘 반영하면서도 수리적으로 쉽게 표현되는 모형 중의 하나이다[5]. 초기에는 생물학 분야에서 피식자-포식자의 관계를 분석하기 위해 제안되었으나 이후 생물의 공진화를 분석하고 공진화를 야기하는 요인을 도출하기 위해 적용되어 왔다[6]. 이는 경쟁효과나 수확체증 등과 같이 잘 알려진 경제효과들을 비교적 잘 표현하고 있으면서도 간단하기 때문에 사용가치가 높은 모형으로 평가되며[7] 이종 개체간의 내부, 외부 영향에 따른 상태 변화를 나타냄으로써 기존의 확산모형에서 강조하던 개인의 행태뿐만이 아니라 집단 전체의 행동 패턴에 대한 영향을 내포하고 있다는 장점을 갖는다. 이에 최근 기술경영분야에 도입되어 경쟁확산 양상을 분석하고 이에 기반한 기술수요를 예측하거나[9-12], 기술대체현상을 분석하거나[13], 특허자료에 적용되어 기술발전 양상을 분석하기 위한 목적으로 활용되고 있다[8,9]. 특히 기술간 관계를 분석하는 방법에 있어서는 기존의 특허인용분석과 상보적 역할을 할 수 있는 방법으로 제안된 바 있다[14].

다음은 일반적인 두 개의 이종간 경쟁에 있어서 기본적인 LVC 방정식으로, 경쟁하는 두 기술 $X_1(t)$과 $X_2(t)$의 관계를 식으로 나타내면 아래와 같다.

$$dX_1(t)/dt = (a_1+a_2X_1(t)+a_3X_2(t))X_1(t) \quad (1)$$

$$dX_2(t)/dt = (b_1+b_2X_2(t)+b_3X_1(t))X_2(t) \quad (2)$$

단, $X_1(t)$, $X_2(t)$: 기술1,2 에 대한 수요의 누적 값
a_1, b_1 : 자신의 수요 확산에 의해 받는 영향
a_2, b_2 : 자신의 수요 증가에 의해 받는 영향
a_3, b_3 : 경쟁 기술에 의해 받는 영향

위 모형은 기술 1과 기술 2의 성장 단계에서 상호영향관계를 표현한 것으로서, a_1, b_1는 각 집단의 상대적 성장률을 가리키는 성장 계수를, a_2, b_2는 집단의 내부적인 작용, 즉, 예를 들면 특정 주거지의 인구가 많아지게 되면 더 이상의 이주자를 받을 수가 없게 되어, 그 주거지의 내부에서 사람 수를 줄이려고 하는 효과와 유사한 의미를 갖는다. 또한 a_3, b_3는 다른 외부집단이 한 집단의 성장에 미치는 영향을 나타내고 있다. 따라서 a_3, b_3의 부호에 대한 정보를 토대로 집단 간의 경쟁관계의 유형을 다음 표 2와 같이 분류할 수 있다[15].

[표 2] LVC 모수에 따른 경쟁관계 유형[15]

a_3	b_3	유형	설명
-	-	순수 경쟁	서로 상대방 집단으로 인해 방해 받는 상황
+	-	포식자-피식자	한 집단이 다른 집단의 직접적인 먹이가 되는 상황
+	+	상호 공존	상호 공존하는 공생 상황
+	0	일방적 수혜	한 집단은 다른 집단으로부터 혜택을 받으나 다른 집단은 아무런 영향도 받지 않는 상황
-	0	일방적 피해	한 집단은 다른 집단으로부터 피해를 입으나, 다른 집단은 아무런 영향도 받지 않는 상황
0	0	중립	두 집단 간 서로 영향이 없는 상황

이 때, LVC 기본모형은 시간에 대해 연속적인데 반해, 실증모형에 사용되는 자료는 이산적인 경우가 대부분이므로, 기본모형을 이산적인 형태의 차분방정식으로 변환하여야 하며[16], 신뢰성 있는 추정결과를 얻기 위해 비선형 형태인 차분방정식에 역수를 취하여 선형모형으로 변환시킨 뒤, 이 실증모형의 계수로부터 기본모형의 계수를 도출한다. 아래 식 (3), (4)는 분석이 가용한 실증모형으로, 기본모형인 식(1), (2)의 계수들과 실증모형인 식 (3), (4)의 계수들의 관계는 다음 표 3과 같다.

$$1/X_1(t+1) = c_1+c_2(1/X_1(t))+c_3(X_2(t)/X_1(t)) \quad (3)$$

$$1/X_2(t+1) = d_1+d_2(1/X_2(t))+d_3(X_1(t)/X_2(t)) \quad (4)$$

[표 3] 기본모형과 실증모형 계수들의 관계

a_1	a_2	a_3	b_1	b_2	b_3
$\ln c_2$	$-c_1\ln c_2/(c_2-1)$	$-c_3\ln c_2/(c_2-1)$	$\ln d_2$	$-d_1\ln d_2/(d_2-1)$	$-d_3\ln d_2/(d_2-1)$

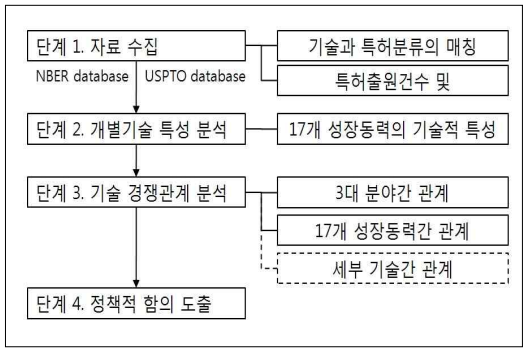
위 식에서 $\ln c_2/(c_2-1)$ 부분은 $c_2>0$인 범위에서는 항상 양의 값을 가지기 때문에 LVC 모형에서 두 경쟁 서비스 간의 상호관계를 규정하는 c_3의 부호와 $a_3=c_3\ln c_2/(c_2-1)$의 부호는 서로 반대가 된다. 마찬가지로 d_3의 부호와 $d_3\ln d_2/(d_2-1)$의 부호는 서로 반대가 된다. 즉, 선형으로 추정해도 집단 간 경쟁관계의 유형에 대해서 판단하는데 큰 무리가 없다.

3. 분석방법론

연구에는 크게 두 가지 데이터베이스가 활용된다. 첫

째는 미국특허청(USPTO: United States Patent and Trademark Office) 데이터베이스로, 미국은 가장 큰 시장을 보유하고 있는 국가이므로 혁신적인 기술의 대부분이 USPTO에 등록된다. 따라서 USPTO의 등록특허는 기술의 특성을 파악하고 기술의 혁신양상을 분석하는 본 연구에 유의미한 자료로 판단되었다. 둘째는 NBER(National Bureau of Economic Research) 데이터베이스로, 여기에는 1976년부터 2006년까지 USPTO에 등록된 모든 특허에 대해 출원년도, 등록년도, 출원인, USPC 기술분류, 국제특허체계(IPC: International Patent Classification) 분류 등 풍부한 서지정보가 구조화 되어 제공된다. 따라서 기술의 특성을 비교적 용이하게 분석할 수 있도록 지원해 준다.

두 데이터베이스를 기본으로 본 연구는 크게 네 단계 절차에 따라 진행된다. 첫 번째 단계에서는 분석대상 기술과 관련된 데이터를 확보한다. 이를 위해 USPTO 데이터베이스를 활용하여 17개 신성장 동력(실제로는 16개)에 대한 연간 특허등록건수를 수집하였다. 또한 NBER 데이터베이스로부터 17개 신성장 동력와 관련된 USPTO 등록특허들의 서지사항 정보를 수집하였다. 두 번째 단계에서는 17개 성장동력의 기술적 특성을 분석한다. 즉, NBER 데이터베이스에서 수집된 특허정보를 기반으로 기술성장율, 기술개방성, 기술원천성, 주요국가점유율을 도출하였다. 다음 표 3은 본 연구에서 분석대상으로 한 특허분류(USPC: United States Patent Classification)이다. 세 번째 단계에서는 USPTO 등록건수를 LVC 모형에 적용하여 기술간 연관관계를 분석한다. 기술간 연관관계는 3대 분야에 대해, 17개 신성장 동력에 대해, 그리고 신성장 동력 내 개별기술, 즉 개별 USPC에 대해 분석을 수행한다. 두 기술의 연간등록 건수를 변형된 LVC 모형인 식 (3), (4)에 적용하면 관련 모수들을 추정할 수 있다. 추정된 모수 중 유의수준 5%에서 유의한 모수만을 활용하여 원래 LVC 모형 중 두 기술의 상호연관관계 정도를 나타내는 모수 값을 계산한다. 모든 기술을 대상으로 각 기술 쌍에 대한 값을 분석하면 이는 행렬의 형태로 표현되며, 이 행렬을 입력 값으로 하여 네트워크 분석 기법을 이용하여 기술간 영향관계를 나타내는 네트워크를 작성할 수 있다. Lee 등은 이를 특허상호작용네트워크 즉, Patent Interaction Network(PIN)라 명명하였다[8]. 이러한 특허상호작용네트워크를 기반으로 마지막 단계에서는 다양한 정책적 시사점과 전략적 의사결정 규칙을 고찰한다. 연구의 전체적인 프레임워크는 다음 그림 1과 같다.



[그림 1] 기술경쟁관계 분석 프레임워크

4. 분석결과

4.1 17개 신성장 동력의 기술적 특성

우선, 3대 분야 17개 신성장 동력의 기술적 특성을 살펴보자. 이를 위해 NBER에서 제공하는 데이터베이스로부터 17개 신성장 동력과 관련된 특허정보를 수집하였다. 본 연구에서는 최근동향을 반영하고자 1997년부터 2006년까지 최근 10년에 해당하는 특허정보를 대상으로 신성장 동력과 관련된 기술의 특성을 분석하였다. 또한 NBER에서는 901, 903, 977을 포함한 세 개 USPC에 대한 정보가 존재하지 않아 나머지 USPC만을 분석대상으로 포함시켰다.

특히 본 연구에서는 기술성장율, 기술개방성, 기술원천성, 기술독점권이라는 네 가지 관점에서 신성장 동력을 분석하였다. 첫째 기술성장율은 기술의 성장 정도를 분석하기 위한 지표로 특허 등록건수의 평균증가율을 기하평균을 사용하여 산출하였다. 둘째, 기술개방성은 기술개발에 있어서 타사와의 협력정도를 분석하기 위한 지표로 특허 1건당 출원인 수 평균을 통해 산출하였다. 지표값이 높을수록 다수간의 협력을 통해 개발된 기술을 의미하므로 개방성이 높다고 할 수 있다. 셋째 기술원천성은 각 기술이 타 기술을 개발하는데 어느 정도 사용되었는지를 분석하기 위한 지표로 특허의 평균 인용수를 통해 산출하였다. 지표값이 높을수록 인용이 많이 됨을 의미한다. 마지막으로 기술독점권은 기술개발양상이 소수국가의 독점형태인지 다수국가의 공유형태인지를 분석하기 위한 지표로 상위 3개 국가의 특허출원 비중을 산출한다. 지표에 대한 조작적 정의는 표 4와 같다.

[표 4] 분석지표의 조작적 정의

지표명	조작적 정의	단위
기술 성장률	연간 특허등록 건수의 평균 증가율 (기하평균 산출)	%
기술 개방성	특허 1건당 평균 출원인(혹은 출원기관) 개수	기관
기술 원천성	특허 1건당 평균 피인용 횟수	회
기술 독점권	특허등록 건수 기준 상위 3개 국가의 특허 점유율	%

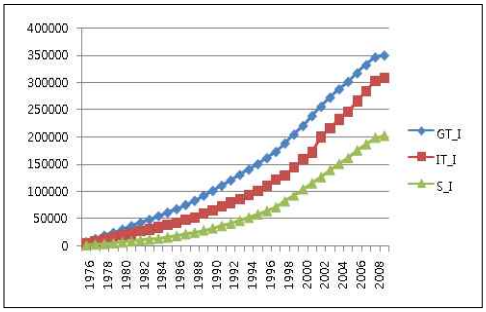
조작적 정의를 토대로 한 분석결과는 다음 표 5와 같다. 분석결과를 살펴보면, 고부가 성장산업 전반에서의 성장세와 IT 및 방송통신을 중심으로 하는 첨단융합 산업에서의 성장세가 두드러진다. 특히 IT융합시스템, 녹색금융, 콘텐츠/소프트웨어 등과 같이 성장률이 높은 산업분야의 경우 대체로 인용횟수 또한 높은 값을 나타내고 있다. 이는 기술 간 활발한 지식흐름을 기반으로 산업분야가 진화해 오고 있으며 또한 급성장하는 산업분야의 기술지식이 활발히 확산되어 가고 있음을 나타낸다. 다음으로 개방성을 살펴보면 신재생 에너지, 바이오제약, 첨단 그린도시 등에서 상대적으로 높은 값을 나타낸다. 이러한 산업분야의 경우 복합기술 및 시스템 기술의 특성을 나타내기 때문에 전략적 제휴 및 R&D 협력의 비중이 높은 것으로 판단된다. 마지막으로 콘텐츠/소프트웨어, IT 융합산업, 첨단 그린도시의 기반기술들은 소수의 주요 국가들이 중점적인 역할을 하여 기술개발을 주도해 나가는 특성을 보이는 반면, 고부가 식품산업, 글로벌 교육서비스, LED 응용, 탄소저감 에너지와 관련된 기술들의 경우 다수 국가가 기술발전에 기여해 오고 있다.

[표 5] 신성장 동력의 기술적 특성

분야	신성장 동력	성장률 (%)	개방성 (기관)	원천성 (회)	독점권 (%)
녹색기술	신재생 에너지 (EN1)	1.88	1.06	2.76	71.6
	탄소저감 에너지 (EN2)	-2.67	1.03	2.67	53.7
	고도 물처리 (W)	-2.54	1.03	3.06	60.3
	LED 응용 (L)	9.92	1.02	3.40	53.4
	그린수송시스템 (GT)	10.40	1.03	3.90	76.9
첨단융합	첨단 그린도시 (GC)	9.12	1.04	5.02	84.1
	방송통신융합산업 (BC)	22.76	1.01	5.54	73.9
	IT융합시스템 (IT)	25.44	1.01	10.01	88.2
	신소재, 나노융합 (NM)	-3.07	1.01	2.87	78.6
	바이오제약 (B)	-0.40	1.06	3.00	73.0
고부가서비스	고부가 식품산업 (FD)	-6.55	1.02	2.71	37.2
	글로벌 헬스케어 (H)	10.40	1.02	7.20	67.7
	글로벌교육서비스 (ES)	0.63	1.03	5.21	49.3
	녹색금융 (F)	19.74	1.02	12.48	77.3
	콘텐츠, 소프트웨어 (CS)	15.78	1.02	8.48	89.2

4.2 3대 분야간 경쟁확산

다음으로 17개 신성장 동력의 기술적 특성에 대한 이해를 바탕으로, 3대 분야의 경쟁확산 분석과정 및 결과를 살펴보자. 3대 분야의 분석을 위해 표 1의 특허를 분야별로 통합하였으며, 총 39개 USPC 중 녹색기술산업(GT_I)에 16개, 최첨단융합산업(IT_I)에 12개, 고부가 서비스산업(S_I)에 11개가 할당되었다.



[그림 2] 3대 분야별 특허등록 동향

다음으로 각 분야 별로 연도별 특허등록건수(그림 2 참고)에 변형된 LVC 모형을 적용하였고, 추정된 모수를 활용하여 다시 원래의 기본 LVC 모형의 모수를 계산하였다. 예를 들어, [표 6]은 녹색기술산업과 첨단융합산업에 대해 기본모형과 실증모형의 모수 추정결과를 나타낸다. 실증모형의 모수들은 모두 유의수준 5%에서 유의하였으며, 이 값을 활용하여 기본모형의 세 가지 모수 모두를 추정하였다.

[표 6] 기본모형과 실증모형의 계수추정결과: 녹색기술산업과 첨단융합산업

실증모형*		기본모형	
c_1	0.000014	a_1	-0.620412
c_2	0.537723	a_2	-1.88E-05
c_3	-0.00002	a_3	2.684E-05
d_1	-0.00001	b_1	-0.657736
d_2	0.518023	b_2	1.365E-05
d_3	0.000015	b_3	-2.05E-05

Note 1. * $p < 0.05$

분석결과에 의하면 녹색기술산업과 첨단융합산업 모두 성장률 값(a_1, b_1)은 부(-)의 관계를 나타내어 즉 자기 자신의 기술발전에 의한 성장은 어느 정도 한계에 도달한 것으로 나타나지만, 녹색기술산업의 경우, a_3 값이 양으로 나타나기 때문에 첨단융합산업의 발전이 긍정적인 영향을 미칠 가능성을 시사한다. 한편 첨단융합산업의 경우, b_2값이 양으로 나타나기 때문에 산업 내 기술이 성장

세가 가속화될수록 전체적인 성장이 촉진될 가능성이 있다. 그러나 b_3는 음의 값을 나타내기 때문에 녹색기술산업이 발전하면서 첨단융합산업이 함께 발전하는 것은 아님을 의미한다.

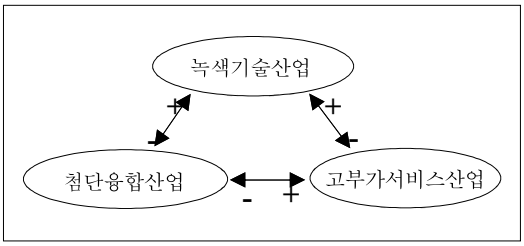
그러나 본 연구는 두 산업간 경쟁확산 관계의 분석에 초점을 맞추고 있기 때문에 3대 분야의 a_3와 b_3값만을 추출하면 그 결과는 다음 표 7과 같다.

[표 7] 3대 분야 간 경쟁확산 관계분석

a_3 \ b_3	녹색기술	첨단융합	고부가 서비스
녹색기술	-	-2.05E-05	-1.7923E-05
첨단융합	2.684E-05	-	7.09556E-05
고부가 서비스	2.7363E-05	-4.8999E-05	-

[표 7]에서 우선 녹색기술산업 내 기술 진보는 첨단융합산업과 고부가 서비스산업 내 기술을 대체로 저해하는 방향으로 발전해 왔음을 알 수 있다. 에너지, 수송 등 대규모 R&D에 투자함으로써 상대적으로 타 분야의 R&D 투자의 기회를 박탈할 가능성이 있었던 것으로 판단된다. 둘째, 첨단융합산업은 예상할 수 있듯이 관련기술의 발전이 녹색기술산업과 고부가 서비스산업 모두의 발전을 촉진해 온 것으로 나타난다. 첨단융합산업에서 활용되는 기술들은 타 산업에서의 활용도 또한 높기 때문에 발생하는 결과로 판단된다. 마지막으로 고부가 서비스 산업의 경우 녹색기술산업의 발전에는 긍정적인 영향을 미치는 반면, 첨단융합산업의 발전은 저해해 왔던 것으로 나타난다. 첨단융합산업에서 최근 그 중요도가 HW보다 SW 쪽으로 이동해 가면서, 그리고 녹색기술산업의 육성과 발전에 고부가서비스 산업 내 기술들이 미치는 비중이 높아지기 때문에 나타나는 현상으로 판단된다.

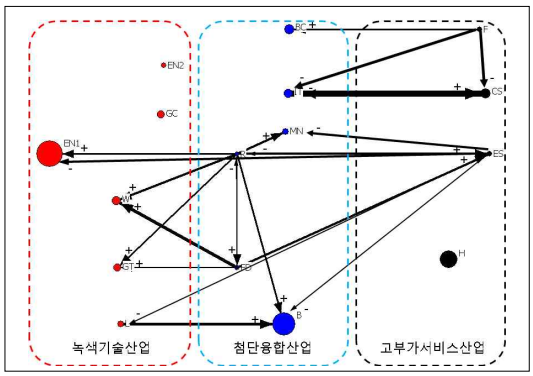
3개 산업 분야 기술간 동태적 관계를 특허상호작용 네트워크 형태로 표현하면 아래 그림 3과 같다. 그림 3은 표 7의 모수의 부호를 이용하여 기술간 경쟁관계를 간단하게 시각화한 것이다. 대상 기술이 많은 경우는 보다 복잡한 방법을 적용하여 시각화하는데 이는 다음절에서 보다 자세히 기술한다. 그림 3에서 첨단융합산업 기술 발전은 지속적으로 다른 두 개 산업분야의 기술발전에 긍정적인 영향을, 다음으로 고부가서비스산업의 기술 발전은 녹색기술산업 발전에는 긍정적인 영향을, 그러나 첨단융합산업 분야에는 부정적인 영향을 보이고 있고, 녹색기술산업의 경우는 다른 두 개 산업에 모두 부정적인 영향을 미치고 있다. 이러한 기술간 동태적 관계를 고려할 때, 연구개발정책에 있어 우선순위는 첨단융합산업, 고부가서비스산업 그리고 녹색기술산업 순으로 책정될 필요가 있음을 시사한다.



[그림 3] 3대 신성장 산업분야 기술의 동태적 관계

4.3 17대 신성장 동력 간 동태적 관계

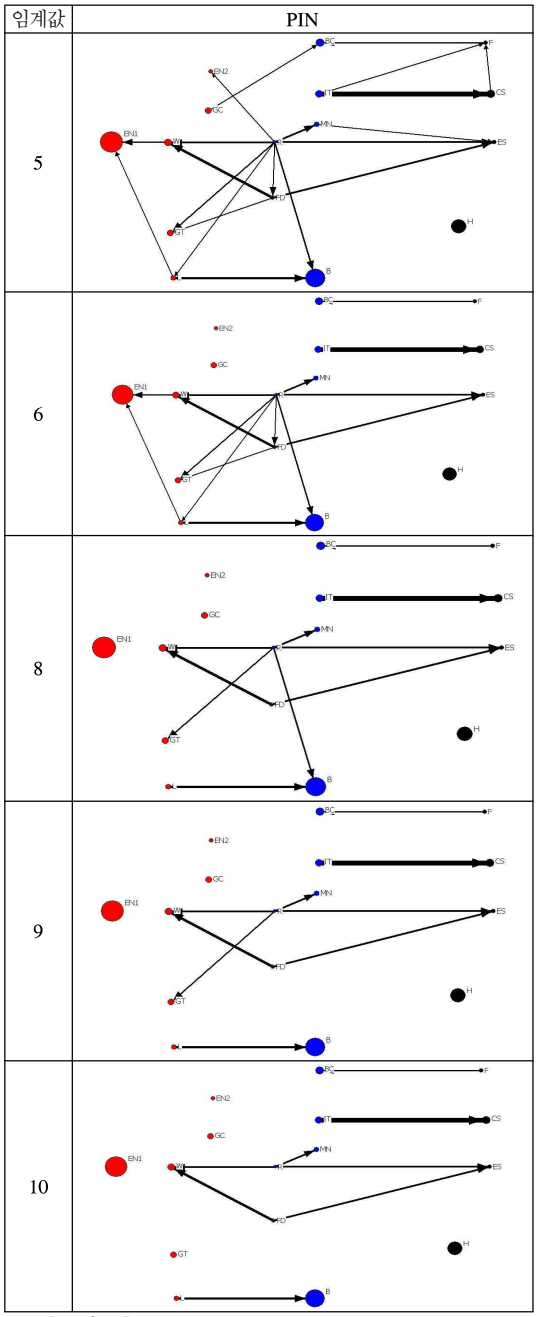
다음으로 이러한 산업간 경쟁확산 양상을 견인하는 구체적인 기술이 무엇인지를 살펴보기 위해 16개 신성장 동력을 대상으로 경쟁확상 분석을 진행하였다. 표 7에서와 마찬가지로 16개 기술간 경쟁 확산 관계를 나타내는 행렬이 도출되면, 이 행렬을 네트워크 분석의 입력 값으로 활용하여 최종결과를 네트워크 형태로 그림 4와 같이 시각화하였으며, 이를 위해 네트워크 분석 전문 툴인 UCINET 5를 활용하였다. 16개 신성장 동력을 대상으로 분석한 결과를 특허상호작용네트워크로 표현하면 그림 4와 같다. 특허상호작용네트워크는 기술의 공진화 패턴을 시각화 해 주고 특징적인 기술을 쉽게 찾도록 해 준다. 이는 유방향 네트워크로 네트워크의 노드는 각각의 신성장 동력을 나타내고, 링크는 신성장 동력의 관계를 나타낸다.



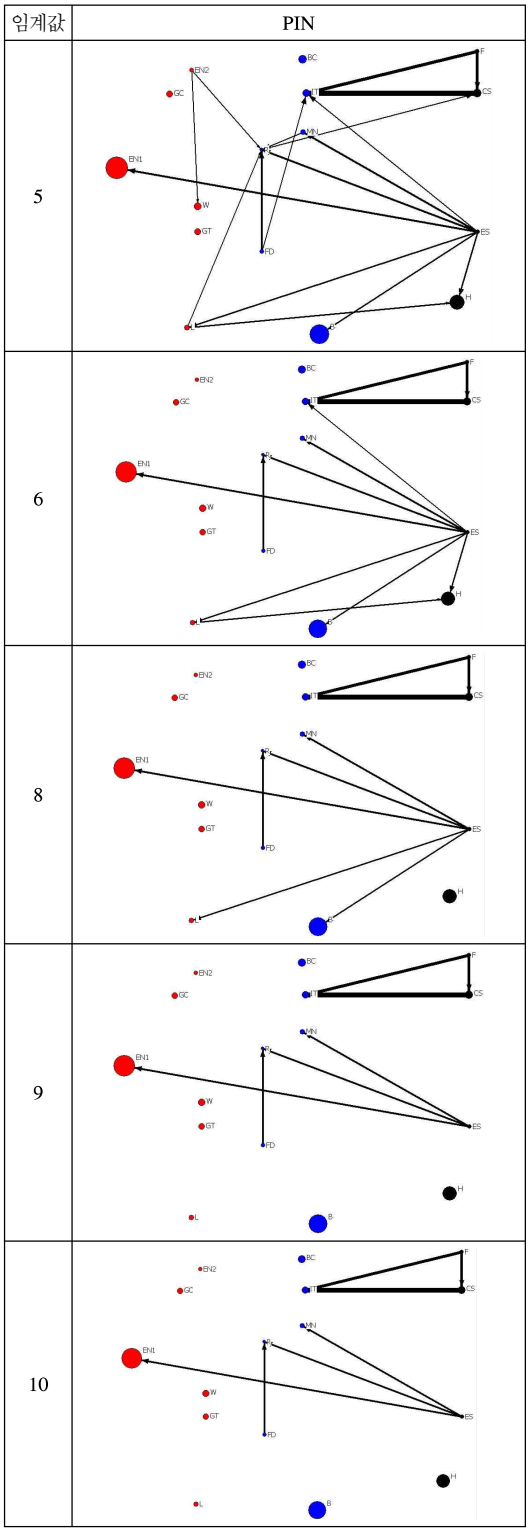
[그림 4] 17대 신성장 동력간 경쟁확산 분석

그림 4에서 각각의 노드는 표 1의 약자를 사용하여 표현되었으며, 노드의 크기는 신성장 동력과 관련된 총 누적특허등록건수를 의미한다. 링크의 생성여부는 신성장 동력의 영향관계 정도, 즉 입력으로 사용하였던 행렬값에 의해 결정되며, 이 값이 임계치보다 높을 경우에 화살표 형태의 링크가 생성된다. 화살표 머리 위에 나타나 있는 (+), (-)의 부호는 영향관계의 유형을 나타내며 A에서 B로 향하는 화살표 머리 상단에 (+)가 표기되어 있을 경우

이는 A기술의 성장이 B기술의 성장에 긍정적인 영향을 미쳐왔음을 의미한다. 임계치를 결정하기 위해서 0.0005에서 0.0010까지 0.0001단위로 특허상호작용네트워크를 작성했으며 이 중 신성장동력간 관계를 가장 잘 나타내는 것으로 판단되는 임계치는 0.0007이다. 나머지 특허상호작용네트워크 작성결과는 그림 5와 그림 6과 같다.



[그림 5] 임계값에 따른 네트워크(긍정적 영향)



[그림 6] 임계값에 따른 네트워크(부정적 영향)

4.3.1 네트워크의 구조

특허상호작용네트워크의 전체적인 구조를 살펴보면, 16개 신성장 동력들이 복잡한 상호영향관계를 기반으로 공진화 해 왔음을 알 수 있다. 임계수준 0.0007에서 타 산업과 독립적으로 발전해 왔던 기술들은 탄소저감 에너지 기술(GC), 첨단 그린도시(GC), 글로벌 헬쓰케어(H)로 나타난다. 탄소저감 에너지는 최근 그 중요성이 높아지고 있는 기술로 기반기술이 되는 탄소, 연소관련 기술들이 타 기술들과는 독립적인 분야를 형성하여 발전해 왔다. 첨단 그린도시의 경우 대부분의 특허들이 건축과 관련되어 과거에는 다소 독립적으로 성장해 왔으나 향후 건축기술에 첨단 IT기술이 접목되고 건축물에 첨단 IT시설이 구비되면서 타 기술, 특히 IT와의 영향관계가 높아질 것으로 기대된다. 글로벌 헬쓰케어 또한 의료업계 쪽에서 다소 독립적인 기술분야로 발전되어 왔으나 IT, Nano 등과의 기술융합이 가속화되면서 타 기술과의 영향관계가 높아질 것으로 기대된다. 따라서 현재까지는 특정 분야 투자 시 타 분야의 직접적인 파급효과를 기대하기 힘든 분야이나 앞으로는 보다 전략적인 투자의사결정이 필요할 분야이다.

특허상호작용네트워크 내에서 몇 가지 특징적인 기술을 살펴보면, 첫째, 로봇응용기술(R)의 경우 신재생에너지(EN1), 고도 물처리(W), 그린수송시스템(GT), 고부가 식품산업(FD), 신소재, 나노융합(MN) 기술뿐 아니라 글로벌교육서비스(ES)에 이르기까지 많은 기술들의 혁신과정에 긍정적인 영향을 미치는 대표적인 기술이다. 로봇기술은 신재생에너지 생성, 고도 물처리 과정, 고부가 식품산업 운영 등의 제조설비 시설에서 활발히 사용될 뿐 아니라 의료기기, 교육시스템 등과 관련된 서비스 제공을 목적으로도 활발히 사용될 수 있는 응용기술이기 때문에 나타난 현상으로, 앞으로도 이러한 관계는 지속될 것으로 기대된다. 따라서 로봇기술에 투자 시 여러 기술에 큰 파급효과를 기대할 수 있을 것이다. 타 기술과 복잡한 연관관계를 맺고 이들의 성장을 촉진해 온 또 다른 대표적인 기술은 고부가 식품산업(FD) 기술로, 이 경우 고부가 식품산업 내 기술개발이 타 기술의 기반기술로 활용되기보다는 80년대 이후 식품산업 내 기술개발의 비중이 낮아지면서 R&D 투자가 타 기술로 이동해 가면서 나타나는 현상이라 할 수 있다. 한편, 글로벌 교육시스템(ES)의 경우 타 기술(MN, EN1, R, B)의 성장에는 부정적인 영향을 미쳐 온 반면, 타 기술(R, FD)의 발전에 의해서는 긍정적인 영향을 받아온 기술로 나타난다. 글로벌 교육시스템에 투자 시에는 부정적인 영향을 미칠 것으로 예상되는 타 기술에 동시 투자하는 전략을 취할 필요가 있을 것이다.

또한 바이오제약, 의료기기(B)는 자신의 기술혁신 과정에 있어 로봇기술(R)과 LED 기술(L)로부터는 긍정적인 영향을, 글로벌 교육시스템(ES)으로부터는 부정적인 영향을 복합적으로 받아 온 기술이라 할 수 있다. 녹색금융(F) 기술의 경우 방송통신융합산업(BC)의 발전에는 긍정적인 영향을 미치지만 IT융합시스템(IT)과 콘텐츠, 소프트웨어(CS) 기술의 발전에는 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타난다. 그린수송시스템(GT)과 고도 물처리(W) 기술의 경우 타 기술의 발전에 긍정적인 영향을 받는 기술이다. 이들의 경우, 관련기술의 정책적 지원이 자신의 분야에 미치는 영향을 사전에 검토하고 대책을 세울 필요가 있을 것이다.

4.3.2 산업 간 관계

특허상호작용네트워크에 있어 산업별 특성을 살펴보면, 녹색기술산업 내 개별 기술들은 타 기술들과의 링크가 상대적으로 적으므로 다소 독립적으로 진화해 왔다고 할 수 있다. 보다 구체적으로 표 7에 의하면 녹색기술산업 내 기술들은 전반적으로 타 기술의 성장을 저해하는 동시에 타 기술에 의해 그 성장이 촉진되는 것으로 나타나는데 이러한 패턴을 견인하는 기술들은 신재생에너지(EN1), 고도 물처리(W), 그린수송시스템(GT)으로 판단되며 이들은 주로 긍정적인 영향을 주도하는 것으로 나타난다. 타 기술의 성장을 저해하는데 결정적인 영향을 미치는 기술은 특허상호작용네트워크에서 찾아볼 수 없는데, 특허상호작용네트워크는 임계치 이상의 관계만을 시각화 해 주기 때문이다. 따라서 녹색기술산업 내 기술들은 하나의 특정 기술이 타 기술의 성장저해를 주도하는 것이 아니라 여러 기술들이 임계치 이하의 값으로 타 기술의 성장을 함께 저해해 왔을 것으로 생각된다. 따라서 녹색기술 산업에 지나치게 투자 할 경우, 균형발전을 저해할 위험이 있을 것으로 예측된다.

둘째, 첨단융합산업 내 기술들은 "융합"을 포함하고 있는 산업명에서도 잘 나타나 있듯이, 산업 내 기술뿐 아니라 타 산업의 기술들과도 밀접하게 연계되어 진화해 왔다. 특허상호작용네트워크에서 살펴보면 첨단융합산업 내 기술들은 주로 타 산업의 성장을 촉진해 오는 것으로 나타나며 이는 표 7의 산업간 관계분석 결과와도 일치한다. 이러한 현상을 주도하는 주요 신성장 동력은 로봇응용(R) 기술이며, IT융합시스템(IT)과 고부가 식품산업(FD) 또한 이에 일조하고 있다. 실제 Nano, Robot, IT, Bio 등이 포함된 최첨단 융합기술들은 녹색기술산업의 기반기술로 활용되거나 고부가 서비스 산업에 관련 서비스를 제공하기 위한 수단으로 활용되는 경우가 많다. 예를 들어, 콘텐츠, 소프트웨어(CS) 기술은 IT가 기반이 되어 발전해 가며, 로봇기술은 교육서비스를 제공하는데 기

반기술이 된다. 따라서 다른 조건이 동일하다면 이 분야 기술들에 가장 높은 투자우선순위가 주어져야 한다.

마지막으로 고부가 서비스산업 분야의 기술들은 주로 첨단융합산업 내 기술들과 밀접하게 관련되어 주로 해당 산업에 발전을 저해하는 방향으로 진화해 왔다. 실제 최근 들어, 서비스경제의 비중이 확대되면서 IT분야에 집중되었던 R&D 자원들이 서비스 분야로 이동해 가고 있다. 제조업의 서비스업화 현상과 정부의 지식서비스 산업 육성전략 등을 통해 이러한 공진화 양상은 보다 가속화 될 것으로 판단된다. 고부가 서비스산업이 첨단융합산업의 발전을 저해하는 현상을 주도하는 기술은 주로 글로벌 교육서비스(ES), 콘텐츠, 소프트웨어(CS), 녹색금융(F)으로 나타난다. 첨단융합산업 중 유일하게 긍정적인 영향을 받는 기술은 방송통신융합산업(B)이라는 점이 특징적이다. 따라서 고부가 서비스산업 분야 기술에 투자 시, 첨단융합 산업 내 기술들과의 영향관계를 고려한 의사결정이 요구된다. 단, 표 7에 의하면, 고부가 서비스산업의 성장이 녹색기술산업의 성장에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타남에도 불구하고 특허상호작용네트워크에서는 오히려 고부가 서비스산업에 속해 있는 글로벌 교육서비스(ES)가 신재생에너지(EN1)와 고도 물처리(L) 기술에 부정적인 영향을 미치고 있다. 이는 마찬가지로 임계치 이하의 영향관계들이 반영되지 못하기 때문에 나타나는 현상으로 이러한 관계들이 밀집되어 임계치 이상의 글로벌 교육서비스의 영향을 상쇄할 정도의 효과를 나타내는 것으로 판단된다. 따라서 임계치 이상이 되는 기술들의 효과를 확대시킨다면 고부가 서비스산업분야와 녹색기술산업의 전체적인 양상이 변화할 가능성이 있을 것이다.

4.3.3 신성장 동력 간 관계

마지막으로 특허상호작용네트워크를 통해 두 기술 간 관계를 분석할 수 있다. 그림 4의 특허상호작용네트워크에서 특징적인 점은 순수경쟁 혹은 상호공존의 관계에 있는 기술이 존재하지 않는다는 점이다. 상관관계가 있는 대부분의 기술은 포식자-피식자 혹은 일방적 수혜, 일방적 피해 관계에 놓여있다. 유형 별 대표적인 기술 쌍은 다음 표 8과 같다. 특정 기술의 성장이 타 기술의 성장에 부정적인 영향을 미칠 경우 이러한 영향을 상쇄할 수 있는 대책을 마련할 필요가 있을 것이다.

[표 8] 3대 분야 간 경쟁확산 관계분석

포식자-피식자	BC-F, CS-IT, ES-R, FD-R, ES-R
일방적 수혜	MN(←R), EN1(←R), W(←R), GT(←R), B(←R), W(←FD), ES(←FD), GT(←FD), B(←L)
일방적 피해	IT(←F), CS(←F), MN(←ES), L(←ES), B(←ES)

이 때 두 기술간 연관관계가 연결되어 순환형 고리를 형성하기도 한다. 그림 4의 특허상호작용네트워크에서는 글로벌 교육서비스(ES), 로봇응용(R), 고부가 식품산업(FD)의 세 기술이 순환형 고리를 형성한다. 글로벌 교육서비스의 성장은 로봇응용 기술의 성장을 저해하고, 이는 고부가 식품산업의 성장저해로 연결되지만 고부가 식품산업의 성장이 저해되면 글로벌 교육서비스의 성장 또한 저해되기 때문에 로봇응용 기술에 미치는 부정적인 영향이 감소하게 된다. 또한 고부가 식품산업의 성장이 저해되면 로봇응용산업에 미치는 부정적인 영향이 다시 한 번 감소하기 때문에 글로벌 교육서비스의 성장이 직접적으로는 로봇응용 기술의 성장을 저해하는 것으로 나타나지만 간접적으로는 타 기술들을 통해 해당 기술의 성장 감소세를 완화시키는 영향을 가져옴으로써 적절한 균형을 이루는 역할을 해 오고 있다.

4.4 분석결과의 활용

본 연구에서는 과거 특정기술이 성장해 오는 과정에서 타 기술들에게 어떠한 영향을 미쳤는지를 토대로 기술간 영향관계를 분석하고자 하였으며 이를 위해 특허등록건수 데이터에 대표적인 기술경쟁 확산모형인 LVC 모형을 적용하였다. 분석 결과로 도출된 특허상호작용네트워크는 첫째, 신성장 동력 관련 산업의 R&D 투자 우선순위를 결정하는데 활용될 수 있을 것이다. 즉, R&D 자원배분 시 다른 조건이 동일하다면 타 산업의 성장을 촉진하는 기술을 우선적으로 개발하는 것이 바람직 할 것이다. 둘째, 본 연구결과는 기술개발 파급효과 분석에 활용할 수 있을 것이다. 기술파급효과 분석에 빈번하게 사용되는 특허인용관계 분석은 매우 유용한 정보를 제공해 줄 수 있음에도 불구하고 기술개발의 긍정적인 효과만을 다루고 있다 점과 정태적인 분석이라는 한계점이 존재한다. 특허상호작용네트워크 작성은 기술개발 파급효과를 보다 거시적으로 분석할 수 있도록 지원할 것이다. 장기적으로 기술개발 시너지 효과를 야기할 기술군을 도출하거나 기술개발이 미칠 부정적 효과를 상쇄하기 위한 추가 R&D 등의 기획하는 데 활용되어 보다 효율적인 정책 수립과 기술개발 전략 수립에 활용될 수 있을 것이다. 마지막으로 연구결과는 3대 분야 17개 신성장 동력의 장기적인 육성 전략을 수립하는데 유용하다. 특허상호작용네트워크를 통해 신성장 동력의 혁신양상을 이해함으로써 보다 효율적인 신성장 동력 육성방안을 도출할 수 있을 것이다.

5. 결론

기술경제 패러다임 하에서, 기술혁신은 경제성장과 사회변화를 가져오는 가장 중요한 원천이 되고 있으며 이러한 기술혁신의 속도와 방향을 결정짓는 가장 중요한 요소 중 하나로 기술간 연관관계가 대두되었다. 특히 기술혁신 과정이 복잡해짐에 따라 많은 기술들이 하나의 시스템 내에서 단기간 내 도래, 발전, 쇠퇴, 융합하는 현상이 가속화되면서 기술간 연관관계를 나타내는 기술 네트워크는 기술혁신의 주요 주제로 간주되고 있다. 또한 기술융합과 기술 컨버전스 현상으로 인해 이는 기술전략 수립의 핵심 이슈가 되고 있다. 국내의 경우 2009년 신재생에너지 글로벌 헬스케어 등 미래 한국을 이끌 3대 분야 17개 신성장 동력을 선정하였으며 신성장 동력의 혁신은 '복잡한 혁신과정'과 '기술융합 및 기술 컨버전스' 현상을 동시에 나타낼 것으로 판단되기에, 본 연구에서는 이들 간 영향관계를 분석해 봄으로써 향후 관련 기술의 R&D에 대한 전략적 의사결정을 지원하고자 하였다. 그리고 그 방법론으로 특허문서와 LVC 모형을 활용하였다.

연구결과에서 살펴보면, 3대 분야 중 고부가 성장산업 전반에서의 성장세와 IT 및 방송통신을 중심으로 하는 첨단융합 산업에서의 성장세가 두드러진다. 특히 성장률이 높은 산업분야의 경우 지식흐름 또한 활발하여 급성장하는 산업분야의 기술지식이 확산되면서 전체 산업을 발전시켜 가고 있음을 나타낸다. 특허상호작용네트워크로부터 3대 산업 내 17개 기술들의 관계를 살펴보면, 녹색기술산업 내 개별 기술들은 다소 독립적으로 진화해 온 반면, 첨단융합산업 내 기술들은 산업 내 기술뿐 아니라 타 산업의 기술들과도 밀접하게 연계되어 이들을 발전을 촉진하는 방향으로 진화해 왔다. 한편, 고부가 서비스산업 분야의 기술들은 주로 첨단융합산업 내 기술들과 관련되어 해당산업의 발전을 저해하는 방향으로 진화해 온 것으로 나타난다. 이는 주어진 예산 내에서 특정 기술에 대한 투자가 타 산업의 기술발전을 저해할 수 있음을 나타내며, 고부가 서비스산업의 경우 기술파급효과가 저해효과를 넘어설 정도로 높지는 않은 것으로 판단된다. 본 연구결과는 2009년 신성장 동력을 대상으로 하는 시의적절한 연구로, 향후 신성장 동력의 효율적인 육성을 위한 참고자료로 활용될 수 있을 것이다.

이러한 잠재적인 활용가능성에도 불구하고 본 연구는 그 방법론 측면에서 몇 가지 한계점을 가지고 있으며 따라서 추후연구가 요구된다. 첫째, 본 연구는 관련기술의 특허등록건수를 통해 기술성장을 분석하고자 했다. 그러나 실제 모든 특허가 혁신적인 기술을 나타내는 것은 아니며, 또한 기술혁신활동은 특허등록이 아닌 특허출원과 보다 밀접하게 연관된다. 따라서 추후연구에서는 특허의 혁신정도를 고려하여 기술성장패턴을 분석하거나 혹은 특허출원건수를 활용한 분석을 고려할 것이다. 또한 최근의 혁신양상을 분석하기 위해서는 보다 최신의 자료를 활용할 필요가 있을 것이다.

둘째, LVC 모형은 2개 기술만이 존재하는 시스템을 가정한다. 즉 분석대상이 되는 두 기술은 상호연관관계를 맺고 있으며 그 성장 과정에서 타 기술의 영향을 받지 않는다는 가정이 필요하다. 그러나 실제로 특정 기술의 발전은 분석대상이 되는 경쟁 기술뿐 아니라 분석시스템 외부에 있는 수많은 기술들과의 복잡한 상호작용을 통해 이루어진다. 물론 본 연구의 결과가 복잡한 기술경쟁 시스템을 분석하기 위한 토대로 활용될 수는 있겠지만 추후 연구에서는 다수 기술의 상관관계를 고려할 수 있는 개선된 LVC 수식을 연구할 필요가 있을 것이다. 혹은 LVC 분석 이전에 연관관계가 있는 기술과 그렇지 않은 기술들은 1차적으로 판단할 수 있는 사전분석 방법론의 개발이 필요할 것이다.

마지막으로 본 연구는 신성장 동력과 관련된 기술들을 정의하기 위해 USPC를 활용하였다. 그러나 대부분의 USPC는 전통적인 기반기술을 나타내는 반면, 신성장 동력으로 표현되는 새로운 기술분야를 제대로 정의해 주지 못하고 있다. 따라서 본 연구는 신성장 동력과 직접적으로 관련된 기술분야를 분석한 것이 아니라 신성장 동력의 기반이 될 수 있는 기술분야를 대상으로 분석을 진행하였다는 점에서 한계가 있다. 추후연구에서는 USPC 매칭이 아니라 주제어 입력을 통해 개별특허를 검색함으로써 신성장 동력과 관련된 기술을 정의할 필요가 있을 것이다.

참고문헌

[1] 김윤배, 김재범, 이희상, "변형된 다세대 Lotka-Volterra 모형을 적용한 IMT-2000 가입자 수요예측", IE Interfaces, 제14권 제1호, pp. 54-58, 2001.

[2] C. Choi, et al., "A Patent-based Cross Impact Analysis for Quantitative Estimation of Technological Impact: The Case of Information and Communication Technology", Technological Forecasting & Social Change, Vol. 74, pp. 1296-1314, 2007.

[3] J. Wang, and W.L. Hwang, "A Fuzzy Set Approach for R&D Portfolio Selection Using a Real Options Valuation Model", Omega, Vol. 35, pp. 247-257,

2007.
[4] R.G. Cooper et al., "Portfolio Management for New Products", Reading, Perseus Books, 1998.
[5] A.J. Lotka, "Elements of Physical Biology", Baltimore: Williams and Wilkins, 1925.
[6] A. Bazykin, "Nonlinear Dynamics of Interacting Populations", in A. Khibnik, and B. Krauskopf (eds) World Scientific Series on Nonlinear Science, A11, Singapore: World Scientific, 1998.
[7] T. Modis, "Technological Forecasting at the Stock Market", Technological Forecasting and Social Change, Vol. 62, pp. 173-202, 1999.
[8] S. Lee et al., "ICT Co-evolution and Korean ICT Strategy: An Analysis based on Patent Data", Telecommunications Policy, Vol. 33, pp. 253-271, 2009a.
[9] S. Lee, et al., "Patent Analysis on the Structure and Patterns of Competition across Information and Communications Technologies: Lotka-Volterra Equation Approach", Asia Pacific Management Review, Vol. 14, No. 2, pp. 175-192., 2009b.
[10] 송성환, 김재범, 홍순기, 김윤배, "무선데이터 정액제 가입자의 국내 수요예측", 한국경영과학회 학술대회 논문집, 5월, pp. 1089-1093, 2005.
[11] 이상훈, 김재범, 이병철, 김윤배, "WCDMA 이동통신 단말기 수요예측에 관한 연구", 한국시뮬레이션학회논문지, 제15권 제4호, pp. 153-160, 2006.
[12] 조병선, 조상섭, "Forecasting of ADSL vs VDSL: by Using Lotka-Volterra Competition (LVC) Model", 기술혁신학회지, 제6권 제2호, pp. 213-227, 2003.
[13] S.C. Bharagava, "Generalized Lotka-Volterra Equations and the Mechanism of Technological Substitution", Technological Forecasting and Social Change, Vol. 35, pp. 319-326, 1989.
[14] S. Lee, and M. Kim, “Inter-technology Networks to Support Innovation Strategy: An Analysis of Korea’s New Growth Engines”, Innovation: Management, Policy & Practice, Vol.12. pp.88-104, 2010.
[15] J. Kim et al., "A Dynamic Competition Analysis on the Korean Mobile Phone Market Using Competitive Diffusion Model", Computers & Industrial Engineering, Vol. 51, No. 1, pp. 174-182, 2006.
[16] P. Leslie, "A Stochastic Model for Studying the Properties of Certain Biological Systems by Numerical Methods", Biometrika, Vol. 45, pp. 16-31, 1958.

김 문 수(Moon-Soo Kim) [정회원]

- 1999년 2월 : 서울대 산업공학과 (공학박사)
- 1999년 3월 ~ 2004년 2월 : ETRI, 기술전략연구본부, 선임연구원
- 2004년 3월 ~ 2006년 2월 : 강릉대 산업시스템공학과 조교수
- 2006년 3월 ~ 현재 : 한국외국어대학교, 산업경영공학과, 교수

<관심분야>
기술경영/정책, 정보통신서비스경영, 네트워크경제

이 성 주(Sungjoo Lee) [정회원]

- 2007년 8월 : 서울대 산업공학과 (공학박사)
- 2007년 9월 ~ 2007년 12월 : 서울대 자동화연구소 선임연구원
- 2008년 1월 ~ 2009년 2월 : 캠브리지대 방문연구원
- 2009년 3월 ~ 현재 : 아주대 산업정보시스템공학부 조교수

<관심분야>
기술기획, 기술로드맵, 특허분석