http://dx.doi.org/10.14383/SIME.2015.23.3.43

네트워크 분석을 이용한 기술 표준화 방법론 연구: 사물인터넷 무선 통신 기술 계층을 중심으로*

김경외** · 정성도*** · 황준석****

<목 차>

Ⅰ. 서론
Ⅱ. 선행 연구
Ⅲ. 연구 데이터 및 방법론
Ⅳ. 실증분석
Ⅴ. 결론

국문초록 : 기술 표준은 기술적 특성과 사양에 대한 일종의 사회적 합의로서 기술의 발달과 함께 모든 산업에 걸쳐 존속되어 왔으며 최근에는 정보통신 기술의 발달과 함께 기술의 상호호환성을 제공하고 시장의 우위를 선점할 수 있는 전략적인 요소로 각광받고 있다. 이에 기술 표준 연구(표준화 연구)는 기술 표준의 채택 과정과 이로 인한 경제적 효과를 분석하여 이론적 및 정책적 함의를 도출하는데 그 의의가 있다. 그러나 기존의 연구에서는 기술 고유의 가치와 상호호환성에 대한 고려가 부족하다는 점에서 기술 중심의 분석 결과를 도출하는데 있어 구조적 한계를 드러낸다.

본 연구는 기술 네트워크 분석을 통해 도출한 기술 차별화 정도와 기업별 기술 선호도 함수를 두 단계 게임 이론 분석 방법에 반영하여 새로운 기술 중심 표준 연구 방법론을 제공하

* 이 논문은 2015년도 한국표준협회의 재원으로 <제3회 표준정책 마일스톤 연구－국가의 미래전략과 표준>의 지원을 받아 수행된 연구임(KSA-2015Milestone-03).
** 서울대학교 기술경영정책대학원 석사과정 (awekim@snu.ac.kr)
*** 서울대학교 기술경영정책대학원 박사 (sungdo81@snu.ac.kr)
**** 서울대학교 기술경영정책대학원 교수, 교신저자 (junhwang@snu.ac.kr)

는 것을 목적으로 하고 있다. 그 실증 사례로 사물인터넷의 무선 팬 기술을 선정하였으며, 본 연구 방법론을 통해 해당 시장의 기술 구조 및 표준 관련 함의를 도출하였다.

주제어 : 기술 표준 모델, 표준화 연구, 기술 네트워크 분석, 게임 이론, 사물인터넷

A Study on Technology Standardization Method Using Network Analysis: Focused on Wireless Communication Technology Layer of Internet of Things

Keungoui Kim · Sungdo Jung · Junseok Hwang

Abstract : Technology standard continues to exist as an social agreement throughout all industry. With development of Information and Communication, it is recently considered as a strategic factor for enhancing interoperability and increasing market dominance. Hence, technology standard research(standardization research) have a significance in analyzing the process of standard adoption and its economic effect and deriving theoretical and policy implications. However, as existing relative researches are lack in consideration on indigenous value of technology and its interoperability, there exists limitation in drawing the result of technology centered analysis.

The goal of this study is to suggest new technology centered standard method by implying function of technology differentiation rate and technology preference that are deduced by technology network analysis into two stage game theory. As an example of empirical case, we selected wireless pan technology of Internet of Things, and derive its technological structure and implications related to standard.

Key Words : Technology standard model, Standardization research, Technology network analysis, Game theory, Internet of things

Ⅰ. 서론

기술 표준은 기술적 특성과 사양에 대한 일종의 사회적 합의로서 기술의 발달과 함께 모든 산업에 걸쳐 존속되어왔다. 과거 표준은 품질에 대한 정보의 비대칭성으로 인해 발생되는 시장 내 저품질 문제를 해결하기 위한 수단으로, 제품의 품질을 인증하는데 그 일차적인 목표가 있었다(박상인, 2008). 하지만 정보통신(IT) 기술의 발전과 함께 기술의 상호호환성 및 네트워크 효과가 중요시됨에 따라 기술 표준은 서로 다른 기술의 상호호환성을 보장하는 요인으로 자리매김하였다(Tassey, 2000). 또한, 최근에는 기술 표준을 장악한 기업이 이러한 네트워크 효과와 더불어 산업의 실질적인 주도권을 잡는 경우가 늘어나면서, 기술 표준은 산업 및 국가 경쟁력을 키우는 전략적 요소로 주목받고 있다. Hemphill(2005)은 기술 표준이 시장 효율 향상, 시장 영역 확장, 국제 무역 활성화, 낮은 시장 진입 장벽 구축을 통한 시장 경쟁 촉진, 신기술 확산, 인증되지 않은 제품으로부터의 소비자 보호, 그리고 제품 간의 상호호환성 등의 경제 효과를 미친다고 보았으며, Lundvall and Borras(2005)는 기술 표준화 활동이 국가적 차원에서의 기술 혁신과 기술 지식 개발, 경제 성장에도 긍정적인 영향을 미친다고 주장하였다. 즉, 기술 표준은 국가적 차원에서는 산업과 경제를 활성화시키고, 기업의 입장에서는 기술 개발 비용을 절감하여 제품의 품질을 높일 수 있다는 점에서 기술 개발 못지않게 중요한 요인이라 할 수 있다.

표준화 연구는 기술 표준 혹은 표준화 과정을 통해 나타나는 일련의 효과를 분석하고 이를 통해 사회적 후생을 최대화하는 정책적 함의를 도출하는 데에 그 의의가 있기 때문에 개별 기술의 가치뿐만 아니라 기술들 간의 관계를 파악하는 것은 매우 중요하다. 그러나, 기존의 연구는 기술표준의 주요 요소 중 하나인 기술의 상호호환성에 대한 분석을 제대로 반영하지 못하고 있으며, 이에 대한 실증 연구 역시 부족한 실정이다. 본 연구는 기술 네트워크 분석을 활용해 기술의 구조적인 특성을 반영한 새로운 기술 표준 연구 방법론을 제안하고, 그 실증 사례로서 사물인터넷 네트워크 기술의 표준 구도를 분석하는 데 그 목적을 두고 있다. 이러한 연구 목적을 달성하기 위하여 제2장에서는 기존의 표준화 연구에 대한 이론적 배경을 설명하고, 제3장에서는 분석에 사용되는 데이터와 제안하고자 하는 연구 방법론을 기술하며 제4장에서는 사물인터넷 네트워크 기술에 대한 실증 분석 결과를 도출해냄으로써 제5장에서는 분석 결과에 따른 결론 및 제언을 기술하고자 한다.

Ⅱ. 선행 연구

기술 표준화는 기술과 관련 제품의 상호호환성, 소비자의 선호와 효용, 기업의 이익, 그리고 국가 정책 간의 이해관계 속에서 합의를 달성해 가는 일련의 과정으로 볼 수 있으며, 기존의 표준 연구는 크게 네트워크 효과 및 기술 표준 형성에 관한 선행 연구와 기술 표준의 실증적 접근에 관한 선행 연구로 구성된다.

1. 네트워크 효과 및 기술 표준 형성에 관한 선행 연구

기술 표준은 기술고유의 성능뿐만 아니라 기술을 보유한 기업과 국가의 이해관계 속에서 채택되기 때문에 기술 표준을 둘러싼 환경적 특성들을 파악하는 것은 매우 중요하다. 특히, 기술 표준이 형성되는 과정과 기술 표준의 네트워크 효과는 서로 밀접한 관계에 있으며, 각각의 경우에 따라 표준화 현상는 다르게 해석될 수 있다. 이에 본 절에서는 시장과 모형의 특성에 따라 나타나는 시장 실패, 창업 문제, 잠김 현상, 과잉지체, 과잉동력 등의 기술 표준 효과를 이론적으로 기술하였다.

먼저, Arthur(1989)는 서로 협력하지 않는 두 주체들이 경쟁하는 시장에서 특정 제품이 더 많이 사용될수록 소비자가 이를 사용할 유인이 더 커지는 '채택의 수익 체증(increasing returns to adoption)'이 나타날 경우, 경제 주체가 지나치게 경로 의존적(path-dependency)이 됨을 지적하였으며, '잠김 현상(Lock-in)'으로 인해 열등한 기술이 표준으로 채택될 수 있다고 보았다. 실제로 QWERTY 타자기는 경쟁 기술에 비해 상대적으로 열등했음에도 불구하고 소비자들 사이에서 표준으로 고정되어 현재까지도 꾸준히 자판기 표준으로서 사용되고 있다.

Farrell and Saloner(1985)의 연구는 망 외부성을 고려한 기술 표준 채택 모형을 통해 불완전 정보의 효과를 설명하였다. 그들은 상대방의 전략과 그에 따른 보상에 대한 정보가 주어진 상황에서는 심지어 상이한 표준을 선호하는 경우에서도 표준 채택이 효율적이었으나, 그렇지 않을 경우에는 열등한 기술이 표준으로 채택되어 시장이 열등한 기술의 잠김 현상에 빠지는 과잉지체(excess inertia)가 나타날 수 있음을 확인하였다. 후속 연구(Farrell and Saloner, 1986)에서는 기존의 비지원적 표준이 새로운 우세한 지원적 표준과 경쟁하는 경우를 가정하였는데, 그들은 새로운 표준을 채택한 사용자들이 기존의 사용자들을 고립시킬 수 있으며 표준이 발표되는 시점이 표준 채택 결과에 영향을 미칠

수 있음을 알아내었다.

Katz and Shapiro(1986)는 기술 표준이 수량 경쟁을 할 경우에도 열등한 지원적 기술 표준이 월등한 비지원적 표준 대신 선정될 수 있으며, 더 나아가 상호호환성 확보가 사회후생을 증가시킨다는 사실을 파악하였다. 후속 연구(Katz and Shapiro, 1994)에서 그들은 지원적 표준 채택 모형 하에 기존의 표준과 새로운 표준이 가격 경쟁을 할 경우 사용자 기반의 크기가 어떤 영향을 미치는지 분석하였으며, 그 결과, 새로운 표준에 대한 사적 유인이 사회적 유인보다 클 경우, 새로운 표준이 빨리 채택되는 과잉동력(excess momentum)의 문제가 발생할 수 있음을 확인하였다. 이처럼 네트워크 효과 및 기술 표준 형성에 관한 선행 연구는 상황적 특성에 따라 기술 표준과 네트워크 외부성의 효과가 달리 나타난다는 사실과 함께 기술의 네트워크 효과가 기술 표준 분석의 중요한 요인임을 시사한다.

2. 기술 표준의 실증적 접근에 관한 선행 연구

기술 표준의 실증적 접근에 관한 선행 연구는 기술 표준의 네트워크 효과를 실 사례나 자료로 분석하여 실제로 적용 가능한 결과를 도출하는데 그 의의가 있으며, 이는 크게 수요와 공급의 관점으로 나누어 생각해볼 수 있다(Shin et al, 2015). 먼저, 수요 측면 연구는 표준이 선정되고 기술이 사용자들을 통해 확산되어가는 현상을 분석하고 이에 따른 효과를 설명한다. Shankar and Bayus(2003)는 네트워크 효과를 기술 중심으로 구성된 네트워크의 사이즈(사용자 기반의 크기)와 강도(네트워크 사이즈의 증가에 따른 추가 수요)의 함수로 측정하여 당시 비호환 표준으로 서로 경쟁하던 닌텐도와 세가의 네트워크 효과를 분석하였고, 그 결과 상대적으로 네트워크 사이즈가 작은 기업이라 할지라도 네트워크의 강도가 클 경우 시장을 선점할 수 있었음을 확인하였다. Ohashi(2003)는 VHS/Beta 표준 경쟁 사례 비교 연구에서 각 표준의 사용자 기반이 소비자의 수요 관계에 미치는 영향을 간접적인 네트워크 효과로 보았는데, 이렇게 추정한 값으로 기술 표준의 이익을 계산하여 기업이 가격 전략을 다르게 취했을 경우에 나타나는 현상을 설명하였다. 뿐만 아니라 윈도우즈라는 사용자 기반을 통해 웹브라우저 표준화 경쟁에서 후발주자였던 익스플로러가 넷스케이프(Netscape)를 제치고 점유율을 확보한 사례는 기술 확산과 수요에 있어 네트워크 효과의 중요성을 시사한다(공영일, 2010).

공급 측면 연구는 기술 표준이 기업이나 국가로부터 채택되는 과정을 다룸으로써 표

준 정책이 국가 경제 성장에 미치는 영향과 이에 따른 표준 기반 경쟁을 설명하고 있으며, 관련 연구로는 기술 표준의 헤도닉 가격 함수를 이용한 연구와 기술의 정보비용을 고려한 연구가 있다. Gandal(1994)은 컴퓨터 스프레드시트(spreadsheet) 프로그램의 환경적 요인들로 헤도닉 가격 함수를 추정하고 소비자들이 기술 간 상호호환이 되는 기술에 지불 의사가 더 크다는 사실을 통해 시장의 네트워크 외부성을 설명하였다. Hartman and Teece(1990)는 헤도닉 가격 함수로 제품의 디자인과 가격을 분석하고 시장 점유 모델을 사용해 기업의 명성, 사용자 기반의 이점, 가격 성능 특징이 미치는 수요 효과를 평가하였다. 국내 사례의 경우, 우리나라 최초의 상용화된 국산 기술 방식인 CDMA의 높은 단말기 가격과 기술 로열티는 기술 공급과 시장 대응에 부정적인 효과를 초래하는 것으로 나타났다(성지은, 2004).

기술의 정보비용을 고려한 Weitzel(2004)의 연구는 기술 표준이 기업 간의 거래 과정을 단순화하고 정보 교류를 활성화시킴으로써, 기업의 정보 가치와 경제적인 이익을 높일 수 있다는 이론적 배경을 기반으로 하고 있다. 그는 전자문서교환(Electric Data Interchange, EDI) 시장에 속한 기업의 담당자들로부터 받은 설문조사 결과로 각 기업의 정보비용 함수를 구하고, 이를 토대로 표준의 게임 구성 방식과 더불어 표준화 격차(standardization gap)를 줄이기 위한 유인을 분석하였다(Weitzel, 2004).

3. 기존 연구의 한계

기존의 연구에서는 기술 표준 분석에 있어 몇 가지 구조적 한계점들이 존재한다. 먼저, 일반적으로 기업들이 자사의 지출을 대중에 공개하지 않기 때문에 데이터 확보에 어려움이 있다. 물론, 앞서 살펴본 Weitzel(2004)의 연구처럼 설문 조사를 통해 데이터를 구하는 방법도 있으나, 이 경우 분석의 대상이 한정적일 수밖에 없으며, 자체 설문 결과 역시 편향적일 수 있다. 뿐만 아니라 기술 표준에 있어 상호호환성이 중요시됨에도 불구하고, 기술 고유의 구조적 정보를 다루는데 한계가 있다. 기존의 연구에서 사용하고 있는 기술 표준의 사용자 기반 크기나 기술의 헤도닉 함수, 혹은 정보비용 함수는 개별 기술의 네트워크 효과를 파악할 수는 있지만, 기술 시장 내 각 기술의 포지션과 그들 간의 관계를 통해 나타나는 특성들을 반영하지는 못하기 때문에 기술 고유의 가치와 잠재력을 왜곡시킬 수 있다. 특히, 최근에는 단일 기술보다 복수 기술로의 융합이 더욱 활발히 이루어지고 있어, 기술 간의 관계적 특성은 매우 중요한 분석적 요인이라 볼 수 있다.

이에 본 연구는 기술과 시장적 특성을 내포하고 있는 특허 정보로 기술 네트워크 분석을 수행한 결과를 기존의 표준 연구에서 사용하고 있는 게임이론 접근 방법에 반영한 새로운 기술 표준 연구 방법론을 제안하고자 한다.

Ⅲ. 연구 데이터 및 방법론

1. 연구 데이터

특허 자료는 한국과학기술정보연구원(KISTI)가 제공하는 특허정보DB NDSL을 통해 확보한 미국, 한국, 유럽, PCT(Patent Cooperation Treaty) 특허의 IPC(International Patent Code), 국가, 출원인, 출원날짜 정보를 기본 분석 자료로 사용한다. PCT 특허 출원 자료는 조약에 가입한 회원국가에서 동일하게 적용할 수 있는 보다 더 광범위한 특허 권리를 제공하기 때문에 상대적으로 중요도가 높다고 판단되는 기술 풀(Technology Pool)을 다루는데 적합하다고 판단하였다. 또한 특허를 통한 지적재산권의 주장에 초점을 둔 것이 아니라 시장 참여자의 기술적 경쟁력과 기술채택의 형태를 분석하는 것이 목적이므로 등록 특허가 아닌 출원 특허를 분석 대상으로 한다. 그리고 동일한 특허가 복수 국가 출원된 경우 하나의 특허로 인정하여 분석에 적용한다.

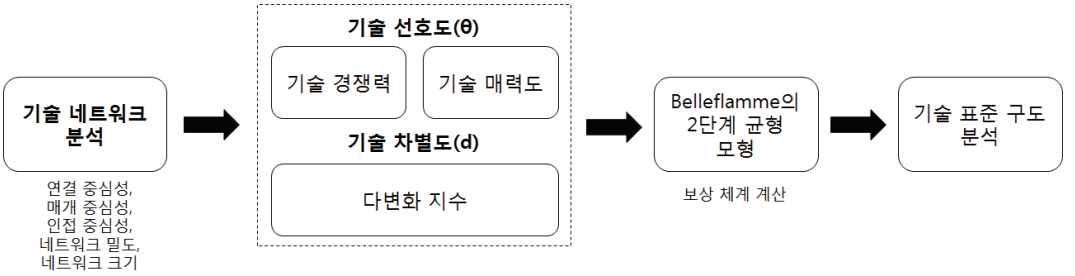
<표 1> 분석에 적용한 출원 특허 수

	PCT	미국특허	유럽특허	국내특허	합계
블루투스	1,248	3,280	811	1,363	6,702
저전력 블루투스	41	88	24	12	165
지그비	100	194	36	532	862

2. 연구 방법론

기존의 게임이론을 이용한 표준 연구의 한계점 중 하나는 모형 설정 시 사용되는 변수들이 기술 자체보다는 시장 구조에 대한 부분이 더 큰 비중을 차지했다는 것이며, 기술 표준의 기술적 특성을 반영하는 실증 데이터의 부족은 기존의 연구가 실증 분석 보다

는 컴퓨터 시뮬레이션 분석에 의존하는 상황을 초래하였다. 이에 본 연구는 특허 자료를 이용한 기술 네트워크 분석으로 도출한 기술 표준의 차별성과 선호도를 융합한 게임 이론 연구 모형을 제시하고자 한다(그림 1).



<그림 1> 연구 흐름도

2.1 게임 이론 분석

기술 표준을 둘러싼 경제 주체 간의 이해관계를 고려하기 위한 방법으로는 게임이론 접근법이 사용된다. 본 연구에서는 컴퓨터 언어, 운영체제 등과 같은 커뮤니케이션 및 네트워크 기술을 고려한 Belleflamme(1998)의 단계 균형 모델(Second-stage Equilibrium model)을 기본적인 분석 프레임으로 사용한다. 첫 번째 단계에서 n개의 기업들은 2개의 네트워크 기술 중 하나를 채택하고, 각 연합은 상호호환성을 이용해 기술 비용을 절감한다. 그런 다음 두 번째 단계에서 앞서 1단계로부터 도출한 비용 함수와 함께 계산한 각 기술 채택에 따른 기업의 보상 함수를 이용하여 게임의 균형을 도출한다. n=2인 복점 시장을 가정할 경우, 게임이론의 기본적인 세팅은 같은 경쟁 시장 내의 두 기술인 X와 Y의 보상체계(표 2)로 구성되며, 기술의 차별화 정도(d)와 기업별 기술의 선호도(Θ)에 따라 보상은 달라진다.

<표 2> n=2일 경우 쿠르노 경쟁

	X	Y
X	$4-2d-4\theta_1+2d\theta_2,\ 4-2d-2d\theta_1-4d\theta_2$	$2-2\theta_1-d\theta_2,\ d\theta_1+2\theta_2-d$
Y	$2\theta_1+d\theta_2-d,\ 2-d\theta_1-2\theta_2$	$4\theta_1-2d\theta_2,\ 4\theta_2-2d\theta_1$

본 연구에서는 Belleflamme의 모델에서 사용하고 있는 전반적인 게임이론 분석 프레임과 개별 기업의 이질적 선호를 가정하고 있으며, 기존 모형과의 차별점은 보상 함수에 기술의 네트워크 효과를 반영하는 기술의 차별화 정도와 선호도를 대입해 보다 실증적인 분석이 가능하다는데 있다.

2.2 기술 네트워크 분석

소셜 네트워크 분석은 개인, 조직, 기술, 지역 등 다양한 형태의 분석 대상에 대해 분석의 목적에 맞도록 상호간의 관련성을 정의하며 개별 혹은 전체 구성원들의 특성을 분석할 수 있어 최근 많은 연구에 응용되는 연구방법이다. 그 중 기술 간 관계를 정의해 분석하는 기술 네트워크 분석은 기존의 방법론들이 놓치기 쉬운 기술의 특성을 개별 기술들의 특성, 특정 세부그룹들 및 전체 그룹의 특성으로 구분하여 확인하는데 사용된다.

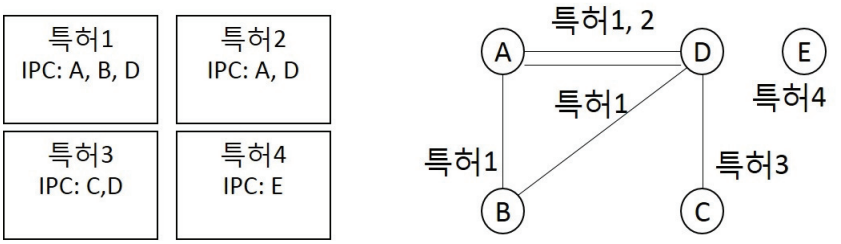
기존의 연구에서 기술 네트워크 분석은 지식의 흐름 및 구조나 국가 및 기업의 기술 경쟁력을 파악하기 위한 수단으로 사용되어왔다. 먼저, 기술지식 흐름과 구조 분석 연구에서는 특허 인용 자료로 네트워크 분석을 수행하여 국가별 산업간 기술지식 흐름 구조와 그 특성을 보였다(윤병운 외, 2005). 기술-산업간 연계구조 분석 연구에서는 IPC 코드를 각각의 산업과 기술군으로 분류하고, 이들 간의 네트워크를 분석하여 기술 구조와 각 산업별 융합도와 활용도를 측정해내었다(조성도 외, 2013).

이처럼 기술 네트워크 분석은 기존의 연구에서 기술의 구조와 특성을 파악하는데 주로 많이 사용되고 있는 방법론으로서 기술 고유의 가치를 분석하는 데 있어 적합하다. 이에 본 연구는 기술키워드와 특허 기술 분류를 통해 네트워크 분석을 수행한 기존 연구와 같이 기술을 노드로 하는 기술네트워크 분석을 수행하고자 한다.

1) 네트워크 구성

기본적으로 네트워크 분석은 네트워크를 구성하는 각 노드들과 이를 연결하는 엣지의 정보로부터 시작되며, 본 연구는 특허간의 기술적 유사성 및 기술 구조를 분석하기 위해 IPC 단위의 네트워크 분석을 수행하였다. IPC는 등록된 특허의 기술적 집합을 구성하고 (Strunstky et al., 2012), 기술 영역의 중첩 없이 대부분의 기술 영역을 표현하기 때문에 기업 혹은 산업의 전반적인 기술적 특성을 분석하는데 유용할 뿐만 아니라(Choi et al., 2007; Joo and Kim, 2009), 각 나라의 특허 출원 시 공통으로 기입하게 되어 있어 여러 국가를 아우르는 기술비교 분석이 가능하다. 아래의 그림 2와 같은 기술 네트워크의 경

우 IPC A와 D로 분류된 특허가 두 개 있을 경우 노드 IPC A와 IPC D는 가중치가 2인 링크를 가지게 된다.



<그림 2> 기술 동시 출현 네트워크

2) 네트워크 분석

개별 기업의 기술 선호도(θ)

Amatulli et al.(2011)는 산업의 매력도와 대상 기업의 시장경쟁력을 이용해 비즈니스 포트폴리오 분석을 수행하여 특정 사업에 대한 전략을 수립하였다. 본 연구도 이 관점에 착안하여 기업의 표준 기술의 선택에 있어 해당 기술전체의 매력도와 기업이 보유한 해당 기술경쟁력을 활용하여 개별 기업의 기술에 대한 선호도를 산출한다.

개별 기업의 기술 선호도(식 ④)는 기업이 보유한 기술의 경쟁력(식 ⑤)에 시장의 크기, 밀집성과 같은 기술의 매력도(식 ⑥)를 가중한 형태의 함수로 구성한다. 식 ⑥에서 네트워크 밀집도와 크기는 각 기술군의 최대값으로 나눈 표준화 값을 사용하고, 응용 가능한 기반 기술이 많은 정도와 향후 기술의 활용 범위 정도를 구분한 결과를 반영하기 위해 기술 매력도를 네트워크 밀집도와 크기의 곱 형태가 아닌 선형결합의 형태로 구성한다. 만약 이를 곱의 형태로 표현할 경우 이는 기술네트워크의 링크 수를 의미하여 정보가 손실되는 문제를 야기한다. 예를 들어, 곱의 형태로 식을 구성할 경우 해당 네트워크의 링크 수가 크다면 그 이유가 기술요소들이 잘 융합되는 효과 때문인지 혹은 네트워크 사이즈에 의한 효과인지를 확인할 수 없다. 두 요소를 선형결합으로 표현한 본 모델 역시 요소들 간의 가중치에 대한 연구가 추가적으로 필요하다. 본 모델에서는 네트워크 밀집도와 크기의 각기 다른 단위를 고려하고 표준 채택의 의사결정이 기술간 상대적 비교라는 설정에 착안하여 각 대상 표준기술의 상대적 네트워크 밀집도와 크기를 사용한다.

$$\theta_i = \frac{\theta_{i,X}}{\theta_{i,Y} + \theta_{i,X}} \quad \cdots ③$$

$$\theta_{i,X} = TC_{i,X} * TA_X \quad \cdots ④$$

$$TC_{i,X} = \sum_{j \in IPC_{i,X}} SIPC_{i,X,j} * (W_{X,j,D} + W_{X,j,B} + W_{X,j,C}) \quad \cdots ⑤$$

$$TA_X = D_X + N_X \quad \cdots ⑥$$

(θ_i: 기업 i의 상대적인 기술 선호도, $\theta_{i,X}$: 기술 X에 대한 기업 i의 기술 선호도, $TC_{i,X}$: 기업 i가 보유한 기술 X의 기술 경쟁력, $W_{X,i,D}$, $W_{X,i,B}$, $W_{X,i,C}$: 기술 X의 IPC 동시네트워크에서 IPC j의 연결중심성, 매개중심성, 인접중심성, $SIPC_{i,j}$: 기술 X와 관련한 IPC j 중 기업 i가 차지하는 비중, TA_X: 기술 X의 기술 매력도, D_X : 기술 X의 상대적 네트워크 밀도, N_X : 기술 X의 상대적 네트워크 크기)

개별 기업의 기술 경쟁력은 해당 기업이 보유하고 있는 IPC의 점유율을 합산한 값에 각 IPC의 중요 정도를 반영한 기술의 정규화된 연결 중심성(식 ⑦), 매개 중심성(식 ⑧), 인접 중심성(식 ⑨)의 합을 곱한 함수로 측정한다. 이는 기업이 중요한 기술요소를 얼마나 많이 보유하고 있는지를 측정한 것이다.

연결정도 중심성은 각 노드를 중심으로 하는 주변 노드와의 연결 집중의 정도, 매개도 중심성은 특정 노드가 타 노드간의 지식 흐름에 기여하는 정도, 근접 중심성은 다른 노드 간의 거리상 근접 정도(김원준 외, 2012)와 같은 네트워크상에서 각 기술의 포지션과 기술적 중요도를 나타낸다.

$$C_D(v) = \deg(v) \quad \cdots ⑦$$

$$C_B(v) = \sum_{s \neq v \neq t \in V} \frac{\sigma_{st}(v)}{\sigma_{st}} \quad \cdots ⑧$$

$$C_C(v) = [\sum_{s \neq v \neq t \in V} d_{st}]^{-1} / (N-1) \quad \cdots ⑨$$

($C_D(v)$: 노드 v의 연결 중심성, $C_B(v)$: 노드 v의 매개 중심성, $C_C(v)$: 노드 v의 인접 중심성, $\sigma_{st}(v)$: 노드 s, t의 최단거리 수, σ_{st}: 노드 s, t의 최단거리 중 노드 v를 지나는 수, d_{st}:노드 s, t의 최단거리, N: 노드의 수)

개별 기술의 기술 매력도는 해당 기술의 네트워크 밀도(Network density)와 네트워크 크기(Network size)로 구성한다. 네트워크 밀도는 네트워크에 포함된 기술 노드 사이의 전반적인 연결성 정도를 확인하기 위해 사용되는 지표로서, 네트워크의 밀도가 큰 기술일수록 응용 가능한 기반 기술이 많아 혁신적인 활동을 할 유인이 크다고 볼 수 있다. 네트워크 밀도를 측정하기 위해서는 노드 간 연결 유무로 이루어진 이진 네트워크(binary network)를 이용하며, 아래와 같이 노드 상에서 가능한 연결 수 대비 실제 연결 수의 비율로 표현된다. 마지막으로 네트워크 크기는 네트워크를 구성한 IPC 수의 합으로 대리되며, 해당 값이 클수록 기술의 활용 범위가 크다고 볼 수 있다.

네트워크의 밀집도(network density)= $d = \frac{L}{N(N-1)}$ …⑨

(N: 노드의 수, L: 링크의 수)

개별 기술의 차별화 정도(d)

동일한 기술을 사용한다 할지라도 해당 기술군 내의 제품 간에는 차별화 정도가 존재하며(Belleflamme, 1998), 이는 특정 기술이 얼마나 많은 기술적 레이어에 걸쳐 사용되고 있는지에 따라 좌우된다. 기존의 전기전자기술 관련 IPC의 분류는 이러한 기술적 레이어 구분이 가능한 형태로 구성되어 있으므로, 본 연구에서는 IPC를 이용한 다변화 지수를 통해 표준화 대상인 개별 기술군의 차별화 정도를 측정한다. 다변화 지수에는 주로 Shannon index를 많이 이용되나 그 범위가 [0,1]이 아니기 때문에 본 연구의 모델링에서는 Gini - Simpson index를 이용하였다(Jost, 2006).

Ⅳ. 실증 분석

본 연구에서 제안하고자 하는 표준 연구 방법론은 기술이 주는 가치와 그 관계가 제공하는 경제적 효과에 초점을 맞추고 있어 기술의 상호호환성과 간접적인 네트워크 효과가 강조되는 기술 시장의 표준을 연구하는데 적합하다. 이에 본 연구는 앞장에서 제안한 방법론의 실증 분석 대상으로 사물인터넷 기술 표준의 주요 쟁점 중 하나인 무선 팬 기술(Wireless Personal Area Network, WPAN)을 선정하였다.

1. 선정 배경

사물인터넷은 모든 물리적 객체들이 연결되는 새로운 네트워크 개념으로 그 적용 범위가 넓고 잠재된 경제적 가치 또한 매우 큰 분야로 주목받고 있다. 특히 모든 기기들의 연결을 가능하게 하는 기술의 상호호환성은 사물인터넷의 핵심 가치이자 네트워크와 미들웨어 기술 계층에서 극복해야 할 구조적 한계로서, 사물인터넷의 핵심 기술과 표준화 연구는 이들 기술 계층의 기술들을 중심으로 진행되고 있다(Borgja, 2014).

사물인터넷의 네트워크 기술 중 하나인 무선 팬은 소형 기기의 통신과 배터리 수명 향상을 위해 저전력과 저대역폭을 사용하면서 다수의 기기들과의 연결 서비스를 제공하는 이동성과 연결성의 측면에서 뛰어난 기술이며, 사용 목적에 따라 블루투스(IEEE 802.15.1), UWB(IEEE 802.15.3), 지그비(IEEE 802.15.4) 등의 기술 규격이 사용되고 있다. 그러나, 최근에는 각 기술들이 성능적인 측면에서 발전을 거듭하고 새로운 유사 통신 기술들이 등장하게 되면서, 여러 기술들이 시장 내에서 경쟁하는 모양새를 띄기 시작하였으며, 본 연구에서는 무선 팬 기술의 표준 분석을 통해 이러한 기술 표준의 경쟁 구도를 파악하고 실증적인 분석 결과를 도출해내고자 한다.

2. 분석을 위한 특허 자료 구성

먼저, 특정 국가 내에서 나타나는 경쟁 구도가 아닌 국제적인 차원에서의 경쟁 구도를 보기 위해 무선 팬 기술 키워드로 만든 PCT 특허 자료를 사용하였으며, 사용한 자료의 기간은 출원일 기준으로 1999년 8월 10일부터 2015년 5월 6일까지였다. 무선 팬 기술군에 속한 블루투스, 지그비, Z-웨이브, UWB의 기술 키워드를 NDSL에서 검색한 다음 각각의 검색 결과들 중 관련성이 없거나 중복되는 기술들을 분류한 특허 자료를 구성하였다(표 3).

<표 3> 기술 검색 키워드

기술명	기술 키워드
저전력 블루투스	(bluetooth Low Energy) or (BLE) or (Bluetooth 4.0) or (저전력 블루투스) or (블루투스 4.0)
지그비	(zigbee) or (zig bee) or (지그비) or (직비)
Z-웨이브	(Z-wave) or (Z-웨이브) or (지웨이브) or (지-웨이브)
UWB	(UWB) or (Ultra Wire Band) or (초광대역통신) or (초광대역 통신)

각 기술별 특허 데이터가 제공하는 기술의 정규화된 개별 IPC 수 정보는 각 기술 간의 거리를 나타내는 기술 유사도 정보를 제공하기 때문에 이는 비교대상인 두 사물인터넷 관련 네트워크 기술이 포함하고 있는 정규화된 개별 IPC 수를 벡터로 하는 제곱 유클리디안 거리(squared Euclidean Distance)로 계산 가능하다(Jeong and Kwon, 2013). 그 결과, IEEE 802.15 WG에서 지원하는 기술들인 UWB-지그비, 지그비-저전력 블루투스가 가장 기술적으로 유사한 것으로 나타났으며(표 4), 이는 특히 저전력 블루투스와 지그비가 경쟁 관계 혹은 유사 관계에 있다는 기존의 문헌과 시장 정보를 반증한다(Ekstrom et al, 2012; Chunhong, 2014). 따라서 본 연구에서는 저전력 블루투스와 지그비 기술을 대립 관계에 있는 대표 기술로 선정하고, 미국, 유럽, 한국, PCT 특허들을 종합한 기술 풀을 구성하였다.

<표 4> 사물인터넷 주요 기술 간 거리

	지그비	Z-웨이브	UWB
Z-웨이브	0.374		
UWB	0.217	0.400	
저전력 블루투스	0.314	0.493	0.394

3. 네트워크 분석

저전력 블루투스는 지그비와 서로 중복되는 기술 특성을 공유하고 있으나 이는 블루투스로부터 파생되어 나온 기술이기 때문에, 잠재적으로 블루투스의 기술적 배경과 적용 분야를 보유하고 있다고 볼 수 있다. 이에 본 연구에서는 무선 팬 기술의 대표 표준을 잠재적인 경쟁 관계를 반영한 블루투스-지그비의 관계와 유사 경쟁 관계에 있는 저전력 블루투스-지그비의 관계로 구분한다.

<표 5> 무선 팬 기술의 네트워크 분석 결과

기 술	네트워크 크기	네트워크 밀도
블루투스	511	0.01118
저전력 블루투스	72	0.04832
지그비	188	0.01738

각 기술의 매력도는 기술별 네트워크 크기와 밀도로 구성되었으며(표 5), 분석 결과는 각각의 경우는 기술 차별화 정도(d)와 기술 선호도(θ)에 따라 다른 경쟁 양상을 보였다. 먼저 표 6과 표 7에서는 각각의 경우에서 나타난 기업들의 기술별 경쟁력과 절대적 선호도 정보와 이 정보들을 통해 도출한 두 기술 간의 상대적인 기술 선호도를 기술하였으며, 이는 이후에 다루게 될 게임이론 분석의 보상체계 변수로 사용된다. 그림 3과 그림4에서는 기술 경쟁 구도를 파악하기 위해 개별 기업의 기술별 기술 선호도를 각각의 절대적인 선호도 값을 축으로 하는 그래프로 표시하였다.

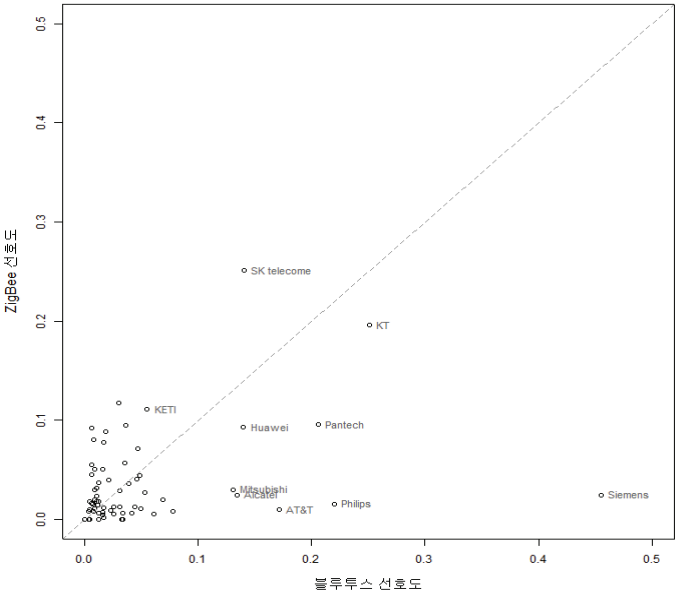
그 결과, 블루투스-지그비 간의 관계에서 나타나는 기업들의 기술 경쟁력과 기술 선호도에서는 대기업을 제외한 대다수의 소수 기업들의 기술에 대한 선호체계가 잡히지 않았음을 확인할 수 있었다. 반면, 동일한 경쟁 체계를 고려한 저전력 블루투스-지그비 간의 관계에서는 기업들의 저전력 블루투스에 대한 전반적인 선호도가 지그비보다 상대적으로 높음을 알 수 있었다.

<표 6> 블루투스(BT) 대비 지그비(Zigbee)의 기술 경쟁력 및 기술 선호도

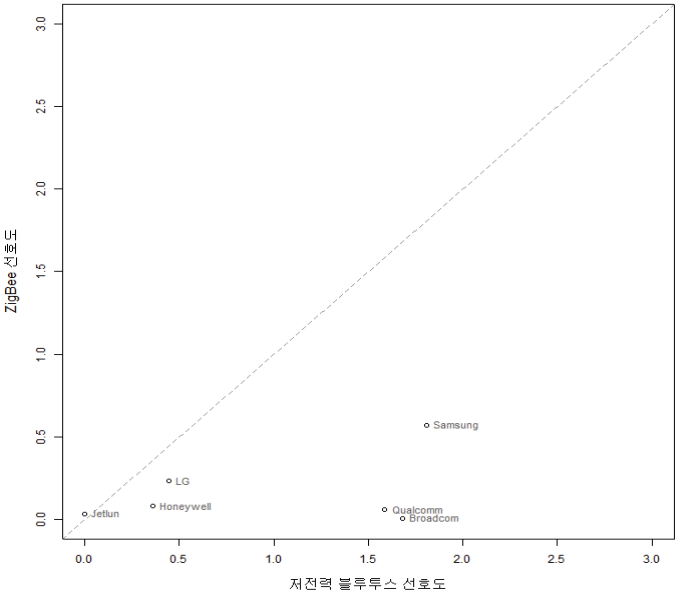
기업	블루투스 기술경쟁력	블루투스 기술선호도	지그비 기술경쟁력	지그비 기술선호도	지그비-블루투스 선호도
SK Telecom	0.114	0.141	0.345	0.251	0.359
KT	0.204	0.251	0.269	0.196	0.561
Siemens	0.369	0.455	0.034	0.025	0.949
Philips	0.179	0.220	0.021	0.016	0.934
Huawei	0.114	0.140	0.128	0.093	0.601

<표 7> 저전력 블루투스 대비 지그비의 기술 경쟁력 및 기술 선호도

기업	저전력 블루투스 기술경쟁력	저전력 블루투스 기술선호도	지그비 기술경쟁력	지그비 기술선호도	지그비-저전력 블루투스 선호도
Broadcom	1.472	1.680	0.009	0.006	0.996
Honeywell	0.314	0.358	0.111	0.081	0.816
LG	0.388	0.443	0.317	0.230	0.658
Qualcomm	1.391	1.587	0.078	0.057	0.965
Samsung	1.585	1.808	0.784	0.570	0.760



<그림 3> 블루투스 대비 지그비 선호도



<그림 4> 저전력 블루투스 대비 지그비 선호도

기술의 차별화 정도를 계산한 결과, 블루투스-지그비 경우에는 0.954, 저전력 블루투스-지그비 경우에는 0.964의 차별화 정도를 보였다. 이 경우, 블루투스-지그비와 저전력

블루투스-지그비 간의 간 차이가 크지는 않았으나, 각각의 기술의 차별화 정도가 매우 높은 것으로 나타났다.

4. 게임이론 분석

본 단계에서는 앞서 도출한 기업의 기술 선호도와 기술의 차별화 정도로 기술 표준의 보상 함수와 이에 따른 각 블루투스-지그비, 저전력 블루투스-지그비의 균형을 구하고, 기업의 기술 선호도가 일치하는 경우와 불일치하는 두 경우의 결과를 비교하여 기술 균형에 대한 함의를 도출한다.

먼저 블루투스-지그비의 관계를 분석한 결과, 각 진영별로 클러스터가 형성됨을 확인할 수 있었으며, 이에 각각의 선호도를 기반으로 두 집단과 대표성을 갖는 기업을 선택하였다. 먼저, 블루투스 진영은 블루투스 대비 지그비 선호도가 0.5 이하인 KT, Huawei, Pantech, Mitshubish, Alcatel 등과 같은 기업들로 구성되었으며, 반대로 지그비 진영은 위 선호도가 0.5 이상인 SK Telecom, Kyocera, Honeywell International 등의 기업들로 구성되었다. 각 진영에서 선호도가 가장 작은 기업과 높은 기업의 값으로 최소 선호도와 최대 선호도에 따른 게임의 보상체계로 게임의 균형을 도출한 결과, 모두 블루투스와 지그비에 대한 개별 선호에서 균형이 형성되며, 최소 선호도의 경우 블루투스에서 지그비로 이동하는 보상의 유인이 지그비에서 블루투스로 가는 유인보다 상대적으로 작음을 확인할 수 있었다(표 8).

<표 8> 블루투스-지그비 보상 체계

각 진영의 최소 선호도 비교(θ=0.4386, 0.6411, d=0.954)		
	블루투스	지그비
블루투스	1.561, 0.483	**0.704, 0.747**
지그비	0.535, 0.299	0.531, 1.727
각 진영의 최대 선호도 비교(θ=0.0090, 0.9157, d=0.954)		
	블루투스	지그비
블루투스	3.803, -1.385	**1.973, 0.886**
지그비	-0.062, 0.160	-1.711, 3.646

저전력 블루투스-지그비의 관계의 경우, 앞서 언급한대로 저전력 블루투스가 지그비에 비해 상대적으로 우월하게 나타났다. 따라서, 본 게임에서는 저전력 블루투스 진영과

지그비 진영을 클러스터링 하지 않고 전체 시장의 주요 사업자인 삼성전자와 LG전자의 개별 선호도를 반영한 보상 체계를 구성하였으며(표 9), 분석 결과, 저전력 블루투스에서 균형이 형성됨을 확인할 수 있었다.

<표 9> 저전력 블루투스-지그비 보상 체계

(θ=0.2398, 0.3424, d=0.964)		
	저전력 블루투스	지그비
저전력 블루투스	**1.773, 1.214**	1.292, -0.048
지그비	-0.154, 1.086	0.299, 0.907

Ⅴ. 결론

과거 기술 표준은 품질에 대한 정보의 비대칭성으로 인해 발생되는 시장 내 저품질 문제를 해결하기 위한 수단으로 사용되었으나, 기술의 네트워크 효과가 점점 중요시됨에 따라 기술 표준은 서로 다른 기술의 상호호환성을 보장하면서 시장을 선점하기 위한 주요한 전략적 요인으로 자리매김하였다. 그러나 기술 표준에 있어 기술 고유의 상호호환성과 그 기술적 가치가 중요함에도 불구하고 기존의 연구 방법에서는 기술적인 측면보다는 시장적인 측면을 더 많이 고려하고 있다는 점에서 한계가 존재하였다.

이에 본 연구는 기술 네트워크 분석을 게임 이론에 반영하여 기술의 특성과 기술 간 구조가 파악 가능한 기술 가치 중심적인 표준 연구 방법론을 제안하였다. 연구의 기본 모형으로는 정보 통신 산업과 같은 기술 시장을 가정한 Belleflamme의 2단계 균형 모형을 선정하였으며, 그 중 개별 기업의 기술 선호도(θ)와 기술 차별도(d)에 특허 정보를 이용한 기술 네트워크 분석 결과를 반영하여 보다 기술 가치 중심적인 실증 분석 프레임워크를 수립하였다. 개별 기업의 기술 선호도는 기업이 보유한 특허 기술의 경쟁력과 기술의 매력도를 합산한 함수, 기술의 차별화 정도는 특허 내 IPC로 분류된 기술 레이어의 정보로 구성하였다.

본 연구의 공헌은 다음과 같이 정리할 수 있다. 먼저, 본 연구는 기술 표준의 실증적인 경쟁 구도를 파악할 수 있는 구조적인 정보를 제공한다. 표준 분석을 수행하는데 있어 각 기술 간의 경쟁 관계 혹은 협력 관계를 파악하는 것은 매우 중요하다. 기술 네트워크

분석은 동일 영역에 있는 표준화 대상 기술과 관련 기술들 간의 관계를 통해 기술 표준 내 경쟁 구도에 대한 정보를 제공할 수 있으며, 이러한 접근 방법은 기술 표준의 경쟁 구도가 명확하지 않거나 실제 경쟁하고 있는 표준들에 대한 실증 분석이 필요할 경우에 유용하게 사용될 수 있다. 이에 대한 실증 연구로서 사물인터넷의 무선 팬 기술에 대한 분석을 실시한 결과, 기술적 유클리디안 거리가 가깝게 나온 블루투스와 지그비가 서로 유사 관계에 있음을 확인할 수 있었다.

또한, 본 연구는 표준 활동에 참여하는 개별 기업들의 기술 선호도 분포와 동일한 표준 기술을 추구하는 기업들의 클러스터 정보, 그리고 해당 클러스터의 표준에 대한 기술적 선호도 범위 및 그 범위에 따른 기술표준 균형에 대한 분석 결과를 제공한다. 본 연구에서는 기술 표준 경쟁과 관련된 기술 범위를 달리하여 잠재 경쟁 관계에 있는 블루투스-지그비와 유사 경쟁 관계에 있는 저전력 블루투스-지그비의 두 가지 사례를 기술별 기업 클러스터의 선호도 분포로 분석하였다. 분석 결과, 블루투스-지그비에서는 각 기술별 기업 클러스터의 선호도 차이에 의해 두 기술이 공존하는 표준이 형성되었으며, 저전력 블루투스-지그비에서는 저전력 블루투스가 상대적으로 우월하게 나타나 해당 기술에서 기술 표준으로 균형이 이루어졌다. 이러한 연구 방법론은 특허라는 수집 가능한 데이터를 이용해 기술 표준의 방향을 실증하는 프레임워크를 제공하고, 시장에서의 기술적 정보를 최대한 사용하여 표준화 균형을 예측해 보았다는데 큰 연구적 가치를 갖는다.

마지막으로, 본 연구에서 도출해낸 기술 표준 분석 결과는 보다 실증적인 정책적 제언을 제공한다. 본 연구에서는 특허 데이터를 이용하기 때문에 시뮬레이션이나 설문 조사 결과를 이용한 기존의 연구에 비해 상대적으로 데이터 확보와 실증적인 분석에 있어 이점이 있다. 무선 팬 기술 표준 분석에서 보았듯이, 본 방법론은 기술의 차별화 정도와 개별 기업의 기술 선호도, 그리고 잠재 시장의 크기와 현 시장의 크기를 통해 기술 표준의 균형을 도출하였다. 이를 통해 표준화 격차나 기술 표준의 불균형 상태와 같은 문제가 발생할 경우, 각 변수들을 조절하여 해당 문제를 해결하기 위해 반영되어야 할 정책적 주안점에 대한 근거를 제공할 수 있다.

기술 표준의 상호호환성이 그 어느 때보다 강조되는 현 시점에서 기술이 주는 개별 가치와 네트워크적 가치는 기술 표준을 평가하는 핵심적인 요소라 할 수 있다. 본 연구 방법론은 네트워크 기술 시장을 모델링한 두 단계 게임 모형에 기술 네트워크 분석 결과를 반영하여 보다 기술적인 요소가 고려된 분석 결과를 제공할 수 있으며, 이는 기술 표준이 개별 산업에 국한되지 않고 사물인터넷과 같이 여러 산업에 걸쳐 나타날 경우에도 적용가능하다는 점에서 방법론적인 가치가 있다.

참고문헌

(1) 국내문헌

공영일 (2010), “웹 브라우저 경쟁구도 변화와 시사점,” 「정보통신방송정책」, 제22권 제20호, pp. 61-70.

김원준・조용래・김남일 (2012), “모바일산업에서의 특허기반 기술지식 네트워크 패턴과 산업혁신 전략,” 한국지식재산연구원.

박상인 (2007), “표준화 정책”, 「행정노총」, 제47권 제1호.

성지은 (2004), “우리나라 기술표준정책의 진화 과정에 대한 분석: 이동통신 기술표준화 과정을 중심으로,” 「한국사회와 행정연구」, 제15권 제3호, pp. 181-205.

윤병운・이욱・박용태 (2005), “특허 인용 자료를 활용한 동북아 국가의 산업간 기술지식 흐름 및 구조 분석: 한국, 일본, 대만을 중심으로,” 「기술혁신연구」, 제13권 제3호, pp. 197-224.

조성도・이천무・현명환 (2013), “생명공학분야 특허정보를 활용한 한중일 기술경쟁력 및 기술-산업연계구조 분석,” 「기술혁신연구」, 제21권 제1호, pp. 141-163.

(2) 국외문헌

Amatulli, C., Caputo, T., Guido, G. (2011), “Strategic analysis through the general electric/mckinsey matrix: An application to the Italian fashion industry,” *International Journal of Business and Management*, Vol. 6, No. 5.

Arthur, W. B. (1989), “Competing technologies, increasing returns, and lock-in by historical events,” *The Economic Journal*, Vol. 99, pp. 116-131.

Belleflamme, P. (1998), “Adoption of network technologies in oligopolies,” *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 16, pp. 415-444.

Borgja, E. (2014), “The internet of things vision: Key features, applications and open issues,” *Computer Communications*, Vol. 54, pp. 1-31.

Choi, C., Kim, S., Park, Y. (2007), “A patent-based cross impact analysis for quantitative estimation of technological impact: The case of information and communication technology,” *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 74, No. 8, pp. 1296 - 1314.

Chunhong, G., Yu Z., Qingwei, Y., Xiadong, W. (2014), “Zigbee and bluetooth protocol converter on multi-sinks wireless sensor network,” *Journal of Networks*, Vol. 9, No. 7.

Ekstrom, M. C., Bergblomma, M., Linden M., and Bjorkman, M., (2012), Comparison study on zigbee and bluetooth with regards to power consumption, packet-error-rate and distance,

Malardalen University, School of Innovation, Design and Engineering.

Farrell, J., and Saloner, G. (1985), "Standardization, compatibility, and innovation," *RAND Journal of Economics*, Vol. 16, pp. 70-83.

Farrell, J., and Saloner, G. (1986), "Installed base and compatibility: Innovation, product preannouncements, and predation," *American Economic Review*, Vol. 76, pp. 940-955.

Gandal, N. (1994), "Hedonic price indexes for spreadsheets and empirical test for network-externalities," *RAND Journal of Economics*, Vol. 25, Iss. 1, pp. 160-170.

Hartmann, R. S., and Teece, D. J. (1990), "Product emulation strategies in the presence of reputation effects and network externalities: Some evidence from minicomputer industry," *Economics of Innovation and New Technology*, Vol. 1, Iss. 1-2, pp. 157-182.

Hemphill, T. A. (2005), "Technology standards development, patent ambush, and US antitrust policy," *Technology in Society*, Vol. 27, pp. 55-67.

Jeong, D., and Kwon, Y. (2013), "Similarity measurement among technologies using euclidean distance," *International Journal of Computer Science and Electronics Engineering*, Vol. 1, Iss. 1, pp. 30-33.

Joo, S., and Kim, Y. (2009), "Measuring relatedness between technological fields," *Scientometrics*, Vol.83, No.2, pp. 435 - 454.

Jost, L. (2006), "Entropy and diversity," *OIKOS*, Vol. 113, Iss. 2, pp. 363-375.

Katz, M. and Shapiro, C. (1986), "Technology adoption in the presence of network externalities," J*ournal of Political Economy*, Vol. 95, No. 4, pp. 822-841.

Katz, M. and Shapiro, C. (1994), "System competition and network effects," *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 8, No. 2, pp. 93-115.

Lundvall, B., and Boras, S. (2005), *Science, technology and innovation policy, The Oxford Handbook of Innovation*, pp. 599-631, Oxford University Press.

Ohashi, H. (2003), "The role of network effects in the U.S. VCR market, 1978-86," *Journal of Economics & Management Strategy*, Vol. 12, No. 4, pp. 447-494.

Popper, S. W., and Wagner, C. S. (2002), New foundations for growth: The US innovation system today and tomorrow, RAND Science and Technology Policy Institute (MR-1338.OSTP), Washington, DC.

Shankar, V., and Bayus, B. L. (2003), "Network effects and competition: An empirical analysis of the video game industry," *Strategic Management Journal*, Vol. 24, pp. 375-394.

Shin, D. H., Kim, H., and Hwang, J. (2015), "Standardization revisited: A critical literature review on standards and innovation," *Computer Standards & Interfaces*, Vol. 38, pp. 152-157.

Strumsky, D., Lobo, J., and Leeuw, S. V. (2012), “Using patent technology codes to study technological change,” *Economics of Innovation and New Technology*, Vol. 21, Iss. 3, pp. 267-286.

Tassey, G. (2000), “Standardization in technology-based markets,” *Research Policy*, Vol. 29, Iss. 4-5, pp. 587 - 602.

Weitzel, T. (2004), Economics of standards in information networks, Physica-Verlag.

□ 투고일: 2015. 06. 29 / 수정일: 2015. 07. 29 / 게재확정일: 2015. 08. 06