

# 사회 네트워크 상의 기술 확산 경쟁에서 확산 시작 지점의 중심성에 따른 확산 경쟁의 결과\*

허 원 창<sup>†</sup>

인하대학교 경영학부

## The Effect of Diffusion Starters' Centralities on Diffusion Extent in Diffusion of Competing Innovations on a Social Network

Wonchang Hur

College of Business Administration, Inha University

### ■ Abstract ■

Diffusion of innovation is the process in which an innovation is communicated through certain channels over time among the members of a social system. The literatures have emphasized the importance of interpersonal network influences on individuals in convincing them to adopt innovations and thereby promoting its diffusion. In particular, the behavior of opinion leaders who lead in influencing others' opinion is important in determining the rate of adoption of innovation in a system. Centrality has been recognized as a good indicator that quantifies a node's influences on others in a given network. However, recent studies have questioned its relevance on various different types of diffusion processes. In this regard, this study aims at examining the effect of a node exhibiting high centrality on expediting diffusion of innovations. In particular, we considered the situation where two innovations compete with each other to be adopted by potential adopters who are personally connected with each other. In order to analyze this competitive diffusion process, we developed a simulation model and conducted regression analyses on the outcomes of the simulations performed. The results suggest that the effect of a node with high centrality can be substantially reduced depending upon the type of a network structure or the adoption thresholds of potential adopters in a network.

Keywords : Diffusion of Innovation, Social Network, Centrality

논문접수일 : 2015년 03월 09일    논문게재확정일 : 2015년 09월 02일

논문수정일(1차 : 2015년 09월 01일)

\* 이 논문은 중소기업청(창업진흥원)과 인하대학교 기업가센터의 연구비를 지원받아 수행되었음.

† 교신저자, [wchur@inha.ac.kr](mailto:wchur@inha.ac.kr)

## 1. 서 론

혁신의 확산은 매우 사회적인 프로세스이다. 혁신적인 제품이나 신기술, 새로운 제도나 절차의 성공적인 도입은 그것이 얼마나 혁신적인가에 의해 결정되기 보다는, 수용주체들이 그것을 얼마나 혁신적이라고 인식하는가에 의해 더 큰 영향을 받는다. 이는 혁신의 확산이 혁신의 본질적 우수성과 더불어, 효용성(utility), 호환성, 복잡성(or 편의성) 등 수용주체들이 혁신에 대하여 느끼는 주관적 특성에 의해서도 좌우되는 것임을 의미한다[27]. 따라서 혁신의 확산원리를 이해하는 것은 먼저 수용주체의 행동특성에 대한 이해를 필요로 한다. 수용주체의 행동은 그 타고난 본성(가령 사회규범이나 관습을 거부하는 태도, 새로운 것을 받아들이려는 태도, 위험을 피하고자 하는 태도 등)에 의하여 결정되는 부분도 있겠으나, 그가 속한 집단 내에서의 사회적 관계에 기반을 둔 사회적 상호작용 또한 중요한 영향을 미친다. 이는 집단 내의 사회적 관계의 변화를 통해 개인의 혁신에 대한 태도를 변화시킬 수 있음을 의미한다.

사회적 관계와 집단의 행동에 대한 연구의 한 갈래로 주로 사회 네트워크의 구조적 특성을 중심으로 한 분석적 연구를 들 수 있다. 특히 컴퓨터를 이용하여 복잡한 네트워크 구조에 대한 처리가 가능해지면서 네트워크의 구조적 특성에 대한 다양한 계량적 분석이 시도되고 있다. 이러한 시도는 혁신의 속성이나 개인의 행동방식에만 초점을 둔 기존의 연구에서 고려하지 못했던 네트워크의 구조적 특성에 따른 혁신의 확산 특성의 차이를 이해할 수 있도록 한다는 점에서 의미를 가진다.

이에 본 연구에서는 수용주체간의 사회적 관계 구조에 따라 혁신의 확산결과가 어떻게 달라지는지 분석하고자 하였다. 특히 본 연구는 단일기술의 확산 정도에 초점을 두기보다는 복수의 기술 간 경쟁 과정에 초점을 맞추었다. 경쟁기술이 서로 다른 확산경로를 따르는 상황을 설정하고 그 경로의 구조적 특성차이에 따라 경쟁의 결과가 어떻게 달라지

는가를 분석하고자 하였다. 연구를 위하여 개인의 기술수용행위를 모사하는 시뮬레이션 모형을 개발하였다. 개발된 모형은 개인의 행동을 집단 구성원간의 상호작용을 통해 설명하는 역치모형[18, 30]과, 개인의 선택이 다수의 선택을 따름으로 인해 나타나는 집단행동의 싹터현상을 설명하는 네트워크 외부성[6, 21]에 근거를 둔다. 개발된 시뮬레이션 모형을 사용하여 다양한 네트워크 구조에 적용하여 확산결과의 차이를 통계적으로 비교 분석하였다. 이를 통해 확산경로의 구조적 특성과 이에 기반을 둔 잠재수용자들의 수용행위의 상호작용이 기술간 확산 경쟁의 결과에 어떠한 영향을 미치는지를 파악하였다.

## 2. 연구배경

### 2.1 혁신의 확산(Diffusion of Innovation)

혁신의 확산에 대한 연구는 농촌사회학, 사회학, 의학, 인류학, 행정학, 마케팅 등 광범위한 분야에서 비교적 독립적으로 시작되었다[27]. 초기연구들은 대부분 혁신의 확산 정도(extent of diffusion)에 영향을 주는 요인이 무엇인가에 초점을 맞추었다. 이를 통해 왜 확산한 가치를 가진 혁신이 실제로 사회에 빠르게 확산되지 않는가에 대한 해답을 찾아가 하였다. 혁신의 확산에 영향을 주는 요인으로는 수용주체의 사회경제학적 특성, 수용주체간의 관계와 사회적 상호작용, 사회적 규범, 문화 등 다양한 사회학적 개념들이 고려되었다[12, 27].

연구들은 대부분 시간에 따른 혁신의 확산 정도가 s-곡선 형태로 나타난다는 사실을 발견하였다[27]. 이는 대부분의 경우 혁신이 확산되는 속도(rate of diffusion)가 시간에 따라 달라진다는 것으로, 특히 확산의 정도가 특정한 임계지점(critical mass)에 이르게 되면 그 이후에는 빠른 속도로 확산이 일어나게 된다는 특징을 담고 있다. 이러한 확산속도의 비선형성을 설명하기 위하여 다양한 이론적 모형이 사용되었다. 경제학 분야에서의 네트워크

외부성, 그리고 사회학 분야에서 연구되어온 역치모형(threshold model), 그리고 마케팅에서 널리 사용되고 있는 Bass 모형 등이 대표적인 모형으로 제시되었다[3].

네트워크 외부성은 제품의 효용이 가격, 품질 등 전통적인 요인 이외에, 사용자 수에 비례하여 증가하는 현상을 말하며[22] 수요 측면의 규모의 경제, 혹은 소비외부성 등의 개념으로도 불린다. 네트워크 외부성은 시장의 쏠림현상(tipping)과 그로 인한 승자독점을 설명하는 중요한 이론으로 사용되었다[1]. Farrell과 Saloner[14, 15]는 네트워크 외부성이 존재하는 시장에서 소비자들은 두 가지 극단적인 태도, 즉 혁신적 신기술로의 전환을 주저하는 ‘과도한 거부(excess inertia)’나, 기술의 본질적 속성과는 관계없이 빠르게 기술이 확산되는 ‘과도한 모멘텀(excess momentum)’이 나타난다고 하였다. 즉 네트워크 외부성으로 인해 개인의 행동은 기술의 본질적 속성과는 관계없이 집단의 행동양상에 의해 영향을 받게 되며, 이로 인해 집단의 행동은 강한 쏠림현상을 보이게 된다는 것이다[19].

한편 역치모형에서는 개인의 행위(가령 신제품의 구입, 새로운 기술의 수용, 집회에 참가 등)가 얼마나 많은 사람이 동일한 행위에 참여하고 있는가에 따라 결정된다고 가정한다. 개개인은 특정 행동에의 참여 여부를 결정하는 기준인 고유의 역치(thresholds)를 가지고 있으며, 집단 내에서 행동에 참여하고 있는 사람의 비율(exposure)이 주어진 역치를 넘어서게 될 경우 행위에 동참하게 된다는 주장이다. 예를 들어 시위를 계획하고 있는 100명의 사람이 있다고 가정하자. 그리고 이 집단의 역치분포가 각각 사람 1은 0%, 사람 2는 1%, ..., 사람 100은 99%인 균등분포(uniform distribution)를 따른다고 가정하자. 역치모형에 따라 각 개인은 현재 시위에 참여하고 있는 사람이 얼마나 되는가에 따라 자신의 시위참여 여부를 결정한다. 따라서 역치가 0%인 사람 1은 최초로 시위에 참여를 선언하게 된다. 이는 역치가 1%인 사람 2의 참여를 유도하게 되고 이는 다시 역치가 2%인 사람 3의 참여를 유도하게 된다. 이와

같은 식으로 최종적으로는 100명 모두가 시위에 참여하게 된다. 역치모형의 흥미로운 점은 집단행동이 개인들의 역치변화에 의하여 매우 극단적으로 변동한다는 점이다. 앞의 사례에서 만약 사람 2의 역치가 2%였다고 한다면 행동의 확산은 단절되어 사람 1만이 데모에 참여하게 되는 결과를 낳는다. 이처럼 역치모형은 개인의 행동성향의 미세한 변화가 집단의 행동에는 큰 변화를 야기한다는 집단행동의 특성을 잘 반영하고 있다[18].

## 2.2 사회 네트워크, 여론주도자(Opinion Leader), 혁신의 확산

네트워크 외부성과 역치모형은 모두 개인의 행동이 독립적으로 결정되는 것이 아니라는 사실에 기반을 두고 있다. 즉 집단의 행동은 개인의 행동의 단순한 집합이 아니라 개인들의 행위의 상호작용의 결과로 나타난다는 점이다. 그러나 이들은 개인행동의 상호작용의 미시적 구조(즉 누가 누구에게 얼마만큼의 영향을 미치는가?)를 명시적으로 다루고 있지는 못하다. 사회 네트워크는 한 사회집단을 구성하는 구성원들 간의 개별적 상호관계를 네트워크 형태로 나타낸 것이다. 개인의 행동이 결코 독립적이지 않다면 혁신의 확산과 같은 집단행동에 미치는 사회 네트워크의 역할은 매우 중요하게 고려되어야 할 변수이다[29].

실제로 역치모형과 네트워크 외부성에 대한 연구는 다양한 네트워크 구조를 대상으로 확장되어왔다. 그 출발점은 대중매체에 의한 확산의 2단계 흐름(the two-step flow theory of mass media diffusion, [20])에 대한 연구로 거슬러 올라간다. 이 이론은 대중사회 이론과는 반대되는 것으로 매체의 영향은 대중에게 직접적으로 전달되지 않고, 소수의 여론주도자들을 통해 간접적으로 확산된다고 본다. 즉 대중은 어떠한 의사결정을 수행하는데 있어서, 미디어에 대한 노출보다 주변의 사회적 관계, 몇몇 여론주도자의 의견 등에 더욱 큰 영향을 받게 된다는 것이다. 이 이론은 정보의 확산, 새

로운 기술의 수용, 신제품의 확산 등에 대한 연구에 있어서 잠재수용자들의 사회적 관계가 중요한 연구요소로 고려되어야 함을 시사한다.

이후 사회 네트워크 연구방법론의 발달과 함께 사회 네트워크의 구조적 특징과 혁신의 확산의 관계에 대한 보다 구체적인 연구들이 수행되었다. 그 연구 결과는 크게 두 가지 흐름으로 나뉠 수 있다. 한 가지는 사회 네트워크의 구조적 응집도가 높을수록 확산에 긍정적인 영향을 미친다는 견해이다. 이 견해를 지지하는 연구들은 잠재수용자들 사이에 빈번하고 중복적인 사회적 상호작용이 존재할수록 혁신의 수용에 대한 개개인의 두려움과 불확실성을 해소하여 혁신이 보다 넓은 범위로 확산되는 것을 촉진할 수 있다고 주장한다[11, 13]. 가령 Coleman은 신약의 확산에 대한 연구에서 긴밀한 사회적 네트워크를(토의, 자문, 친분 등) 가진 의사들 사이에서 신약이 더욱 빠르게 확산된다는 사실을 발견하였다[27].

반면 이와 다소 상반되는 또 하나의 견해는, 소위 ‘약한 연결의 강점(the strength of weak ties)’에 주목하는 것으로[18], 빈번하고 중복적인 사회적 관계보다는 이질적인 주체들 간의 간헐적 사회적 관계가 새로운 정보를 습득할 수 있는 가능성을 높이고, 이를 통해서 새로운 정보가 보다 넓은 범위까지 확산되는데 더 큰 기여를 하게 된다고 본다. 이 가설은 응집도가 높은 사회적 집단에서 발견되는 동질성(homophily)이 확산에 미치는 부정적 영향에 주목한다. 즉 응집도가 높은 사회적 관계일수록 서로 비슷한 지위와 특성을 가진 사람들 간의 폐쇄적인 관계일 가능성이 높음을 의미하고, 이러한 관계의 폐쇄성은 새로운 정보의 습득과 확산에 부정적일 수 있다는 것이다[5, 8, 9, 11, 26].

위 두 가지 연구의 흐름에서 상대적으로 소홀히 다루어지는 지점은 여론주도자의 특성과 역할에 대한 부분이다[27]. 여론주도자는 일반 대중에 비해 타인의 의견 형성에 보다 강력한 영향을 미치는 소수의 집단으로 일반 대중에 비해 다양한 외부정보의 습득, 빈번한 사회적 활동의 참여, 높은 사회적

지위 등의 특징을 갖는다[27]. 따라서 여론주도자의 행태적 특성과, 사회 네트워크 구조에서의 위치 및 역할은 혁신의 확산에 대한 연구에 있어서 중요하게 다루어져야 할 부분이다[23, 28]. 이러한 중요성에도 불구하고 사회 네트워크의 전반적인 구조에서 여론주도자의 상대적 위치 및 역할에 대한 연구는 상대적으로 부족하다고 할 수 있다. 기존 문헌에서는 전통적인 이론에 입각하여 여론주도자를 단지 ‘정보를 미디어에서 대중에게 전파하는 매개체’ 정도로 인식하는 것에 머무르고 있으며, 그들이 사회 네트워크에서 가지는 구조적 특징과 행동 메커니즘에 대해서는 상대적으로 자세히 다루어지고 있지 않은 편이다[31].

구체적으로 기존 연구에서 여론주도자의 네트워크 구조적 특징을 측정하는 일반적인 방법은 중심성(centrality)이다. 중심성은 네트워크상에서 발견되는 다양한 형태의 흐름(정보의 전파, 기술의 확산, 물자의 이동 등)에 있어서 각 노드가 얼마나 중심적인 역할을 하는가를 나타내기 위한 측정도구이다. 중심성은 사회 네트워크 분석에 있어서 가장 많이 연구된 개념 중의 하나로 학자들에 의하여 다양한 측정방식들이 제안되어 왔다. 가장 대표적인 것으로는 연결중심성(degree centrality), 매개중심성(betweenness centrality), 근접중심성(closeness centrality)을 들 수 있다[10, 16].

흥미롭게도 중심성 지표들은 전적으로 네트워크의 구조적 특성에 기반을 두고 계량된 것이지만 이를 네트워크에서 발생하는 동적인 프로세스와 연결하여 지표의 타당성을 분석한 연구는 부족한 편이다[2]. 이에 대하여 Borgatti는 중고제품의 유통, 돈의 흐름, 소문의 확산, e-mail, 감염, 여론 등 다양한 유형의 흐름이 가지는 차별성에 주목하고 기존의 중심성 지표들이 과연 흐름의 유형에 따른 차별화된 노드의 특성을 적절하게 표현하고 있는가를 분석하였다. 가령 근접중심성이 높은 노드가 실제 중고제품의 유통에 있어서 중심적인 역할을 하지 않을 수도 있음을 언급하였다. 이를 통해 흐름의 유형을 고려한 새로운 중심성 측정방식의 필요성을

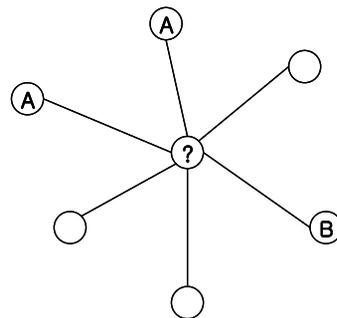
주장하였다. 실제로 중심성과 관련된 연구문헌은 매우 방대한 편임에도 불구하고, 중심성과 확산의 상관관계에 대한 분석적 연구의 부족이 지속적으로 지적되어 오고 있다[10, 24, 30].

혁신의 확산을 보다 정확하게 이해하기 위해서는 중심성과 같은 사회 네트워크의 구조적 특성, 즉 정적인 요인과 더불어, 그 구조에서 혁신이 확산되어 가는 동적인 특성이 함께 고려되어야 한다. 이러한 동적의 특성은 시간에 따른 확산과정의 추적을 통해 파악되어야 한다[4, 10]. 이에 본 연구는 혁신의 확산에 대한 미시적이고 동태적인 과정을 이해하는 데 초점을 두어 행위자기반 시뮬레이션 방법을 활용하였다[25, 32]. 구체적으로 본 연구는 사회 네트워크에서 여론주도자가 위치할 것으로 판단되는 확산의 출발지점과 그 지점의 중심성이 확산의 결과에 어떠한 영향을 미치는지 분석하고자 한다. 사회 네트워크를 구성하는 각 잠재수용자의 행동모형은 기존연구에서 제시된 역치모형과 네트워크 외부성 이론을 토대로 개발되었다. 이를 바탕으로 잠재수용자들 간의 다양한 네트워크 관계를 설정하고, 여론주도자 위치의 차이에 따른 네트워크의 구조적 차이가 확산과정에서 어떤 차별화된 결과를 만드는지 규명하고자 하였다. 그 차이를 극대화하기 위하여 집단적으로 동등한 선호도를 가지는 두 개의 기술이 서로 다른 시작 지점에서 경쟁적으로 확산되는 상황을 설정하였다. 두 기술의 최종적인 확산범위의 비교를 통해 최종적인 수용률이 높은 기술이 어떠한 구조적 특징을 가지는 지점에서 확산이 시작되며, 어떤 경로를 거쳐 확산되는지를 분석하고자 하였다.

### 3. 경쟁확산 프로세스

역치조건에 의해서만 기술이 수용되는 잠재수용자들의 사회 네트워크를 생각해보자. 잠재수용자  $i$ 는 인접한  $n_i$ 명 중  $t\%$  이상( $t$ 를  $i$ 의 수용역치라 한다)이 기술을 수용하였을 때 비로소 기술을 수용하게 되며, 이 때 많은 수에 의해 선택된 기술을 선택한다고 가정하자. 만일 두 경쟁기술의 수용자 수가 동일하다면 수용할 기술은 무작위로 선택된다(<표 1> 참조).

가령 [그림 1]과 같이 6명과 인접하고 있는 잠재수용자  $x$ 를 생각해보자.  $x$ 의 수용역치가 30%라고 가정한다면, 현재 3명(50%)의 인접노드가 기술을 수용하였으므로  $x$ 는 기술을 수용한다. 이때 기술 A의 수용자가 더 많으므로  $x$ 는 기술 A를 선택한다.



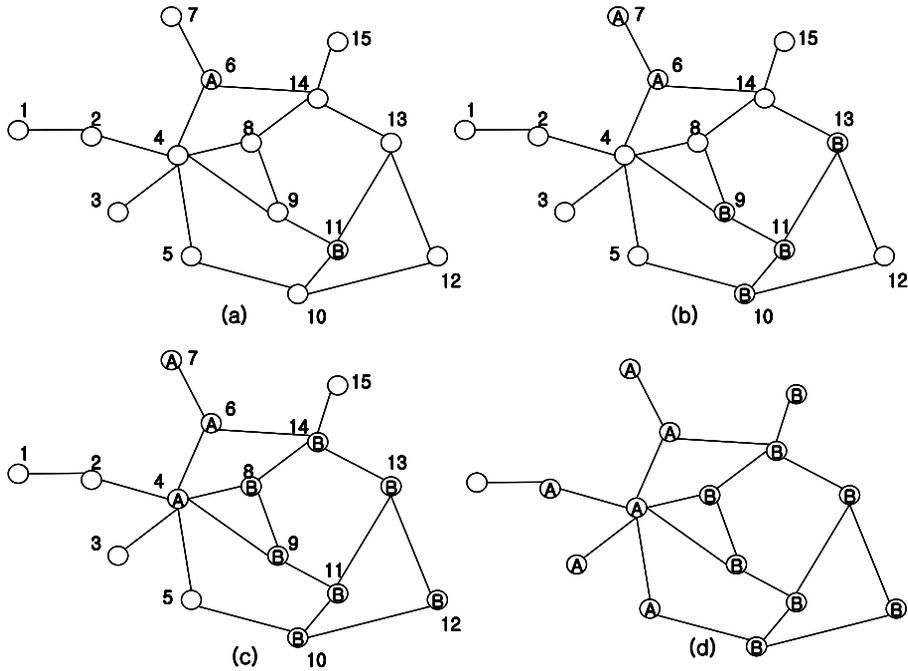
[그림 1] 잠재수용자 X의 기술 수용

이와 같은 사회 네트워크에서 두 경쟁기업이 각각 자사의 기술의 보급률을 높이기 위하여 경쟁하는 상황을 생각해보자. 경쟁기업들은 각각 한 명의

<표 1> 기술수용의 조건

수용여부(역치조건)	수용할 기술 선택 기준	선택결과
$n_{ia} + n_{ib} \geq n_i \times t$	$n_{ia} > n_{ib}$	a
	$n_{ia} < n_{ib}$	b
	$n_{ia} = n_{ib}$	a or b
$n_{ia} + n_{ib} < n_i \times t$	-	채택하지 않음

$n_i$ -잠재수용자  $i$ 의 이웃의 수.  
 $n_{ia}(n_{ib})$ -기술 a(b)를 채택한 잠재수용자  $i$ 의 이웃의 수.  
 $t$ -기술수용역치(< 1).



[그림 2] 기술확산의 예제[10]

잠재수용자를 임의로 선택하여 그들의 수용역치와 관계없이 자사의 기술을 수용하도록 할 수 있다고 하자. 이 때 각 기술의 확산과정에 대한 이해를 돕기 위하여 [그림 2]에 제시된 간단한 예제 네트워크를 사용하여 확산과정을 추적해 보았다. 설명의 편의를 위하여 나머지 잠재수용자들의 수용역치는 모두 30%로 동일하다고 가정하였다.

먼저 네트워크에서 노드 6과 노드 11이 각각 기술 A와 기술 B의 최초 수용지점으로 선택되었다 [그림 2-(a)]. 노드 6과 노드 11에서 수용된 기술은 인접노드로 확산된다. 역치조건을 만족하게 되는 인접노드는 연결정도가 3 이하(즉,  $33\% > 30\%$ )인 노드 7, 9, 10, 13이다 [그림 2-(b)]. 이후 이들의 인접노드 중 노드 4, 5, 8, 12, 14가 역치조건에 의해 새롭게 기술을 수용한다[그림 2-(c)]. 이 중 노드 4, 14는 두 기술이 동일한 수의 인접노드에서 수용됨으로 인해 임의로 한 기술을 선택하였다. 마지막으로 노드 1, 2, 3, 5, 15도 같은 방식으로 기술을 수용하며 최종적으로 [그림 2-(d)]의 확산결과를

얻는다. 확산결과 기술 A는 7명, 기술 B는 8명에 의하여 최종적으로 수용되었다.

제시된 확산프로세스의 결과는 각 기술의 확산이 시작되는 지점(이후 확산시발점이라 칭한다)에 종속적이다. 즉 네트워크 구조와 수용역치의 분포가 주어졌을 때 기술의 최종점유율을 결정하는 중요한 변수는 확산시발점의 위치이다. 따라서 각 기업의 입장에서는 자사 기술의 확산 정도를 극대화하는 확산시발점을 찾는 것이 중요한 문제가 된다.

이 문제에 대한 해답은 <표 2>를 통해 얻을 수 있다. <표 2>는 가능한 모든 확산시발점의 조합에 대하여 확산프로세스를 진행한 결과를 보여준다. 표의 행과 열은 각각 기술 A와 기술 B의 확산시발점을 의미하며 셀의 값은 기술 A의 최종수용률을 나타낸다. 예를 들어, 셀 (2, 1)의 값인 87%는 기술 A와 기술 B의 확산시발점이 각각 노드 2와 노드 1이 되었을 때, 최종적으로 87%의 노드가 기술 A를 수용하였음을 의미한다. 잠재수용자의 수용역치는 모두 30%로 하였다.

〈표 2〉 기술 A의 최종점유율(역치 30%)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	평균(A)
1	-	7%	93%	13%	60%	13%	13%	13%	13%	40%	13%	13%	13%	13%	13%	23.8%
2	7%	-	13%	13%	67%	13%	60%	40%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	21.9%
3	7%	87%	-	7%	7%	7%	53%	7%	47%	7%	27%	7%	7%	7%	7%	20.0%
<b>4</b>	<b>93%</b>	<b>87%</b>	<b>93%</b>	-	<b>87%</b>	<b>60%</b>	<b>87%</b>	<b>67%</b>	<b>73%</b>	<b>73%</b>	<b>73%</b>	<b>80%</b>	<b>67%</b>	<b>53%</b>	<b>73%</b>	<b>76.2%</b>
5	87%	87%	93%	13%	-	53%	33%	13%	53%	47%	7%	27%	13%	20%	27%	41.0%
6	67%	87%	53%	40%	40%	-	93%	53%	40%	47%	60%	67%	13%	47%	13%	51.4%
7	47%	47%	93%	40%	33%	7%	-	13%	27%	27%	40%	13%	13%	47%	47%	35.2%
8	87%	87%	93%	33%	47%	87%	87%	-	20%	80%	60%	73%	73%	60%	93%	70.0%
9	87%	53%	93%	27%	87%	40%	73%	80%	-	87%	67%	73%	40%	27%	60%	63.8%
10	87%	60%	60%	33%	67%	27%	73%	33%	13%	-	53%	53%	53%	20%	27%	47.1%
11	60%	87%	73%	27%	60%	47%	87%	67%	60%	60%	-	93%	60%	40%	73%	63.8%
12	87%	87%	93%	20%	47%	33%	40%	27%	13%	40%	40%	-	7%	27%	27%	41.9%
13	87%	87%	93%	33%	87%	40%	87%	33%	40%	87%	40%	93%	-	27%	93%	66.2%
<b>14</b>	<b>87%</b>	<b>87%</b>	<b>93%</b>	<b>53%</b>	<b>80%</b>	<b>53%</b>	<b>93%</b>	<b>53%</b>	<b>80%</b>	<b>80%</b>	<b>73%</b>	<b>93%</b>	<b>67%</b>	-	<b>93%</b>	<b>77.6%</b>
15	87%	87%	93%	27%	80%	7%	53%	7%	40%	60%	27%	67%	7%	7%	-	46.2%
평균(B)	70%	74%	81%	27%	60%	35%	67%	36%	38%	53%	42%	55%	32%	29%	47%	50%

표에 의하면 평균(A)가 높거나 평균(B)가 낮은 위치일수록 기술의 최종점유율을 높일 수 있는 전략적 위치임을 알 수 있다. 가령 노드 4와 노드 14가 기술 A의 확산시발점일 경우 각각 평균 76.2%와 77.6%의 높은 점유율을 기대할 수 있다. 그러나 이는 평균값으로 실제 점유율은 경쟁기술 B의 확산시발점의 위치에 따라 크게 달라진다. 가령 표에서 노드 4, 8, 14는 모두 평균 70% 이상의 최종점유율을 얻을 수 있는 위치이다. 그러나 이 중 노드 4와 14는 경쟁기술의 확산경로에 관계없이 53.0% 이상의 점유율을 얻을 수 있는 위치인 반면, 노드 7은 경쟁기술의 확산경로(가령, 노드 4, 5, 또는 9에서 확산이 시작된 경우)에 따라 50% 이하의 최종점유율을 얻을 수도 있는 위치이다

최적의 확산시발점을 찾으려는 두 경쟁기업에게 <표 2>는 일종의 보수행렬(payoff matrix)의 역할을 한다. 그러나 실제의 네트워크에서 매번 이러한 보수행렬을 계산하여 최적의 확산시발점을 찾는 것은 불가능하다. 따라서 만일 기술의 점유율을 높이는 데 영향을 주는 노드의 특성이 있다면 그것은 최적의 확산시발점을 찾는 데 중요한 단서가 될 것

이다. 이러한 점에서 노드의 중심성과 확산결과와의 상관관계를 분석해볼 필요가 있다. <표 3>은 [그림 2]의 네트워크의 각 노드에 대하여 연결중심성, 근접중심성, 매개중심성을 계산한 것이다.

〈표 3〉 예제 네트워크의 노드별 중심성

노드 번호	노드명	Degree centrality	Closeness centrality	Betweenness centrality
1	Pazzi	1	49	2
2	Salviati	2	36	13
3	Acciaiuol	1	38	0
4	Medici	6(1)	25(1)	47.5(1)
5	Barbadori	2	33	8.5
6	Albizzi	3(3)	28(2)	19.3(3)
7	Ginori	1	41	0
8	Tornabuon	3(3)	28(2)	8.3
9	Ridolfi	3(3)	28(2)	10.3(4)
10	Castellan	3(3)	37	5
11	Strozzi	3(3)	32	9.3
12	Peruzzi	2	47	2
13	Bischeri	3(3)	34	9.5(5)
14	Guadagni	4(2)	29(3)	23.2(2)
15	Lambertes	1	42	0

각 노드에 대해서 <표 2>의 평균(A) 혹은 평균(B)를 <표 3>의 중심성과 비교해 보면 어느 정도 상관관계가 있음을 알 수 있다. 가령 평균(A)가 70% 이상인 노드 4, 8, 14 등은 중심성 또한 높은 지점이다. 또한 20%대의 낮은 평균점유율을 보이는 지점인 노드 0, 1, 2 등은 중심성 또한 낮다. 다음 장에서는 중심성과 확산결과와의 상관관계를 보다 엄밀하게 알아보기 위하여 다양한 네트워크에 대한 실험을 수행하였다.

## 4. Research Design

지금까지 예제 네트워크를 이용한 확산프로세스의 추적을 통해 확산시발점의 중심성이 높을수록 최종점유율이 높아지는 상관관계가 있음을 확인하였다. 이러한 상관관계가 보다 일반적인 네트워크 구조 하에서도 나타나는지 알아보기 위하여 식 (1)의 회귀방정식에 대한 회귀분석을 수행하였다. 식에서 독립변수인 Centrality(a)와 Centrality(b)는 각각 기술 A와 기술 B의 확산시발점의 중심성을, 종속변수인 Adoption-rate(A)는 기술 A의 최종점유율을 의미한다. 제시된 회귀방정식의 적합도 분석 및 계수의 유의성 검정을 통해 기술의 최종점유율이 각 기술의 확산시발점의 중심성에 의해 통계적으로 얼마나 설명될 수 있는가를 알아보고자 한다.

$$\text{Adoption-rate}(A) = b_0 + b_1 \times \text{Centrality}(a) + b_2 \times \text{Centrality}(b) \quad (1)$$

회귀분석을 위한 표본집단은 컴퓨터 시뮬레이션 모형을 통해 생성되었다. 시뮬레이션 모델의 개발을 위해서 행위자기반 시뮬레이션 도구로 널리 사용되는 Netlogo를 활용하였다. 개발된 시뮬레이션 모형은 먼저 하나의 무작위 네트워크를 임의로 생성하고 그로부터 임의로 한 쌍의 확산시발점을 선택한다. 이후 선택된 확산시발점에서 제 3장에서 제시된 확산프로세스를 시뮬레이션하고 그 결과로부터 하나의 관측치를 얻는다. 즉 1회의 시뮬레이션

을 통해 확산시발점의 중심성과 각 경쟁기술의 최종 확산범위를 변수값으로 획득할 수 있다. 이러한 방식을 반복적으로 수행하여 총 1,000개의 서로 다른 네트워크로부터 표본집단을 구성하였다. 무척도 네트워크에 대한 표본집단도 이와 동일한 방식으로 수행되었다. 각 표본은 기술에 대한 잠재수용자들의 기호가 동일하며 수용역치 또한 모두 동일하다는 가정하에서 획득되었다. 이는 최종점유율에 영향을 주는 다른 조건들이 동일한 상황을 설정함으로써 오직 확산시발점의 위치에 따른 확산결과의 차이를 분석할 수 있도록 하기 위함이다. 각 잠재수용자의 수용역치(T)는 5%~30%까지 5%씩 6단계로 변화시키며 실험을 수행하였으며, 각각에 대하여 두 기술의 총 수용률(R)을 예측하였다.

### 4.1 무작위 네트워크(Random Network)

첫 번째 회귀분석은 무작위 네트워크에서의 확산결과를 이용하여 수행되었다. 무작위 네트워크는 노드간의 연결이 무작위로 설정된 것으로 연결정도의 분포가 균등한 특징이 있다. 표본집단의 구성을 위하여 50개의 노드로 구성되는 1,000개의 서로 다른 무작위 네트워크가 생성되었으며 이들로부터 잠재수용자의 역치에 따라 6개의 서로 다른 표본집단이 만들어졌다. 각 표본집단에 대한 회귀분석의 결과가 <표 4>에 제시되었다.

먼저 역치가 10% 이하인 표본집단들의 경우 연결중심성과 근접중심성을 사용한 회귀방정식의 적합도( $R^2$ )가 비교적 높게 나타난다. 이는 네트워크의 수용역치가 낮은 경우 확산시발점의 중심성의 차이가 최종점유율의 차이를 비교적 잘 설명하고 있음을 의미한다. 또한 낮은 수용역치에서는 회귀방정식의 각 계수도 모두 유의한 것으로 나타났다. 즉 기술 A의 최종점유율은 기술 A의 확산시발점의 중심성에 비례하는 반면 기술 B의 확산시발점의 중심성에 반비례하는 것으로 나타났다. 이를 통해 역치가 낮은 무작위 네트워크에서는 중심성이 높은 노드가 기술의 최종점유율을 높일 수 있는 위치임을 알 수 있다.

<표 4> 확산시발점의 중심성과 최종점유율의 상관관계(1,000 random networks)

중심성지표	독립변수	기술 A의 최종점유율(%)					
		T = 5% R = 100%	T = 10% R = 99.9%	T = 15% R = 99.7%	T = 20% R = 87.8%	T = 25% R = 44.4%	T = 30% R = 22.9%
연결중심성	Centrality(a)	5.23***	5.20***	5.35***	4.76***	4.72***	2.53***
	Centrality(b)	-5.21***	-5.23***	-4.88***	-0.78*	1.23***	0.96***
	Intercept	49.65***	49.94***	47.68***	20.31***	-12.62***	-8.22***
	R <sup>2</sup>	68.82%	66.32%	39.44%	10.91%	13.00%	7.18%
근접중심성	Centrality(a)	-1.76***	-1.67***	-1.43***	-1.16***	-1.33***	-0.44***
	Centrality(b)	1.69***	1.56***	1.40***	0.21	-0.17	-0.09
	Intercept	53.82***	55.88***	52.46***	100.16***	100.51***	44.89***
	R <sup>2</sup>	76.59%	64.83%	32.14%	7.14%	8.21%	2.42%

\*네트워크의 노드 수는 50, 평균밀도는 5.80.

\*T-수용역치, R-두 기술의 총 수용률.

그러나 네트워크의 역치가 높아짐에 따라 회귀 방정식의 적합도가 급격히 낮아지는 것에 주목할 필요가 있다. 표에서 역치가 5%에서 15%까지 증가하는 동안, 기술의 총 수용률은 99%를 유지하고 있음에도 불구하고 회귀방정식의 적합도는 절반 가까이 줄어들고 있다. 특히 역치가 25%를 넘어서면 총 수용률이 50% 미만으로 떨어지며 회귀 방정식의 적합도도 10% 미만으로 떨어진다. 이는 역치가 높아질 경우, 기술의 최종점유율은 확산시 발점의 중심성으로 설명하기 어려워진다는 것을 의미한다.

역치가 높아지면 기술의 확산 정도가 낮아지며 이로 인해 각 기술은 확산시발점을 중심으로 한 국 지적인 부분에서만 수용될 것이다. 따라서 확산시 발점과 인접한 노드들이 역치조건을 만족하는지에 따라 확산결과가 큰 영향을 받게 된다. 또한 근접 중심성과 같이 네트워크 전체를 고려한 중심성지표 의 중요성은 낮아지게 된다. 네트워크의 수용역치 가 높아짐에 따라 회귀방정식의 적합도가 낮아지는 것은 그만큼 확산시발점 자체의 중심성만으로 확산 결과를 설명하기 힘들게 됨을 의미한다.

#### 4.2 무척도 네트워크(Scale-free Network)

회귀분석을 위한 두 번째 모집단은 무척도 네트워크로부터 획득되었다. 표본집단의 구성은 앞선 경우

와 동일한 방법으로 이루어졌다. 무척도 네트워크는 연결정도가 높은 소수의 노드(이후 ‘허브’라 칭함) 들과 연결정도가 낮은 다수의 노드들로 구성된다. 이로 인하여 무작위 네트워크와는 달리 무척도 네트 워크에서는 노드의 연결정도가 멱함수법칙(power law)에 따라 분포하게 된다[24, 28]. 즉 대부분의 노 드는 연결정도가 1이며 소수의 허브만이 높은 연결 관계를 가지게 된다. 많은 실제의 네트워크(가령 인 터넷, 전화망, 교통망 등)들이 이와 같은 특징을 가 지고 있음이 알려져 있다[10].

<표 5>에서 보는 바와 같이 무척도 네트워크를 대상으로 한 회귀분석결과와 무작위 네트워크와는 매우 다름을 알 수 있다. 먼저 무작위 네트워크에 비하여 동일한 역치조건에서 총 수용률이 크게 차 이가 나고 있다. 가령 역치 15%인 무작위 네트워크 에서는 99%의 총 수용률을 보인 반면 무척도 네트 워크에서는 34.5%로 크게 낮아졌다. 역치가 20%를 넘어서면 총 수용률은 20% 이하로 떨어진다.

또한 회귀방정식의 적합도 역시 무작위 네트워 크에 비하여 전반적으로 매우 낮은 것으로 나타났 다. 특히 근접중심성의 경우에는 역치 5%에서 획 득된 표본집단을 제외하고는 대부분 5%에도 못 미 치는 적합도를 보이고 있다. 따라서 무척도 네트워 크에서는 중심성이 높은 노드가 확산결과에 영향을 준다는 가설의 설명력이 낮아진다.

〈표 5〉 확산시발점의 중심성과 최종점유율의 상관관계(1,000 scale-free networks)

중심성지표	독립변수	기술 A의 최종점유율					
		T = 5% R = 99.6%	T = 10% R = 76.0%	T = 15% R = 34.5%	T = 20% R = 16.4%	T = 25% R = 11.6%	T = 30% R = 11.6%
연결중심성	Centrality(a)	3.56***	3.66***	2.61***	2.83***	2.65***	2.65***
	Centrality(b)	-3.76***	-2.12***	-0.45*	0.11	0.05	-0.02
	Intercept	49.73***	34.72***	13.71***	2.22***	0.60***	0.72***
	R <sup>2</sup>	11.58%	7.94%	5.61%	54.59%	76.10%	75.35%
근접중심성	Centrality(a)	-0.38***	-0.03	0.03***	-0.02***	-0.02***	-0.03***
	Centrality(b)	0.39***	0.16***	0.05***	-0.00	0.01**	0.01**
	Intercept	49.37	11.49	-1.06	12.06	9.14	10.12
	R <sup>2</sup>	41.88%	4.12%	2.75%	0.94%	3.20%	5.06%

\*네트워크의 노드 수는 50, 평균밀도는 2.04.

이처럼 낮은 수용률과 적합도의 원인은 무척도 네트워크의 특성에서 찾을 수 있을 것이다. 먼저 무척도 네트워크에서는 대부분의 노드의 연결정도가 1이므로 독립변수의 분산이 매우 낮다. 이는 회귀방정식의 적합도를 낮추는 중요한 원인이 된다. 또한 높은 연결정도를 가지는 허브들에서 역치조건이 쉽게 만족되지 않는 현상이 나타날 수 있어 허브가 확산을 막는 역할을 할 수 있다. 즉 동일한 역치조건과 동일한 연결밀도를 가지더라도 무척도 네트워크에서는 기술의 확산이 구조적으로 더 어려울 수 있다.

한 가지 흥미로운 점은 역치가 15%~20% 이상으로 높아지면서 연결중심성을 이용한 회귀방정식의 적합도가 가파르게 상승하였다는 것이다. 이는 허브에서 확산이 방해됨으로 인해 기술의 확산이 각 확산시발점을 중심으로 국지적인 부분에서만 일어나기 때문인 것으로 판단된다. 이 경우 한 기술의 확산 정도가 상대기술의 확산 정도에 미치는 영향력은 낮아질 수 밖에 없다. <표 5>에서 연결중심성을 이용한 회귀방정식의 경우 역치가 20% 이상에서 회귀방정식의 적합도는 높아지고 있으나 경쟁기술의 영향력은 유의하지 않게 나타나는 것은 이러한 추측을 뒷받침한다.

마지막으로 중심성지표의 종류에 따라서 회귀분석의 결과가 크게 달라지는 것으로 나타났다. 역치가 낮은 네트워크에서는 근접중심성의 설명

력이 높았으나 역치가 높아질수록 연결중심성의 중요성이 증가하였다. 즉 수용역치가 낮아 허브노드가 확산을 방해하는 정도가 약한 경우에는 네트워크 전체에서의 중심성이 중요한 의미를 가지지만 역치가 높아지게 되면 오히려 연결정도와 같은 국지적 중심성의 중요성이 더욱 높아지게 됨을 의미한다.

### 4.3 중심성, 역치, 확산결과

지금까지의 실험결과는 기술확산에서 확산시발점의 중심성이 가지는 중요성이 네트워크의 특성, 중심성지표의 종류, 잠재수용자의 역치분포에 따라 크게 달라진다는 사실을 제시한다. 따라서 네트워크의 구조나 수용역치에 따라서 경쟁기술에 비해서 중심성이 높은 노드에서 확산된 기술의 최종점유율이 오히려 낮아지는 현상도 발생할 수 있다. <표 6>은 이러한 ‘역전현상’의 발생비율을 집계한 것이다. 표에 의하면 무척도 네트워크일 경우, 그리고 근접중심성의 경우에서 역전현상의 발생비율이 높음을 알 수 있다. 또한 무작위 네트워크에서는 역치가 커질수록 역전현상의 발생비율이 높아지는 반면, 무척도 네트워크에서는 어느 수준 이상의 역치에서 오히려 역전현상의 발생이 줄어드는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 앞서 회귀분석을 통해 얻어진 결과와 정확히 일치하고 있다.

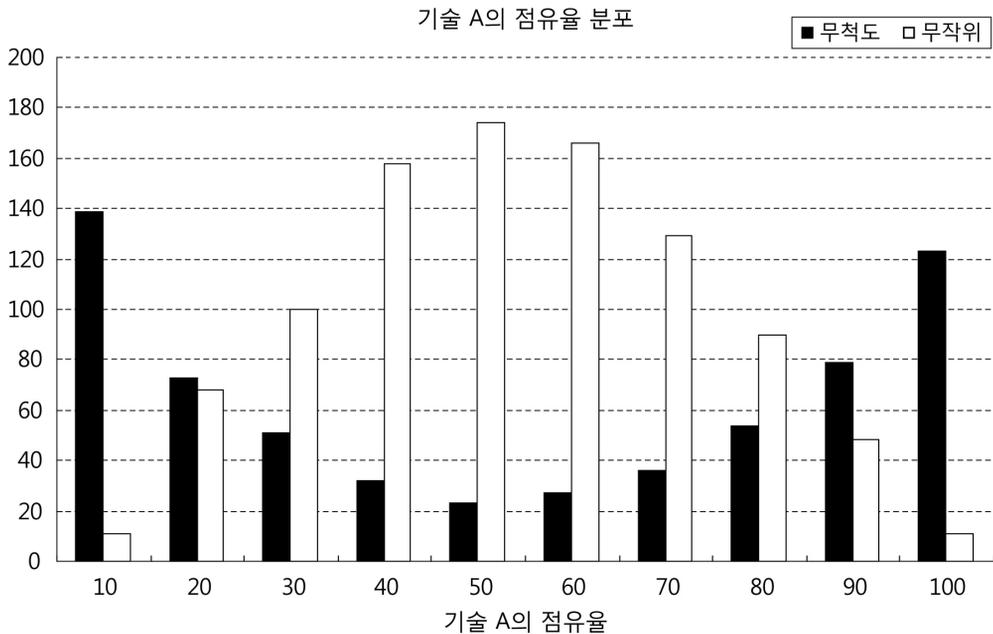
〈표 6〉 역전현상의 발생비율

역치	무작위 네트워크		무척도 네트워크	
	연결중심성	근접중심성	연결중심성	근접중심성
5%	7.8%	8.8%	18.4%	14.0%
10%	8.0%	11.6%	18.3%	37.7%
15%	17.8%	23.1%	17.4%	45.3%
20%	17.9%	22.0%	10.2%	44.2%
25%	20.5%	25.3%	6.4%	37.9%
30%	27.5%	33.6%	4.3%	35.2%

결론적으로 중심성과 확산결과의 상관관계에 대한 가설은 역치가 낮은 경우에만 성립되었으며 1) 네트워크의 구조가 무척도 네트워크이거나, 2) 수용역치가 높은 경우에는 확산시발점의 중심성과 확산결과는 통계적으로 유의한 관계를 가지고 있다고 할 수 없다. 또한 역치가 높아지게 되면 기술의 확산범위가 제한됨으로 인하여 네트워크 전체를 고려하는 중심성지표의 중요성은 낮아지게 되었다.

이처럼 확산시발점이 확산결과에 유의한 영향

을 주지 않는다면 제시된 확산프로세스에서 확산 결과를 결정하는 요인은 무엇인가? 실제로 확산 결과는 확산시발점의 특성뿐만 아니라 확산경로에 존재하는 노드들의 특성, 특히 확산시발점과 인접한 노드들의 특성에 의하여 영향을 받게 된다. 예를 들어, 예제 네트워크의 노드 2와 노드 12의 경우 연결중심성이 동일하며 근접중심성과 매개중심성은 노드 2가 약간 높다. 그러나 노드 2의 경우 중심성이 매우 높은 노드 3과 인접하고 있는 반면 노드 12의 인접노드인 노드 10과 노드 13은 중심성이 비교적 높지 않다. 역치가 매우 낮은 경우에는 노드 2가 노드 3을 통해 더 빠르게 기술을 확산할 수 있지만, 역치가 어느 정도 높아지게 되면 노드 3의 높은 연결중심성으로 인해 역치조건이 쉽게 만족되지 못할 것이다. 이 경우 노드 3에 비하여 노드 10이나 노드 13에 의하여 기술수용이 먼저 일어나게 된다. 이처럼 동일한 중심성을 갖는 위치라 하더라도 인접노드의 특성과 역치조건 변화에 따라 기술의 확산결과가 크게 달라질 수 있는 것이다.



[그림 3] 기술 A의 최종점유율

확산결과에 영향을 미치는 또 다른 중요한 요인으로 네트워크 외부성으로 인한 기술수용의 쏠림현상[6, 7]을 주목할 필요가 있다. [그림 3]에서 보는 바와 같이 무척도 네트워크를 대상으로 한 실험에서는 대부분의 경우 기술 A의 점유율이 80% 이상이 되거나 혹은 20% 미만이 되는 쏠림현상이 나타났다. 그러나 흥미롭게도 무작위 네트워크를 대상으로 한 실험에서는 이와 같은 쏠림현상이 발생하지 않았다. 무척도 네트워크는 소수의 허브에 의해 확산결과가 좌우될 가능성이 높기 때문에 확산초기에 주요 허브노드에 수용된 기술이 전체 네트워크로 확산될 가능성이 높다. 즉 확산 초기의 점유율 차이가 지속적으로 증폭되는 쏠림현상이 나타날 가능성이 높다. 이는 회귀분석에서 무척도 네트워크의 경우 무작위 네트워크에 비하여 역전현상의 발생비율이 높고 회귀방정식의 설명력이 낮게 나타난 것과도 연결되는 부분이다.

마지막으로 기술의 최종점유율에 영향을 줄 수 있는 또 다른 요인으로는 잠재적수용자가 무작위로 기술을 수용하게 되는 상황의 발생빈도를 생각할 수 있다. 예제 네트워크에서 노드 5와 노드 6에서 기술확산이 시작될 경우 이 두 노드와 인접한 노드 4는 임의로 하나의 기술을 선택하게 될 것이다. 이때 노드 4의 연결중심성이 매우 높기 때문에 노드 4의 선택결과에 따라 확산결과는 크게 달라질 것이다. 이처럼 확산과정에서 발생하는 무작위선택은 확산결과의 변동성을 높일 수 있다. 특히 쏠림현상이 강하게 작용하게 되면 확산초기의 무작위선택의 결과로 인한 점유율 차이가 궁극적으로 큰 점유율 차이를 보이는 원인이 될 수 있다.

## 5. 결론 및 토의

기술수용 및 확산의 결정요인(determinants)으로써 기술의 속성과 잠재수용자의 속성에 대한 많은 연구가 이어져 왔다. 그러나 상대적으로 확산 과정에서의 경쟁, 확산경로의 구조 등 네트워크의 구조와 확산의 프로세스 속성을 고려하는 연구는 부

족하였다. 본 연구에서는 네트워크 구조를 고려한 확산경쟁모형을 제시하였고 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 구현하였다. 구현된 모형을 사용하여 다양한 네트워크 구조에서 확산프로세스의 결과가 어떻게 달라지는지 분석하였다.

본 연구는 먼저 기술의 확산과정에서 복수의 기술이 경쟁하는 상황을 분석하는 데 초점을 두었다. 이러한 점에서 연구에서 제시된 확산프로세스는 기존의 역치모형을 복수의 경쟁기술이 확산되는 상황으로 확장한 것으로 이해될 수 있다. 복수의 기술이 경쟁하는 상황은 기존의 혁신의 확산에 대한 연구에서 많이 다루어지지 않은 부분으로 새로운 연구방향에 대한 제시로서의 의미를 가진다고 생각한다. 기존의 연구들이 혁신이 확산되는 속도(rate)와 그 정도(extent)가 기존 연구들의 주된 관심이었다고 한다면 본 연구는 기술의 경쟁확산 과정에서 어떠한 요인으로 인하여 기술의 선택과 도태가 일어나는지를 규명하는 것을 목표로 하였다.

연구결과를 통해 몇 가지 흥미로운 사실을 발견하였다. 먼저 경쟁확산에서 최초 수용지점의 영향력은 잠재수용자의 역치분포, 인접 노드들의 특성, 네트워크의 구조 등에 따라 상당부분 제한될 수 있음을 발견하였다. 실험결과에 의하면 사회 네트워크의 구조가 허브의 역할이 중요시 되는 무척도 네트워크 형태이거나, 또는 잠재수용자의 수용역치가 비교적 높은 네트워크일 경우에는 기술경쟁의 결과를 확산시발점의 위치적 특성만으로는 쉽게 예측할 수 없음이 발견되었다. 이러한 결과는 대부분의 사회 네트워크가 무척도 네트워크의 형태를 가진다는 점, 일반적으로 신기술에 대한 수용역치가 20~30%를 넘는 경우가 대부분이라는 점 등을 고려한다면 실질적으로도 매우 의미 있는 시사점을 제공한다.

혁신의 확산과 관련된 많은 기존연구에서 영향력이 높은 여론주도자에 대한 중요성이 강조되어 왔다. 그러나 여론주도자의 영향력이 네트워크 전체로 확산되기 위해서는 그와 인접한 잠재수용자들의 행동특성, 네트워크의 구조적 특성, 그리고 경쟁기술의 확산경로 등이 중요한 역할을 하게 된다.

또한 기술을 수용하지 않는 여론주도자의 존재는 오히려 기술의 확산을 지체할 우려가 있음도 알 수 있었다. 더욱이 역치분포의 변화와 네트워크 외부성으로 인한 풀림현상으로 인해 확산의 결과는 변동적일 수 있으며, 따라서 쉽게 예측될 수 없음을 알 수 있었다. 이와 같은 발견은 국지적 특성이 강한 개인간 사회 네트워크에서는 몇몇 여론주도자의 확보만으로 성공적인 기술의 확산을 담보하지 못할 수도 있다는 시사점을 제공한다.

이러한 의미 있는 몇 가지 발견에도 불구하고 본 연구에서 고려하지 않은 많은 요인들이 존재한다. 우선 연구의 목적에 따른 의도적인 부분이기도 하나, 기술의 차이, 수용자의 차이를 무시하였다. 물론 제시된 모형에서 기술의 효용이나 수용자의 특성 등을 반영할 수 있는 여지는 있으나 이를 통한 보다 복잡한 분석결과는 추후연구를 통해 이루어지는 것이 더욱 바람직하다고 판단하였다. 또한 네트워크의 중심성 이외의 다양한 구조적 특성, 가령 네트워크의 밀도, 네트워크의 유형 등에 따른 분석결과와의 차이도 의미 있는 추후연구의 주제가 될 수 있다고 생각된다. 두 번째로, 본 연구가 시뮬레이션을 통한 확산의 동태적 과정을 분석하고 있지만, 시간에 따른 네트워크의 변화를 고려하지는 못하였다. 일반적으로 하나의 제품이나 기술이 대중에게 확산 되는 데는 많은 시간이 소요될 수 있고, 이로 인해 확산의 과정에서 사회 네트워크의 구조가 변경될 수 있다. 네트워크 위상변화에 따른 사회 네트워크의 진화와, 이로 인한 확산의 동태성에 대한 연구는 본 연구결과를 바탕으로 수행될 수 있는 좋은 추후 연구과제로 생각된다. 마지막으로 본 연구가 가지는 근본적인 한계는 과연 제시된 확산모형이 얼마나 실제의 기술경쟁상황을 정확하게 반영하고 있는가 하는 점이다. 이는 비단 본 연구뿐만 아니라 컴퓨터 시뮬레이션을 사용한 대부분의 연구가 가지는 한계이자 과제이기도 하다. 시뮬레이션은 매우 다양한 상황을 고려할 수 있다는 점에서 매우 유연한 방법론임과 동시에 가정의 적법성(legitimacy)과 현실의 부합성을 엄밀하게 입증해야만 하는 어려움을

동시에 가진 방법론이기 때문이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김도훈, “양면시장형 산업생태계에서 플랫폼 경쟁에 관한 진화게임 모형”, 『한국경영과학회 학술대회논문집』, (2010), pp.39-69.
- [2] 최대현, “네트워크 외부효과를 고려한 두 단계 공급체인에서의 신기술 도입과 확산속도에 대한 연구 : 구매자-공급자간 관계 요인에 대한 모형”, 『한국경영과학회지』, 제38권, 제3호(2013), pp.51-70.
- [3] 홍정식, 구훈영, “확산이론 관점에서 로지스틱 모형과 Bass 모형의 비교”, 『한국경영과학회지』, 제37권, 제2호(2012), pp.113-125.
- [4] Abrahamson, E. and L. Rosenkopf, “Social network effects on the extent of innovation diffusion: A computer simulation,” *Organization Science*, Vol.8, No.3(1997), pp.2389-2390.
- [5] Ancona, D.G. and D.F. Caldwell, “Demography and design : Predictors of new product team productivity,” *Organization Science*, Vol.3, No.3(1992), pp.321-341.
- [6] Arthur, W.B., “Competing technologies, increasing returns, and lock-in by historical events,” *Economic Journal*, Vol.99, No.34 (1989), pp.116-131.
- [7] Arthur, W.B., “Increasing Returns and the Two Worlds of Business,” *Harvard Business Review*, Vol.74, No.4(1996), pp.100-109.
- [8] Bala, V. and S. Goyal, “Learning from neighbours,” *Review of Economic Studies*, Vol.65, No.3(1998), pp.595-621.
- [9] Bantel, K.A. and Susan E.J., “Top management and innovations in banking : does the composition of the top team make a difference?,” *Strategic Management Journal*, Vol. 10(1989), pp.107-124.

- [10] Borgatti, S.P., Centrality and network flow, *Social Networks*, Vol.27(2005), pp.55-71.
- [11] Burt, R.S., "Social contagion and innovation : cohesion versus structural equivalence," *American Journal of Sociology*, Vol.92, No.6(1987), pp.1287-1335.
- [12] Carter Jr., F.J., T. Jambulingam, V.K. Gupta, and Melone, N., "Technological innovations : a framework for communicating diffusion effects," *Information and Management*, Vol. 38(2001), pp.277-287.
- [13] Centola, D., "The Spread of Behavior in an Online Social Network Experiment," *Science*, Vol.329, No.5996(2010), pp.1194-1197.
- [14] Farrell, J. and G. Saloner, "Installed Base and Compatibility : Innovation, Product Preannouncements, and Predation," *American Economic Review*, Vol.76, No.5(1986), pp.940-955.
- [15] Farrell, J. and G. Saloner, "Standardization, Compatibility, and Innovation," *Rand Journal of Economics*, Vol.16, No.1(1985), pp.70-83.
- [16] Freeman, L.C., "Centrality in networks : I. Conceptual clarification," *Social Networks*, Vol.1(1979), pp.215-239.
- [17] Freeman, L.C., S.P. Borgatti, and D.R. White, "Centrality in valued graphs : a measure of betweenness based on network flow," *Social Networks*, Vol.13(1991), pp.141-154.
- [18] Granovetter, M., "Threshold models of collective behavior," *The American Journal of Sociology*, Vol.83, No.6(1978), pp.1420-1443.
- [19] Hur, W., "Dynamics of Technology Adoption in Markets Exhibiting Network Effects," *Asia Pacific Journal of Information System*, Vol.20, No.1(2010), pp.127-140.
- [20] Katz, E. and P.F. Lazarsfeld, "Personal influence : the part played by people in the flow of mass communications," Free Press, Glencoe, Ill, 1955.
- [21] Katz, M.L. and C. Shapiro, "Network Externality, Competition and Compatibility," *American Economic Review*, Vol.75, No.3(1985), pp.424-440.
- [22] Katz, M.L. and C. Shapiro, "Systems Competition and Network Effects," *Journal of Economic Perspectives*, Vol.8(1994), pp.93-113.
- [23] Kim, J. and W. Hur, "Diffusion of competing innovations in influence networks," *Journal of Economic Interaction and Coordination*, Vol.8, No.1(2013), pp.109-124.
- [24] Kiss, C. and M. Bitchler, "Identification of influencer : measuring influence in customer networks," *Decision Support Systems*, Vol.47 (2008), pp.233-253.
- [25] Lee, E. and J. Lee, "Reconsideration of the Winner-Take-All Hypothesis : Complex Networks and Local Bias," *Management Science*, Vol.52, No.12(2006), pp.1838-1865.
- [26] Reagans, R. and E.W. Zuckerman, "Networks, Diversity, and Productivity : The Social Capital of Corporate R&D Teams," *Organization Science*, Vol.12, No.4(2001), pp.502-517.
- [27] Rogers, E.M., *Diffusion of Innovations* : 5<sup>th</sup> edition, FreePress, NewYork., 2003.
- [28] Rosenkopf, L. and E. Abrahamson, "Modeling reputational and informational influences in threshold models of bandwagon innovation diffusion," *Computational and Mathematical Organizational Theory*, Vol.5, No.4 (1999), pp.361-384.
- [29] Valente T.W., "Network Models of the Diffusion of Innovations, Hampton Press," Cresskill, NJ., 1995.
- [30] Valente, T.W., "Social network thresholds in the diffusion of innovations," *Social Networks*, Vol.18(1996), pp.69-89.

- [31] Watts, D.J. and P.S. Dodds, "Influentials, Networks, and Public Opinion Formation," *Journal of Consumer Research*, Vol.34, No.4(2007), pp.441-458.
- [32] Weitzel, T., D. Beimborn, and W.A. König, "Unified Economic Model of Standard Diffusion : The Impact of Standardization Cost, Network Effects, and Network Topology," *MIS Quarterly*, Vol.30, No.1(2006), pp.489-514.