

조달청 OPEN API 빅데이터를 활용한 공공 소프트웨어 산업의 SNA 패턴 분석*

김소정*, 심선영**, 서용원***

요약 본 연구는 우리나라를 대표하는 개방 데이터인 조달청의 빅데이터를 활용하여, 최근 사회과학 연구에서 활발하게 사용되는 사회관계망 분석을 통해 정부의 특정 정책(소프트웨어 대기업 참여 상한제) 전후의 산업 네트워크 구조를 비교 분석함으로써 소프트웨어 시장의 생태계 변화를 조망하고 공공데이터 개방의 시사점을 살펴보는 것을 목적으로 한다. 2013년에서 2015년까지 3년에 걸쳐 공공 소프트웨어 시장의 정보화 사업에 대한 발주 및 수주 계약 데이터를 분석해 본 결과, 첫째 공공 소프트웨어 시장에서 Power Law현상이 관찰되고 있으며, 이 현상은 규제 등의 외부적 충격과 상관없이 지속되고 있음을 알 수 있었다. 둘째, 이 시장에서 Power Law현상은 지속되고 있었지만 생태계의 구성은 연도별로 유의미한 차이를 보임도 확인하였다. 이러한 결과를 바탕으로, 공공 소프트웨어 시장의 생태계 구성 및 변화에 대한 시사점을 도출하고, 근본적으로 이러한 분석을 가능케 하는 공공 빅 데이터 개방의 장점에 대해 논의하였다.

주제어: 빅데이터, 조달청, 데이터 개방, SNA, 소프트웨어 산업

SNA Pattern Analysis on the Public Software Industry based on Open API Big Data from Korea Public Procurement Service

Sojung Lucia KIM, Shim, Seon-Young, Seo, Yong-Won

Abstract This study investigated the ecological change of public software industry, comparing the pre and post structure of industry network based on the application of the regulation restricting large company participation in public software market. For this purpose, we used big data of the software market from Korea Public Procurement Service and used the SNA(Social Network Analysis) methodology which is being actively used in the area of social science recently. Finally, we highlighted the contribution of open public data. By analyzing order and contract data of the public software industry for 3 years – from 2013 to 2015 – we found out two main things. First, we observed that Power Law distribution had been going on in the public software industry, regardless of the external impact of regulation. Second, despite the existence of such Power Law distribution, we also observed the ecological change of industry structure from year to year. We presented the implication of such findings and discussed the advantage of open public data as the original motivator of this study.

Keywords: big data, public procurement service, open data, SNA, software industry

2017년 6월 26일 접수, 2017년 7월 7일 심사, 2017년 8월 18일 게재확정

* 이 논문은 2016년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2016S1A5A2A01023215)

저자들은 본고에 활용된 데이터의 수집과 분석에 도움을 주신 조달청 전자조달기획과 고재걸 사무관님과 이선영 주무관님께 특별히 감사의 인사를 드리며, 새로운 비즈니스 기회와 고품질 고용 창출을 위해 공공데이터의 통합/개방/활용을 추진하시는 다양한 이해관계자분들께도 감사드립니다.

** 성신여자대학교 경영연구소 연구교수(sojung.kim@gmail.com)

*** 교신저자, 성신여자대학교 경영학과 부교수(syshim@sungshin.ac.kr)

**** 중앙대학교 경영학부 교수(seoyw@cau.ac.kr)

I. 개요

4차 산업혁명의 도래와 더불어 빅데이터는 이제 2.0의 시대를 맞이하고 있다. 지난 20년간 관찰되었던 Web의 폭발과 Web 2.0으로의 진화 경로와 마찬가지로, 이제 빅데이터는 그 자체가 내포하는 거대한 잠재성과 과학적인 분석 방법에 대한 소구를 넘어, 기업과 공공에서 보유하고 있는 다양한 빅데이터를 개방하고 데이터간 매쉬-업(Mash-Up)¹⁾의 활용 및 다양한 기법의 분석을 유도하여 새롭고 가치 있는 정보 활용을 모색하는 단계로 접어들고 있다.

우리 정부는 '정부 3.0'을 표방하여 각 정부부처 및 공공기관 데이터의 개방 및 활용을 장려하여 왔으며, 과학기술정보통신부, 한국정보화진흥원 등이 중심이 되어 공공데이터 활용을 위한 다양한 프로그램 모색에 노력을 기울이고 있다(이혜원·명승환, 2013). 뿐만 아니라 세계 각국의 전자 정부 준비 정도에 대한 평가를 수행하여 왔던 UN은 획일적인 발전 단계 모델(Staged Mode) 중심의 전자정부 수준평가를 넘어서 국가적 거버넌스 투명성(Governance Transparency)과 사회적 개발 목표(Social Development Goal)를 달성하기 위한 방안으로 최근에 들어 투명한 정부 정책의 실현을 위한 공공데이터 개방을 주요한 평가지표로 활용하기 시작하였다. UN의 전자정부 및 공공데이터 개방 가이드라인에 따르면 가장 주요하게 공공에 제공되어야 하는 데이터는 국가의 입찰 및 계약 정보를 포함하고 있는 정부의 조달 데이터이며, 우리나라의 경우 대표적인 G2B(Government to Business)사이트인 나라 장터를 통해 매 시각 발생하는 빅데이터가 이에 해당된다.

본 연구에서는 우리나라의 대표 개방 데이터인 조달청의 빅데이터를 활용하여 최근 들어 사회과학 연구에서 활발하게 사용되는 사회 관계망 분석(Social Network Analysis, 이하 SNA)기법을 통해 정부의

특정 정책(본 연구에서는 대기업 상호출자 전면제한) 전후의 네트워크 구조를 비교 분석함으로써 정책의 효과를 조망할 수 있는 초석을 다지고 공공데이터 개방의 시사점을 살펴보는 것을 목적으로 한다.

한편, 오늘날과 같은 초연결 세계에서는 점차적으로 Power Law 분포(멱함수 분포)가 더욱 일반적인 현상으로 자리매김하고 있으며(Albert, et al., 2002), 전통적으로 정규분포를 가정하고 발전하여 왔던 기존의 사회 경제이론을 적용하기가 점차 어려워지고 있다(조상섭 외, 2013). SNA는 기본적으로 행위자간 연결 상태를 가정하고 분석한다는 점에서, 특정한 경제적 충격에 따른 경제의 구조 변화를 조망하고 분석할 수 있는 도구로 각광받고 있는 바(조상섭 외, 2013), 본 논문은 대기업 상호출자 전면 제한과 같은 소프트웨어 산업 에코시스템에 충격과 변화를 줄 것으로 예상되는 특정 사건의 전후에 따른 경제 구조의 변화를 산업 네트워크 구조의 Power Law 변화 양상을 통하여 분석하고자 한다.

분석의 대상으로서 조달청 나라장터의 다양한 공공데이터 중에서도 특히 본 연구에서 관심을 가지는 부분은 공공정보화 시장의 수·발주 내역이다. 2014년 기준, 공공정보화 시장규모는 4조 6,467억 원으로 전체 SI 시장의 30% 이상을 점유할 정도로 비중이 있으며, 이는 민간 정보화 시장의 절반 정도의 규모로 소프트웨어 산업 내 프로젝트 가격, 하도급 구조, 전문 소프트웨어 인력의 양성 등에서 중요한 역할을 한다. 특히, 공공 IT서비스 시장에 참여하는 기업과 참여하지 않는 기업을 비교해 보면, 대기업 군과 중견·중소기업 군 모두 참여 기업수가 비 참여 기업 수에 비해 더 많은 것을 알 수 있다. 따라서 공공정보화 시장의 구조에 대한 이해는 국내 소프트웨어 산업을 이해하는데 매우 중요한 부분이라 할 수 있다. 나아가 국내 소프트웨어 시장의 구조분석이라는 굵직한 논제로의 접근이 공공데이터 개방을 배경으로 한층 보편화 되었다는 것

1) 다양한 원천과 다양한 형태의 데이터를 창조적으로 통합하여 새로운 지식자원과 서비스를 만들어내는 것

은 주목할 만한 일이다.

요약하면, 본 연구의 목적은 소프트웨어 산업 네트워크의 Power Law 현상의 존재 여부를 공공 빅데이터를 활용하여 분석하되, 기존의 연구(Iyer, et al., 2006; Gulati, et al., 2012)에서 소프트웨어 산업에 대해 수행한 사회관계망 분석 방법론과 복잡계 연구에 기반한 강건한 연구 방법론(Clauset, et al., 2009, Efron, 1992)을 통합하여 검증하는 것에 있다. 만약 소프트웨어 산업에 Power Law 현상이 존재한다면, 대기업 상호출자 전면 제한이라고 하는 정보화 정책의 적용에 따라 생태계가 Power Law 분포 측면에서 유의미하게 변화하였는지를 분석하고 시사점을 정리하는 것에 있다.

본 논문의 구조는 다음과 같다. 2장에서는 SNA에 기반한 산업 생태계 연구를 중심으로 관련 선행연구를 정리하고 연구에서 관심 있게 다루는 소프트웨어 시장 규제에 대해 알아본다. Ⅲ장에서는 복잡계 이론의 Power Law를 활용하여 가설을 제시한다. Ⅳ장에서는 본 연구에서 사용한 데이터의 개요를 밝힌다. Ⅴ장에서는 데이터 분석을 위한 실용적인 연구 방법론 및 분석결과를 소개한다. 마지막으로 Ⅶ장에서는 결론을 제시함으로써 시사점과 한계점을 논의한다.

Ⅱ. 이론적 배경

1. SNA와 비즈니스 에코시스템 연구

SNA의 기본 요소는 사회적 구성 요소들 간의 상호 작용에 따라 발현되는 관계와 이들 관계들의 형태나 규칙적인 패턴을 의미하는 구조로 구분된다(이우기 · 박순형, 2014). 그런데, 사회적 구성 요소(행위자)들이 어떤 관계를 형성하고 있는가에 따라 네트워크의 구조가 달라지므로, 네트워크 분석은 행위자들 간의 관계 특성을 의미하는 네트워크의 구조적 특성을 규명하는 것에 초점을 두어야 한다(이재근 외, 2013). 한편, 네트워크 이론가들(Newman, 2005; Albert &

Barabasi, 2002)의 연구에 따르면, 복잡계 시스템과 이를 구성하는 복잡한 네트워크의 특성 중의 하나는, 광범위하게 관찰되는 멱함수의 법칙이다. 오늘날과 같은 멱함수(이하 Power Law)가 지배하는 초연결 세계에서는 정규분포를 가정하고 발전하여 왔던 기존의 사회 경제이론을 적용하기가 점차 어려워지고 있기 때문에(조상섭 외, 2013, Albert, et al., 2002), SNA는 기본적으로 행위자간 연결 상태를 가정하고 분석한다는 점에서, 특정한 경제적 충격에 따른 경제 구조를 조망하고 산업 생태계를 분석하기 위한 도구로 활용될 수 있을 것이다(조상섭 외, 2013).

다음으로 이 같은 SNA를 활용한 비즈니스 에코시스템에 대한 연구를 조망한다. 일반적으로 산업 생태계 내에는 수많은 기업들이 보완 · 경쟁적 관계를 거치며 공진화(co-Evolution)하고 있다. 그들 중에는 산업 생태계 또는 플랫폼의 리더 역할을 하는 키스톤(Keystone)기업과 키스톤의 경쟁사(Wannabes) 및 시장 지배자(Dominator), 그리고 수 많은 틈새 역할자(nich-Player)들이 존재한다(Iansiti & Levien, 2004). 기업 간 협력과 경쟁 구조, 나아가 산업 네트워크의 진화 형태를 분석한다는 것은 그 환경에 속한 많은 기업들에게 매우 의미 있는 정보를 제공한다. 예를 들면 그 환경 내에서 특정 기업의 역할이라든가, 내 · 외부적 생태계 변화 요인을 파악하고 이로 인해 생태계 구조가 어떻게 변화해 왔는지를 살핌으로써 그 속에서 각 기업이 취해야 하는 전략을 수립할 수 있게 한다(Mäkinen & Dedehayir, 2012). 이러한 측면에서 비즈니스 에코시스템에 대한 연구는 다양한 산업에서 진행되어 왔다.

대표적으로 Rosenkopf & Schilling(2008)은 32개 산업을 대상으로 기업 간 협력관계를 파악하여 네트워크 구조 분석을 수행하였다. 그들은 기술 불확실성, 산업 역동성, 상품 모듈화나 구조적 통제정도에 따라 각 산업별 네트워크 구조가 매우 다양함을 밝혔다. IT 산업에서의 에코시스템 분석을 살펴보자면 모바일 산업의 에코시스템(Rohrbeck, et al., 2009; Basole,

2009), 마이크로프로세서 산업생태계(Garnsey, et al. 2008), 아마존의 웹 서비스 생태계(Isckia, 2009), 소프트웨어 산업 네트워크(Iyer, et al., 2006; Gulati, et al., 2012), 시스코의 비즈니스 에코시스템(Li, 2009) 등이 있었다. 이러한 연구들은 그 생태계 내에서 키스톤, 워너비, 도미네이터와 니치-플레이어를 파악해 내고 이들 간 상호관계와 의존도, 공동 진화의 과정을 살핌으로써 그 산업에 대한 구조를 보다 잘 이해할 수 있게 하였다.

2. 소프트웨어 산업의 생태계 연구

IT산업 중에서도 소프트웨어 산업으로 대상을 좁혀 생태계 연구를 살펴보자면 일부 연구가 존재하는데 Iyer, et al.(2006)와 Gulati, et al.(2012) 연구가 대표적이다. Iyer, et al.(2006)의 연구에서는 12년간 소프트웨어 기업의 네트워크를 분석하였다. 분석기간 동안, 미국 소프트웨어 산업 내 기업의 수는 445개에서 3,202개로 증가였고 각각의 영역이 전문화 되면서 네트워크의 전반적 밀집도(Network Density)가 줄어들고 기업 간 평균 연결 기업 수(Degree of Linkage) 또는 평균 파트너 기업 수(Degree of Partners)가 증가함으로써 소프트웨어 산업은 연결성 면에서 규모가 점점 작아지는 스몰 월드(Small World)가 되어 감을 밝혔다.

또한 Gulati, et al.(2012)은 다년간에 걸쳐 소프트웨어 산업에 대한 네트워크를 분석하였다. 재미있는 것은 전 산업을 강타하는 충격적인 사건이 발생하게 되면 스몰 월드(Small World) 현상과 네트워크 밀집도가 증가하게 되는데 미국의 소프트웨어 시장에서는 닷컴 버블이 그러한 역할을 했다는 것이다. 닷컴 버블 당시 산업과 시장의 이해관계자들은 충격의 완화 또는 앞으로 다가올 새로운 변화 모색을 위하여 더욱 밀집된 네트워크를 구성하게 되었고 결과적으로 각 노드간의 거리가 짧아지는 스몰 월드 현상이 강화된 것이다.

본 연구에서는 소프트웨어산업에 대한 네트워크 분

석을 한 이 두 연구(Iyer, et al., 2006; Gulati, et al., 2012) 의 소셜 네트워크 분석방법을 기본적으로 참고하였다. 또한, 본 연구에서는 네트워크 구조에 있어 Power Law가 존재하는지에 주요 관심을 두는데 이를 위해서는 Clauset, et al.(2009)의 Power Law 분석방법을 차용하였다. 나아가 공공소프트웨어 산업의 네트워크 구조가 대기업 참여 제한 규제 하에서 어떻게 변화하여 왔는지도 고찰해 보는데 이 규제에 대해서는 이어지는 절에서 자세히 설명하겠다.

3. 소프트웨어 대기업 참여 상한제

우리 정부는 ‘소프트웨어산업 진흥법’을 개정하여 2013년 1월부터 공공정보화 사업에 상호출자제한 대기업의 진입을 규제하여 왔다. 본 입법의 취지는 한국 소프트웨어진흥원 정책연구센터(현 정보통신산업진흥원)에서 2008년 발표한 소프트웨어 선진화 방안으로 거슬러 올라갈 수 있다. 당시의 조사 결과에 따르면, 소프트웨어 산업의 매출구조는 전반적으로 영세하며 특히 대기업과 중소기업의 일인당 매출 차이가 심각하고 또한 그룹사 거래를 통해 그룹 내 의존도가 높은 기업의 영업이익률이 상대적으로 높았다. 또한 소프트웨어 시장의 전반적 수익구조는 개발용역 중심의 인력투입형 저부가가치 모델의 비중이 높기 때문에 고성장 부가가치로의 시장 변화를 모색할 필요가 있다고 보았다. 한편 소프트웨어 기업들의 거버넌스 구조에 대해서 주목해야 하는데, 소프트웨어 기업 간 거래 구조는 원도급과 하수급으로 구분된다. 발주자와의 직접 계약의 주체인 원도급은 제 1계약자이며, 하수급은 하청의 협력 계약이다. 상대적으로 영업이익률이 높은 원도급 매출은 100%인 경우가 과반 수를 넘어 원도급 비율이 높은 편이고, 대기업과 소기업의 원도급 비율이 높은 반면, 중견기업들의 하도급 비중이 높은 편이며, 이들의 하수급 비율이 높을수록 영업이익이 낮게 발생하는 경향이 있었다.

한편 이와 같은 대기업 참여 제한 시행을 기준으로

찬반 그룹간의 공방이 계속되어 왔는데, 찬성하는 측의 논리는 중소기업의 참여를 확대하여 육성해야만 국내 소프트웨어 산업이 발전할 수 있다는 것이며, 반대하는 논리는 공공정보화 시스템의 품질관리 문제와 법 개정 이후 중소기업들의 실적이 오히려 악화되어 중소기업의 육성이라는 법 개정의 실효성이 없다는 것이었다. 한국경영정보학회는 지난 2015년 8월 소프트웨어 산업 진흥법 전·후의 소프트웨어 기업들의 재무제표를 중심으로 정책의 효과를 분석하는 연구를 발표하였는데(이호근 외, 2015), 본 법률의 시행으로 중소기업들의 생산성과 기회창조성은 나빠졌으며 강건성도 좋아진 것이 없는 것으로 분석되어 결론적으로 소프트웨어 산업 생태계에 부정적인 영향을 미치고 있음을 지적한 바 있다.

이러한 일련의 연구들은 소프트웨어 산업의 변화에 대해 근본적으로 다음과 같은 질문을 제기한다. 우리가 관행적으로 사용하는 '산업 생태계'의 변화란 근본적으로 무엇을 의미하는가? 소프트웨어 산업의 거버넌스 구조에 대한 소프트웨어진흥원의 연구를 참조하면 단편적인 개별 기업의 이익 보다는 산업의 전체 구조를 파악하는 것이 중요함을 알 수 있다. 기업의 지배 구조와 거래구조에 따라 이익을 창출하는 메커니즘이 전혀 다르기 때문인데, 예를 들면 하수급 비율이 높은 중견기업은 매출이 증가할수록 오히려 이익률이 감소함을 보인다. 따라서 본 연구에서는 소프트웨어 산업 생태계 육성을 표방한 정부의 정책을 전·후로 소프트웨어 산업의 거버넌스 또는 네트워크 구조가 어떻게 변화하였는지를 우선적으로 고찰함으로써, 이러한 정책적이지는 시사점에 접근해 보고자 한다.

Ⅲ. 가설제시

소프트웨어 산업 생태계의 특징과 변화에 대해 본 연구에서 구체적으로 관심을 가지고 분석해 보고자 하는 것은 두 가지이다. 첫째, 이 산업의 네트워크가 복잡적응계의 특징을 바탕으로 Power Law 현상을 보이

는가? 둘째, 대기업 참여 제한 규제 하에서 년도에 따라 산업생태계의 특징에 변화가 있었는가? 이어지는 절에서는 관련 이론을 바탕으로 가설을 제시해 본다.

1. Power Law 현상

John Holland(1995)가 이론적 체계를 정립한 복잡적응계(complex adaptive system)는 다양성, 자율성, 변화가능성을 주요 특징으로 한다. 이를 공공 소프트웨어 생태계에 적용시켜 보면, 이 산업은 구성요소가 바뀌어도 조직의 일관성이 유지되는 동태적 시스템으로 병렬적으로 행동하는 수많은 행위자를 포함하고 있으며(예, 다양한 소프트웨어 이해관계자의 존재), 시스템의 제어가 고도로 분산되어 있고 통합 조정자가 없으며(예, 자율적으로 소프트웨어 계약이 체결되고 수행됨), 평형상태가 없거나 무의미하다는 특징을 지닌다(예, 지속적으로 계약 규모와 내용이 변화함). 즉 소프트웨어 산업에도 다양성과 자율성 및 변화가능성의 속성이 충분히 내재됨으로써 하나의 거대한 복잡적응계로 볼 여지가 엿보인다.

거듭제공법칙이라 불리는 Power Law는 이 복잡적응계에서 창발적으로 자생하는 조직의 질서를 설명할 수 있는 이론이다. Zipf Law라고도 불리는 이 법칙은 언어학자인 George Zipf가 성경에 나타나는 단어의 빈도수를 분석하면서 발견된 법칙으로 최소 노력의 법칙(Principle of Least Effort) 이라고도 한다. 즉 복잡계에서 사람, 물건, 시간, 기술 등은 스스로 노력과 수고를 최소화하려는 원칙을 가지고 있어서 약 20 대 80 또는 30 대 70의 비율로 자원 투입의 배분을 하게 되는데 그에 따른 결과로 활동의 불평등이 나타난다는 것이다. 예컨대 소득의 양극화나 빈익빈 부익부 현상 등을 들 수 있다. Barabasi(2000)는 20대80 법칙의 배후에는 언제나 이 같은 Power Law가 존재한다고 하였다. Power Law 현상은 비단 언어학에서 뿐만 아니라 품질 연구학자인 조세프 주란, 퍼지 이론가인 브누가 만델브나 필립 볼 등 다양한 학자들이 제시함으

로써 복잡한 사회현상을 설명하는 이론으로 간주되어 왔다.

Power Law는 다음 조건을 만족할 때 발생한다 (Holland, 1995; Sherman & Schultz, 1998). 첫째, 하나의 시스템 안에 서로 병렬적으로 행동하는 수많은 행위자들로 구성된 그물망(Network of Interacting Agents)이 있고, 이들이 자기조직적 임계성(Self-Organized Criticality)을 경험하며 적응해 나갈 때이다. 이를 자기 조직화(Self Organization)라 일컫는데, 이는 조직이 스스로 조직 그 자체를 만들어 간다는 진화론적 설명이다. 외부로부터 강한 무엇인가를 조직에 적용시켜 조직이 강화되는 것이 아니라, 조직 스스로 자기의 속성을 파악하고 그 속성을 활용하여 적응해가며 조직을 성장시키는 형태이다. 행위자들은 체제 속에서 불안정성과 불확실성에 의한 복잡성의 임계점을 맞게 되면 그 무질서의 특징을 유효하게 활용하여 질서를 수립하며 ‘자기 조직화’를 진행한다. 모순적인 면이 있지만 그야말로 자율적 정보생성과 진화적 창조가 추구되며 시스템을 유지해 나가는 것이다. 둘째, 상전이 현상(Phase Transition)의 발현이다. 이것은 앞서 설명한 자기 조직화와 밀접한 관계가 있다. 불규칙한 계(Phase)에서 일정한 조건이 갖춰지어 임계점에 도달하게 되면 어느 순간 새로운 규칙이 나타나 상전이 일어나고 그에 따라 새로운 패턴이 발생하게 되는 것이다. 따라서 시스템이 스케일과 무관하게 일정하게 유지되는 평형 상태가 된다. 척도 없는 네트워크(scale-free network)의 특징은 연결수의 분포가 거듭제곱법칙을 따른다는 것과 강력한 허브가 존재하고 규모적 특성을 나타내는 특정한 척도가 없다는 것이다 (Barabasi, 2003).

이상의 내용을 적용해 보면, 소프트웨어 산업 내에서도 자기 조직화와 상전이 현상이 존재한다고 기대해 볼 수 있다. 기본적으로 이해관계자의 다양성, 상호계약의 자율성 및 변화가능성이라는 복잡적응계 시스템의 특징이 존재하며, 산업 내 개별 기업들은 메타적 조정자의 통제 없이도 스스로 효율적 방식을 찾아 적응

해 나가는 자기조직화 행위자들이다. 또한, 공급사가 고객사에게 1대1로 대응하여 소프트웨어 개발 서비스를 제공한다는 본질적 규칙이 다수 경쟁자가 공존하는 복잡한 시장 속에서 다단계의 하도급 구조 및 분리 발주, PMO(Project Management Officer)의 등장 등 끊임없이 새로운 규칙을 생성해가며 변화해가고 있다. 따라서 이러한 소프트웨어 산업의 네트워크 역시 Power Law 분포를 따를 것으로 기대해 볼 수 있는 것이다. 비록 규제 및 정책의 시행 등 여러 외적 영향이 존재했다 하더라도 이해관계자의 다양성, 상호계약의 자율성 및 변화가능성이라는 생태계의 본질적 특징이 유지되는 한 구조적 변화에 크게 상관없이 Power Law 현상이 소프트웨어 산업생태계 내에서 지속 될 것으로 기대해 볼 수 있겠다.

가설 1 : 소프트웨어 산업 네트워크에는 Power Law 현상이 존재할 것이다

가설 1-1 : 소프트웨어 산업 네트워크의 Power Law 현상은 규제의 적용에 관계없이 지속될 것이다.

2. 생태계 비교 분석

사회학적 시스템인 비즈니스와 산업을 자연계에 존재하는 생태계라는 은유법으로 표현하는 것은 필연적으로 다음과 같은 한계를 가진다. 자연계에는 절대로 중단되지 않는 자원을 가진 원천인 태양이 있다. 그러나 비즈니스에서는 이 같은 특성을 지닌 이해관계자가 존재하기 힘들다. 일부 학자들은 기업에 이익을 제공하는 대상이라는 점에서 고객을 태양에 비유하기도 하지만, 고객의 자원 역시 여타의 이해관계자로부터 영향을 받기 때문에 이 같은 비유는 부적절하다. 다만 조직생태학 관점에서 비즈니스와 산업의 생태계를 조망해 볼 수 있는데, 조직생태학은 조직간의 경쟁을 분석하고, 조직들이 생태지위를 어떻게 활용하는가에 따른 변화 분석에 도움을 준다. 그리고 이 같은 생태지위 개

념을 정교화하고 분석하는 과정에서 네트워크 이론 등 복잡계 과학의 기법과 이론이 도입될 수 있다. 예를 들면 생태학자인 스튜어트 카우프만의 N-K 모형과 같은 적합 지형도 모형이 활용되기도 한다.

본 연구에서는 관련 연구에서 광범위하게 사용되는 켄달 타우 순위(Kendall tau Rank) 상관분석을 활용한다. 이 방법은 A라는 지역의 생태계와 B라는 지역의 생태계가 유사한지 또는 이질적인지를 비교하기 위해서 A 생태계에 속하는 종들(Species)과 그들의 분포를 B 생태계에 속하는 종들 및 그들의 분포와 비교하여 두 생태계를 비교 분석하는 방법이다. 켄달 타우 계수는 다음과 같이 계산하며, 결과값에 따라 상관관계의 방향성(양의 상관관계 또는 음의 상관관계) 및 상관관계의 정도를 알 수 있다.

$$\gamma = \frac{(\text{number of concordant pairs}) - (\text{number of discordant pairs})}{n(n-1)/2}$$

대기업의 공공정보화 사업 참여에 대한 전면제한은 2013년에 시행되었으나, 그 이전부터 점진적으로 시행되어져 왔다. 2003년 3월 고시 제정을 통해 대기업의 참여대상 사업에 대한 하한액을 정하기 시작하였고, 수차례 고시 개정을 통해 사업금액의 하한액을 점진적으로 증가시켰다(2006년, 2007년, 2008년, 2011년). 2013년 1월에는 급기야 상호출자제한 대기업의 공공정보화 사업 참여를 전면 제한하는 제도를 시행하였다. 과거 사업금액별 하한액을 두어 상호출자 대기업의 공공정보화 사업 참여를 제한하였으나, 전면제한 시행으로 예외 적용을 받는 사업을 제외한 모든 사업에 대기업의 참여가 제한되게 됨으로써 소프트웨어 시장에서 지각변동이 발생한 셈이다.

전술하였듯, 공공정보화 시장에 대기업 진입을 제한한 배경은 공공정보화 부문에 중소기업들의 참여를 확대하여 중소기업 및 중소기업의 경쟁력을 확대하고자 하는 것이다. 만약 공공정보화 부문에 대기업의 진입을 제한하기 시작한 2013년 1월 이후 법 개정의 취지대로 중소기업의 경쟁력이 향상되고 육성 되었

다면 이는 소프트웨어 산업의 구조와 생태계의 변화로 이어졌을 것이고 이에 이 산업에서 여전히 Power Law는 유지된다 하더라도(가설 1) 참여자 구성 및 순위 등의 분포변화는 발생했으리라 예상해 볼 수 있을 것이다.

긍정적으로는 중소기업의 시장참여가 확대될 것이라는 전망에 의한 네트워크 변화를 기대해 보겠지만, 우려하는 쪽에서는 대기업 일자리와 선행투자가 감소하고, 과거 대기업과 비교해 경쟁력이 약한 중소기업체들만 시장에 남게 됨으로써 실제 수주에 있어 외국계 대형 벤더들의 가격협상력에 밀려 오히려 시장을 빼앗길 수도 있다는 관점도 있었다. 어떠한 결과가 나타나던 이는 대기업 상호출자 전면제한이라는 규제하의 산업 네트워크 변화로 볼 수 있을 것이다. 따라서 이러한 규제의 적용대상이 되는 정보화 사업 수주자를 대상으로 그들의 네트워크에 대해 다음과 같이 가설해 볼 수 있다.

가설 2 : 대기업 상호출자 전면제한의 결과로 소프트웨어 산업의 수주자 네트워크 생태계는 변화하였다.

IV. 데이터 개요

1. 데이터 수집 및 분석 방법

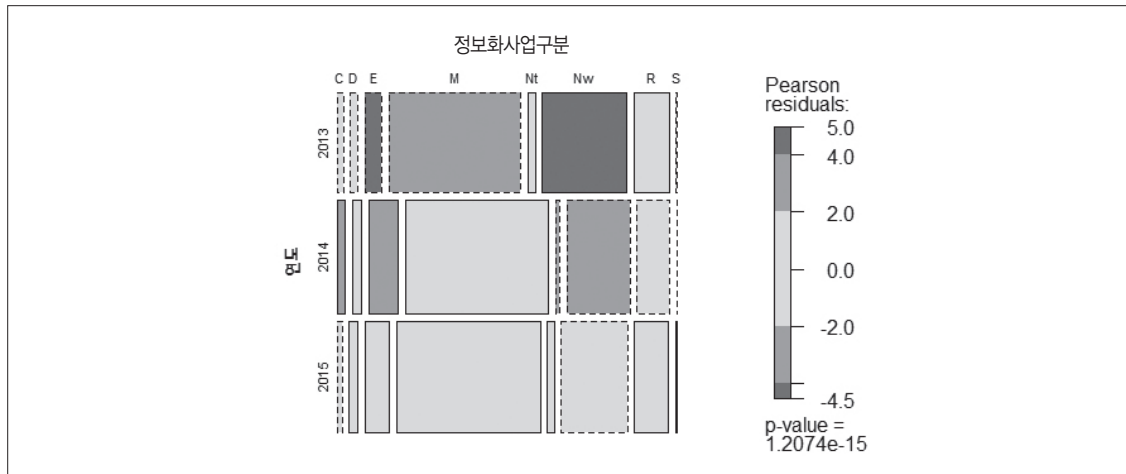
본 연구 수행을 위해 공공에 개방된 데이터 포털(www.data.go.kr)의 open API를 활용하여 공공 조달 데이터를 수집하였다. 현재까지 공개된 2013년부터 2015년 10월까지의 조달청의 계약 데이터를 수집하였으며, open API 파싱을 통해 수집한 조달청의 발주공고 및 계약 데이터는 다시 공개 DBMS인 MySQL에 저장하여 정규화 과정 및 필터링 과정을 거쳐 분석되었다. 2013년에서 2015년의 기간 동안 최종적으로 총 8,769건의 정보화사업 계약 데이터를 추출하였으며, 기초 데이터 분석 및 기본적 SNA 분석은 R의

vcd, ineq 및 igraph 패키지를 이용하여 수행하였다.

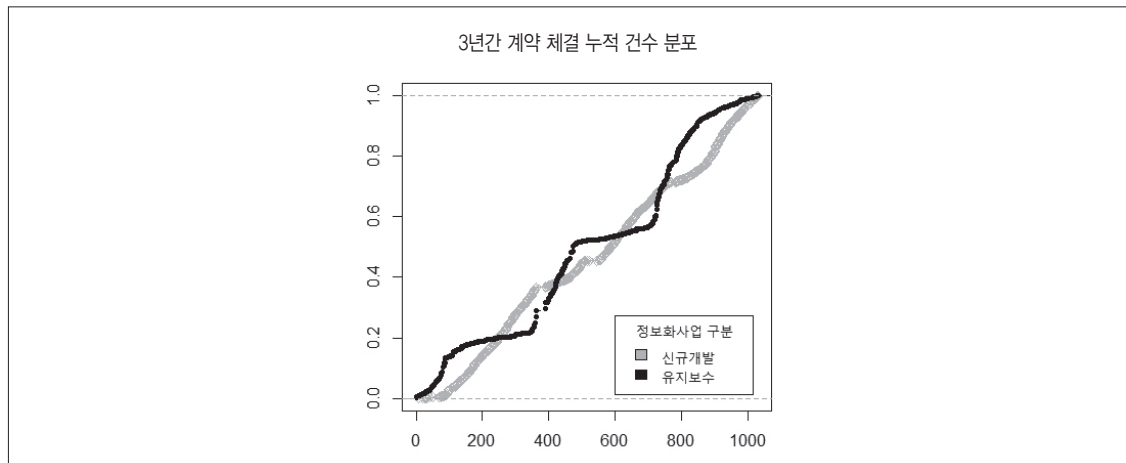
2. 데이터 개요

본 연구에서 분석의 대상으로 하는 소프트웨어 산업 관련 총 8,769건의 계약 데이터에서 파악된 노드 (산

업 내 이해관계자)의 수는 전체 2,790 개이다. 이중 발주자 노드가 972개, 수주자 노드가 1,818개로 분석되었다. 일반적으로 정보화 사업에는 소프트웨어 생명주기별로 다양한 계약이 존재할 수 있는데, 우리는 계약 종류에 따라 기획, 신규개발, 개선구축, 유지보수, 네트워크 구축, 보안 컨설팅 등 6개의 사업유형으로 구



<그림 1> 정보화사업 유형별 사업비 비중 (2013-2015)²⁾



<그림 2> 신규개발 및 유지보수 계약의 체결 패턴 비교

2) C-컨설팅, D-설계, E-기타, M-운영 및 유지보수 Nt-네트워크 설치, Nw-신규 개발, R-확대 구축, S-보안 컨설팅

분하여 코딩하였다. 각 유형별로 규모를 파악하기 위해 사업비(budget)를 분석해 본 결과, 아래와 같이 신규사업(Nw)의 사업비는 점차 축소되고 운영 및 유지보수 사업(M)의 사업비 비중이 점차 증가하는 추세를 확인할 수 있었다.

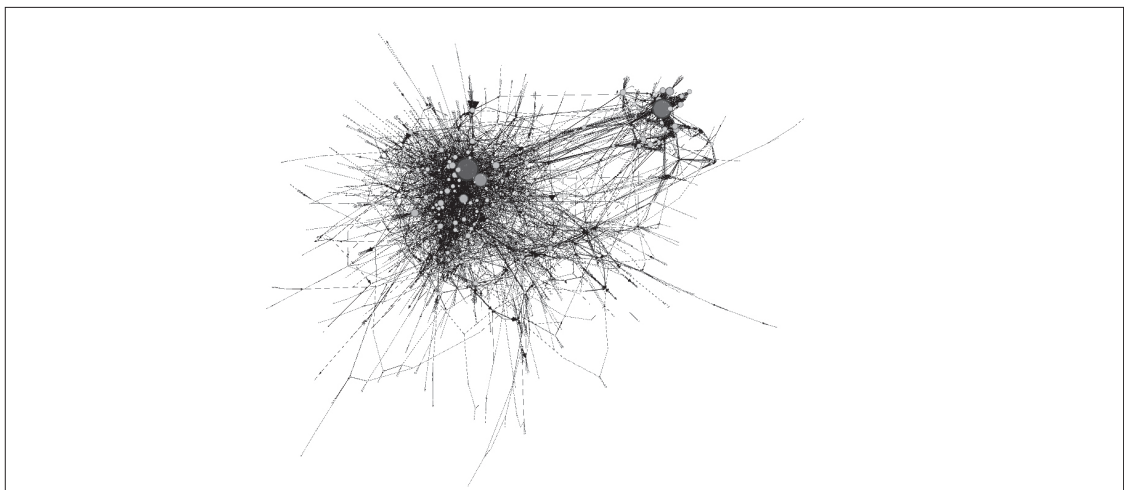
연구에서 구분한 정보화사업의 8가지 유형 중 가장 큰 비중을 차지하는 신규 개발(Nw)과 유지보수(M) 사업에 대해 좀 더 살펴보았다. 먼저 두 유형의 계약 패턴에 차이가 존재하는지 알아보기 위하여 3년동안의 날짜 별 누적 유클리디안 거리를 계산하였다 <그림 2>. 회색은 신규 개발 사업으로 비교적 일정한 주기로 안정되게 계약이 체결된다. 반면 검은색으로 표시된 유지보수 계약은 3년의 기간 동안 주로 각 년도의 초기 단계에 집중하여 계약이 체결되는 것으로 확인되었다. 신규개발 계약과 연결되어 발생하는 유지보수계약의 경우 상시적이라기 보다는 주로 연초에 집중됨으로써 일정 주기를 두고 반복되었음을 알 수 있다. 신규계약과 다른 패턴을 보임으로써, 유지보수계약이 신규계약과 분리된 경우도 상당히 존재함을 추측해 볼 수 있다. 신규계약과 유지보수계약 샘플의 Kolmogorov-Smirnov 테스트 결과 ($D = 0.16197$, p -value

$<2.2e-16$) 역시 두 유형별 정보화사업의 계약 체결 패턴은 통계적 차이가 있음을 알 수 있었다.

3. 기초 통계량 분석

아래 그림은 SNA 분석 도구인 Gephi 에서 소프트웨어 산업 데이터를 플로팅한 그림이다. 배치 알고리즘은 노드 간의 힘(Force)과 탄성(Spring)을 동시에 계산하여 배치하는 ForceAtlas2 알고리즘을 사용하였고, 3년치 데이터 전체를 대상으로 하였다. 노드는 수주기업 또는 발주기관을 의미하며, 노드간의 링크(연결선)는 두 기업간 계약관계를 의미한다. 2786개의 노드 가운데 허브의 역할을 하는 몇몇 노드가 보이는데 이는 아래 그림의 좌측에서는 한국정보화진흥원, 우측에서는 서울시 등으로 파악되었다. 데이터를 년도 별로 분리하여 네트워크를 플로팅한 경우에도 비슷한 양상임을 알 수 있었다.

본 연구에서는 발주자 또는 수주자 네트워크를 중심으로 Power Law 현상을 살핌에 있어 계약금액(Weight)과 계약건수(Degree) 두 가지를 분석대상으로 한다. Power Law란 얼마나 계약의 대부분이 일부



<그림 3> 2013-2015년간 정보화사업 계약 네트워크

〈표 1〉 계약금액(weight)에 대한 기초통계량 분석

(단위: 백만 원)

	year	num	mean	s.d.	median	min	max	range	skewness	kurtosis	s.e.
발주 노드	2013	626	2434.1	9377.6	457.2	2.2	136234.3	136232.1	9.2	101.6	374.8
	2014	624	3202.7	15318.8	470.3	2.4	290723.9	290721.4	13.1	214.7	613.2
	2015	631	3058.7	12349.9	514.9	12.3	194665.7	194653.4	10.2	126.0	491.6
	total	972	5609.4	24376.0	741.9	17.0	462231.7	462214.6	11.1	161.6	781.8
수주 노드	2013	965	1579.0	6864.7	359.5	19.0	155863.4	155844.3	15.5	306.0	220.9
	2014	985	2028.9	6782.8	376.1	0	73817.1	73817.1	7.3	61.8	216.1
	2015	1047	1843.4	7566.1	313.5	4.3	178193.8	178189.4	14.5	296.1	233.8
	total	1818	2999.1	13126.4	445.4	4.3	272807.4	272803.0	11.6	173.1	307.8

〈표 2〉 계약건수(degree)에 대한 기초통계량 분석

(단위: 건)

	year	num	mean	s.d.	median	min	max	range	skewness	kurtosis	s.e.
발주 노드	2013	626	4.3	7.7	2	1	96	95	6.1	53.8	0.3
	2014	625	4.9	11.2	2	1	152	151	7.9	83.2	0.4
	2015	631	4.7	8.3	2	1	144	143	8.8	125.2	0.3
	total	972	9.0	18.9	3	1	316	315	8.2	103.9	0.6
수주 노드	2013	965	2.7	3.7	1	1	37	36	3.9	21.6	0.1
	2014	985	3.1	4.1	2	1	36	35	3.5	16.1	0.1
	2015	1047	2.8	4.6	1	1	53	52	5.5	39.6	0.1
	total	1818	4.8	8.3	2	1	105	104	5.5	43.5	0.1

기업에 집중되어 있는지를 분포적으로 보는 것인데, 이 때 계약의 집중도를 질적으로 나타내기에는 계약금액이, 양적으로 나타내기에는 계약건수가 합리적인 변수라 보았기 때문이다. 이러한 변수를 기반으로 네트워크 상의 집중도(centrality)를 분석하는 것은 SNA에서 일반적이다 (Weat, 2014; Zhou, et al., 2014).

기초 통계량을 살펴보면, 〈표 1〉과 〈표 2〉에서 모두 최대 값과 최소 값의 편차가 크고 중앙 값(Median)보다 평균 값(Mean)이 크다. 계약금액이나 계약건수 모두 왜도 값이 양수를 나타내는데 이는 오른쪽 부분이 긴 꼬리를 가지는 분포를 의미함으로써 적은 계약금액이나 건수를 가진 노드가 대다수로 극히 일부의 기업이 금액이나 건수 면에서 대규모 계약을 체결함을 의미한다. 〈표 1〉을 보면 발주노드에서 왜도와 첨도가

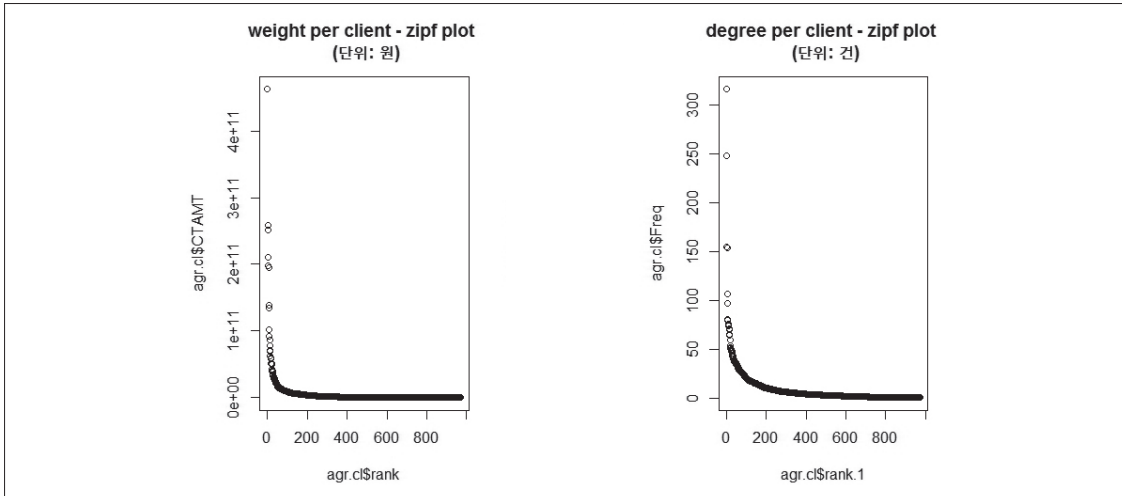
모두 증가했다가 다시 감소하였다. 수주노드에서는 왜도와 첨도가 모두 감소하였다가 다시 증가함으로써 반대 현상이 관찰되었다. 반면, 〈표 2〉에서는 발주나 수주노드에서 왜도의 변화는 크게 없었으나 첨도는 변화를 보였다. 이상의 기초통계 분석 결과를 볼 때 계약금액이나 계약건수의 분포가 정규분포의 특성을 보이지 않음을 예상해 볼 수 있다. 따라서 전체적으로 값의 분포가 불균등하고 Power Law 분포의 형태를 보일 가능성이 있다고 예상된다.

V. 데이터 분석 및 가설 검증

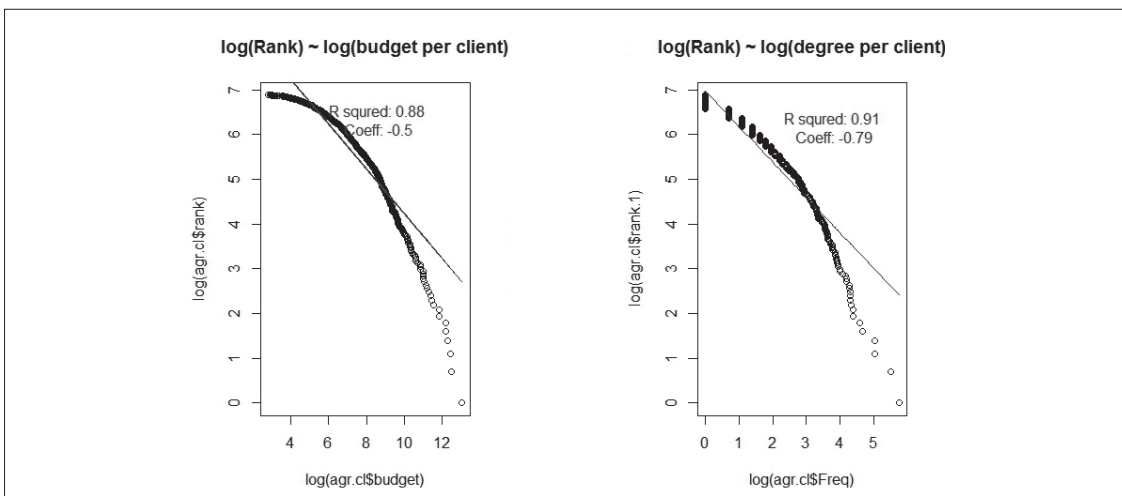
연구자들이 Power Law 분포를 확인하기 위해 사용한 방법으로는 다음과 같은 다양한 접근이 존재한다.

첫째, 누적 연결선 분포 (Cumulative Degree Distribution)를 확인하거나 (최진호 외, 2011; Albert & Barabasi, 2002), 둘째, 규모를 나타내는 변수 x (본 연구에서는 연결선)와 빈도를 나타내는 y 를 각각의 좌표로 표현한 그래프 <그림 4>를 기본으로 하여, x 와 y 에 로그를 취하여 직선 그래프로 변환한 다음

<그림 5>, 회귀 모델에 적용하여 거듭제곱지수의 값을 추정하는 방법이 있다(이수상, 2013). 이 경우, 추정된 기울기의 음수 값이 거듭제곱지수로, 회귀분석에서 얻어지는 적합도 수치인 R 제곱 값이 모델의 적합도로 해석되며, R 제곱이 0.5 이상인 경우 Power Law 현상이 관찰된다고 볼 수 있다(이수상, 2013). 마지막 방



<그림 4> 발주자 계약금액(좌) 및 계약건수(우) 네트워크의 Zipf plot



<그림 5> 발주자 계약금액(좌) 및 계약건수(우) 네트워크의 Log plot

법은 Power Law 분포를 활용하여 데이터를 적용하
 되, 추정된 거듭제곱지수는 부트스트랩을 활용하여
 (Efron, 1992) 통계적 유의성을 검증하는 방법이다.
 이 경우 불평등 정도를 나타내는 거듭제곱지수는 α 는
 다음 함수에 의해 결정 된다(Clauset, et al., 2009).

$$p(x) = \frac{x^{-\alpha}}{\zeta(\alpha, x_{\min})} \quad \text{where } \zeta(\alpha, x_{\min}) = \sum_{n=0}^{\infty} (n+x_{\min})^{-\alpha}$$

후술되는 데이터 분석의 1. 발주자 네트워크의
 Power Law 현상 분석과 2. 수주자 네트워크의 Power
 Law 현상 분석에서는 각각 발주자와 수주자 각각의
 연결선(Degree)과 가중치(Weight)를 회귀 모델에 적
 용하여 거듭제곱지수와 적합도를 일차적으로 판단하
 고(1) 회귀 모델 적용), 다음으로는 위에서 설명한
 Clauset, et al.(2009)의 Power Law 분포 모델에 적
 용하되 100회 부트스트랩을 수행하여 통계적 유의성
 을 검증한다(2) Power Law 분포 모델 적용).

한편, SNA의 기본적인 요소는 구성 요소들 간의 상
 호작용에 따라 발현되는 관계와 이들 관계들의 형태나
 규칙적인 패턴을 의미하는 구조로 구분된다(이우기 ·
 박순형, 2014; Wasserman & Faust, 1992). 따라서
 본 연구는 소프트웨어산업에 대한 SNA 연구(Iyer, et
 al., 2006; Gulati, et al., 2012)의 분석 방법을 참조
 하여, 3. 대기업 상호출자 전면제한 전·후의 생태계
 구조 비교에서는 연도별 네트워크 구성 요소의 관계를
 살펴보는 분석에 더해 전체 네트워크 복잡도와 같은
 구조적 분석을 병행한다. 또한 Power Law 분포에 더
 해 불평등성을 조망하는 일반적인 방법으로서 지니계
 수를 함께 비교 분석함으로써 생태계 변화 추이를 함
 께 검토할 것이다.

1. 발주자 네트워크의 Power Law 현상 분석

1) 회귀 모델 적용

소프트웨어 산업에 존재하는 Power Law를 먼저 시
 각적으로 확인하기 위하여 Zipf plot을 작성하였다.

Zipf plot은 소프트웨어 산업 네트워크에 대해 계약금
 액과 계약건수로 각각 구성하였다. <그림 4>의 좌측은
 총 계약금액(Weight), 우측은 계약건수(Degree)에
 대한 Zipf plot이다. Power Law의 존재를 확인하는
 방법은 규모를 나타내는 y와 순위를 나타내는 x의 모
 양을 시각적으로 판단하는 것이다. 그림과 같이 상위
 순위에 있는 소수의 발주자에게 계약이 대부분 몰려
 있는 것을 확인할 수 있다.

Zipf plot은 순위와 규모가 반비례 하는 형태이므
 로, 양변에 로그를 취한 직선의 기울기로그 정도를 추
 정할 수 있다. <그림 5>는 계약금액과 건수에 대한
 Log plot을 보여주는데 오른쪽(계약건수)에서 거듭제
 곱지수의 절대값이 0.79로 왼쪽보다 높고 R-square
 역시 더 높음을 알 수 있다.

2) Power Law 분포 모델 적용

Power Law 현상에 대한 두 번째 확인 방법은 $p(x)$
 $= Cx^{-\alpha}$ 의 Power Law 함수를 이용하는 것이다. C는
 총 누적분포값을 1로 수렴토록 하는 상수이며, α 는 불
 평등 정도를 나타내는 거듭제곱지수이다. 여기서 주의
 할 점은 x_{\min} 과 거듭제곱지수를 추정하는 부분이다.
 x_{\min} 은 x의 최소값을 의미한다. 즉, Power Law 현
 상이 나타나는 x의 최소값이다. α 는 x_{\min} 의 추정 값
 에 따라 달라질 수 있다. 본 연구는 Clauset, et al.
 (2009)의 Power Law 분석 방법을 활용하였는데, 이 방
 법은 최대우도 적합도(Maximum-Likelihood Fitting
 Method)와 KS(Kolmogorov-Smirnov) 통계량에
 근거한 적합도 검정(Goodness of Fit)을 결합한 방법
 이다.

Power Law 가설에 대한 검정 역시 Clauset, et al.(2009)
 의 방법을 사용하였다. 부트스트래핑(Bootstrapping)
 에 의해 KS 통계량의 p-value을 확인하여 p-value가
 0.05보다 클 경우 Power Law 분포를 따르고, 무척도
 구조(Scale free Topology)를 이룬다고 판단한다
 (Power Law 분포를 따른다는 것이 귀무가설임). 추
 정결과는 <표 3>에 기술되어 있다. 추정된 값은 일중

의 기울기 지수로서 발주자 네트워크에서 쓸림이 일어난 정도를 의미한다. 일반적으로 이 값이 큰 경우, 더 심하게 일부 발주자에게 편중되어 있다고 볼 수 있다. <표 3>에서 계약금액 보다 계약건수의 값이 더 크게 나타남으로써 <그림 5>의 결과와 맥락을 같이한다. 부트스트랩 통계 검증을 통해 나온 수치가 유의하기 위해서는, 추정값의 Lower Limit (x_{min}) 이 0보다 커야 하는데 계약금액과 건수에서 모두 이 기준을 만족한다. p-value를 살펴보면 계약금액과 건수에서 각각 0.77과 0.48로 모두 cut-off 값인 0.05 보다 크므로 Power Law 모델에 적합함을 알 수 있다.

먼저, 계약금액 네트워크부터 자세히 보자면, <표 1>에서 발주노드 계약금액의 범위는 17백만 원(1,703만 원)에서 462,231백만 원(약 4,622억 원) 분포이며, 평균 발주금액은 56억이다. <표 3>을 보면 Power Law 분포에 적합하기 위한 초기 추정 값은 x_{min} 이 44억 8천9백만 원이고 α 는 1.95임을 알 수 있다. 즉

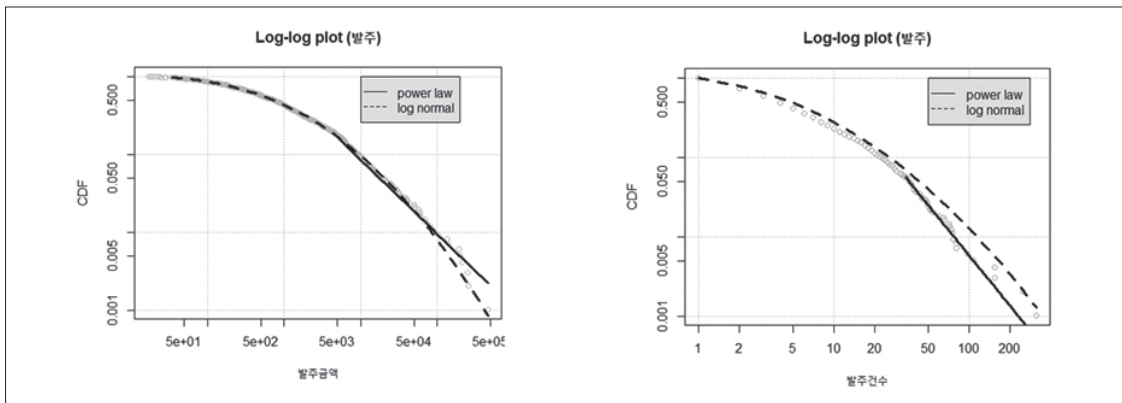
<그림 6>에서 Power Law 모델에 부합되기 위해 추정된 최소값(x_{min})이 4489이므로 좌측 발주금액에서 보면 Power Law 그래프는 4,489에서 시작하는 직선으로 추정되었다(실선). 참고로 점선은 추정된 log normal 분포를 보여주고 있다.

다음으로 계약건수 네트워크를 살펴보면 <표 2>에서 발주노드 계약건수의 범위는 1건에서 316건이며, 평균 계약건수는 9건이다. <표 3>에서 계약건수의 x_{min} 추정값과 α 값이 각각 34와 3.08인데, 이는 최초의 추정값으로 부트스트랩을 통해 추정된 값의 평균은 이와 상이할 수 있다. x_{min} 이 34이므로 <그림 6>의 우측에서 Power Law 그래프는 34에서 시작하는 직선으로 추정되었다. 100회의 반복 부트스트랩을 통한 추정값의 수렴과정은 <그림 7>과 <그림 8>을 통해 확인할 수 있다.

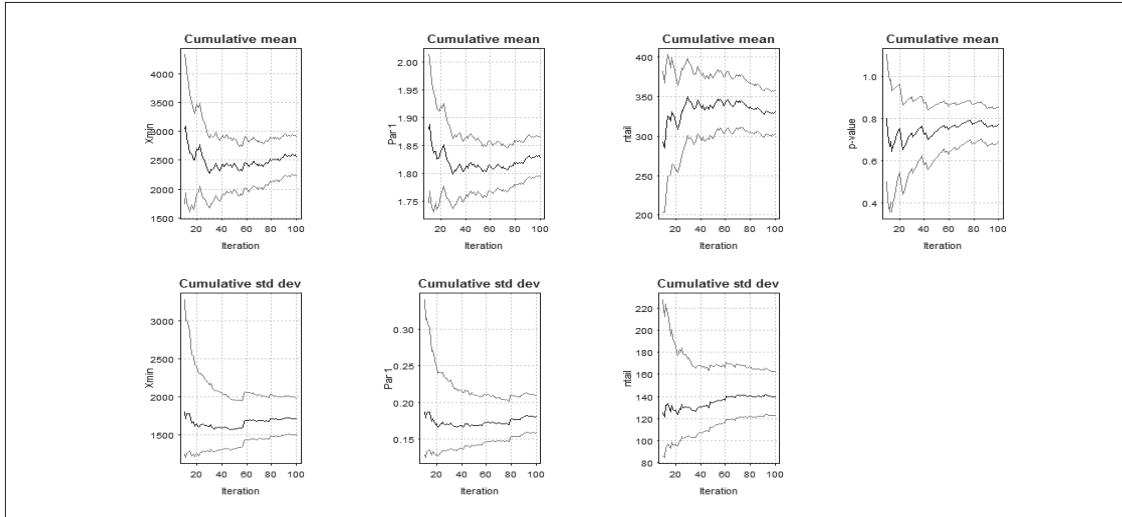
또한 Power Law 현상의 지속적 유지를 확인하기 위하여 <표 3>을 연도별로 분리하여 작성해 보면 <표

<표 3> Power Law 함수 추정결과 (발주자 네트워크)

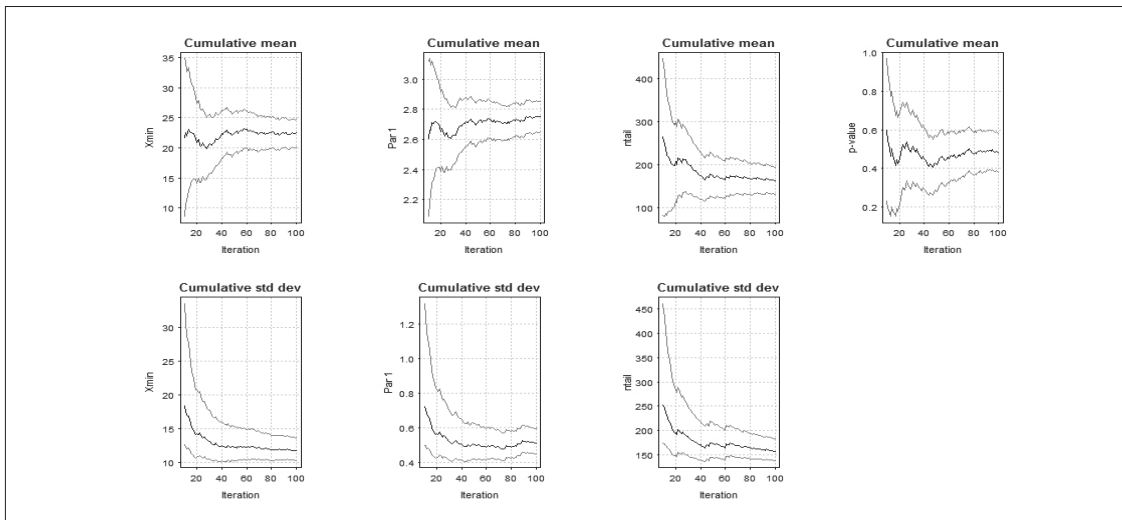
구분1	구분2	GoF	추정 값			부트스트랩		
			x_{min}	α	ntail	p-value	x_{min}	α
발주자	계약금액	0.056	4,489	1.95	189	0.77	2,569.61	1.83
	계약건수	0.058	34	3.08	55	0.48	22.49	2.75



<그림 6> 계약금액(좌) 및 계약건수(우) 네트워크의 Power Law 함수와 Log Normal 함수의 추정



〈그림 7〉 발주자 네트워크의 계약금액 데이터에 대한 부트스트래핑 추정결과



〈그림 8〉 발주자 네트워크의 계약건수 데이터에 대한 부트스트래핑 추정결과

4)와 같다. 앞서의 방법과 마찬가지로 계약금액과 계약건수 모두 100회 부트스트래핑을 통하여 x_{min} 과 α 값을 재계산하였는데 추정된 값과 부트스트래핑 p-value의 증감이 그 방향성을 같이함을 알 수 있다. 물론 연도별 샘플 데이터가 Power Law 법칙을 확인하기에 충분하지 않고 재 샘플링 횟수가 100회로 상대적으로

적어 Power Law 분포의 정도를 확인하기 위한 통계값인 p-value 값이 계약건수인 경우 cut-off 값인 0.05 이하인 경우가 존재하기도 한다. 하지만, 가장 최근인 2015년도의 계약건수에서는 다시 p-value값이 0.34로 상승함으로써 power law 현상이 분명하게 확인된다. 뿐만 아니라, 계약 금액 데이터의 경우 대기

〈표 4〉 Power Law 함수 추정결과 (발주자 네트워크, 연도별)

구분1	구분2	년도	GoF	추정 값			부트스트랩			
				xmin	α	ntail	p-val	xmin	α	ntail
발주자	계약금액	2013	0.04759	2113	2.0621	127	0.69	1876.98	2.02502	162.04
		2014	0.06434	794	1.76326	247	0.08	754.08	1.75378	262.82
		2015	0.04428	2178	1.99345	144	0.78	1913.29	1.98311	170.75
	계약건수	2013	0.06421	6	2.36452	121	0.02	5.52	2.29192	153.56
		2014	0.05335	2	1.93203	360	0.00	2.45	1.94555	319.38
		2015	0.06544	14	3.21483	48	0.34	9.48	2.8888	135.46

업 참여 제한제가 본격 시행된 2014년에 추정된 α 와 p-value값이 상대적으로 감소하기는 하였으나 2015년에 다시 증가하였고, 연도별 p-value가 모두 cut-off값을 만족하고 있음을 확인할 수 있다.

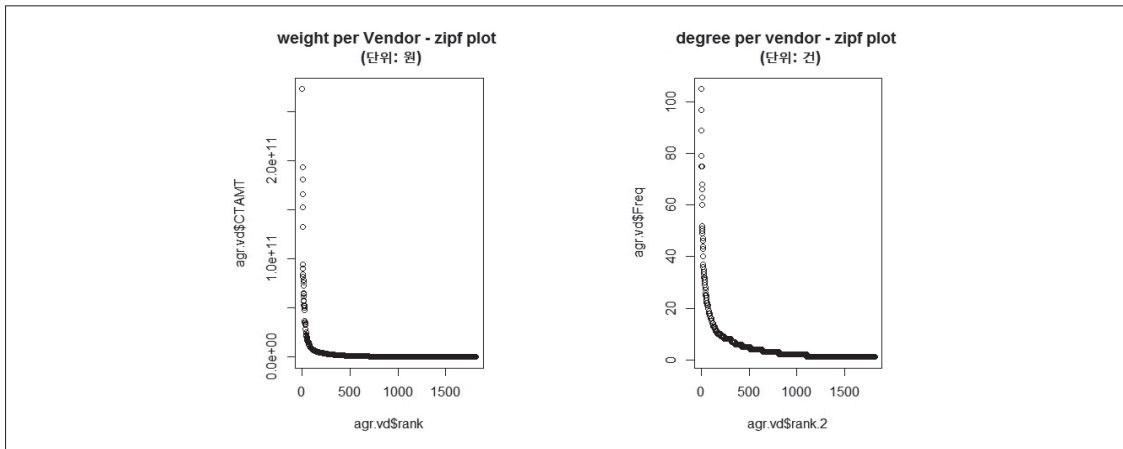
발주자의 경우 〈표 4〉에서 연도별로 분리하여 분석해 보았을 때, 계약건수보다 계약금액에서 Power Law 현상의 지속성이 잘 확인되는 것은 이미 〈표 3〉에서 계약금액의 p-value가 계약건수의 경우보다 월등히 높았던 것과 연결된다. 당시 값이나 로그 플롯 분석상으로는 계약건수 쪽의 쏠림현상이 더 강한 것으로 예상되었으나 Power Law 분석함수의 판단기준인 p-value에서 차이 나는 결과를 보임으로써 오히려 계약금액에서 Power Law 현상이 분명함을 예상해 볼 수

있었고 연도별 분석인 〈표 4〉에서 이 내용은 다시 한번 확인된다. 이러한 결과는 계약실적의 빈익빈 부익부에 대한 실체를 보다 상세히 설명하는 대목이라고 보여진다. 즉, 여러 기업에 걸쳐 실적건수의 분산이 일어난다 하더라도, 계약금액면에서는 상위 몇 개의 대규모 사업발주가 차지하는 비중이 압도적임을 예상해 볼 수 있다.

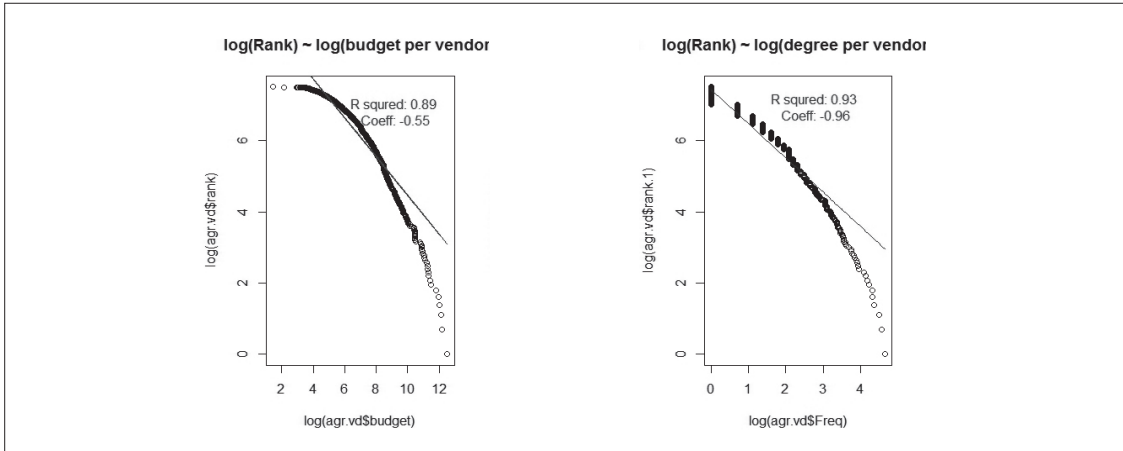
2. 수주자 네트워크의 Power Law 현상 분석

1) 회귀모델 적용

동일한 방법으로 수주자의 계약 정보를 계약금액 및 계약건수 네트워크를 바탕으로 분석하였다. 먼저 Zipf



〈그림 9〉 수주자 계약금액(좌) 및 계약건수(우) 네트워크의 Zipf plot



〈그림 10〉 수주자 계약금액(좌) 및 계약건수(우) 네트워크의 Log plot

〈표 5〉 Power Law 함수 추정결과 (수주자 네트워크)

구분1	구분2	GoF	추정 값			부트스트랩		
			xmin	α	ntail	p-val	xmin	α
수주자	계약금액	0.046	3,547	2.03	253	0.42	2,656.80	2.00
	계약건수	0.052	9	2.53	237	0.07	10.14	2.56

plot의 결과는 〈그림 9〉와 같으며 발주자 네트워크와 유사하게 Power Law 현상의 존재를 암시한다.

양변에 로그를 취한 그래프를 그려보면 〈그림 10〉의 오른쪽(계약건수)에서 거듭제곱지수의 절대값이 0.96으로 왼쪽(계약금액)보다 높고 R-square 역시 더 높음을 알 수 있다. 또한 아래 〈표 5〉에서 추정된 α 값 또한 계약건수 쪽에서 더 높게 나타남으로써 연도 별로 분리되지 않은 전체 데이터에서는 계약건수 네트워크의 Power Law 현상이 잠재적으로 잘 확인됨을 알 수 있으며, 이는 상기의 발주자 네트워크 분석결과와 유사하다(물론 〈표 5〉에서도 p-value값은 계약금액에서 월등히 더 크게 나타났다).

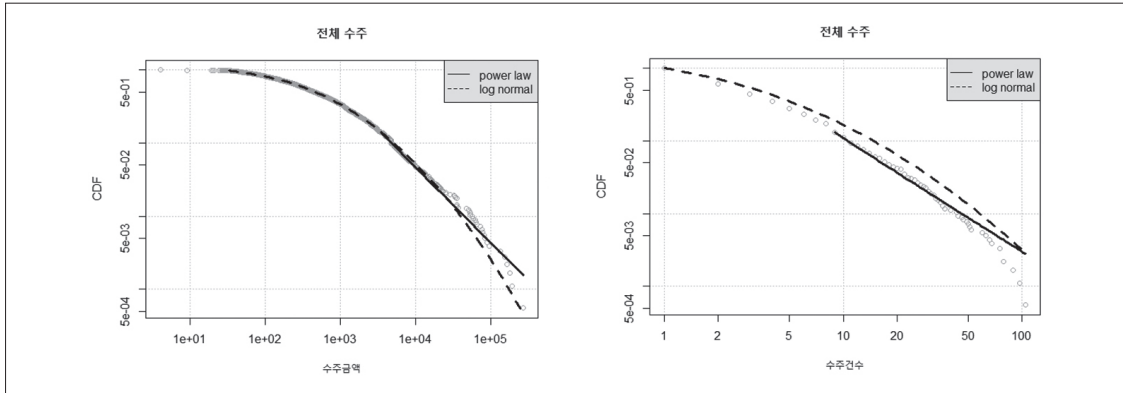
2) Power Law 분포 모델 적용

〈표 1〉에서 수주자 네트워크의 특징을 살펴보면, 계약금액의 경우 범위는 4백30만 원에서 2728억 원이

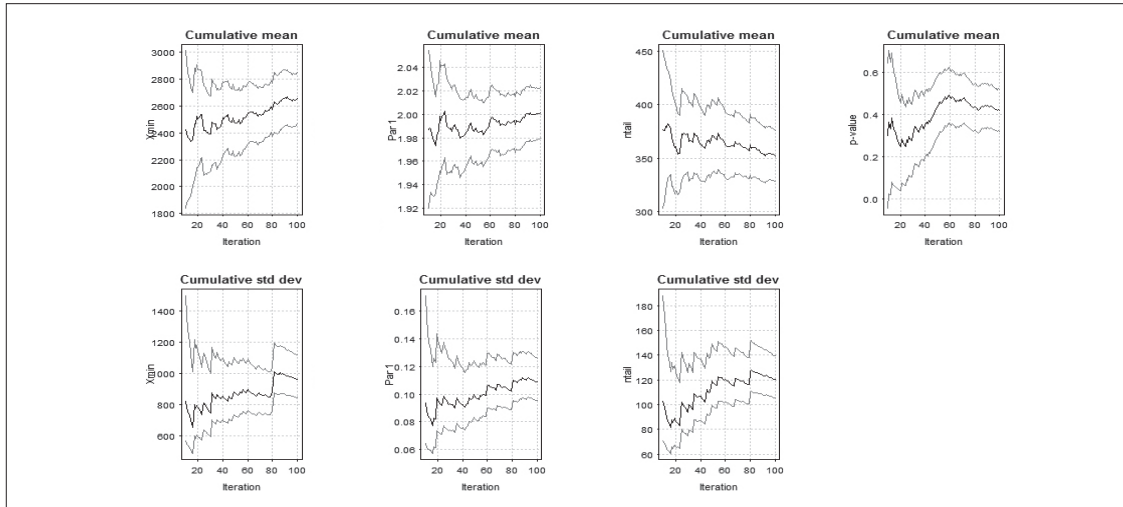
며, 평균 수주금액은 29억이다. 〈표 5〉를 보면 Power Law 분포에 적합하기 위한 초기 추정 값은 xmin이 35억 4천7백만 원으로 다소 높고 α 는 2.03임을 알 수 있다.

따라서 〈그림 11〉의 좌측에서 Power Law 그래프는 xmin(35억 부근)에서 시작하는 직선으로 추정되었다. 계약건수의 경우 〈표 2〉에서 발주노드 계약건수의 범위는 1건에서 105건이며, 평균 계약건수는 4.8건이다. 〈표 5〉에서 계약건수의 xmin추정값과 α 값이 각각 9와 2.53이다.

다시 〈표 5〉를 확인하면 Power Law분포에 대해서는 양 측이 다소 다른 결과를 보이는 데, Clauset, et al.(2009)의 방법을 사용하여 검증한 결과 계약금액의 경우 p-value가 0.42로 Power Law모델을 따른다고 볼 수 있다. 하지만, 계약건수의 경우 수주자 네트워크에서 p-value가 0.07이다. 보수적으로 보았을 때



〈그림 11〉 계약금액(좌) 및 계약건수(우) 네트워크의 Log plot (Power Law 추정)



〈그림 12〉 수주자 네트워크의 계약금액 데이터에 대한 부트스트래핑 추정결과

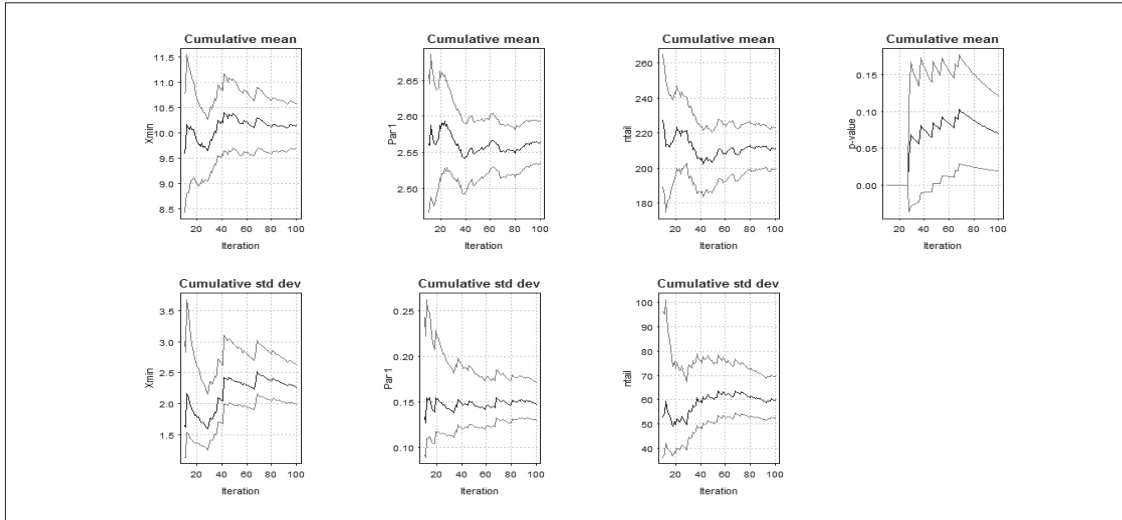
0.05이상이면 Power Law 분포를 따른다고 보는 경우가 있기는 하지만, $p=0.1$ 기준에서 이 분포는 Power Law를 만족한다고 볼 수 없다. 따라서 계약건수 보다는 계약금액 쪽에서 Power Law분포가 보다 유의하게 관찰된다고 볼 수 있겠다.

한편 100회 반복 부트스트랩을 통한 추정값의 수렴 과정은 〈그림 12〉과 〈그림 13〉을 통해 확인할 수 있다

마찬가지로 수주자 네트워크에서 Power Law 현상의 지속적 유지를 확인하기 위하여 〈표 5〉를 연도별로

분리하여 작성해 보면 〈표 6〉과 같다. 전술하였듯, 연도별로 분리된 데이터의 부트스트래핑 한계가 존재할 것이므로 이를 감안할 필요가 있다. 그러함에도, 가장 최근 년도(2015)에는 수주자의 계약금액과 계약건수 모두에서 Power Law가 확인됨으로써, 수주자의 계약 실적 분산을 의도했던 제도적 시행이 Power Law 현상을 근절하지는 못했음을 예상할 수 있다.

상기의 발주자 및 수주자 네트워크 분석 결과를 바탕으로 가설 1에 대해 다음과 같이 결론 내릴 수 있다.



〈그림 13〉 수주자 네트워크의 계약건수 데이터에 대한 부트스트래핑 추정결과

가설 1 : 소프트웨어 산업 네트워크에는 Power Law 현상이 존재할 것이다 - 채택

전반적으로, Power Law 분포가 보다 유의하게 관찰된 쪽은 계약건수 보다는 계약금액이라고 볼 수 있겠다. 물론 〈그림 6〉과 〈그림 10〉에서 log plot의 기울기는 계약금액보다 계약건수에서 더 가파르게 나타났기 때문에 이러한 해석은 다소 신중을 기할 필요가 있다. 하지만 〈표 3〉과 〈표 5〉에서 Clauset, et al. (2009)의 Power Law 분석을 한 결과에 의하면 수·발주 네트워크 모두에서 계약금액의 Power Law 분포 유의성이 더 컸으며 (p-value가 높음), 연도별 분석 결과까지 감안해 볼 때, 이러한 경향은 수주자 네트워크 보다 발주자 네트워크에서 더 그러했다고 보여진다. 따라서 Power Law 분포가 가장 뚜렷이 확인되는 네트워크는 수주자 보다는 발주자, 그리고 계약 건수 보다는 계약금액 네트워크라 보여진다. 즉 정보화사업의 금액면에서 압도적 비중을 차지하며 발주를 주도하는 수퍼(super)-갑에 해당하는 공공기간이 있음을 예상해 볼 수 있는데 〈그림 3〉에서 보자면 이에 해당되는 기관이 왼편에서는 NIA(정보화진흥원), 오른편에

서는 서울시로 중앙정부와 지자체로 네트워크가 클러스터링 되어있음을 알 수 있었다. 수퍼-을의 존재보다는 수퍼-갑이 상대적으로 더 확인된 것은 어떻게 보면 대기업참여 전면제함과 같은 조치를 꾸준히 시행해 온 결과와도 연결될 것이다. 하지만 이것은 수주자 네트워크에 비해 발주자 네트워크가 상대적으로 그렇다는 것이고, 그 결론에 있어서도 약간의 경향성인 것이지만 단정하기에는 무리가 있으므로 대기업 규제의 효과를 운운하는 것은 적절치 않다. 오히려 발주자와 수주자 네트워크 양 측에서 Power Law 현상이 여전히 확인되고 있는 것에 초점을 맞추는 것이 적절하겠다.

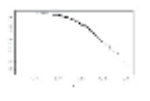
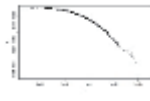
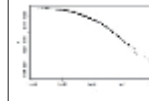
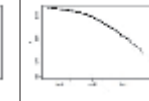
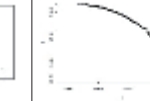
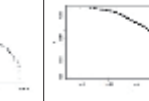
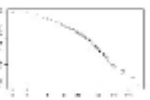
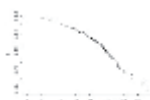
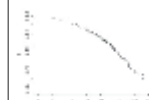
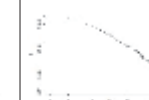
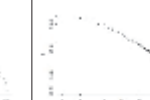
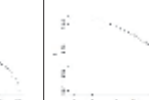
더하여 연도별 데이터 분석결과도 발주자 및 수주자 네트워크 양측에서 가장 최근인 2015년에도 Power Law 현상이 나타남을 확인시켜 주었다(〈표 5〉, 〈표 6〉). 연도별 발주자 및 수주자의 계약금액 및 계약건수에 대한 Power Law 현상을 시각화 해 보면 〈표 7〉과 같다. 시각적 관찰로는 연도별 차이가 크게 없이 Power Law 현상의 분포가 지속됨을 느낄 수 있다.

따라서 Power Law 현상의 지속성을 기대하는 가설 1-1도 기각하기 어렵다.

〈표 6〉 Power Law 함수 추정결과 (수주자 네트워크, 연도별)

구분1	구분2	년도	GoF	추정 값			부트스트랩			
				xmin	α	ntail	p-val	xmin	α	ntail
발주자	계약금액	2013	0.0572	818	1.9533	289	0.02	837.92	1.9478	302.32
		2014	0.0679	647	1.7848	373	0.01	639.86	1.7846	390.77
		2015	0.0388	1971	1.9681	166	0.71	1971	1.9681	400.49
	계약건수	2013	0.0488	1	1.9688	965	0.00	1.12	1.9733	904.48
		2014	0.0530	2	2.1998	534	0.00	2.3	2.2056	489.09
		2015	0.0288	4	2.5183	205	0.63	4.2	2.5068	230.79

〈표 7〉 계약금액 및 계약건수 네트워크의 연도별 Log plot

구분	발주자			수주자		
	2013	2014	2015	2013	2014	2015
계약 금액						
계약 건수						

가설 1-1 : 소프트웨어 산업 네트워크의 Power Law 현상은 규제 적용에 관계 없이 지속될 것이다. - 채택

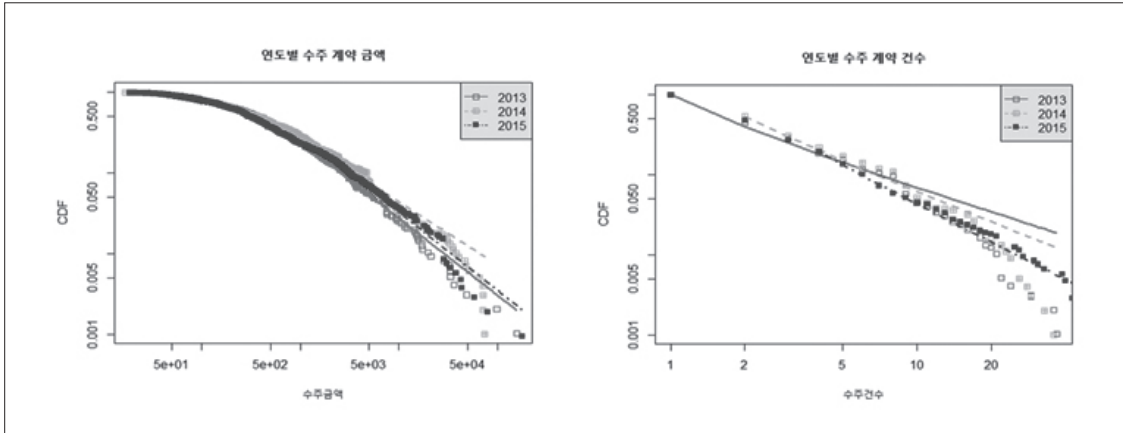
3. 대기업 상호출자 전면제한 전·후의 생태계 구조 비교

대기업 상호출자 전면제한은 소프트웨어 산업에서 대기업과 중소기업의 격차를 완화하기 위한 규제이다. 따라서 규제 적용의 시작인 2013년에서 본격 적용 시점인 2015년으로 가면서 이 생태계에 이러한 맥락의 변화가 생겼는지 보고자 한다. 분석의 대상이 되는 대기업 상호출자 전면제한은 수주자에게 적용되는 규제이므로 향후의 분석은 발주자 네트워크 보다는 수주자

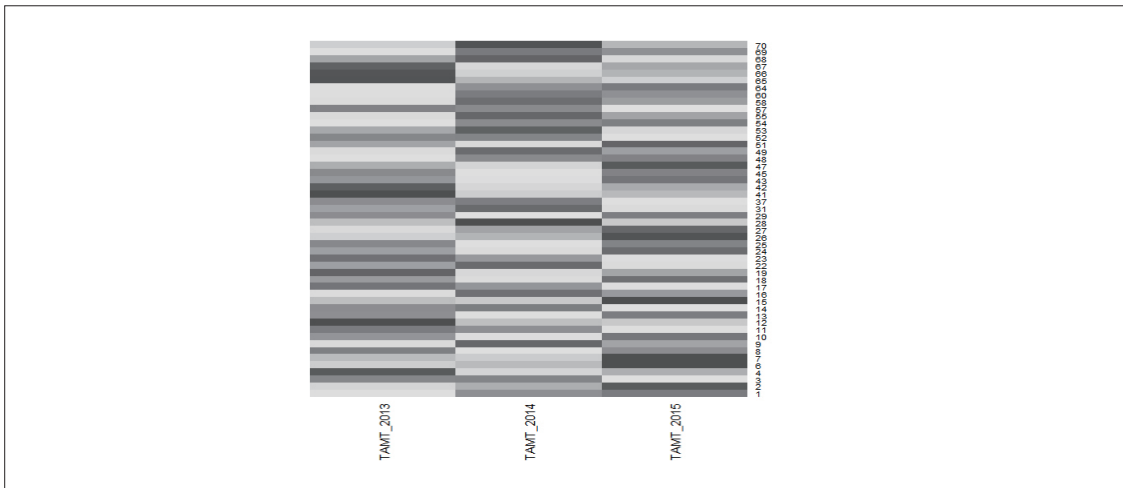
네트워크의 변화에 집중하여 살펴보겠다. 상기 〈표 6〉을 보면 수주자의 계약금액네트워크에서 Power Law 분포의 강도를 나타내는 α 값이 살짝 감소하였다가 증가하는 경향을 보였다. 반면, 계약건수 네트워크에서는 오히려 α 값이 살짝 증가하였다가 감소하였다. α 값(거듭제곱지수)은 xmin 추정값과 관련이 있기 때문에 단순하게 비교하기는 어렵다. 다만 〈그림 14〉를 통해 연도별 특징을 보다 가시적으로 비교해 볼 수 있겠다.

1) 미시적 분석

수주자 네트워크에 대해 연도별 분포만 살펴보았을 때, Power Law 현상이 지속되면서 유사한 구조가 유지된 것으로 보인다. 그렇다면 이 네트워크의 미시적 구조는 어떻게 변화하였을까?



〈그림 14〉 수주자 네트워크의 연도별 Log plot: 계약금액(좌), 계약건수(우)



〈그림 15〉 수주자 계약 금액에 대한 Heat Map

이를 위해 2013년 수주 금액 기준으로 1~70위에 해당하는 기업들의 총 계약 데이터를 Heat Map으로 그려보았다. 아래 Heat Map에서 밝은색은 다른 년도의 동 수주 금액이 더 높아진 지점을 어두운색은 계약 규모가 적은 기업을 의미한다. 대기업 참여 제한의 여파로 2013년에서 2015년으로 가면서 2013년 수주 금액 기준 1~10 위권의 기업들의 실적은 눈에 띄게 악화되었다. 실적이 두드러지게 개선된 그룹이 있는데 바로

2013년 기준 30~40위권 기업들로 수주한 계약의 규모가 점점 증가하고 있음을 알 수 있다. 대기업 참여가 본격화되면서 이 순위권에 해당되는 중견기업들의 계약 수주 실적이 증가했음을 가시적으로 보여주는 대목이다. 물론 이 분석 결과만으로는 소프트웨어산업 시장의 불균형이 개선되었거나 심화되었다고 단정할 수 없을 것이다. 따라서 이후의 거시적 분석에서 이 부분을 더 다루어 보도록 하겠다.

2) 거시적 분석

2013년부터 2015년까지 소프트웨어 산업의 생태계는 지속적인 Power Law가 관찰됨에도 불구하고 변화하고 있다고 말할 수 있을까? 특히 규제의 효과로 인해 수주자 실적의 불균형면에서 변화를 보이고 있는 것일까? 켄달 타우 테스트를 먼저 해 본 결과 <표 7>에서 직전 년도와 tau 상관계수가 모두 0.5미만으로 관찰되어 결론적으로 3년간 ‘전혀 다른 생태계 구조’가 형성되어 왔음을 예상해 볼 수 있겠다.

추가적으로 지니(Gini)계수를 통하여 연도별로 네트워크 불평등도를 살펴보기로 했다. 지니계수는 사회과학에서 활용되는 대표적인 불평등 지수이다. 지니계수가 높을수록 불평등 정도가 심화됨을 뜻한다. Power Law 현상은 지속된다 하더라도 구성원의 순위변동 등으로 인하여 전반적인 불평등 지수는 개선될 수 있지 않을까란 의구심에서 수주자 네트워크의 지니계수를 계약금액과 계약건수를 중심으로 분석하였다. 3년이라는 짧은 기간에 대한 분석이기는 하지만 <표 8>에서 보면, 계약금액의 지니계수는 지속적으로 낮아짐으로써 불평등도가 개선되어 온 것을 보여준다. 이것은 상기의 분석결과에서 수퍼-갑의 존재가 예상된 것과 비교하면 다소 흥미롭다. 왜냐하면 수주측에서는 계약금액 측면에서 불평등도가 다소 해결되어 왔다는 것인

데, 이것은 대기업 참여제한이라는 규제와 더불어 발주측이 전략적으로 어떠한 행동을 취해왔는지 예상해 보게 한다. 이 규제의 내용을 보면, 일정 사업비 이상의 정보화 사업에만 대기업이 참여하도록 금액을 기준으로 제한을 가하다가 급기야 전면 제한한 것이다. 따라서 대기업의 진입이 제한된 상황에서 대규모 정보화 사업을 시행하려는 발주기관들은 참여자의 개발역량을 고려하여 실제 계약단계에서는 세부 프로젝트로 분리함으로써 수주자의 계약금액은 평균화 효과가 나타났을 것으로 예상된다. 또한 상당수의 발주기관들은 위험관리 측면에서 사업비를 보수적으로 책정하여 규모를 줄였을 수도 있다. 계약건수의 지니계수는 2014년에 일시적으로 상승하였다가 2015년에 다시 하락하였는데, 이는 또한 네트워크 밀집도와 연결하여 분석해 볼 만 하다.

네트워크 밀집도 또한 거시적 네트워크 분석의 대표적인 지수인데, 이는 그 산업이 얼마나 서로 밀집되어 있는지를 보여줌과 동시에 그 산업이 가지는 스몰 월드(Small World) 특성을 간접적으로 설명한다. Gulati (2012)는 다년간의 소프트웨어 산업 네트워크 분석에서 스몰 월드와 네트워크 밀집도(Density)가 닷컴 버블을 기점으로 갑작스럽게 증가하였다가 다시 감소하는 현상을 보였다고 하였다. 닷컴 버블과 같이 전 산업

<표 7> 수주자 네트워크에 대한 켄달타우 테스트 결과

구분	계약금액		계약 건수	
	tau 값	P값 (2-sided)	tau 값	P값 (2-sided)
2013년과 2014년 비교	0.485	p=<2.22e-16	0.432	p=<2.22e-16
2014년과 2015년 비교	0.449	p=<2.22e-16	0.395	p=<2.22e-16

<표 8> 지니계수와 네트워크 밀집도

구분	2013	2014	2015
지니계수 (계약금액)	0.725	0.712	0.706
지니계수 (계약건수)	0.551	0.574	0.555
네트워크 밀집도	0.00106	0.00119	0.00107

을 강타하는 충격적인 사건이 발생하게 되면 산업과 시장의 이해관계자는 충격의 완화와 앞으로 다가올 새로운 변화 모색을 위하여 더욱 밀집된 네트워크를 구성하게 되고 결과적으로 각 노드간의 거리가 짧아지는 스몰 월드 현상이 강화되는 것이다. 즉, 이렇게 네트워크 밀집도가 증가하면 불평등도 증가하여 네트워크 밀집도와 지니계수는 서로 양의 상관관계를 보이게 된다.

본 연구의 결과에서, 2014년도 계약건수에 있어 일시적으로 지니 계수가 증가하는 것에 대하여 유사한 맥락으로 해석해 볼 수 있겠다. 공공부문 대기업 참여 제한의 여파로 산업의 이해관계자들은 더 위축되고, 이미 알고 있는 이해 당사자와 계약을 추진하는 등 보수적인 선택과 계약을 하게 될 가능성이 크다. 그로 인해 네트워크 밀집도가 증가하고 일시적으로 계약건수의 불평등 정도가 심해질 수 있다. 예를 들면, 적은 수의 수주기업 참여로 계약의 쏠림 현상 등이 강화될 수 있는 것이다. 그러나 해당 제도가 산업에 정착되기 시작하면서 다시 예전의 패턴으로 돌아가거나 어느 정도 자유로운 계약의 체결이 나타나게 되어 2015년도에는 계약건수의 불평등도가 완화된 것으로 보인다. 종합하자면, Power Law 현상은 지속된다는 가설 1의 결과에도 불구하고 연도별 정보화 사업에 있어 수주자 계약금액의 비대칭성은 개선되어 왔다. 그리고 정책적용 직후, 계약건수의 지니계수는 일시적으로 증가했지만 이내 시장은 기존의 거시적 네트워크 구조를 다시 찾는 방향으로 개선되었다. 이러한 불평등도의 변화 이면에는 계약금액이나 건수 면에서 수주기업의 순위변화로 인한 연도별 생태계의 차이가 있었음이 확인되었다(〈표 7〉). 이상의 분석 결과를 토대로 두 번째 가설에 대해서 다음과 같이 결론 내릴 수 있다.

가설 2 : 대기업 출자 상한제의 결과로 소프트웨어 산업의 수주자 네트워크 생태계는 변화하였다 - 채택.

VI. 결론

본 논문에서는 공공정보화 시장을 중심으로 우리나라 소프트웨어 산업 네트워크의 Power Law 현상 존재 여부를 공공 빅데이터를 활용하되 보다 정밀한 연구 방법론(Clauset, 2009; Efron, 1992; Gulati, 2012)을 통하여 검증하였다.

분석 결과 첫째, 발주자 측면과 수주자 측면 모두 Power Law 분포가 관찰되었으며, 오히려 수주자 보다는 발주자의 편중현상이 더욱 강한 것으로 분석되었다(〈표 3〉과 〈표 5〉의 p-value 비교). 이는 몇몇의 특정 발주자의 정보화 사업 발주 패턴이 전반적인 정보화 시장을 주도할 수 있음을 간접적으로 시사하고 있다.

둘째, 계약 건수와 계약 금액의 차이를 보면, 계약 금액의 Power Law 분포가 더욱 극명하다. 이는 다시 말해 여러 발주기관 또는 수주 기업에 걸쳐 실적건수의 분산이 일어난다 하더라도, 계약금액면에서는 상위 몇 개의 대규모 사업발주가 차지하는 비중이 압도적임을 예상해 볼 수 있는 부분이다. 다시 말해 계약 건수 보다는 계약 실적이 전반적인 소프트웨어 산업의 편중현상에 대한 더 유효한 측정치가 될 수 있다고 판단할 수 있다.

셋째, 이에 따라 연도별로 계약 실적의 추이를 보면 발주자와 수주자 모두 유사한 패턴이 관찰된다. 즉, 2013년에 강하던 시장 편중 현상이 2014년에 모두 약화되다가 다시 2015년에 다시 강화 되었다(〈표 4〉와 〈표 6〉 p-value 비교). 흥미로운 점은, 특정한 수퍼 갑이 지속적으로 유지되는 발주자 네트워크나, 새로운 수퍼 을이 등장했던 수주자 네트워크 모두 가장 최근 네트워크의 Power Law 분포효과가 가장 뚜렷하게 나타난다는 점이다. 시스템 스스로 자기의 속성을 파악하고 그 속성을 활용하여 적응해가며 시스템을 성장시키는 복잡적응계의 신호로서 Power Law가 관찰된다는 점에서(Holland, 1995), 본 연구 결과는 소프트웨어 분리 발주를 포함한 다양한 정부의 규제와 정책이

사회와 생태계에 궁극적으로 미치게 되는 효과 - Power Law 현상의 공고화 - 를 염두 해야 한다는 점을 시사한다.

넷째, 상기의 U 형 추이는 추가 분석 - 네트워크 밀집도 분석과 지니 계수 분석(〈표 8〉)을 통해서 재확인되었으며, 이는 제도 변화에 따른 행위자(발주자와 수주자)의 패턴에 대한 또 다른 시사점을 제공한다. 즉, 밀집도와 계약 건수의 지니 계수 모두 2014년에 증가하다가 다시 원점으로 돌아오는 현상이 발견되었는데, 이 같은 U 형 추이는 Gulati(2009)의 닛컴 버블에 따른 소프트웨어 산업의 변동성과 매우 유사하다. 앞장에서 논의 하였듯, 공공 부문 대기업 참여 제한의 여파로 산업의 이해관계자들은 일시적으로 더 위축되고, 이미 알고 있는 이해 당사자와 계약을 추진하는 등 보수적인 선택과 계약을 하였으나, 해당 제도가 산업에 정착되기 시작하면서 다시 예전의 패턴으로 돌아갔음을 추정할 수 있다. 종합하자면, Power Law 현상은 지속되었고, 익숙한 이해관계자와 거래를 체결하는 패턴이 일시적으로 생성되어 지니계수는 일시적으로 증가했지만 이내 시장은 기존의 거시적 네트워크 구조를 다시 찾는 방향으로 개선되었다.

본 연구는 전반적으로 Power Law 현상의 존재를 확인하였고, 지속적인 Power Law 현상 속에서도 대기업 상호출자 전면제한이라는 정부의 규제 시행과 더불어 참여자간 순위변동 등의 생태계 구성 변화가 있었음을 알 수 있었다. 즉, 공공정보화 산업의 생태계는 발주자와 수주자라는 두 핵심 역할자들의 네트워크로 구성되는데, 상위 일부 기관에 의해 발주나 수주 실적 - 계약금액 또는 건수 면에서 - 의 상당수가 진행되는 멱함수 구조임을 시각적으로 알 수 있었을 뿐만 아니라 Clauset, et al.(2009)의 Power Law 분석을 통해서도 확인하였다. 그렇다면, 이러한 부익부 빈익빈 현상을 해소하기 위해 적용된 정부의 규제는 어떠한 효과를 낳았는지에 대해 규제의 대상이 되는 수주자 네트워크를 중심으로 살펴보았는데, Power Law의 탄성이 근본적으로 깨지지 않는다는데 매년 서로 다른

분포를 보이는 생태계가 관찰됨으로써 수주기업 간 순위변동 등 변화의 요소는 감지된 것이다. 즉, 수주자 네트워크의 전체적 구조는 멱함수 분포를 따르고 있지만 그 내부 역할자의 위치는 고정되지 않음을 암시함으로써 시장의 동태성, 변화가능성에 대한 단서를 제공했다. 물론 이러한 변화가 어떠한 성과를 가져왔는지에 대해서는 본 연구의 결과만으로 확인할 수 없고, 매우 신중하게 접근할 필요가 있다.

관련 연구로 경영정보시스템 학회에서는 2015년에 대기업 참여 전면제한의 효과를 분석하여 발표한 적이 있다(이호근 외, 2015). 당시 연구의 결과는 대기업의 참여가 전면 제한된 이후 중견·중소기업의 수주기회가 확대됨으로써 매출이 증가되었음을 보여주었다. 이러한 변화는 계약금액이나 계약건수를 중심으로 생태계를 살폈을 때 구성원의 변화가 지속적으로 발생하며 예전보다 기회가 확대됨을 보여주는 본 연구의 결과와도 다소 맥락을 같이 한다. 하지만, 경영정보시스템 학회의 분석결과에서는 중견·중소기업의 매출은 확대되었으나 영업이익은 오히려 악화되었음을 추가적으로 지적하였다. 이는 시장에서의 참여기회 확대가 중견·중소기업들에게 긍정적으로 영향을 미치기 보다는 과잉경쟁으로 인해 계약 실적만 증대되고 수익은 악화되는 결과를 낳았다는 것이다. 즉, 어떤 규제를 중심으로 시장이 어떻게 변화했는지를 분석하는 것은 다양한 데이터 분석에 기반한 신중함이 요구됨을 암시한다. 물론 경영정보학회의 연구결과도 2015년에 보고되었기 때문에 규제의 효과를 보는 데는 기간이 충분하지 못한 면이 있으므로, 추가 분석과 종합적 이해가 필요한 것은 사실이다.

본 연구에서도 2013년에서 2015년까지 3년에 걸쳐 시장의 생태계 변화가 일어났음을 확인한 것으로, 이로 인한 규제의 효과 내지는 부작용을 운운하기에는 이르다. 또한 이러한 생태계 변화에도 불구하고 Power Law는 지속됨으로써 비록 일부 순위의 해당기업 자체는 변경될 지라도 일부 구성원에 의한 독식현상은 쉽게 무너지지 않는 구조임을 보여주고 있다. 기 발표된

연구결과를 참고하여 통계적 유의성을 보이는 생태계의 변화가 강건성 측면에서 긍정적으로 작용했는지 아니면 부정적으로 작용했는지에 대해서는 추후 연구를 통해 더 살펴 볼 필요가 있다. 한가지 확인된 것은, 규제 등의 외부적 충격으로 인해 적어도 수주자 네트워크에서는 계약금액의 분산 등과 같은 약간의 구조변화가 일어나고 있다는 것이다. 더불어 그러함에도 불구하고 구성원들이 끊임없이 적응해 가며 새로운 규칙을 만들어 소프트웨어 시장이라는 복잡계 속에서 Power Law가 현재까지는 유지되고 있는 것으로 보인다. 이는 규제의 직접대상이 아닌 발주자 네트워크에서 보다 분명하고 수주자 네트워크에서도 아직은 마찬가지였다.

본 논문의 가장 큰 한계점은 2013년에 시행된 규제 적용을 중심으로 생태계 변화를 보고 있는데 분석기간이 2013년에서 2015년으로 한정되어 규제 전과 후를 충분히 관찰하기에는 다소 기간이 짧다는 것이다. 한편으로 보자면, 2013년에 대기업 진입이 전면 제한되기는 하였으나 전술한대로 2006년부터 점진적 진입제한이 가해졌기 때문에 규제 시행의 효과를 반영하기에는 그 시기가 적절했다고 볼 수도 있을 것이다. 하지만 그 변화를 보기에 기간이 짧은 것은 사실이고 이후 데이터를 추가 하여 이 부분에 대한 연구를 보강할 계획이다. 따라서 본 연구의 의의는 결론의 확정성보다는 개방형 공공데이터를 활용하여 사회관계망분석(SNA)을 함으로써, Power Law 현상 등 특정 생태계의 거시적 및 미시적 구조를 확인하는 연구의 틀을 제공했다는 데 두는 것이 보다 적절할 것이다. 이러한 방법론을 기반으로 추후 지속적으로 시장을 분석해 간다면, 단기적 분석에서 발견하지 못한 시장의 특징이나 규제의 효과 등을 장기 데이터 속에서 확인할 수 있을 것이다.

추가적으로 본 연구에서는 공공정보화 시장만을 그 대상으로 하였으나 민간 시장의 상황도 분석할 수 있다면 전체 소프트웨어 생태계를 파악하는데 매우 고무적일 것이라 예상된다. 이것은 데이터 접근 측면에서 고려해 보아야 하는데, 본 연구가 가능했던 이유는 조달청 나라장터의 공공거래 데이터가 개방되었기 때문이

다. 이러한 빅데이터 환경이 공공을 넘어 민간시장에도 조성된다면 향후 연구의 폭은 보다 확대될 것이다.

■ 참고문헌

- 이수상 (2013). “우리나라 공공도서관의 규모에 나타나는 복잡계 현상에 관한 연구.” 「한국도서관·정보학회지」, 44(4): 399-419.
- 이우기·박순형 (2014). “그래프 이론과 소셜 네트워크.” 「정보과학회지」, 32(1): 33-43.
- 이재근·김현진·염홍열·강상욱 (2014). “네트워크 이론을 적용한 개인정보 유통구조 분석.” 「정보화정책」, 21(1): 17~34.
- 이호근·김성근·김용진·손재열·김승현 (2015). “소프트웨어산업 생태계 발전을 위한 연구보고서-공공정보화 시장 대기업 진입규제 실효성 분석을 중심으로.” 경영정보학회.
- 이혜원·명승환 (2013). “국내의 정보화 및 전자정부 연구동향 분석.” 「정보화정책」, 20(4): 3~22.
- 조상섭·강신원 (2013). “네트워크이론과 경제구조 그리고 경제충격에 관한 실증연구: 기술경제적 함의.” 「기술혁신학회지」, 16(4): 937-953.
- 최진호·김희수·임남규 (2011). “기술예측을 위한 특허 키워드 네트워크 분석.” 「지능정보연구」, 17(4): 227-240.
- Albert, R. & Barabasi, A. (2002). “Statistical Mechanics of Complex Network.” *Reviews of Modern Physics*, 74: 47-97
- Barabási, Albert-László (2003). *Linked: The New Science of Networks.*: Perseus Books Group.
- Basole, R. C. (2009). “Structural Analysis and Visualization of Ecosystems: A Study of Mobile Device Platforms.” *AMCIS 2009 Proceedings*: 292.
- Clauset, A., Shalizi, C. R. & Newman, M. E. (2009). “Power-Law Distributions in Empirical Data.” *SIAM Review*, 51(4): 661-703.
- Garnsey, E., Lorenzoni, G. & Ferriani, S., (2008). “Speciation Through Entrepreneurial Spin-

- off: The Acorn-ARM story.” *Research Policy*, 37: 210-224.
- Gulati, R., Maxim S. & Adam T. (2012). “The Rise and Fall of Small Worlds: Exploring the Dynamics of Social Structure.” *Organization Science*, 23(2): 449-471.
- Efron, Bradley. (2009). “Bootstrap methods: another look at the jackknife.” *Breakthroughs in statistics*, Springer New York, 1992, 569-593.
- Holland, J. H. (1995). *Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity*. Basic Books.
- Iansiti, M. & Levien, R. (2004). “Strategy as Ecology.” *Harvard Business Review*, 82(3): 68-81.
- Iyer, B., Lee, C. H. & Venkatraman, N. (2006). “Managing in a Small World Ecosystem”: Lessons from the Software Sector.” *California Management Review*, 48(3): 28-47.
- Isckia, T. (2009). “Amazon’s Evolving Ecosystem: A Cyber-Bookstore and Application Service Provider.” *Canadian Journal of Administrative Sciences*, 26: 332-343.
- Li, Y. (2009). “The Technological Roadmap of Cisco’s Business Ecosystem.” *Technovation*, 29: 379-386.
- Mäkinen, S. J. & Dedehayir, O. (2012). “Business Ecosystem Evolution and Strategic Considerations: A Literature Review.” *Technology and Innovation (ICE), 2012 18th International ICE Conference on, IEEE*: 1-10.
- Newman, M.E.J. (2005). “Power laws, Pareto distributions and Zipf’s law.” *Contemporary Physics*, 46: 327-329.
- Rohrbeck, R., Hölzle, K. & Gemünden, H. G. (2009). “Opening Up for Competitive Advantage - How Deutsche Telekom Creates an Open Innovation Ecosystem.” *R&D Management*, 39(4): 420-430.
- Rosenkopf, L. & Schilling, M. A. (2007). “Comparing Alliance Network Structure Across Industries: Observations and Explanations.” *Strategic Entrepreneurship Journal*, 1(3-4): 191-209.
- Sherman, Howard J. & Ron S. (1998). *Open Boundaries: Creating Business Innovation Through Complexity*. Da Capo Press.
- Wasserman, Stanley & Faust, K. (1994). *Social network analysis: Methods and applications*. Vol. 8. Cambridge university Press.
- West, J. (2014). “Collaborative Patterns and Power Imbalance in Strategic Alliance Networks.” *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(6): 04014010.
- Zhou, Z., Irizarry, J. & Li, Q. (2014). “Using Network Theory to Explore the Complexity of Subway Construction Accident Network (SCAN) for Promoting Safety Management.”, 64: 127-136.