

개방형협업 참여자의 지식창출·지식공유 구조와 혁신 성과: 오픈소스 소프트웨어 개발 커뮤니티를 중심으로¹

The Impact on Structures of Knowledge Creation and Sharing on Performance of Open Collaboration: Focus on Open Source Software Development Communities

구 경 모 (Koo Kyungmo) 한양대학교 정보사회학과 석사
백 현 미 (Baek Hyunmi) 한양대학교 정보사회학과 조교수
이 새 롬 (Lee Saerom) 서울대학교 경영연구소 연구원²

ABSTRACT

This research focus on the effect of developers' participation structure in knowledge creation and knowledge sharing activities in open source software development projects. Based on preferential selection theory, hypotheses of relationship between a developers' concentration of knowledge creation/sharing activities and collaboration performance was derived. To verify the hypotheses, we use the Gini coefficient in the commit contribution of the developers (knowledge creation) and the centralization index in the repository issue network (knowledge sharing network). Using social network analysis, this paper calculates centralization index from developers in the issue boards in each repository based on data from 837 repositories in GitHub, a leading open source software development platform. As a result, instead of all developers creating and sharing knowledge equally, only a few of developers creating and sharing knowledge intensively further improve the performance of the open collaboration. In other words, a few developers predominantly providing commit and actively responding to issues raised from other developers enhance the project performance. The results of this study are expected to be used by developers who manage open source software project as a governance strategy, which could improve the performance of open collaboration.

Keywords: Knowledge creation, Knowledge sharing, Open collaboration, Innovation performance, Open source software, Preferential attachment.

¹ 논문접수일: 2017년 9월 11일; 2차 수정: 2017년 11월 8일; 게재확정일: 2017년 12월 12일
이 논문은 2016년 한양대학교 교내연구비 지원으로 연구되었음(HY-2016-G)

² 교신저자

1. 서론

빠르게 변화하는 환경에서 기업이 경쟁 우위를 확보하기 위해서는 지식경영을 통하여 지속적으로 혁신성과를 내는 것이 중요하다(설현도, 2014). 2개방형협업은 기존의 혁신성과를 위한 지식경영 방법에 비하여 비교적 적은 비용으로 성과를 얻을 수 있는 방법으로 주목받고 있으며, 이러한 이유로 최근에는 다양한 기업들이 개방형협업을 통하여 외부 지식을 받아들이고 있다. 또한 유튜브(YouTube), 위키피디아(Wikipedia), 그리고 킥스타터(Kickstarter) 등 다양한 형태의 개방형협업 서비스를 쉽게 접할 수 있다. 개방형협업을 통하여 성공적인 결과를 이끌어내 온 대표적 분야로 오픈소스 소프트웨어 개발(OSSD: open source software development)을 들 수 있다. OSSD는 1980년부터 개발자들이 자발적으로 협업을 통해 코드를 개발하면서 경제적으로, 기능적으로 기존의 기업들이 제작하는 소프트웨어만큼 훌륭한 결과를 이끌어왔다. 그러나, OSSD를 통하여 수 많은 소프트웨어들이 개발되는 과정에서 많은 수의 OSSD가 혁신적인 성과를 창출하는 것에 실패하였다. Rainer & Gale (2005)은 소스포지(Sourceforge) 플랫폼 상의 대다수의 프로젝트가 실패했음을 실증적으로 증명하였으며, Lee et al. (2009)는 OSSD 프로젝트 중에서 58%는 개발 단계, 22%는 계획 단계, 17%는 개발 이전 단계의 상태에 머물렀음을 밝혔다. 따라서 본 연구에서는 OSSD의 대표적인 플랫폼인 깃허브(www.github.com)를 중심으로 개발자들의 참여 활동을 지식창출과 지식공유 활동으로 구분하고, 이를 통하여 형성된 조직구조가 OSSD의 혁신성과에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

OSSD는 개발자들의 자발적 기여로 이루어지는 개방형협업이기 때문에 개발자들의 참여가 OSSD의 성공에 결정적인 역할을 한다. 따라서 대다수 연구들은 개발자들이 보다 적극적으로 OSSD에 참여할 수 있도

록 자발적 기여에 미치는 요인에 집중하여 연구하였다. 그러나 자발적 참여로 프로젝트가 운영되더라도 프로젝트별로 운영성과가 상이하기 때문에 운영성과에 영향을 미치는 설명 요인을 밝힐 필요성이 증대되었다(이새롬 외, 2016; 이새롬 외, 2017). 따라서 본 연구에서는 OSSD 개발자들의 참여활동에 있어서의 구조가 혁신성과에 어떤 영향을 미치는지를 살펴보고자 한다. 다양한 연구들이 개발자들의 참여의 차이로 형성된 조직구조가 개방형협업 성과에 미치는 영향들을 설명하고자 하였다(Brooks, 1995; Benbunan-Fich et al., 2003; Kuk, 2006; Leifer et al., 2000; McDonald & Westphal, 2003; Raymond, 1999; Robertson et al., 1996; 박현정 & 신경식, 2014). 본 연구는 OSSD 개발자들의 참여 활동을 직접적으로 소프트웨어에 필요한 코드를 제시하는 지식창출 활동과 협업 과정에서 개발자들 간의 커뮤니케이션을 통하여 이루어지는 지식공유 활동으로 나누었다. 지식창출 활동은 직접적으로 OSSD의 성과에 영향을 주는 주요 활동이다. 프로젝트 내에서 커뮤니케이션을 통해 이루어지는 지식공유 활동은 혁신성과에 직접적 영향을 주진 않으나, 협업에 있어서 아이디어를 공유하거나 제기한 문제에 대하여 개발자들 사이에서 해결책을 찾아가는 중요한 요소이다.

본 연구는 자발적 기여나 자원의 교환이 특정 소수에 집중되어 일어나는 현상을 선호적 선택(Preferential attachment)을 통하여 설명하고자 한다. 선호적 선택은 사회적 연결망에서 노드와 링크들이 무작위로 연결되는 것이 아니라 상대적으로 많은 연결을 가지고 있는 노드들을 연결 대상으로 선택하게 되어 소수의 노드들에 집중적으로 많은 링크가 형성된다는 현상을 설명한다(Barabási & Albert, 1999; 이원재, 2011). 본 연구에서는 선호적 선택 현상을 기반으로 개발자들의 참여 활동을 통하여 형성된 OSSD 프로젝트의 조직구조가 소수에 집중되었는지에 따라 혁신성과에 어떠한 영향을 미치는지 알아보려고 한다.

본 연구에서는 실증 분석을 위하여 파이썬(Python)을 사용한 웹크롤러를 이용해 오픈소스 소프트웨어(OSS: open source software)의 대표적 플랫폼인 깃허브(Github)에서 837개의 리퍼지토리(repository)에 대한 데이터를 수집하였다. 리퍼지토리는 하나의 OSS가 개발되는 프로젝트를 의미한다. 수집된 실제 데이터를 활용하여 개발자의 지식창출 활동에 대한 지니계수 생성과 지식공유 활동에 대한 사회연결망분석을 수행하였다. 이 데이터를 바탕으로 OSSD 참여 활동인 지식창출 활동과 지식공유 활동에서 형성된 조직 구조가 OSSD 성과에 어떠한 영향을 주었는지 살펴보기 위해 위계적 회귀분석을 수행하였다. 그 결과, 지식창출과 공유 활동 모두 소수에 집중되는 구조일수록 OSSD 성과에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다.

OSSD 성과에 영향을 미치는 지식창출과 공유 참여로 형성된 조직 구조를 분석하기 위하여 본 연구는 아래와 같이 구성되었다. 먼저 제2장에서는 오픈소스 소프트웨어와 지식생산 그리고 선호적 선택 이론을 중심으로 이론적 배경을 정리하고자 한다. 제3장에서는 연구 가설을 제시하며, 제4장에서는 데이터 수집 및 사용되는 변수에 대해 살펴보고자 한다. 제5장에서는 분석 결과를 제시하며, 제6장에서는 결론과 연구의 기여점 및 한계를 제시하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 개방형협업과 참여 활동

개방형협업이란 불특정 다수의 외부 자원을 활용하여 혁신 성과를 이루는 협업 방법이다(강신형 외, 2016). 최근에는 기업뿐만 아니라 민간이나 정부 등 다양한 주체들이 적극적으로 개방형협업을 활용하고 있다. 정보통신기술의 발달로 인하여 인터넷을 활용한 개방형협업이 보다 쉬워졌으며, 참여하는 구성원들의 지

식과 기술, 그리고 능력이 다양하여 보다 창의적인 문제 해결능력을 가지기 때문이다. 기존의 연구들도 집단의 창의성이 개인의 창의성에 비하여 높다고 밝힌바 있다(백윤정 & 한상숙, 2008). 개방형협업은 자발적 참여를 통하여 이루어지기 때문에 성공적인 성과를 위해서는 불특정 다수의 참여가 결정적인 역할을 한다. 개방형협업에서의 참여란 크게 직접적으로 지식을 창출하는 활동과 지식을 공유하는 활동으로 나뉘어질 수 있다. 조직차원에서 개별 구성원들의 지식을 창출하고 공유, 그리고 활용하는 것은 지식경영에 있어서 중요한 역할을 한다(김보영, 2016). Nelson & Coopridge (1996)에 따르면, 지식공유는 집단성과에 영향을 주기 위한 상호간의 과정으로 정의할 수 있다. 기존 연구들은 조직 내의 지식공유가 지식창출만큼 핵심역량을 확보하는 중요한 활동이라고 구분하고 있다(Kogut & Zander, 1992; 박문수 & 문형구, 2004).

개방형협업을 통하여 만들어지는 대표적인 예시로 OSS가 있다. OSS란 소프트웨어를 개발하는데 필요한 소스코드가 모두에게 공개되어 이를 자유롭게 수정하고 활용하여 만든 소프트웨어를 말한다(Jaeger & Metzger, 2002). 또한 소스 코드에 대한 자유로운 접근과 활용, 배포에 대한 일체의 권한을 비롯하여 이와 같은 소프트웨어에 대한 생산방식까지 포함하기도 한다(원인호, 2014). OSS는 독점 소프트웨어에 대한 반발로 자유로운 개발과 공유를 추구하며, 개발자들의 자발적 기여로 개발된다. 기존의 기업들이 많은 보상을 통해서 지식노동자들의 동기부여를 제시하여도 성과에 한계가 있었던 시점에, 자발적 기여를 통하여 만들어진 OSS가 기능적으로 뒤쳐지지 않는 결과물을 창출해내자, 많은 기업들이 OSS에 참여하는 개발자들의 동기에 대하여 관심을 가지기 시작했다. 따라서 기존의 많은 연구들이 OSS에 참여하는 개발자들의 자발적 기여에 대한 동기를 연구하였다. OSS의 주요 연구들은 개발자들의 자발적 기여의 원인을 내적 동기와 외적 동기로

분류하여 살펴보았다. 내적 동기로는 개발자들이 OSS를 통해 배움과 경험을 추구하거나(Kreps, 1997), 다른 사람의 인정과 평판, 명성이라는 심리적인 가치(Raymond, 1999)를 얻고자 하는데 있다. 외적 동기로는 참여를 통한 이력을 형성하고 향후 노동시장에서 상업적인 보상을 받을 것으로 기대하거나(Lerner & Tirole, 2001), 자신의 참여에 대한 대가로 향후 다른 참여자로부터 상호호혜적인 참여를 기대하는 것을 포함한다(Lakhani & von Hippel, 2003).

나아가, OSSD 프로젝트가 성공적으로 운영되기 위해서는 자발적 기여에 대한 동기뿐만 아니라 개발자가 특정 프로젝트에 참여를 하는 이유나 참여 방식에 대한 연구도 필요하다. Hahn et al. (2008)은 왜 개발자들이 많은 프로젝트 중 특정한 프로젝트에만 참여하는지를 살펴보기 위해 개발자들간의 기존 협업 경험 여부로 이를 검증하였다. 또한, 개발 문화의 개방 정도(Dahlander & Magnusson, 2008; Feliciano, 2015; Laursen & Salter, 2006), 프로젝트 관리의 엄격성(Ho & Rai, 2017), 그리고 운영자의 특성(이새롬 외, 2016) 등이 프로젝트 참여의 결정 요인으로 연구되었다. 참여방식에 대한 연구를 진행한 Lee et al. (2017)은 여러 개의 OSSD 프로젝트를 하나의 조직이 운영할 경우, 한 명의 개발자가 다양한 프로젝트에 참여하고 나머지 개발자들은 한두 개의 프로젝트에 집중하여 참여하는 방식이 혁신성과에 긍정적인 영향을 줌을 밝혔다.

2.2 선호적 선택(Preferential Attachment)

개방형협업은 타인과 끊임없는 사회적 상호작용을 통하여 성과를 얻는 지식경영 방법론이다. 커뮤니티의 구성원들은 사회적 상호작용을 통하여 집단의 내부나 외부에 존재하던 지식 자원을 얻을 수 있고, 자신의 지식을 제시할 수도 있다(Drazin et al., 1999; 김현진 & 설현도, 2014). 선호적 선택이란 개인 간의 상호작용을 바탕으로 하는 사회과학의 행위 이론의 하나인 사회교

환이론을 기반으로 발생하는 현상으로(이원재, 2011), 온라인상의 네트워크에서 발생하는 극단적인 편중의 현상을 설명한다(Barabási & Albert, 1999). 사회교환 이론은 기본적으로 인간은 합리적이고 자신의 이해를 추구하는 존재라 가정하고, 사회의 다양한 현상을 인간이 자신의 이해를 실현하기 위한 타인과의 교환 과정으로 설명한다(Cook & Whitmeyer, 1992). 즉, 사람은 타인과의 상호작용 속에서 자신의 이익과 이해를 실현하기 위하여 보상과 비용을 비교하고 자신에게 유리한 상황을 선택한다는 것이다. 사회교환이론에서의 보상은 단순히 금전적 이득과 같은 물질적, 경제적 요소뿐만 아니라 명성이나 지위, 정보 및 존경, 만족과 같은 심리적, 사회적 요소들을 모두 포함한다(Foa & Foa, 1975). 이러한 사회교환이론에서 네트워크의 참가자는 서로간의 비교를 통하여 자신에게 최대한 유리한 상대를 선택하려 한다. 많은 연결을 가진 참여자는 또다시 이러한 연결이 하나의 선호적 선택의 근거가 되어 더 많은 참여자와의 연결로 이어지고, 결국 멱함수 분포와 같은 극도의 집중 현상이 발생하게 된다.

사회교환이론에 따르면 OSS에서 개발에 대한 참여는 다른 선행연구에서 전제하듯 당연하게 이루어지는 것이 아니라, 참여에 대한 보상이 비용에 비해 큰 경우에 한하여 선택적으로 이루어 진다고 볼 수 있다. 이를 통해 참여의 부족과 중단으로 인하여 실패하는 많은 프로젝트도 설명할 수 있다. 이처럼 사회교환이론을 통하여 OSSD 플랫폼에서 이루어지는 협업 참여의 과정을 개발자간의 상호작용 관점에서 이해할 수 있다. 온라인에서는 조직의 경계와 위계가 강하지 않으며 사람들은 기호와 목적에 맞게 자유롭게 참여와 사회적 관계의 대상을 결정한다(배영, 2003, 2005). 기존연구에서는 기술 수준에 따른 분화의 관점에서 소수의 엘리트에 의한 다수의 참여자에 대한 관리, 감독의 역할을 강조하기도 하였다(De Laat, 2007; Kittur & Kraut, 2008; Kittur et al., 2007; Mockus et al., 2002; Na-

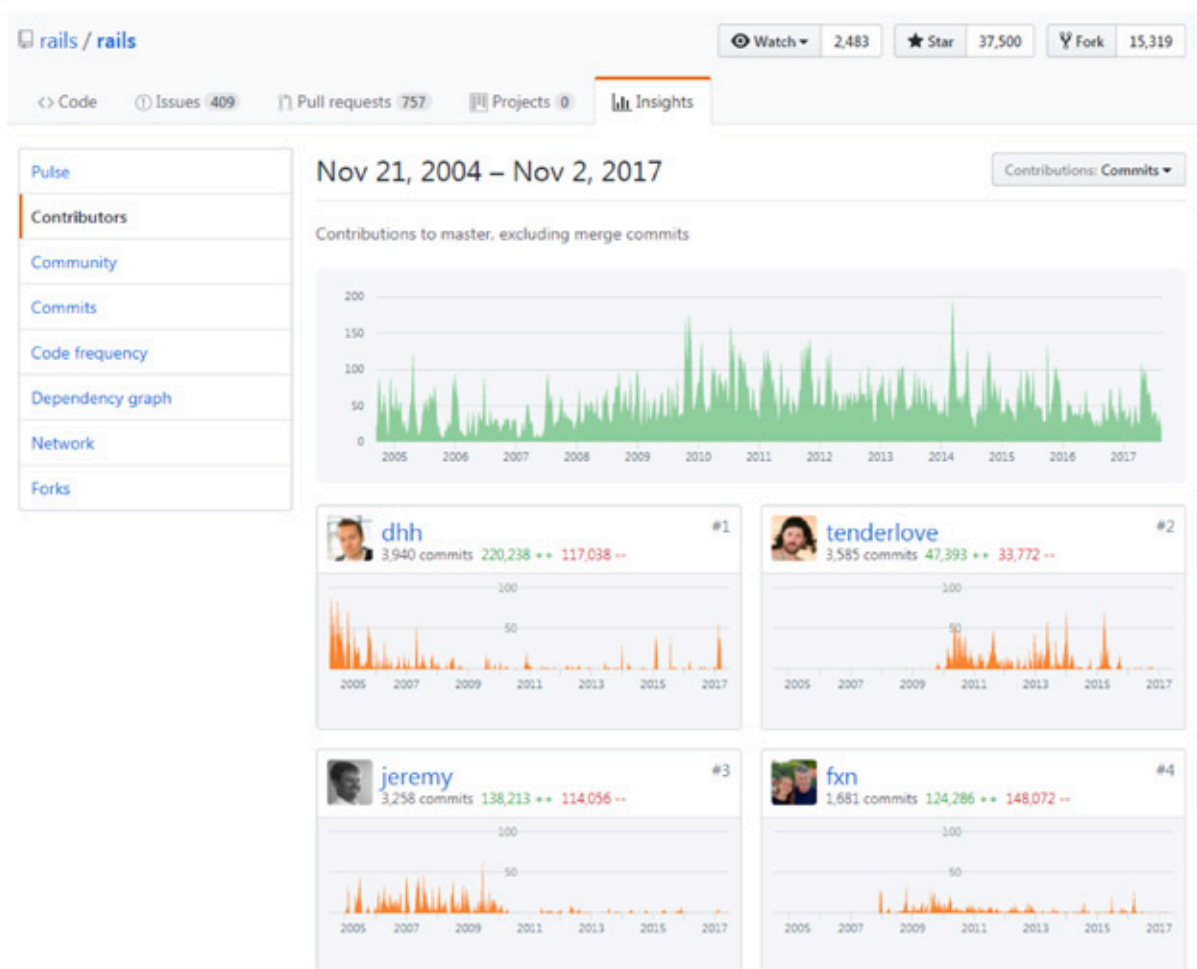
kakoji et al., 2002; 원인호, 2014). 특히 대표적인 OSS의 성공사례로 꼽히는 리눅스(Linux) 커뮤니티의 경우 많은 개발자의 참여를 바탕으로 소수 엘리트의 역할이 강조되기도 하였다(Mockus et al., 2002).

2.3 깃허브

OSS를 보다 효율적으로 개발하기 위해서 최근에는 개발 플랫폼이 서비스화되었다. 소스포지와 깃허브 등이 대표적인 OSSD 플랫폼이다. 깃허브는 2008년 처음 서비스가 시작되었으며, 2017년 4월에는 2000만여 명의 사용자가 활동하며 5700만여개의 프로젝트가 개설된 OSSD 플랫폼이다(Wikipedia, 2017a). 깃허브의

개발자들은 각각 자신의 활동 내역이 체계적으로 기록되는 개인 페이지를 갖는데, 이는 일종의 포트폴리오가 되며 다른 개발자는 이를 자유롭게 열람할 수 있다. 작업 과정에서 필요한 다른 개발자들과의 의사소통을 위하여 메신저와 SNS 등 다양한 커뮤니케이션 기능을 갖추었으며, 즐겨찾기 기능을 통해 관심이 가는 프로젝트의 진행 사항에 대한 알림을 받을 수 있다. 또한 프로젝트의 전반적인 정보를 직관적으로 파악할 수 있는 다양한 수치와 시각화 정보를 제공한다.

오오츠카(2015)에 따르면, 깃허브에서 지식을 생산하는 기본 단위는 커밋(commit)이라는 소스 코드의 변경 정보이다. 커밋은 개발자에 대한 정보와 함께 수정



<그림 1>. 깃허브의 OSSD 커뮤니티 내의 지식창출 분포 예시

전과 후의 소스코드를 모두 포함하므로 변경의 내역을 파악할 수 있다. 개발자는 자신이 기여한 커밋을 프로젝트 리더에 보내어 원본에 병합(merge)해줄 것을 요청하며 이를 풀 리퀘스트(pull-request)라 한다. 관리자는 작업 내용을 심사하고 프로젝트에 대한 기여가 인정될 경우 원본에 병합한다. 이처럼 깃허브에서는 커밋과 풀 리퀘스트, 병합을 통해 지식창출이 이루어진다.

소프트웨어 개발과 같이 고도의 상호 협력과 의사소통이 필요한 과업에서 컴퓨터매개 커뮤니케이션(CMC: computer mediated communication)에 의존해야 하는 환경은 개발의 효율을 제한한다. 일반적으로 OSS 개발 과정은 상업적 소프트웨어 개발에 비해 체계적으로 이루어지지 않으며(Stamelos et al., 2002), 참여자에 대한 불확실성을 가진 채로 프로젝트를 진행해야 한다는 약점을 가진다(Stewart, 2005). 깃허브에서는 이러한 한계를 보완하고 프로젝트 참여자 간의 커뮤니케이션을 활성화 하고자 프로젝트 저장소에 이슈(issue) 기능을 제공하고 있다. 이슈는 게시판 형태의 커뮤니케이션 채널로 질의와 응답, 정보의 공유, 기능의 제안, 의사결정, 버그의 보고 등 다양한 목적을 위해 사용된다(원인호, 2014). 이러한 이슈에서의 개발자간의 의견 교환은 지식공유 참여로 이어진다.

깃허브는 OSS 개발을 보다 용이하게 하는 소셜 코딩 플랫폼으로, 다양한 연구자들이 깃허브 내에서 발생하고 있는 개방형협업에 대해 지속적으로 연구를 하고 있다. 컴퓨터공학부터 사회과학분야까지 다양한 분야에서 깃허브의 개발자나 프로젝트의 현황에 대한 탐색적 연구가 진행되고 있다. 기존의 연구들은 설문 조사 등을 통한 자발적 기여의 동기에 대한 연구가 주를 이루고 있으나, 깃허브에서 수집된 데이터로 진행된 연구들에서는 자발적 기여에 대한 주관적 동기 보다 프로젝트를 운영하는 팀의 특성이나 개발자의 특성 등에 대한 연구가 다수를 이룬다(Cosentino et al., 2017). 기존 연구에서는 개방형협업에 영향을 미치는 요인을 밝히기

위하여 타 개발자가 제시한 아이디어인 풀 리퀘스트 수용시 영향을 미치는 요인(Soares et al., 2015; Tsay et al., 2014a; Tsay et al., 2014b), 그리고 개발자의 참여에 영향을 미치는 요인(Allaho & Lee, 2014; Hata et al., 2016) 등을 분석하였다. <표 1>은 깃허브와 관련된 기존 연구들을 정리하였다.

3. 연구 가설

이 연구에서는 개발자들의 참여 활동 중 지식창출 활동을 통한 조직구조와 프로젝트의 성과간의 관계를 도출하고자 한다. 기존의 연구에서는 소수 개발자에 집중된 조직 구조와 혁신 성과의 관계에 대한 다양한 결론을 도출하였다. 일부 연구에서는 지식창출 활동이 소수의 개발자에게 집중되어 있을 경우, 구성원 간의 마찰 가능성과 의사결정 및 커뮤니케이션 비용이 그렇지 않을 경우보다 적게 들기 때문에 혁신성과에 긍정적인 영향을 미칠 것이라고 주장하였다(Benbunan-Fich et al., 2003; Brooks, 1995; Raymond, 1999). 반면에 일부 연구에서는 소수의 개발자에게 집중된 지식창출이 이루어질 경우, 정보 원천의 다양성이 저해되기 때문에 혁신성과에 부정적인 영향을 줄 것이라고 설명하기도 하였다(Leifer et al., 2000; McDonald & Westphal, 2003; Robertson et al., 1996). 최근에는 이러한 서로 다른 두 접근을 절충하여 소수의 집중이 지나칠 경우 성과를 저해하는 것으로 설명하여 그 관계를 역 U자 형태로 설명하는 연구들도 있었다(Kuk, 2006; 박현정 & 신경식, 2014).

본 연구는 사회교환이론 중 선호적 선택 이론을 중심으로 조직구조와 혁신 성과와의 관계를 설명하고자 하였다. 많은 프로젝트가 개발자들 참여의 부족으로 실패하는 상황에서 개발자들은 참여하고자 하는 프로젝트를 무작위로 결정하기 보다는 전략적으로 선택하려

<표 1> 깃허브에 대한 기존의 연구

구분	중심 이슈	내용 상세
팀의 특성	팀멤버의 수	<ul style="list-style-type: none"> • Kalliamvakou et al. (2015) 에서는 72%의 프로젝트가 한 명의 개발자만 보유하고 있다고 함 • Yamashita et al. (2015)에서는 88%가량의 리퍼지토리가 16명 이하의 개발자를 보유하는 작은 프로젝트라고 밝힘
	팀내부 멤버의 다양성	<ul style="list-style-type: none"> • Vasilescu et al. (2015a)과 Vasilescu, et al. (2015b)에서는 팀 내부 멤버의 다양성이 커뮤니케이션의 어려움과 올바르지 않은 기여가 발생할 가능성 때문에 성과에 부정적일 수 있다고 밝힘
개발자의 특성	성별	<ul style="list-style-type: none"> • Storey et al. (2017)에서는 개발자의 성별에 따라서 참여하고 있는 팀의 크기나 프로그래밍 경험, 전문성, 참여한 프로젝트 개수 등에 있어서 차이가 있음을 밝힘 • Vasilescu et al. (2015b)에서는 개발자의 성별에 따라서 개발자의 현 직업, 서베이 응답시간, 프로그래밍 경험, 거주 국가, 그리고 깃허브 리퍼지토리의 운영자 여부에 차이가 난다고 밝힘
	경험	<ul style="list-style-type: none"> • Vasilescu et al. (2015b)는 깃허브 개발자들을 대상으로 설문조사한 결과, 개발 경험이 0에서 44년까지 다양하였으며, 남성에 비해서 여성의 개발 연차가 낮음을 밝힘
풀 리퀘스트를 수용 및 거절시 영향을 미치는 요인	사회적 요인	<ul style="list-style-type: none"> • Soares et al. (2015)에서는 풀 리퀘스트를 처음 제시한 개발자일 경우 기존에 해당 프로젝트에서 풀 리퀘스트 수락률이 경험이 있는 개발자에 비하여 32% 가량 낮다고 하였음 • Tsay et al. (2014)과 Casalnuovo et al. (2015)에서는 사회적 연결(팔로워 수)이 많은 개발자의 코드가 더 수락될 확률이 높다고 하였음
	기술적 요인	<ul style="list-style-type: none"> • Gousious et al. (2016)에서는 풀 리퀘스트가 해결하려고 하는 문제를 충분히 다루고 있고 문서화가 잘 되어 있을 경우 풀 리퀘스트의 수락확률이 높아진다고 밝혔음 • Tsay et al. (2014)에서는 효과적으로 설치가 되는 코드를 제시하는 풀 리퀘스트에 대한 수락확률이 높음을 밝혔음 • Soares et al. (2015)에서는 지나치게 많은 변화를 제시하는 풀 리퀘스트에 대해서는 수락할 확률이 낮다고 밝혔음
개발자의 참여에 영향을 미치는 요인	프로젝트 소개글 여부	<ul style="list-style-type: none"> • Hata et al. (2016)에서는 고정적으로 프로젝트에 기여하는 개발자의 참여를 장려하는 데 있어서 프로젝트에 대한 자세한 소개 글이 중요한 역할을 한다고 밝힘
	프로젝트의 복잡성	<ul style="list-style-type: none"> • Allaho & Lee (2014)에서는 숙련된 개발자의 경우 보다 복잡하고 본인의 실력을 개발할 수 있는 프로젝트에 합류하고, 숙련되지 않은 개발자는 기여가 가능한 쉽고 단순한 프로젝트에 기여함을 밝힘

할 것이다(Prahl et al., 1991). 시간과 노력이라는 비용이 수반되는 참여에 대하여 자신의 보상을 최대한 크고 확실하게 받고자 하는 것이다. 그를 위해서 개발자들은 불확실성이 낮고 성공의 가능성이 높은 프로젝트를 선택할 것이다. 이러한 성공적인 프로젝트에 대한 판단의 근거로서 소수 개발자의 집중적인 참여를 꼽을 수 있다. 참여가 불확실한 상황에서 소수의 개발자가 활발하게 참여하며 프로젝트를 이끌고 나가는 것은 불확실성을 낮추고 성공의 가능성을 높인다. 이를 통해 다른 개발자의 보상에 대한 인식을 강화시켜 선호적 선택에 의한 참여를 이끌어 낼 수 있다. 또한 깃허브에서 개발자는 신뢰할만한 파트너를 확보하고자 하므로 활발하게 참여하는 소수와 유대 형성 차원에서 다른 개발자로부터 참여를 이끌어 낼 수 있을 것이다. 이러한 논리를 바탕으로 다음의 연구가설 1을 도출할 수 있다.

연구가설 1: 개발자들의 지식창출 활동이 멱함수 형태를 띠수록 프로젝트의 혁신성고가 더 좋을 것이다.

지식공유에 있어서 소수의 개발자에 집중된 조직구조가 혁신성고에 미치는 영향 또한 개발자 간의 상호작용 관점에서 선호적 선택 현상으로 설명할 수 있다. 깃허브에서의 지식공유는 이슈 게시판에서의 질의와 응답, 기능의 제기, 버그의 보고와 같이 정보의 공유를 주된 목적으로 이루어지는 의사소통을 의미한다. 이러한 지식공유 과정에서 이슈 게시판에서 이루어지는 개발자 간의 의사소통은 지식공유 네트워크를 형성하게 된다. 기존의 연구에서는 OSS가 개방형협업으로 이루어지기 때문에, 지식공유가 기존의 기업들과 비교하여 비교적 평등하게 발생하며, 조직의 구조 또한 평면적인 형태를 가지고 있을 것이라고 주장하였다(Dahlander & O'Mahony, 2011). 따라서 중점적으로 자신의 지식을 공유하는 역할을 하는 개발자가 있을 경우, 선호적 선택 현상에 따라 특정 개발자의 지식공유가 집중화될

수 있다.

깃허브 프로젝트의 이슈 게시판에서 활발하게 활동하며 다른 개발자가 올린 게시물에 많이 응답하는 개발자는 프로젝트의 조언자 또는 멘토라고 볼 수 있다. 이러한 지속적인 조언을 통하여 개발자는 서로 다른 아이디어들로부터 새로운 결과를 도출하므로(Chen et al., 2009), 과제 지향적 프로젝트에서 지속적인 조언자가 있을 경우 더 좋은 성과를 보임이 알려져 있다(정진성, 1998). 따라서 이슈 게시판의 커뮤니케이션 채널에서 소수의 특정 개발자가 활발한 멘토 활동을 할수록 성공에 대한 가능성을 높여 다른 개발자의 선호적 선택을 이끌어낼 수 있다. 이러한 논리를 바탕으로 다음의 연구가설 2를 도출하였다.

연구가설 2: 개발자들의 지식공유 활동이 멱함수 형태를 띠수록 프로젝트의 혁신성고가 더 좋을 것이다.

4. 데이터 수집 및 변수

깃허브에서 제공하는 응용 프로그래밍 인터페이스(API: application programming interface)와 프로그래밍 언어인 파이썬을 바탕으로 웹크롤러를 구축하여 2014년 2월부터 2015년 2월까지 생성된 깃허브 프로젝트 저장소인 리퍼지토리를 대상으로 데이터를 수집하였다. 그 중에서 생성된 후 일주일 동안 그 리퍼지토리를 즐겨찾기(starring)한 개발자수가 5명 이상이고 프로젝트의 성과가 유의미하게 측정될 수 있는 8개월 이상 운영된 저장소를 선별하였다. 최종적으로 협업의 최소단위인 참여자 수가 2명 이상인 837개의 프로젝트 저장소를 분석 대상으로 선정하였다. 수집된 데이터로는 프로젝트의 생성날짜, 프로젝트의 커밋수, 참여하고 있는 개발자 정보와 각 프로젝트에서 이루어진 이슈 관련 데이터인 이슈 생성 날짜, 게시자 및 댓글 현황 등의

정보를 포함한다.

수집된 자료 중에서 연구가설의 검증을 위하여 사용된 변수는 다음과 같다. 종속변수로 사용된 깃허브의 커밋은 프로젝트의 성과를 대표하는 지표이다. 다양한 연구들이 프로젝트의 커밋 수를 혁신성으로 활용하고 있다(Adams et al., 2009; Crowston et al., 2003; Grewal et al., 2006). 이러한 기존 연구를 바탕으로 프로젝트 전체의 커밋수를 혁신성으로 조작적 정의하였다. 지식창출 집중도의 경우 837개 프로젝트 각각에서 참여자들의 개별 커밋수에 대한 지니계수(gini coefficient)를 산출하여 변수로 활용하였다. 지니계수란 현재 가장 널리 사용되는 불평등의 정도를 나타내는 통계적 지수로서(Yitzhaki, 1979), 소득 분배의 불평등함 외에도 부의 편중이나 에너지 소비에서와 같이 다양한 분야에서 활용된다. 지니계수(G)는 다음의 식을 통해 도출한다(Wikipedia, 2017b).

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n |x_i - x_j|}{2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_j}$$

x_i : 개발자의 지식기여 횟수

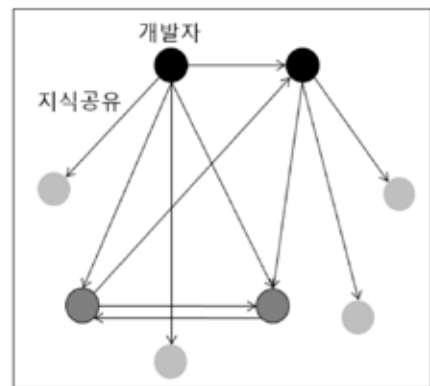
n : 지식창출에 참여한 개발자의 수

깃허브 이슈의 지식공유 집중도를 산출하기 위해서는 사회연결망분석을 실시하였다. 사회연결망분석은 연결망에서 개체간의 연결 및 구조를 시각화, 계량화하여 사회연결망이론을 실증적으로 검증하는 분석 방법이다(김용학, 2003). 사회연결망분석을 통해서 네트워크 특성, 중심구조, 응집구조, 그리고 역할구조에 대한 분석이 가능하다. 사회연결망이론에서 행위자는 노드(node)로, 그들 간의 연계는 링크(link)로 표현되며, 링크의 방향에 따라서 내향성과 외향성으로 나뉜다. 본 연구에서는 각 개발자를 노드로 보고 동일한 이슈 게시판에 글을 쓰고 응답을 하는 행위를 개발자간 링크가 형성된 것으로 간주하였다. 이때, 이슈 게시판에서 질문을 올리는 참여자에게는 내향 연결 관계, 이에 대해서 응답을 하는 사람은 외향 연결 관계가 형성되는 것으로 가정하였다. <그림2-a>에서는 깃허브의 이슈 게시판에 개발자들이 의견을 제시하고 답변을 다는 구조를 예시로 제시하였다. <그림2-b>에서는 이슈 게시판의 의견제시와 답변의 구조를 기반으로 답변을 한 개발자가 의견을 제시한 개발자에게 지식을 공유하는 형태의 지식공유 네트워크를 시각화하였다.

세부적으로, 사회연결망분석을 사용한 다양한 분석 방법 중, 네트워크 단위의 중심구조 분석을 실시하



(a) 깃허브의 이슈 게시판의 의견제시와 답변 구조



(b) 이슈 게시판 기반의 네트워크분석

<그림 2> 깃허브의 이슈 게시판과 지식공유 네트워크

여 네트워크 구조 내에서 개발자의 역할을 측정하였다. 네트워크 중심성 분석은 크게 연결중심성(degree centrality), 매개중심성(betweenness centrality), 그리고 근접중심성(closeness centrality)의 세 가지를 들 수 있으며(Scott, 1988), 본 연구에서는 연결중심성에 근거한 중심구조 분석을 실시하였다. 연결중심성은 한 노드에 직접적으로 연결되어 있는 노드의 개수를 의미하며, 연결된 노드의 수가 많을수록 연결중심성이 높아지게 된다. 이 연구는 지식공유 네트워크에서 타 개발자가 제시한 의견에 대해서 자신의 지식을 공유하는 참여자의 역할에 주목하였기 때문에 네트워크의 외향성을 분석의 대상으로 하였다. 지식공유 집중도는 837개 각각의 프로젝트 이슈 게시판의 네트워크에 대하여 사회연결망분석을 실시하고 외향 연결중심화지수(group out-degree centralization)를 산출하여 이를 변수로 활용하였다. 중심성이 특정 노드가 연결망 내에서 얼마나 중심적인 위치를 차지하였는가에 초점을 맞춘다면, 중심화지수는 연결망 전체가 얼마나 중앙 집중적인 구조를 가졌는지 또는 연결망이 얼마나 한 노드를 중심으로 결속되었는지에 초점을 맞춘다(김용학, 2003). 각 노드들이 가지고 있는 각각의 연결중심성이 서로 얼마나 다른가를 설명하는 연결중심화지수를 구하는 식은 다음과 같다(Wasserman & Faust, 1994).

$$C_D = \frac{\sum_{i=1}^g [C_D(N^*) - C_D(N_i)]}{(g-2)(g-1)}$$

$C_D(N^*)$: 가장 큰 연결중심성
 $C_D(N_i)$: 노드 i 의 연결중심성
 g : 노드의 개수

노드 i 의 연결중심성은 다음과 같다(Freeman, 1979).

$$C_D(N_i) = \sum_{j=1}^g x_{ij} \quad , \quad i \neq j$$

연구가설 1의 검증을 위해 지식창출 참여자수를, 연구가설 2 검증을 위해 지식공유 참여자수를 통제변수로 추가하여 정교한 분석을 하고자 하였다. 최종적으로 분석에 사용된 변수는 <표 2>와 같다.

5. 분석 결과

분석대상인 837개의 저장소를 대상으로 변수들의 기술통계 분석을 실시하였다. 프로젝트들의 평균 커밋수는 약 135회이고 최소값은 2부터 최대값은 6,092회로 나타났다. 하지만 대다수의 성과는 평균 이하에 분포하

<표 2> 변수의 설명

구분	변수명	변수 설명
종속변수	혁신성과	프로젝트의 전체 커밋수
독립변수	지식창출 집중도	프로젝트의 참여자별 커밋수에 대한 지니 계수(gini coefficient)
	지식공유 집중도	이슈 게시판 지식공유 네트워크의 외향연결중심화지수 (group out-degree centralization)
통제변수	지식창출 참여자 수	프로젝트 내에 커밋을 제시한 지식창출 참여자수
	지식공유 참여자 수	이슈 게시판의 답변을 제시한 지식공유 참여자수

고 왜도(skewness)값은 9.07로 산출되었다. 실제로 히스토그램에서 분포를 확인한 결과 정규분포를 따르지 않음을 확인할 수 있었다. 따라서 성과 변수에 자연로그를 취하여 정규성을 확보하고(왜도 값 0.68) 이를 종속변수로 활용하였다. <표 3>은 최종적으로 도출된 변수들의 기술통계량을 나타낸다.

가설 검증을 위해 위계적 회귀분석을 사용하였다. 위계적 회귀분석은 연구자가 보고자 하는 변수를 차례로 투입함으로써 통제변수들의 영향력을 제외한 상태에서 독립변수의 영향력을 검출할 때 사용하는 방법이다(이일현, 2014). <표 4>는 연구가설 1을 검증하기 위한 위계적 회귀분석 결과이다. 모델 1에서는 지식창출 참여자의 수가 혁신성과에 미치는 영향을 살펴보았

다. 그 결과 F는 334.876(p<.001)로 유의하였으며, R²는 0.285로 지식창출 참여자의 수가 종속변수인 혁신성과의 변화를 28.5% 설명하고 있는 것으로 나타났다. 지식창출 참여자 수의 증가는 프로젝트의 성과에 정(+)의 유의한 영향을 보이는 것으로 나타났다. 지니계수로 측정된 지식창출 집중도 변수가 추가로 투입된 모델 2의 경우 F는 544.639(p<.001)로 통계적으로 유의하였다. 모델 2의 전체 R²는 0.565로, 모델 1에 비해 설명력이 28.0%p만큼 더 증가한 것으로 나타났으며, 지식창출 참여가 소수의 개발자에게 집중될수록 혁신성과에 정(+)의 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다(연구가설 1 지지).

<표 3> 변수의 기술통계량

변수명	평균	표준편차	최소값	최대값	샘플수
혁신성과*	3.795	1.253	0.693	8.715	837
지식창출 집중도	0.536	0.181	0.000	0.960	837
지식공유 집중도	0.698	0.188	0.000	0.987	837
지식창출 참여자수	6.150	8.927	2.000	102.000	837
지식공유 참여자수	14.580	30.439	2.000	381.000	837

* 프로젝트의 전체 커밋수에 자연로그를 취한 값

<표 4> 지식창출 집중도의 위계적 회귀분석 결과

구분	모델1			모델2		
	B	S.E.	β	B	S.E.	β
지식창출 참여자수	.075***	.004	.535	.034***	.004	.246
지식창출 집중도				4.179***	.180	.603
Con	3.333***	.044		1.342***	.093	
R ²	.285			.565		
ΔR ²				.280		
F	334.876***			544.639***		

Note: *p<.05, **p<.01, ***p<.001, 종속변수: ln(혁신성과)

<표 5> 지식공유 집중도의 위계적 회귀분석 결과

구분	모델1			모델2		
	B	S.E	β	B	S.E	β
지식공유 참여자수	.018***	.001	.443	.018***	.001	.430
지식공유 집중도				.246***	.033	.226
Con	3.541***	.044		3.165***	.066	
R ²	.196			.245		
ΔR ²				.051		
F	200.036***			134.125***		

Note: *p<.05, **p<.01, ***p<.001, 종속변수: ln(혁신성과)

<표 5>는 연구가설 2를 검증하기 위한 위계적 회귀 분석 결과를 정리한 표이다. 모델 1에서는 이슈 게시판의 지식공유 참여자수가 혁신성과에 미치는 영향을 살펴보았다. F는 200.036(p<.001)로 유의하였으며, 지식공유 참여자수는 종속변수인 혁신성과의 변화를 19.6% 설명하고 있는 것으로 나타났다. 이슈 게시판의 지식공유 연결망에 참여한 참여자수는 혁신성과에 정(+)의 유의한 영향을 주는 것으로 확인되었다. 모델 1에 이어 외향연결중심화지수로 측정된 지식공유 집중도 변수가 추가로 투입된 모델 2의 경우 전체 모델은 통계적으로 유의하였다. 모델 2의 설명력은 모델 1에 비해 5.1%p만큼 높아진 것으로 나타났으며, 지식공유가 소수의 개발자에게 집중될수록 혁신성과에 정(+)적으로 유의한 영향을 미치는 것으로 확인되었다(연구가설 2 지지).

6. 결론 및 시사점

본 연구는 개발자들이 OSSD 참여 활동을 통해 형성된 구조와 혁신성과와의 관계를 깃허브 데이터를 통하여 실증적으로 분석하였다. 해당 분석을 위하여 OSSD 참여 활동을 지식창출 활동과 지식공유 활동으로 구분

하였으며, 소수에 집중된 조직구조는 지니계수와 사회 연결망분석을 통한 중심화지수로 측정하였다. 이 연구의 결과는 다음과 같이 요약될 수 있다. 첫째, 지식창출에 있어서 소수 개발자의 비중이 높은 조직구조일수록 혁신성과에 긍정적인 영향을 미친다. OSSD 참여가 선택적으로 이루어지는 상황에서 개발자들은 프로젝트 참여의 결정에 있어 전략적인 성향을 갖는다. 자신의 참여에 대한 보상을 최대화하고자 성공의 가능성이 높은 프로젝트를 선택하려 하며, 소수의 개발자가 활발하게 이끌어 나가는 프로젝트는 프로젝트에 참여하고자 하는 개발자들에게 성공의 가능성에 대한 인식을 높여 참여를 유도하게 된다. 또한 신뢰할 만한 파트너를 확보하고자 하는 동기 측면에서도 적극적인 참여를 보이는 소수는 선호적 선택의 근거가 된다. 둘째, 지식공유 측면에서 소수에게 집중된 조직구조 또한 긍정적 혁신성과로 이어지게 된다. 지식공유 측면에서 깃허브 내의 이슈 게시판에 제시된 의견에 대하여 활발하게 응답하는 개발자는 프로젝트의 조언자, 혹은 멘토로 볼 수 있다. 이러한 조언자의 존재는 다른 개발자들의 적극적 이슈 제기 및 참여를 촉진시켜 선호적 선택을 이끌어 내게 된다고 해석할 수 있다.

이 연구는 다음과 같은 측면에서 학문적 함의를 갖는다. 먼저, 개방형협업을 수행하는 커뮤니티의 조직구

조가 성과에 미치는 기존의 상반된 결론에 대한 검증
을 지식창출과 지식공유 활동의 두 가지 측면에서 검증
하였다. 기존의 연구에서는 개방형협업 커뮤니티의 경
우, 조직구조가 평등할수록 혁신성과에 긍정적인 영
향을 미치거나 반대로 부정적인 영향을 미친다는 논
란이 있어왔다. 본 연구에서는 이러한 논란에 대하여,
지식창출과 지식공유 활동 측면에서 소수에 집중된
구조를 가진 커뮤니티일수록 혁신성과에 긍정적
영향을 미친다는 결론을 제시하였다. 둘째, OSSD
참여 동기에 더 나아가 OSSD의 혁신성과에 영
향을 미치는 요인을 밝힐 수 있었다. 기존의 연구
들은 대부분 OSSD에 참여하는 개발자들이 왜 자
발적 기여를 하는지에 대한 동기에 집중하고 있다.
하지만, 많은 수의 OSSD가 실패로 끝나기 때문
에, 본 연구에서는 OSSD의 혁신성과에 영향을 미
치는 요인을 밝히고 개발자들의 노력과 시간이 실패
로 연결되지 않기 위한 전략적 제언을 제시하고자
하였다. 마지막으로 본 연구에서는 선호적 선택을
중심으로 개발자들이 OSSD 커뮤니티에서 하는
참여 활동을 설명하고자 하였다. 개방형협업은 개
발자들의 자발적 기여와 자신의 동기나 실력에 부
합하게 참여 활동을 하기 때문에, 정해진 의무나
참여의 형태가 없다. 따라서 자기조직화된 OSSD
의 조직구조를 지니계수와 중심화지수로 측정하
고, 실증 검증을 하였다는 점에 있어서 선호적
선택 이론의 적용 분야를 확대시켰다는 학문적
함의를 가진다.

실무적 관점에서의 본 연구의 의의는 다음과 같다.
기존의 각 조직의 내부 자원으로 혁신성과를 얻는
기술 개발이나 인수합병과 같은 방법론은 시간과
비용이 많이 투입되기 때문에, 인터넷을 통해
보다 쉽게 외부 자원을 활용할 수 있는 개방형
협업이 다양한 분야에서 활용되고 있다. 하지
만 이러한 개방형협업이 어떻게 운영될 경우
성공적 혁신 성과를 이끌어낼 수 있는지에 대
한 논의는 부족하다. 본 연구를 통해 프로젝트
의 성공적인 성과를 위하여서는, OSSD가 지
향하는 목표를

명확히 하여 보다 실력이 좋은 개발자가 적
극적으로 참여할 수 있게 지원하고, 이슈 게시
판을 통하여 적극적으로 답변을 달아주는 전
략을 통해 지식공유를 활성화시킬 수 있음
을 확인하였다. OSSD 프로젝트를 이끄는 리
더들 더 나아가 다양한 형태의 개방형협업
을 이끄는 리더들이 본 연구의 결과를 실
무적 가이드라인으로 활용할 수 있을 것
이다.

마지막으로 이 연구는 다음과 같은 한계
점을 갖는다. 일반적인 사회과학 연구의
경우 정교하게 설계된 설문과 다수의 표
본으로부터 데이터를 구하는 것이 일반적
이다. 이를 통해 다양한 변수를 추출하여
모델을 설정하고 통계적으로 분석하는
과정을 거친다. 하지만 이 연구에서는
깃허브에서의 개발자 개인의 활동과 프
젝트의 정보를 직접 수집하여 분석 데이
터로 활용하였다. 이를 통하여 설문
과정에서 발생할 수 있는 오류를 방
지하고 실제로 발생한 현상을 분석하
는 점에서 현실에 대한 설명력을 높
일 수 있다. 하지만 사회과학에서
중요하게 다루는 변수들을 함께 투
입하여 정교하게 분석할 수 없다는
한계도 동시에 갖는다. 따라서 향
후 연구에서는 깃허브 플랫폼에서
직접 수집할 수 없는 변수를 구하
기 위해 깃허브 개발자를 대상으로
추가적 설문을 실시한다면 더욱
구체적인 연구 가설 검증이 가능
할 것이다. 또한, 패널 데이터를
이용하여 시간의 흐름에 따른 개
발자와 프로젝트의 변화 과정을
살펴보지 못한 점도 한계로 작
용한다. 기존 온라인 공간에서
참여자간 관계의 변화를 설명한
연구에서, 인터넷 커뮤니티의
초기 단계에서는 새로운 참여자
를 적극적으로 수용하지만 커
뮤니티 성장 이후에는 핵심적
인 구성원을 중시하는 경향이
있음을 밝힌 바 있다(Iriberry &
Leroy, 2009). 이러한 현상은
시간의 흐름에 따라 구성원간
의 신뢰가 형성되고 소속감이
높아져 기존의 이질적 집단의
약한 유대가 동질적 집단의
강한 유대로 변화되는 과정으로
설명된다(배영, 2002). 즉,
소수 참여자간에 형성된
공고한 유대가 새로운 참여
자를 배척하

는 폐쇄적 구조로 변화할 수 있는 것이다. 또한 후속적 참여자는 기존 참가자와의 관계에서 교환관계의 불균형으로 인한 지위의 위협을 경험하므로 관계에서 이탈할 수 있음을 보여준 연구도 존재한다(이원재, 2011). 이러한 시간의 흐름에 따른 OSSD 개발자들의 참여에 있어서의 변화 과정을 깃허브 패널 데이터를 통해 분석할 수 있다면 더욱 깊이 있는 논의와 이해가 가능할 것이라 기대된다.

참고문헌

[국내 문헌]

1. 강신형, 황정태, 박상문 2016. “외부지식탐색이 기업의 혁신 성과에 미치는 영향: 지식 보호와 환경 불확실성의 조절효과를 중심으로,” *지식경영연구* (17:3), pp. 117-136.
2. 김보영 2016. “동료간 지식공유에 관한 연구: 동료 관계의 질과 목표성향의 상호작용효과,” *지식경영연구* (17:4), pp. 147-162.
3. 김용학 2003. 사회연결망분석, 박영사.
4. 김현진, 설현도 2014. “개인창의성과 집단창의성의 관계에서 통합능력과 지식공유의 매개효과,” *지식경영연구* (15:4), pp. 223-247.
5. 박문수, 문형구. 2004. “집단간 지식공유의 영향요인에 관한 연구,” *지식경영연구* (5:2), pp. 1-23.
6. 박현정, 신경식 2014. “지식 공유의 파레토 비율 및 불평등 정도와 가상 지식협업: 위키피디아 행위 데이터 분석,” *지능정보연구* (20:3), pp. 19-43.
7. 배영 2005. “사이버 공간의 사회적 관계,” *한국사회학* (39:5), pp. 55-82.
8. 백윤정, 한상숙 2008. “집단갈등이 집단창의성에 미치는 영향: 리더십 스타일과 커뮤니케이션의 조절효과,” *지식경영연구* (9:3), pp. 1-19.
9. 설현도 2014. “리더십과 지식창출, 지식공유의 관계에 있어서 관계갈등의 역할,” *대한경영학회지* (27:12), pp. 2389-2408.
10. 오오츠카 히로키 2015. *소셜 코딩으로 이끄는 GitHub 실천기술*, 제이펍.
11. 원인호. 2014. “소셜 코딩 서비스 깃허브를 통한 오픈소스소프트웨어 공동체의 협력과 과제,” *서울대학교대학원 석사학위 논문*

12. 이새롬, 백현미, 장정주 2017. “지식의 탐색 (Exploration)과 활용 (Exploitation)이 개방형협업의 성과에 미치는 영향: 오픈소스소프트웨어 개발 프로젝트를 중심으로,” *지식경영연구* (18:2), pp. 85-102.
13. 이새롬, 백현미, 장정주 2016. “오픈소스 소프트웨어 운영자 역할이 성과에 미치는 영향: 인상형성과 사회적 자본 이론을 중심으로,” *한국전자거래학회지* (21:2), pp. 23-46.
14. 이원재 2011. “네트워크 분석의 사회학 이론,” *정보처리학회지* (18:6), pp. 79-87.
15. 이일현. 2014. *Easy Flow 회귀분석*, 서울: 한나레 아카데미.
16. 정진성 1998. “커뮤니케이션 네트워크 유형 분석을 통한 CMC 협력학습 촉진방안 연구,” *한양대학교 석사학위 논문*.
- spanning through cross participation in online discussions,” *International Journal of Human-Computer Studies* (66:7), pp. 558-570.
4. Barabási, A. L., & Albert, R. 1999. “Emergence of scaling in random networks.” *Science* (286:5439), pp. 509-512.
5. Benbunan-Fich, R., Hiltz, S. R., & Turoff, M. 2003. “A comparative content analysis of face-to-face vs. asynchronous group decision making,” *Decision Support Systems* (34:4), pp. 457-469.
6. Brooks Jr, F. P. 1995. *The Mythical Man-Month: Essays on Software Engineering*, Anniversary Edition, 2/E. Pearson Education India.
7. Casalnuovo, C., Vasilescu, B., Devanbu, P., & Filkov, V. 2015. “Developer onboarding in Github: the role of prior social links and language experience,” In *Proceedings of the 2015 10th Joint Meeting on Foundations of Software Engineering*, pp. 817-828.
8. Chen, X. P., Yao, X., & Kotha, S. 2009. “Entrepreneur passion and preparedness in business plan presentations: a persuasion analysis of venture capitalists’ funding decisions,” *Academy of Management Journal* (52:1), pp. 199-214.
9. Cook, K. S., & Whitmeyer, J. M. 1992. “Two approaches to social structure: Exchange theory and network analysis,” *Annual Review of Sociology* (18:1), pp. 109-127.
10. Cosentino, V., Izquierdo, J. L. C., & Cabot, J. 2017. A Systematic Mapping Study of Software

[국외문헌]

1. Allaho, M. Y., & Lee, W. C. 2014. “Trends and behavior of developers in open collaborative software projects,” In *Proceedings of International Conference on Behavior, Economic and Social Computing (BESC)*, pp. 1-7.
2. Adams, P. J., Capiluppi, A., & Boldyreff, C. 2009. “Coordination and productivity issues in free software: The role of brooks’ law,” In *Proceedings of IEEE International Conference on the Software Maintenance*.
3. Barcellini, F., Détienne, F., & Burkhardt, J. M. 2008. “User and developer mediation in an Open Source Software community: Boundary

- Development with GitHub. *IEEE Access* (5), pp. 7173-7192.
11. Crowston, K., Annabi, H., & Howison, J. 2003. "Defining open source software project success," *In Proceedings of International Conference on Information Systems*, 28.
 12. Dahlander, L. & O'Mahony, S. 2011. "Progressing to the center: Coordinating project work," *Organization Science* (22:4), pp. 961-979.
 13. Dahlander, L., & Magnusson, M. 2008. "How do firms make use of open source communities?," *Long Range Planning* (41:6), pp. 629-649.
 14. De Laat, P. B. 2007. "Governance of open source software: state of the art," *Journal of Management & Governance* (11:2), pp. 165-177.
 15. Drazin, R., Glynn, M. A., & Kazanjian, R. K. 1999. "Multilevel theorizing about creativity in organizations: A sensemaking perspective," *Academy of Management Review* (24:2), pp. 286-307.
 16. Feliciano, J. 2015. "Towards a Collaborative Learning Platform: The Use of GitHub in Computer Science and Software Engineering Courses," *University of Victoria*.
 17. Foa, U. G., & Foa, E. B. 1975. *Resource theory of social exchange*, General Learning Press.
 18. Freeman, L. C. 1978. "Centrality in social networks conceptual clarification," *Social Networks* (1:3), pp. 215-239.
 19. Gacek, C., & Arief, B. 2004. "The many meanings of open source," *IEEE Software* (21:1), pp. 34-40.
 20. Grewal, R., Lilien, G. L., & Mallapragada, G. 2006. "Location, location, location: How network embeddedness affects project success in open source systems," *Management Science* (52:7), pp. 1043-1056.
 21. Gousios, G., Pinzger, M. & Deursen, A. 2014. "An exploratory study of the pull-based software development model," *ICSE*, pp. 345-355.
 22. Hahn, J., Moon, J. Y., & Zhang, C. 2008. "Emergence of new project teams from open source software developer networks: Impact of prior collaboration ties," *Information Systems Research* (19:3), pp. 369-391.
 23. Hata, H., Todo, T., Onoue, S., & Matsumoto, K. 2015. "Characteristics of sustainable OSS projects: A theoretical and empirical study," *In Cooperative and Human Aspects of Software Engineering* (CHASE).
 24. Ho, S. Y., & Rai, A. 2017. "Continued Voluntary Participation Intention in Firm-Participating Open Source Software Projects," *Information Systems Research* (28: 3), pp. 603-625.
 25. Iriberry, A., & Leroy, G. 2009. "A life-cycle perspective on online community success," *ACM Computing Surveys* (CSUR) (41:2), pp. 1-29
 26. Jaeger, T., & Metzger, A. 2002. *Open-source-software*, Beck.
 27. Johnson, S. L., Faraj, S., & Kudaravalli, S. 2014. "Emergence of Power Laws in Online

- Communities: The Role of Social Mechanisms and Preferential Attachment,” *MIS Quarterly* (38:3), pp. 795-A13.
28. Kalliamvakou, E., Gousios, G., Blincoe, K., Singer, L., German, D. M., & Damian, D. 2016. “An in-depth study of the promises and perils of mining GitHub,” *Empirical Software Engineering* (21:5), pp. 2035-2071.
 29. Kittur, A., & Kraut, R. E. 2008. “Harnessing the wisdom of crowds in wikipedia: quality through coordination,” In Proceedings of the 2008 ACM conference on Computer Supported Cooperative Work pp. 37-46.
 30. Kittur, A., Chi, E., Pendleton, B. A., Suh, B., & Mytkowicz, T. 2007. “Power of the few vs. wisdom of the crowd: Wikipedia and the rise of the bourgeoisie,” *World Wide Web* (1:2), pp. 1-19.
 31. Kogut, B., & Zander, U. 1992. “Knowledge of the firm, combinative capabilities, and the replication of technology,” *Organization Science* (3:3), pp. 383-397.
 32. Kreps, D. M. 1997. Intrinsic motivation and extrinsic incentives. *The American Economic Review* (87:2), pp. 359-364.
 33. Kuk, G. 2006. “Strategic interaction and knowledge sharing in the KDE developer mailing list,” *Management Science* (52:7), pp. 1031-1042.
 34. Lakhani, K. R., & von Hippel, E. 2003. How open source software works: “free” user-to-user assistance. *Research Policy* (32:6), pp. 923-943.
 35. Laursen, K., & Salter, A. 2006. “My precious technology: the role of legal appropriability strategy in shaping innovative performance. Tanaka Business School, Imperial College London,” *Working Paper*.
 36. Lee, S., Baek, H., & Jahng, J. 2017. “Governance strategies for open collaboration: Focusing on resource allocation in open source software development organizations,” *International Journal of Information Management* (37:5), pp. 431-437.
 37. Lee, S. Y. T., Kim, H. W., & Gupta, S. 2009. “Measuring open source software success,” *Omega* (37:2), pp. 426-438.
 38. Leifer, R., McDermott, C.M., O’Connor, G. C., Peters, L.S., Rice, M.P., Veryzer, R.W., & Rice, M. 2000. *Radical innovation: how mature companies can outsmart upstarts*, Boston: Harvard Business School Press.
 39. Lerner, J., & Tirole, J. 2001. “The open source movement: Key research questions,” *European Economic Review* (45:4), pp. 819-826.
 40. McDonald, M. L., & Westphal, J. D. 2003. “Getting by with the advice of their friends: CEOs’ advice networks and firms’ strategic responses to poor performance,” *Administrative Science Quarterly* (48:1), pp. 1-32.
 41. Mockus, A., Fielding, R. T., & Herbsleb, J. D. 2002. “Two case studies of open source software development: Apache and Mozilla,” *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology (TOSEM)*, (11:3) pp. 309-

- 346.
42. Nakakoji, K., Yamamoto, Y., Nishinaka, Y., Kishida, K., & Ye, Y. 2002. "Evolution patterns of open-source software systems and communities," *In Proceedings of the International Workshop on Principles of Software Evolution*, pp. 76-85.
43. Nelson, K. M., & Coopriider, J. G. 1996. "The contribution of shared knowledge to IS group performance," *MIS Quarterly* (20:4), pp. 409-432.
44. Prael, R., Marwell, G., & Oliver, P. E. 1991. "Reach and selectivity as strategies of recruitment for collective action: A theory of the critical mass," *Journal of Mathematical Sociology* (16:2), pp. 137-164.
45. Rainer, A., & Gale, S. 2005. "Evaluating the quality and quantity of data on open source software projects," *In Proceeding of 1st International Conference on Open Source Software*, pp. 29-36.
46. Raymond, E. 1999. "The cathedral and the bazaar," *Knowledge* (12:3), pp. 23-49.
47. Robertson, M., Swan, J., & Newell, S. 1996. "The role of networks in the diffusion of technological innovation," *Journal of Management Studies*. (33:3), pp. 333-359.
48. Scott, J., 1988. Social network analysis, *Sociology* (22:1), pp. 109-127.
49. Soares, D. M., de Lima Júnior, M. L., Murta, L., & Plastino, A. 2015. Acceptance factors of pull requests in open-source projects, *In Proceedings of the 30th Annual ACM Symposium on Applied Computing*, pp. 1541-1546.
50. Stamelos, I., Angelis, L., Oikonomou, A., & Bleris, G. L. 2002. "Code quality analysis in open source software development," *Information Systems Journal* (12:1), pp. 43-60.
51. Stewart, D. 2005. "Social status in an open-source community," *American Sociological Review* (70:5), pp. 823-842.
52. Storey, M. A., Zagalsky, A., Figueira Filho, F., Singer, L., & German, D. M. 2017. "How social and communication channels shape and challenge a participatory culture in software development," *IEEE Transactions on Software Engineering* (43:2), pp. 185-204
53. Tsay, J., Dabbish, L., & Herbsleb, J. 2014a. "Influence of social and technical factors for evaluating contribution in GitHub," *In Proceedings of the 36th International Conference on Software Engineering*, pp. 356-366.
54. Vasilescu, B., Filkov, V., & Serebrenik, A. 2015a. "Perceptions of diversity on git hub: A user survey," *In Proceedings of 8th International Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering (CHASE)*, pp. 50-56.
55. Vasilescu, B., Posnett, D., Ray, B., van den Brand, M. G., Serebrenik, A., Devanbu, P., & Filkov, V. 2015b. "Gender and tenure diversity in GitHub teams," *In Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 3789-3798.

56. Wasserman, S., & Faust, K. 1994. *Social network analysis: Methods and applications* (Vol. 8). Cambridge university press.
57. Wikipedia. 2017a, Github, 2017.11.13: <https://en.wikipedia.org/wiki/GitHub>
58. Wikipedia, 2017b Gini Coefficient, 2017.11.03: https://en.wikipedia.org/wiki/Gini_coefficient
59. Yamashita, K., McIntosh, S., Kamei, Y., Hassan, A. E., & Ubayashi, N. 2015. "Revisiting the applicability of the pareto principle to core development teams in open source software projects," *In Proceedings of the 14th International Workshop on Principles of Software Evolution*, pp. 46-55.
60. Yitzhaki, S. 1979. "Relative deprivation and the Gini coefficient," *The Quarterly Journal of Economics*, pp. 321-324.

저 자 소 개



구경모 (Koo Kyungmo)

서울시립대학교에서 경영학 학사를, 한양대학교에서 사회학 석사학위를 받았다. 주로 웹 크롤러로 데이터를 수집하고 분석하며, 주요 연구 분야는 정보사회학, 개방형 협업 등이다.



백현미 (Baek Hyunmi)

현재 한양대학교 정보사회학과 조교수로 재직 중이며, 포항공과대학교 화학공학과 졸업(학사), 한국정보통신대학원(현. 한국과학기술원) IT경영학 석사학위, 서울대학교 경영정보학 박사학위를 받았다. 한국전자통신연구원 선임연구원을 역임하였으며, IEEE transactions in vehicular technology, International Journal of Electronic Commerce, Journal of Electronic Commerce Research, Asian Case Research Journal, ETRI Journal 등에 논문을 게재하였다. 주요 연구분야는 소셜 미디어, 온라인 구전, 개방형 협업 및 ICT R&D 정책 등이다.



이새롬 (Lee Saerom)

서울대학교에서 2016년에 석박사 통합과정으로 경영정보학 박사학위를 받았으며 현재 서울대학교 경영연구소 연구원으로 재직중이다. International Journal of Information Management, Computer & Education, Journal of Electronic Commerce Research, 전자거래학회지, 벤처창업연구 등에 논문을 게재하였다. 주요 연구 분야는 개방적 협업, 기술 혁신, 기술 예측, ICT R&D 정책, 그리고 온라인 구전 등이다.