

# 에코시스템 시각화기반 전기차 에코시스템 동적변화 연구 : 배터리 기술 중심으로

조민제 · 신준석<sup>†</sup>

성균관대학교 기술경영전문대학원

## Identification of Electric Vehicles Ecosystem Dynamics by Using Ecosystem Visualization : Battery Technology Case

Min-je Cho · Juneseuk Shin

Graduate School of Technology Management, Sungkyunkwan University

Business ecosystem visualization is useful to clarify the structuring of the ecosystem around the business context, but has difficulty in identifying the company's core technology portfolio, and also patterns of technology change. We suggest a way of visualizing a business ecosystem from a business relationship perspective and a technology ecosystem from a patent citation perspective separating the technology ecosystem from the business ecosystem. It enables us to identify the relationship between the two ecosystems as well as the impact of key resources on the dynamics of the two ecosystems from a resource-based view. From the academic perspective, our method can contribute to identifying changes in technology-oriented core resources lead to changes in corporate strategies, which in turn lead to dynamics in the ecosystem. It can be useful for technology strategy in practice for OEMs and battery suppliers. Battery technology in electric vehicles is exemplified.

**Keywords:** Business Ecosystem, Ecosystem Visualization, Resource-Based View, Electric Vehicles, Battery Technology

### 1. 서 론

에코시스템(ecosystem)은 특정 물리적 환경에서 모든 유기체가 상호작용하는 생물학적 정의를 기반으로 산업, 비즈니스, 디지털, IT, 혁신 에코시스템 등 다양한 형식으로 확장된 개념이다(Moore, 1993; Masaharu *et al.*, 2018). 또한, 에코시스템은 핵심 기업의 주요 움직임을 포함한 제휴, 파트너십(partnership) 및 경쟁업체 간의 동적변화를 확인할 수 있는 방법이다(Moore, 1993). 좁은 개념의 에코시스템은 공급자, 협력자, 구매자, 경쟁자, 소비자 등과 같이 네트워크 파트너(network partner)로 구성된 공급망 에코시스템을 의미한다(Adner and Kapoor, 2010). 반면에 넓은 개념의 에코시스템은 참여자 간의 전략적 제휴, 합작 투자, 공동연구, 부품 공급, 제조와 같은 넓은 범위에서 상호 의존적인

관계로 유지되는 에코시스템을 의미한다(Moore, 1993; Chesbrough, 2003; Teece, 2010; Masaharu *et al.*, 2018). 분석의 경계가 확장됨에 따라, 에코시스템의 개념은 Adner와 Kapoor (2010)의 좁은 에코시스템 개념에서 넓은 에코시스템 개념으로 변화하고 있다. 자동차 산업은 전략적 제휴, M&A, 합작 투자 등 비즈니스 네트워크(business network)의 성향이 높은 것이 특징인 산업으로 제품과 연관된 기업 간 네트워크는 복잡하고 있다(Nohria and Garcia-pont, 1991). 기업은 제품을 효율적으로 개발 및 생산하기 위해 기업 간 공동의 구조를 구축한다는 점에서 자동차 산업도 넓은 에코시스템의 개념에 해당한다(Dyer, 1996; Moore 1996; Gawer and Cusumano, 2014).

최근 전기차 시장은 원유 가격의 상승, 환경 규제, 고객 니즈 변화, 전동화로 인해 빠르게 성장하고 있다. 특히, 전동화는 전기차에

<sup>†</sup> 연락처 : 신준석 교수, 16419 경기도 수원시 장안구 서부로 2066 성균관대학교 기술경영전문대학원, Tel : 031-290-7607, Fax : 031-290-7610, E-mail : jsshin@skku.edu

2021년 3월 18일 접수; 2021년 6월 14일 수정본 접수; 2021년 6월 23일 게재 확정.

적용되는 전체 부품 수를 감소시켜 자동차 산업에서의 핵심자원을 공급망에서 기술로 변화하게 하였다(Andwari *et al.*, 2017). 전동화 기술 중에서 배터리 기술은 차량 가격 및 주행거리와 같은 전기차 시장에 진입요인으로 작용할 뿐만 아니라 차량의 성능과 안전 사양에도 영향을 준다(Nykvist and Nilsson, 2015; Adepetu and Keshav, 2017). 배터리 기술은 배터리 시스템의 구조적 특성상 자동차 OEM(original equipment manufacturer)의 기술자원이지만 아니라 배터리 셀(cell)과 모듈(module)을 공급하는 배터리 공급사의 기술자원도 동시에 영향을 미친다(Viswanadham and Samvedi, 2013; Kavanagh *et al.*, 2018; Kalaitzi *et al.*, 2019). 따라서 이러한 핵심자원을 유지하고 개발하기 위해서는 개별 기업을 넘어 에코시스템 내 다양한 참여자 간의 복합적인 네트워크 가치를 고려해야 한다(Moore, 1993; Chesbrough, 2003; Iansiti and Levien, 2004; Adner and Kapoor, 2010). 기업은 네트워크 내 기업 간의 경쟁 및 협력을 통해 고객에게 새로운 제품과 서비스를 제공하고, 혁신을 기반으로 자원과 역량을 발전시킨다(Moore, 1993; Iyer *et al.*, 2006; Isckia and Thierry, 2009). 자동차 산업은 기술자원의 변화에 따라 에코시스템이 변화하는 대표적인 산업이다. 따라서 에코시스템에서도 특히 기술자원 에코시스템을 파악하는 것이 중요하다(Iansiti and Levien, 2004; Lu *et al.*, 2014).

비즈니스 에코시스템(business ecosystem)은 비즈니스의 맥락(context)에 초점을 맞춰 새로운 가치를 포착하고 창출한다(Masaharu *et al.*, 2018). 그러나 비즈니스 맥락만으로는 기업이 보유한 자원의 규모뿐만 아니라 기업 간 기술흐름의 크기와 방향을 파악하기에 근본적인 한계가 있다. 기존 연구에서 특히 데이터를 활용해 기업의 기술적 경로와 비즈니스 에코시스템을 고려한 연구(Li, 2009)가 있었으나, 기술 에코시스템(technology ecosystem)과 비즈니스 에코시스템을 분리하여 두 에코시스템 간의 연관관계를 파악하는 연구는 아직 없었다. 기술 에코시스템과 비즈니스 에코시스템을 분리해서 연관관계를 분석할 경우, 기업 간 경쟁과 협력이 기술 혁신과 진화에 미치는 영향을 파악할 수 있다는 장점이 있다(Adomavicius *et al.*, 2008; Battistella *et al.*, 2013; Liu *et al.*, 2015).

이러한 맥락에서 본 연구는 전기차 산업에서의 핵심자원인 배터리 기술을 비즈니스 관계 관점의 비즈니스 에코시스템과 특히 인용관점의 기술 에코시스템을 시각화하고, 두 에코시스템 간 연관 관계와 동적변화를 분석한다. 구체적으로 비즈니스 관계 중심의 비즈니스 에코시스템과 배터리 기술자원 관계 중심의 기술 에코시스템을 4개의 시점을 기준으로 시각화하여 각 시점 별로 두 에코시스템의 연관 관계와 동적변화를 파악한다. 비즈니스 에코시스템은 에코시스템의 동적변화와 패턴을 나타내는 방법이다(Masaharu *et al.*, 2018). 그러나 복잡한 분석에 필요한 데이터가 충분하지 않기 때문에 통계적 유의성에 기반을 둔 연구를 수행하기 어렵다. 따라서 자원기반관점(resource-based view)과 같은 정량적 연구를 통한 상호 보완이 필요하다. 자원기반관점에서 기업의 경쟁력은 기업의 보유 자원과 역량을 기반으로 한다(Wernerfelt, 1984; Marvin and Lieberman, 1988; Barney, 1991). 이 연구에서는 전기차 기업의 핵심 자원인 거래,

제휴 등을 포함한 협력 네트워크 자원과 기술자원을 정량적으로 측정해 이 문제를 부분적으로나마 해결하고자 했다. 협력 네트워크 자원은 기업 내부 및 미디어 자료를, 기술자원과 역량은 특허 데이터를 활용해 측정했다. 기술자원과 역량의 대용지표로서의 특허의 적합성은 기존 연구에서 그 효용성이 다수 입증된 바 있다(Montgomery and Hariharan, 1991; Nakamura *et al.*, 1996; Mowery and Silverman, 1996; Gomez-Uranga *et al.*, 2014).

비즈니스 에코시스템을 분석하기 위한 프레임워크(frame-work)에는 수정된 델파이법, 시스템 다이내믹스(system dynamics), 비즈니스 에코시스템 네트워크 분석법(business ecosystem network analysis) 등이 활용된다. 시스템 다이내믹스는 다수의 변수가 시간의 흐름에 따라 변하며 상호간 영향을 미친다. 인과관계루프 다이어그램(cause loop diagram)은 기술과 비즈니스의 동적변화를 확인할 수 있는 장점이 있다. 다만, 이는 단순한 구조에서 작동하는 것이 아니며, 다중 루프 시스템이 있는 경우 다이내믹스가 복잡하다는 단점이 있다(Daim *et al.*, 2006). 수정된 델파이법은 전문가와 소비자 그룹 간의 토론을 통해 전략적 예측을 개발하기 위한 방법이다. 전문가 그룹의 참여로 신뢰 있는 결과를 얻을 수 있고, 객관적인 검토가 가능하다. 다만 전문가에 의해 분석이 제한될 수 있으며, 변화하는 환경에서 생성되는 새로운 트렌드(trend)가 무시될 수도 있다(Hung *et al.*, 2013). 그 중에서 비즈니스 에코시스템 네트워크 분석법은 소셜 네트워크(social network) 기반의 시각화방법으로 시스템 다이내믹스와 같이 다이내믹스가 복잡하다는 단점이 있으나, 비즈니스 및 기술 에코시스템을 구분하여 식별하고 이해할 수 있도록 설계되어 에코시스템 구조와 동적변화를 확인하기가 적합하다(Basole, 2009; Li, 2009; Ghosh and Lerman, 2010; Battistella *et al.*, 2013).

본 연구는 급변하는 자동차 산업에서 있어서 성장 가능성이 높은 전기차 산업에 대한 핵심자원인 배터리 시스템과 연계한 비즈니스/기술 에코시스템에 대한 심층적인 시각적 이해를 제공하고, 핵심자원과 연계한 혁신 기회를 식별하는데 유의미한 시사점을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. 문헌연구

### 2.1 비즈니스 에코시스템

비즈니스 에코시스템은 기업이 전략을 수립하기 위한 중요한 도구이며(Iyer *et al.*, 2006), 기업 간의 관계에 초점을 맞춰 다양한 참여자의 전략적 행위(strategic behaviour)를 네트워크 기반의 여러 접근 방식으로 종합한 것이다(Iansiti and Levien, 2004; Gueguen and Gael, 2009; Tsujimoto *et al.*, 2018). 핵심 기업의 주요 움직임을 포함한 다양한 참가자들의 비즈니스 활동, 경쟁업체 간의 동적변화, 전략적 포지션은 비즈니스 에코시스템을 통해 분석할 수 있다(Iyer *et al.*, 2006; Gueguen and Gael, 2009; Razavi *et al.*, 2009). 비즈니스 에코시스템을 구축할 수 있는 기업은 비즈니스 모델(business model)을 재설계해

새로운 가치를 창출하며, 경쟁 우위를 확보하게 된다(Barnes and Vidgen, 2006; Wei and Zelong *et al.*, 2014).

비즈니스 에코시스템에서 기업은 파트너 네트워크(partner network)와 경쟁과 협력의 상호 작용으로 유지되며, 이를 통해 새로운 제품과 서비스는 고객에게 제공된다(Moore, 1993; Chesbrough, 2003; Isckia and Thierry, 2009; Teece, 2010; Adner and Kapoor, 2010). 경쟁의 방향이 기업에서 에코시스템으로 변화되기 때문에, 기업의 비즈니스 경쟁력을 확보하기 위해서는 중심기업(focal firm)과 상호의존성 높은 클러스터(cluster)를 구축하는 것이 중요하다(Moore, 1993; Porter, 1998). 이는 중심기업이 제공하는 가치만으로는 기업의 경쟁력 확보에 제한적이나, 클러스터의 협력을 통해서만 확보가 가능하기 때문이다(Moore, 1993). 또한, 비즈니스 에코시스템에서 중심기업의 행동도 보완자에게 중요한 영향을 미친다(Pierce, 2008). 따라서 기업은 중심기업과 보완자 간의 상호의존성을 고려해 가치를 포착하고 창출해야 한다(Amit and Zott, 2001; Adner and Kapoor, 2010; Kapoor *et al.*, 2013).

비즈니스 에코시스템에서 기업은 상호 이익을 위해 협력 가능한 다양한 참여자와 광범위한 조직 시스템을 형성함으로써 기업의 영향력을 확장한다(Gawer and Cusumano, 2002; Gómez-Uranga *et al.*, 2014). 비즈니스 에코시스템의 핵심 클러스터에는 혁신 활동에 적극적으로 참여할 수 있는 잠재적 협력자가 포함되기 때문에 기업은 비즈니스 에코시스템에서 핵심 클러스터를 찾아야 한다(Teece, 2007). 중심기업은 연관 기업과의 협력을 통해 기업 간 네트워크가 효과적이고 균형 잡힌 방식으로 운영되도록 유도하며, 비즈니스 에코시스템은 협력과 경쟁이 공존하게 구성된다(Doz and Hamel, 1998; Dyer, 1996; O'Mahony and Bechky, 2008).

비즈니스 에코시스템은 주로 대상 기업 간 비즈니스 관계를 통해 동적변화와 패턴을 확인하게 된다. 그러나 이러한 관계만으로는 기업의 기술자원 보유 여부, 기업 간 기술자원의 관계 및 흐름 등을 확인하기 어렵다(Moore, 1993; Basole, 2009; Li, 2009; Adner and Kapoor, 2010; Battistella *et al.*, 2013). 따라서 본 연구는 전기차 에코시스템에서 기술 에코시스템과 비즈니스 에코시스템을 분리해 두 에코시스템 간의 상호 작용을 파악하고, 기업 간 관계적 특성과 에코시스템 동적변화의 특성을 비즈니스와 기술관점에서 종합적으로 확인하는 방법을 제안한다. 이는 기술자원의 파급성과 비즈니스와의 상호작용을 종합적으로 검토했다는 측면에서 의미가 있다.

## 2.2 자원기반관점

자원기반관점은 동일 산업 내 기업 간의 성과 차이를 설명하는 이론틀이다(Marvin and Lieberman, 1988). 기업의 성과 차이는 무형 자원의 이질성으로 인해 발생한다(Barney, 1991). 기업이 보유한 자원은 타 기업으로 완벽하게 이전될 수 없기 때문에, 기업 간 자원 이질성은 장기간 지속된다(Galbreath and Galvin, 2004; Wheelen and Hunger, 2011; Gebauer *et al.*, 2012). 특히, 기

업이 초기 단계부터 자원을 전략적으로 개발할 때, 기업의 이익은 보다 높게 창출될 수 있다(Teece *et al.*, 1997; Brush *et al.*, 2001). 기업은 보유 자원을 기반으로 신규 자원을 개발하며, 이를 통해 지속적인 경쟁 우위를 확보하게 된다(Penrose, 1959; Wernerfelt, 1984; Dierickx and Cool, 1989). 이러한 자원은 신규 경쟁자의 시장진출을 막을 수 있는 열쇠이며, 가치 있고(valuable), 모방 불가능하며(inimitable), 희귀하고(scarcity), 대체 불가(substitution)해야 한다(Barney, 1991; Karakaya and Parayitam, 2013). 기업의 자원이 다른 경쟁자 보다 우위에 있을 때 이것을 핵심 역량(core competencies)이라 하며, 이는 기업에 차별적 우위(distinctive advantage)를 가져다준다(Barney, 1991; Prahalad and Hamel, 1994). 즉, 기업 역량과 경쟁 우위는 자원과 연관된다(Barney, 1991; Prahalad and Hamel, 1994; Karakaya and Parayitam, 2013). 그러나 특정 환경에서 자원의 존재만으로는 기업이 확고한 경쟁 우위를 유지하기에 충분하지 않다(Teece *et al.*, 1997).

자동차 산업에서 경쟁우위에 기반이 되는 핵심자원은 경쟁자가 모방 불가능한 저비용 구조, 대규모 공급망, 강력한 브랜드 등이다(Chanaron *et al.*, 2001; Doran *et al.*, 2007; Grant, 2016). 그러나 친환경 정책, 전동화 기술의 발전 등으로 인해 자동차 산업에서의 핵심자원은 파워트레인 공급망에서 전동화 기술로 변화하고 있다. 전동화 기술에는 모터 구동 기술, 전력 전자 기술, 제어 기술, 에너지 저장 기술 등이 있으며, 에너지 저장 기술인 배터리 기술은 전기차의 핵심기술로서 전기차 산업에 큰 영향을 미친다(Kumar and Revankar, 2017; Andwari *et al.*, 2017; Hannan *et al.*, 2017). 특히, 배터리 기술은 전기차 시장진입 요인에 영향을 준다. 기존 연구에서 시장진입 요인으로 차량 가격, 주행거리, 성능, 세제혜택/인센티브, 충전소/충전시간, 전기차 유지비용 등이 제시되었다(Lieven *et al.*, 2011; Skippon and Garwood, 2011; Graham-Rowe *et al.*, 2012; Schuitema *et al.*, 2013; Burgess *et al.*, 2013; Sierzchula *et al.*, 2014). 차량 가격, 주행거리, 성능은 배터리 기술과 관련성이 높다. 주행거리는 배터리 용량을 기준으로 산정되며, 높은 배터리 가격은 전기차 가격을 상승시켜 가격적인 측면에서 전기차를 내연기관 자동차보다 불리한 위치에 있게 만든다(Lieven *et al.*, 2011; Egbue and Long, 2012). 결국, 시장진입 핵심요인을 동시에 충족시키기 위해서는 저비용/고효율 배터리 기술개발이 요구된다(Magnusson and Berggren, 2011; Nykvist and Nilsson, 2015; Adepetu and Keshav, 2017). 세제혜택/인센티브, 충전소/충전시간은 기업 내부 자원보다 외부 환경요인과 연관된다.

이러한 배터리 기술은 구조적 특성상 클러스터 전체가 보유한 자원이 더욱 중요하므로, 배터리 기술을 중심으로 한 전기차 에코시스템을 구성할 수 있다(Brenner, 2004; Li, 2009; Viswanadham and Samvedi, 2013; Kavanagh *et al.*, 2018; Kalaitzi *et al.*, 2019). Adner와 Kapoor(2010)는 에코시스템을 중심기업을 포함한 공급사, 보완기업 및 고객으로 정의했다. Hong과 Snell(2013)은 협력적이고 다양한 공급사 에코시스템을 조율하기 위한 중심기업의 역량개발을 분석했으며, Viswanadham와 Samvedi(2013)는 공급망 에코시스템에서 공급망 설계 방법 및 선택 기준을 제시했다.

전기차 기업의 발전은 기업의 보유 기술자원이 에코시스템을 통해 발전, 확산, 활용되면서 이루어진다. 자원기반관점과 에코시스템을 통합한 분석들은 이러한 동적 구조를 파악하는데 적합하다. 본 연구는 개별 분석들의 한계를 극복하고 기업과 산업의 동적변화를 보다 정교하게 파악하기 위한 연구에 해당한다.

### 3. 연구 방법

#### 3.1 연구 프레임워크

연구의 이론적 기반은 자원기반관점과 비즈니스 에코시스템, 방법적 기반은 소셜 네트워크 분석의 에코시스템 시각화다. 자원기반관점에서는 자원과 성과의 인과관계를 분석하는 회귀분석과 같은 양적 연구방법을 활용한다(Barney *et al.*, 2001; Lockett and Thompson, 2001). 양적 연구방법은 자료수집 및 분석의 객관성과 일반화가 가능하다는 장점이 있으나, 연구 대상을 측정 가능한 요소로만 한정하며 이론에 근거한 검증 이외의 새로운 발견과 연구의 내적 타당도를 높이기 어렵다(Goertzen, 2017). 반면에 비즈니스 에코시스템에서는 에코시스템의 식별 및 이해를 위해 정성적 시각화와 같은 질적 연구방법을 활용한다(Basole *et al.*, 2015). 질적 연구방법은 사회현상에 대한 이해와 설명이 가능하며 새로운 사실과 이론의 발견에 용이하다는 장점이 있다. 그러나 조사자는 측정 및 분석도구로서 주관성 개입의 문제로 인해 외적타당도를 높이기 어렵다(Bryman and Bell, 2018). 본 연구는 양적 연구방법의 장점과 에코시스템 시각화와 같은 질적 연구의 장점을 복합적으로 활용하여 단일 연구방법론의 적용에서 올 수 있는 제한점을 극복하고자 한다. 기업별 보유 특허수, 인용수, 기업 간 협력관계건수와 같은 데이터를 소셜 네트워크의 정량지표로 분석해 에코시스템 내 기업 간 관계를 정량적으로 파악했다. 반면에 기업 간 비즈니스 관계 데이터는 수집하기 전에 미리 분석할 코드의 종류를 대상 기업 간 제휴, 합작 투자, R&D 계약, 공급 및 제조계약으로 사전에

목록화하여, 수집된 자료를 대상으로 각각 분류하여 범주화했다(Miles and Huberman, 1994). 이를 통해 정량적 관계의 이면에 있는 기술 및 사업 측면의 관계를 정성적으로 파악했다. 따라서 정량화를 통해 기업 간 관계를 명확히 파악하고, 정성적 연구를 통해 관계에 대한 풍부한 해석이 가능해졌다.

연구 프레임워크는 <Figure 1>과 같다. 본 연구의 분석 대상 기업을 선정하기 위해 미국 에너지부(department of energy), 국제 에너지기구(international energy agency), 유럽연합(european union), 자동차 OEM별 친환경차 홍보 자료를 활용했다. 2000년부터 2017년까지 하이브리드 자동차와 전기차 모델을 출시한 완성차 기업은 53개사다. 전기차 산업의 핵심자원인 배터리 시스템과 연계한 에코시스템을 분석하기 위해서는 하이브리드 자동차를 출시한 기업도 분석대상에 포함시킬 필요가 있다. 저속 전기차, 실증차, 중국에서만 출시된 38개 기업은 스크리닝 단계를 통해 분석 대상에서 제외했다. 이러한 기업은 전기차 에코시스템과 배터리 시스템과의 동적변화를 확인하기에는 분석 대상으로 적합성이 낮은 기업이다. 중국 전기차 기업은 데이터 가용성으로 인해 본 연구에서 제외했다. 세계시장을 목표로 하는 북미, 유럽 기업들과 달리, 대다수의 중국 전기차 기업들은 내수시장을 목표로 하고 있으므로 이 기업들은 별도로 분석해야 한다.

이전 연구를 바탕으로 자원기반관점에서 전기차 시장의 핵심 자원을 파악했다. 전기차 시장진입에 있어서 핵심자원은 저비용, 고효율의 배터리 기술이다. 배터리 기술자원을 기반으로 한 배터리 시스템의 가격경쟁력 보유는 전체 차량가격을 낮춤과 동시에 차량가격에서의 배터리 가격비율을 낮출 수 있다(Nykvist and Nilsson, 2015; Adepetu and Keshav, 2017). 본 연구에서는 자동차 OEM과 배터리 공급사를 대상으로 배터리 기술자원 중심으로 한 전기차 에코시스템을 시각화한다. 비즈니스 관계 중심의 비즈니스 에코시스템과 기술자원 관계 중심의 기술 에코시스템을 4개의 시점(2008년, 2011년, 2014년, 2017년)을 기준으로 각각 시각화한다. 4개 시점은 기존 문헌연구를 통해 파악한 전기차 기술/사업의 중요한 변곡점이다. 2008년 이전에 출시된 전기차 모델은 주로 저속 전기차(slow-speed vehicles) 및 실증차(demonstration

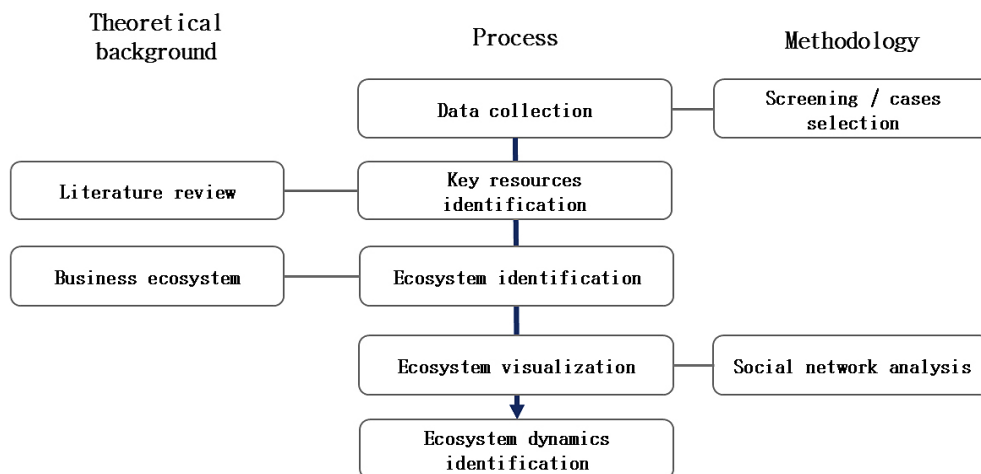


Figure 1. Research Framework

fleets) 위주였으며, 2008년에 들어서면서부터 고속도로용 전기차 모델(modern highway-capable electric cars)이 출시되었다. 저속 전기차 및 실증차 모델은 차량의 주행거리 및 출력을 고려하지 않아 배터리 기술자원과 관련된 전기차 에코시스템 분석에 적합하지 않다. 따라서 초기 시점은 2008년으로 선정했다. 2011년을 기점으로 리튬이온배터리를 탑재한 전기차 모델을 출시하는 자동차 OEM이 증가하기 시작했다는 측면에서 선정했다. 2014년은 자동차 산업의 신규 진입자인 Reva, Think Global과 같은 신생 전기차 OEM의 시장 진입 실패와 자동차 OEM과 배터리 공급사 간의 공동개발 및 납품 등과 같은 전기차 에코시스템 내 기업 간 비즈니스 관계가 확대되는 시점이었다. 2017년은 전기차 글로벌 판매가 최초로 백만 대를 돌파했으며, 전년 대비 57%의 연평균 성장률(CAGR)을 기록했다(Hertzke *et al.*, 2018).

도출된 핵심자원을 중심으로 비즈니스 에코시스템과 기술 에코시스템을 파악하여, 소셜 네트워크 분석 기반으로 시각화했다. 네트워크를 시각화하기 위한 도구로 오픈소스(open source) 시각화 플랫폼(platform)인 Gephi 0.82을 사용했다. 네트워크 시각화에서 구획(segment)을 배치하기 위한 레이아웃은 각 기업의 기술지식의 흐름의 규모와 방향에 대한 시각적 결과를 입증할 수 있는 간단한 레이아웃인 원형 레이아웃(circular Layout)을 적용했다(Dongaonkar and Attar, 2019). 각 시점별 두 에코시스템에 대한 연관 관계와 비즈니스 그룹 간의 동적변화의 패턴을 확인한 후, 자원기반관점으로 자원의 변화를 분석하여 에코시스템 동적변화를 검증한다.

### 3.2 데이터 수집

분석대상 기업으로 선정된 기업은 총 29개사로 <Table 1>에서와 같이 완성차 제조사와 배터리 공급사로 구분했다. 완성차 제조사는 총 15개사이며 국적별로는 아시아 6개사, 유럽 6개사, 미국 3개사이다. 배터리 공급사는 총 14개사로서, 아시아 10개사, 유럽 4개사이다.

비즈니스 에코시스템의 구조와 동적변화 연구에서는 관계 데이터의 식별이 중요하다. 기업 인수, 합작, 전략적 제휴, R&D, 공급망, 실시권(licensing), 투자는 비즈니스 에코시스템의 동적

**Table 1.** Selected Firms for Business Ecosystem Visualization Analysis

Area	Automotive OEMs(15)	Battery suppliers(14)
Asia	Toyota, Honda, Nissan, Mitsubishi, Hyundai/Kia, Tata	Panasonic, LG Chem, Samsung SDI, Sanyo, Toshiba, GS YUASA, SK Innovation, AESC, Blue Energy, Tudor
Europe	Volkswagen, Renault, BMW, Daimler, Volvo, Fiat/Chrysler	BOSCH, Li-Tec Battery GmbH, EnerDel, EOne Moli Energy
US	Ford, GM, Tesla	-

**Table 2.** Scope of Patent Search

	Application year	Title/abstract/claims
Search keyword	2000 to 2017	(batter*) not (fuel adj cell)

변화를 이해하기 위한 핵심 비즈니스 관계다(Basole, 2015). 이를 기반으로 본 연구도 기업 간의 비즈니스 관계를 R&D, 공급망, 실시권, 투자, 기업 인수, 합병, 제휴로 설정했다. 데이터는 뉴욕 타임즈(new york times)의 합병, 인수 및 매각(Mergers, Acquisitions and Divestitures) 자료, 기업별 홈페이지 및 기사 등을 참조해 분석 대상 기업 간 비즈니스 관계와 시점을 파악했다.

기술 에코시스템의 구조와 동적변화 연구에서는 특허 데이터를 활용했다. 특허 데이터는 기업의 상업적 기술 자원, 역량, 동적변화 파악과 기술 에코시스템 구성에 적합하다(Cheung and Ping, 2004; Li, 2009). <Table 2>와 같이 대상 기업이 2000년부터 2017년까지 전 세계 주요국(미국, 중국, 한국, 중국, 독일, EP, PCT 등)에 출원한 배터리 기술의 235,567건 특허를 분석대상으로 선정했다. 기업 간 기술관계는 대상 특허 간의 인용/피인용 관계(563,257건)를 기준으로 했다.

<Table 3>은 WIPO의 PATENTSCOPE와 더웬트 이노베이션(Derwent innovation)을 주요 항목별로 비교한 것이다(KIPO, 2014). 기존 연구에서 특허 DB의 적합성을 판단하는 기준으로 데이터 범위, 데이터의 풍부성, 연구적합성 등을 활용한다(Kim and Lee, 2015; Nakamura *et al.*, 2015). 본 연구에서도 이를 종합적으로 고려해 더웬트 이노베이션 자료를 사용했다.

**Table 3.** Comparison by Major Items of WIPO and Derwent Innovation

Major items	WIPO(PATENTSCOPE)	Derwent innovation
Data range	<ul style="list-style-type: none"> <li>Country : PCT and 38 countries</li> <li>Period : The scope of provision varies by country - PCT(1978~), US(1790~), etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Country : 192 countries including US, EP, JP, KR</li> <li>Period : The scope of provision varies by country - US(1836~), EP(1978~), etc.</li> </ul>
Data Abundance	<ul style="list-style-type: none"> <li>INPADOC family data</li> <li>Legal status data</li> <li>Citation data(exclude)</li> <li>Classification data : IPC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>INPADOC family data</li> <li>Citation data, Legal status data</li> <li>Classification data : IPC/CPC/T-term</li> </ul>
Research suitability	<ul style="list-style-type: none"> <li>Searchable in 13 languages as well as English</li> <li>Aggregated simple patent information</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Easy to track acquisitions/mergers</li> <li>- Utilizing Corporate Tree information, it is possible to search for modified applicants names and subsidiaries(Processed information)</li> <li>Citation information available</li> </ul>

### 3.3 시각화

시각화는 데이터의 접근성을 높일 수 있는 방법이다(Basole et al., 2015). 기업의 비즈니스 전략 수립에 있어 시각화에 대한 잠재적 가치는 더욱 높아지고 있다(Lengler and Eppler, 2007). 시각화는 인간의 인지적 한계를 극복하기 위해 데이터의 탐색(explore), 해석(interpret) 및 전달(communicate)에 사용된다(Shneiderman, 1996; Basole et al., 2015). 구조화된 시각화는 복잡한 문제의 탐색, 발견 및 분석에 있어 이해를 높일 수 있으며, 의사 결정을 향상시킬 수 있다(Thomas and Cook, 2005).

비즈니스 에코시스템 네트워크 분석법은 비즈니스 에코시스템을 분석하기 위한 프레임워크이자 복잡한 관계형 구조를 이해할 수 있는 소셜 네트워크 기반의 시각화 방법이다(Basole, 2009; Li, 2009; Battistella et al., 2013). 소셜 네트워크는 복수의 관계(relation)유형에 의해 연결된 네트워크 액터(network actor)의 집합이다. 이를 통해 상호작용하는 개체 간 관계를 패턴으로 표현할 수 있으며, 이들 구조를 측정 및 분석할 수 있다(Wasserman and Faust, 1994). 비즈니스 에코시스템 네트워크 분석법은 비즈니스 에코시스템을 식별하고 이해할 수 있도록 설계되었으며, 에코시스템 구조와 동적변화를 확인할 수 있는 방법이다(Basole, 2009; Li, 2009; Ghosh and Lerman, 2010; Battistella et al., 2013). 따라서 다양한 시각화 방법 중 소셜 네트워크 기반 시각화 방법을 사용하는 것이 적합하다.

### 3.4 소셜 네트워크 분석(Social Network Analysis)

소셜 네트워크 분석은 주체 간 상호연계 구조의 규명에 적합한 방법론으로 산출된 지표를 활용하여 네트워크의 주체 간 영향력과 연결의 양을 파악할 수 있다(Wasserman and Faust, 1994; Fischer, 2011; Battistella et al., 2013). 특히, 특허 인용 분석(patent citation analysis)을 기반으로 한 소셜 네트워크 분석은 기술 보유 주체(actor)의 기술지식흐름을 측정해 기술 에코시스템에서 연계 구조를 분석할 수 있다(Dosi, 1982). 또한 기업 간 역학 관계와 동적변화도 확인할 수 있다(Dosi, 1982; Chang et al., 2009). 기술지식흐름과 관련하여 특허의 인용 데이터를 활용한 네트워크 분석은 기술지식흐름의 구조를 확인할 수 있다(Yoon et al., 2005). 소셜 네트워크 분석에서 산출되는 여러 지표들 중에서 연결중심성(degree centrality), 근접중심성(closeness centrality), 매개중심성(betweenness centrality)을 계산하여 분석에 활용한다(Wasserman and Faust, 1994).

연결중심성은 네트워크에서 기술지식에 대한 기업 간 연계되는 정도를 나타내는 지표로서, 잠재적 중요성을 가진 원천 기술 보유 기업을 확인할 수 있다(Freeman, 1979). 노드(node)  $i$ 에 대한 중심성은 노드의 연결(degree of the node)  $d(n_i)$ 로 측정되며 식 (1)과 같이 계산한다(Wasserman and Faust, 1994).

$$C_D(n_i) = d(n_i) = x_{i+} = \sum_j x_{ij} = \sum_j x_{ji} \quad (1)$$

근접중심성은 네트워크에서의 기술지식에 대한 영향력을 측정할 수 있으며, 핵심자 역할을 하는 기업을 확인할 수 있다(Scott and Carrington, 2011; Robinson and Miyazaki, 2013). 노드  $i$ 와  $j$ 간의 가장 짧은 거리를  $d(n_i, n_j)$ 라 할 때, 노드  $i$ 와  $j$ 간의 근접중심성은 식 (2)와 같이 계산한다(Wasserman and Faust, 1994).

$$C_C(n_i) = \left[ \sum_{j=1}^n d(n_i, n_j) \right]^{-1} \quad (2)$$

매개중심성은 노드의 매개자 역할을 나타내는 지표로서, 연결자 역할을 하는 기업을 확인할 수 있다(Scott and Carrington, 2011). 노드  $j$ 와  $k$ 사이에서 양 노드에 도달할 수 있는 가장 근접한 거리인  $g_{jk}$ 에 있는 노드를  $i$ 라 할 때, 매개중심성은 식 (3)과 같이 계산한다(Wasserman and Faust, 1994).

$$C_B(n_i) = \left[ \sum_{j < k} \frac{g_{jk}(n_i)}{g_{jk}} \right] \quad (3)$$

본 연구에서 연결중심성, 근접중심성 및 매개중심성을 적용하는 것이 적합한 이유는 연결중심성은 원천기술을 보유한 기업을 파악할 수 있고, 매개중심성은 기술 허브 기업을 확인할 수 있기 때문이다. 또한, 근접중심성은 연구개발의 기술 획득과 협력에 유리한 기업을 파악할 수 있다.

### 3.5 기술경쟁력 분석

본 연구에서 사용된 연결중심성, 근접중심성 및 매개중심성 지표만으로는 에코시스템에서 기업들의 특성을 식별하기에 많은 한계가 존재한다. 특허는 기업 기술혁신 활동의 결과물로 특허 인용, 청구항수, 특허패밀리 규모, 발명자수 등을 통해 기술 에코시스템에서 기업의 기술역량을 추가로 분석할 수 있다(양상운, 정태현, 2018). <Table 4>는 각 기업별 기술경쟁력을 분석할 수 있는 대표적인 지표들이다(한국지식재산연구원, 2012; 조성도 등, 2013).

Table 4. Technological Competitiveness Indicators

Indicator	Description
Cites per Patent	Degree to what extent backward patents have cited portfolio
Technology Strength	Technological strength of patent portfolio
Patent Impact Index	Measures the technological activity of a specific patent portfolio using citation ratio
Current Impact Index	Degree to which other patent portfolios have cited a patent portfolio in the last five years
Technology Independence	Degree of technology independence through the number of patent citations compared to the total number of citations



4. 실증 연구 및 결과

비즈니스 에코시스템 시각화는 전기차 산업의 핵심자원인 배터리 기술에 대하여 4개의 시점을 기준을 자동차 OEM와 배터리 공급사 간의 비즈니스 관계를 시각화했다. 각 노드는 대상 기업을 나타내며, 자동차 OEM과 배터리 공급사는 노드의 색으로 구분했다. 링크는 대상 기업 간 전략적 제휴, 합작 투자, R&D 계약, 판매, 마케팅 계약, 공급, 제조 계약과 같은 비즈니스 관계를 나타내며, 이러한 관계는 정성적 관점에서 데이터 수집을 기반으로 자료를 코딩했다. 링크(link)의 방향성은 배터리 공급사에서 자동차 OEM으로 배터리 납품관계를 나타내며, 납품 이외의 비즈니스 관계에서는 링크의 방향성을 나타내지 않았다.

기술 에코시스템 시각화는 4개 시점을 기준으로 대상 기업이 보유한 배터리 기술 특허를 대상으로 소셜 네트워크 분석을 통해 시각화한다. 각 노드는 대상 기업(출원인)을 나타내며, 노드 크기는 기업별 배터리 기술에 대한 특허의 수를 나타낸다. 링크는 대상 기업 간 특허의 인용 관계로서 링크의 크기는 기업 간 총 인용 수를 나타낸다. 링크의 화살표는 기술지식의 유입과 같은 흐름을 나타낸다(Nooy et al., 2005).

비즈니스 에코시스템과 기술 에코시스템의 연관관계 분석에서 기술과 비즈니스 에코시스템의 관계는 일반적으로 기술이 선행적으로 발생하기 때문에 시차(time lag)를 고려해야 한다. Ernst(2001)는 기계 장비 제조 기업에 대한 실증 연구를 통해 특허 출원의 양과 기업 성과는 양의 상관관계를 갖고 있으며, 출원이후 2~3년의 시차로 매출 증가가 나타남을 보여줬다. 동일 시점의 에코시스템을 비교하는 것은 과대 혹은 과소 해석이 가능하다는 점을 고려해 본 연구에서도 기술 에코시스템과 비즈니스 에코시스템 간의 시차를 2년과 3년일 경우를 각각 상관분석을 수행하여 계수가 높은 시차를 파악하였다. 이

전 연구에서 기업 성과 지표에 대한 변수는 매출액, 매출액 성장률, 연구개발 투자 등을 활용하였다. 본 연구에서는 기존의 OEM에서 전기차가 차지하는 매출액이 종래의 내연기관차에 비해 높지 않아, 매출액 대신 전기차 판매대수를 채택했다. 배터리 공급사의 성과 지표는 배터리 공급량(MWh)을 기준으로 하였다. <Table 5>는 9개 자동차 OEM과 6개 배터리 공급사를 대상으로 전기차 판매대수/배터리 공급량, 특허건수, 연도에 대한 유의 확률과 피어슨(Pearson)의 상관계수를 분석한 결과이다. 시차는 특허출원연도와 전기차 판매대수(OEM) 및 배터리 공급량(배터리 공급사) 간의 시차로서 2년과 3년을 각각 분석했다.

배터리 공급사를 대상으로 특허건수와 배터리 공급량에 대한 상관계수를 분석한 결과, 2008년/2011년/2014년에서 배터리 공급사의 특허수는 배터리 공급량과의 시차가 2년보다 3년에서 더 높은 정(+)의 상관성을 갖고 있는 것으로 나타났다. 2005년의 특허수는 배터리 공급량과 두 시차에서 모두 부(-)의 상관성을 갖고 있는 것으로 나타났다. 자동차 OEM을 대상으로 한 상관계수를 분석한 결과, 2014년의 특허수는 전기차 판매대수와의 시차가 2년보다 3년에서 더 높은 정(+)의 상관성을 갖고 있는 것으로 나타났다. 20011년의 특허수는 배터리 공급량과의 시차가 2년과 3년에서 모두 부(-)의 상관성을 갖고 있는 것으로 나타났다. 2005년/2008년의 특허수와 전기차 판매대수와의 시차 간 상관분석은 해당기간 전기차 판매대수에 대한 데이터 가용성으로 인해 분석에서 제외했다. 특허건수와 배터리 공급량 및 전기차 판매대수에 대한 상관계수를 분석한 기술-비즈니스 에코시스템 간 적합한 시차는 2008~2011, 2011~2014, 2014~2017로 나타났다. 다만, 두 시차에서 모두 부의 상관성으로 나타난 2005년의 기술에코시스템은 다른 시점에서의 시차를 고려하여 3년으로 하였다. 기술-비즈니스 에코시스템 동적변화 분석은 위 시차를 기반으로 수행했다.

Table 5. Correlation Analysis Result between Variables

Number of patent		Sales volume			
		Battery supplier		OEM	
		2 years	3 years	2 years	3 years
2005	Pearson Correlation	-.156	-.178	-	
	Sig.(2-tailed)	.844	.822		
	N	4	4		
2008	Pearson Correlation	-.062	.434	-	
	Sig.(2-tailed)	.961	.714		
	N	3	3		
2011	Pearson Correlation	-.197	.143	-.286	-.136
	Sig.(2-tailed)	.751	.819	.640	.827
	N	5	5	5	5
2014	Pearson Correlation	.522	.662	.101	.162
	Sig.(2-tailed)	.478	.338	.830	.702
	N	4	4	7	8

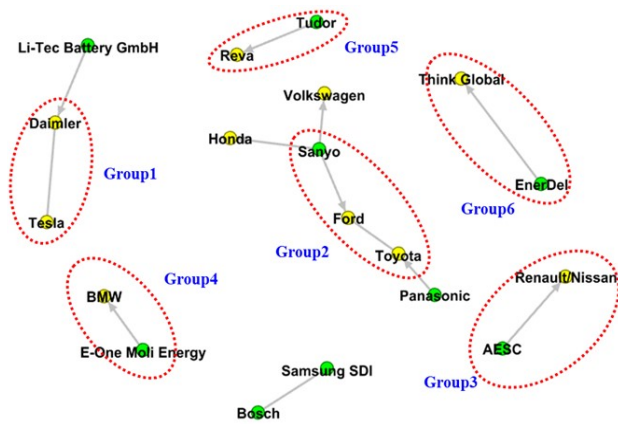


Figure 2. Visualization the Business Ecosystem in 2008

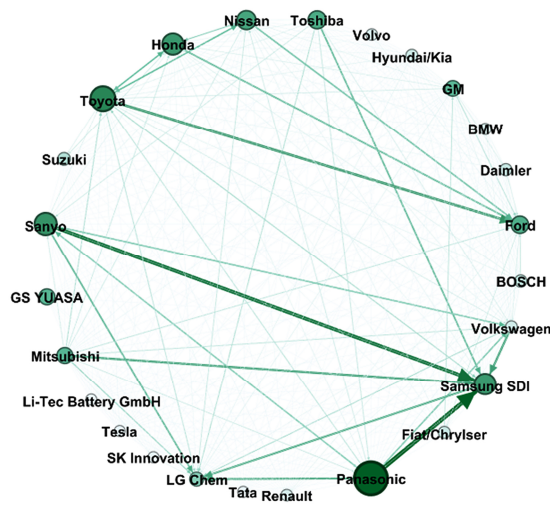


Figure 3. Visualization the Technology Ecosystem in 2005

<Figure 2>는 2008년의 비즈니스 에코시스템을 시각화한 것이다. 비즈니스 관계 중심으로 클러스터링(clustering)을 수행한 결과, 비즈니스 에코시스템에서는 자동차 OEM 중심의 6개 그룹이 도출되었다. 따라서 이들 기업을 중심으로 비즈니스 및 기술 에코시스템 구조를 파악했다. 자동차 산업의 신규 진입여부에 따라 6개 그룹은 신규진입자(new entrants) 그룹인 1, 5, 6과 기존 자동차 OEM(incumbents) 그룹인 2, 3, 4로 구분된다. 2008년은 전기차 시장 초기 시점으로 각 그룹 간 관계가 유기적으로 연결되지 않았다. 기존 자동차 OEM인 Ford는 자동차 산업의 경쟁사인 Toyota와 협력을 통해 하이브리드 기술을 도입했다.

<Figure 3>은 2005년의 기술 에코시스템을 시각화한 것이다. Ford는 Toyota로부터 기술지식의 유입이 증가했다. Ford의 배터리 공급사인 Sanyo는 Ford외에도 Toyota와 Honda에 하이브리드 자동차용 배터리를 공급한 것으로 나타났다. 전기차 시장 초기 시점에서 기술 에코시스템은 하이브리드 자동차와 연관된 배터리 원천기술을 보유한 Toyota, Sanyo가 기술적으로 중요한 위치에 있는 것으로 나타났다. 근접중심성과 매개

중심성이 높게 나타난 Panasonic은 기술 허브로서 기술획득과 협력 측면에서 유리한 위치에 있었다. 신규진입자인 Tesla는 기존 자동차 OEM인 Daimler와 지분투자 관계로서 양사간 기술지식의 흐름은 나타나지 않았다.

<Figure 4>와 <Figure 5>는 각각 2011년의 비즈니스 에코시스템과 2008년의 기술 에코시스템을 시각화한 것이다. 기술자원을 확보하기 위한 배터리 공급사의 경쟁사 인수, 에코시스템 내 기업 간 파트너십 및 배터리 공급망 확대가 2011년 비즈니스 에코시스템의 동적변화에 영향을 준 것으로 나타났다. Tesla는 Panasonic과의 배터리 공동개발 파트너십을 체결했고, 자동차 산업의 경쟁사인 Toyota와는 전기차 공동개발 파트너십을 체결해 타사와의 협력을 확대했다. Tesla는 Toyota로부터 기술 지식의 유입이 가장 많았다. 주요 자동차 OEM과 배터리 경쟁사인 LG Chem, Samsung SDI는 기술 허브 기업인 Panasonic으로부터 기술지식의 유입을 증가시켰다. Panasonic은 원천기술을 보유한 Sanyo를 인수했다. Panasonic은 Sanyo로부터 기술지식의 유입 비중이 높게 나타났다. Tesla와 동일 그룹인 Panasonic과 Toyota간의 상호 인용은 증가하여 그룹 내 협력이 강화되었다. Ford는 LG Chem으로부터 전기차용 배터리를 신규로 공급받아 공급처를 다변화했다. 또한 Ford는 자사의 배터리 공급사를 통해 유입된 기술지식의 양보다 기존 자동차 OEM으로부터의 기술지식 유입이 증가했다. 자동차 OEM으로부터 유입된 기술은 배터리 셀 상태 모니터링 및 추정, 배터리 작동 제어 등과 같이 배터리팩 측면에서의 기술들이다. LG Chem과 Samsung SDI는 자동차용 배터리 시장에 진입해 기존 자동차 OEM을 대상으로 공급망을 확대했다. 양사 모두 Panasonic과 Sanyo로부터 기술지식의 유입이 증가했으며, 양사 상호간 기술 지식의 흐름도 증가했다. 배터리 공급사간의 기술지식흐름은 ‘Sanyo → Panasonic → Samsung SDI → LG Chem’가 가장 두드러졌다. 기술허브 기업인 이들 기업을 중심으로 에코시스템 그룹 간 협력과 통합이 확대되고 있었다. 신규진입자인 Reva와 Think global도 각기 배터리 공급사이의 별도의 협력은 없었다. 특히, 이들 그룹이 보유한 특허가 없었으며, 이에 타사와의 기술흐름도 파악할 수 없었다.

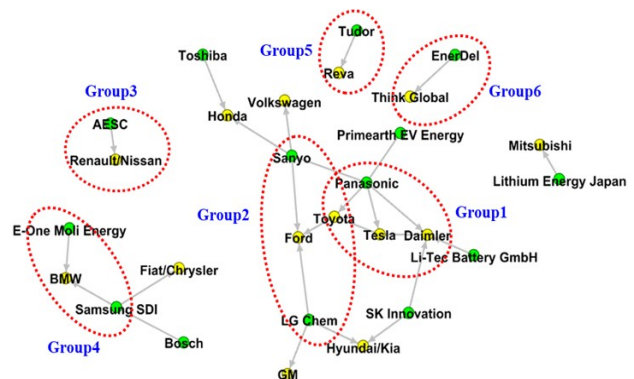


Figure 4. Visualization the business ecosystem in 2011



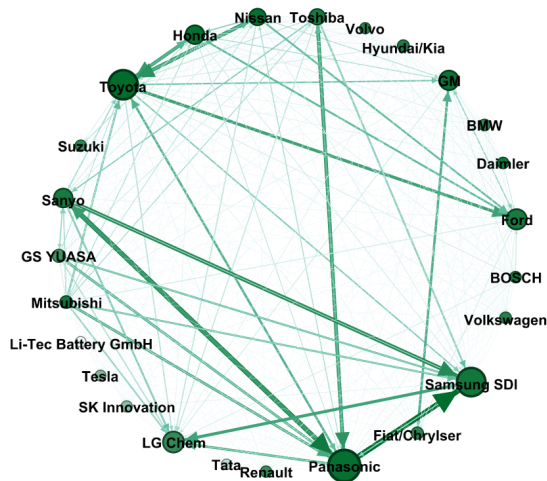


Figure 5. Visualization the Technology Ecosystem in 2008

<Figure 6>과 <Figure 7>은 각각 2014년의 비즈니스 에코시스템과 2011년의 기술 에코시스템을 시각화한 것이다. LG Chem과 Samsung SDI는 배터리 신규 공급망을 더욱 확대시켜 나갔다. 기술 획득과 협력에 유리한 두 기업은 2011년 이후 Panasonic으로부터 기술지식의 유입을 증가시켰을 뿐만 아니라 상호간 인용증가를 통해 자사의 기술자원을 지속적으로 증가시켰다. 이를 통해 이들 기업도 기술네트워크에서 핵심 액터(actor)로 발전했으며, 비즈니스 에코시스템도 이들 중심으로 그룹이 재편되었다. 신규진입자인 Reva와 Think Global은 EV 판매량 저조로 인해 결국 전기차 시장 진입에 실패하여 파산 및 타기업에 인수되었다. 이들 그룹이 보유한 기술자원은 없었으며, 타사의 기술자원을 획득하기 위한 그룹 간 협력 및 통합도 이뤄지지 않았다.

2017년의 비즈니스와 2014년의 기술 에코시스템은 2014년의 비즈니스 및 2011년의 기술 에코시스템에 비해 변화가 없었다. 이는 에코시스템이 안정화된 것으로 볼 수 있다. 따라서 2017년의 비즈니스와 2014년의 기술 에코시스템 시각화는 분석에서 제외하였다.

<Table 6>은 에코시스템 내 주요 기업의 연도별 특허 출원 건수, 근접중심성, 매개중심성이다. Toyota와 Panasonic은 특허출원수의 지속적 증가를 통해 중요한 기술지식 생산자 역할을 수행해 왔다. 두 기업의 높은 근접중심성은 에코시스템 내 다른 기업들이 이 두 기업의 기술지식에 의존도가 높은 것을

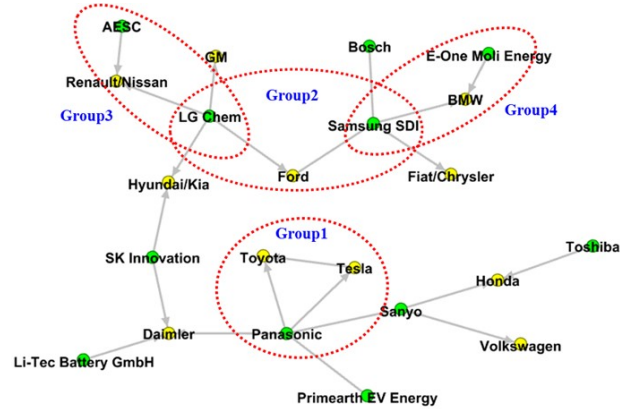


Figure 6. Visualization the Business Ecosystem in 2014

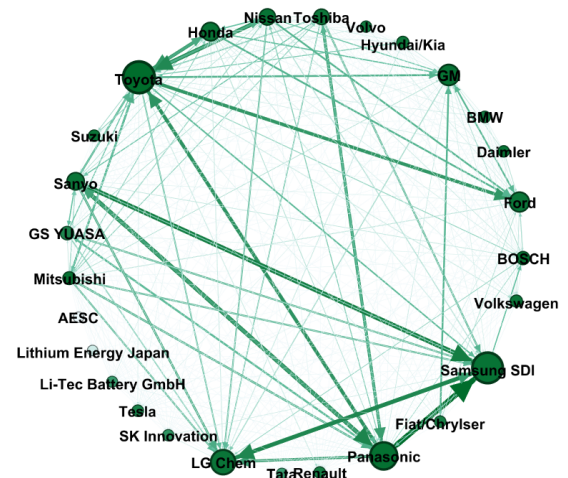


Figure 7. Visualization the Technology Ecosystem in 2011

보여준다. 그러나 두 기업의 매개중심성은 지속적으로 큰 폭으로 감소했고, LG Chem과 Samsung SDI의 매개중심성은 반대로 지속 증가했다. 기업 간 기술협력의 중심축이 Toyota와 Panasonic을 중심으로 한 일본 기업들에서 한국 기업들로 일부 이전한 변화를 뒷받침하는 결과다. GM은 기술지식 생산자로서의 위상은 유지하고 있으나, 감소하는 매개중심성 수치는 기술협력 측면에서의 축소된 역할을 보여준다. 근접/매개중심성이 모두 0.7 이하인 Tesla는 주로 기술지식을 흡수, 활용하고 있으며, 생산-매개 측면에서의 역할은 약한 것으로 나타난다.

Table 6. Number of Patent Applications, Closeness/betweenness Centrality by Key Firms

	Number of patent applications				Closeness centrality				Betweenness centrality			
	2008	2011	2014	2017	2008	2011	2014	2017	2008	2011	2014	2017
Toyota	15034	24955	34702	40382	0.93	1.00	1.00	1.0	24.68	14.90	5.40	9.71
Panasonic	15232	19954	24386	26252	0.93	0.96	0.96	0.96	12.40	9.21	1.56	2.85
LG Chem	4530	8561	17577	21155	0.76	0.90	1.00	1.0	7.70	7.88	10.59	9.71
Samsung SDI	7346	12702	17201	18719	0.83	0.93	1.00	1.0	9.79	11.01	10.90	9.71
Sanyo	6997	9204	11001	14306	0.89	0.96	1.00	1.0	9.48	8.25	4.62	4.80
GM	3972	7527	10404	11558	0.89	0.90	0.96	0.96	6.58	5.93	1.56	2.10

기업이 특허를 다수 출원할 경우, 일반적으로 자기인용과 같은 이유로 인용수가 증가할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 기술 에코시스템에서 기업들이 출원한 특허의 수와 자기인용을 파악한 기술자립도 지표를 추가로 검토했다. <Table 7>은 주요 기업별 기술자립도 지표의 분석 결과이다. 기술자립도는 기업이 보유한 특허 특허포트폴리오가 자사의 기술을 사용하여 구성되었는지를 파악할 수 있는 지표로 포트폴리오의 자체 인용수를 전체 인용수로 나누어 산출된다. Panasonic의 기술자립도는 0.50으로 가장 높은 기술자립도를 보여주며, 이는 해당 기업이 자사의 배터리 기술을 상당부분 이용하여 기술을 개발하고 있음을 알 수 있다. LG Chem과 Samsung SDI의 기술자립도도 매년 지속적으로 증가했다. Ford와 Tesla는 배터리 공급사에 비해 낮은 기술자립도가 수치를 보여주는데 이는 자사의 기술뿐만 아니라 타사의 기술을 인용함으로써 기술의 완성도를 높이고 있는 것을 나타낸다.

Table 7. Technology Independence

Key firms	2005	2008	2011	2014
Toyota	0.41	0.43	0.43	0.43
Panasonic	0.46	0.48	0.50	0.50
LG Chem	0.12	0.24	0.31	0.38
Samsung SDI	0.32	0.37	0.41	0.42
Sanyo	0.37	0.38	0.40	0.39
GM	0.53	0.51	0.48	0.48
Tesla	0	0.08	0.15	0.23
Ford	0.26	0.33	0.31	0.33

## 5. 논의

전기차 시장 진입과 성장을 위해 OEM과 배터리공급사는 기술자원 확보가 우선적으로 필요하다. 특허수와 배터리 공급량/전기차 판매대수 간의 상관관계 분석에서 특허출원 2년 이후보다는 3년 이후 시점에서 배터리 공급량 및 전기차 판매대수에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타난 본 연구의 분석 결과는 이러한 주장에 근거를 제공한다.

자동차 산업에서 기술자원의 변화로 인해 자원 확보가 필요한 기업은 그들의 포지셔닝과 기술 전략을 변화시켰다. 기술자원 변화는 기업 전략의 변화로, 이는 다시 에코시스템의 동적변화에 영향을 준 것으로 나타났다. 전기차 비즈니스 에코시스템에서의 동적변화는 기술네트워크의 핵심 액터를 중심으로 발생했다. 동적변화의 원인은 배터리 공급망 활용, 인수, 제휴/파트너십 및 협조적 경쟁과 같은 에코시스템 내 기업 간 비즈니스 네트워크이며, 이는 기술자원을 확보하기 위한 기업 전략의 일환이다.

에코시스템 동적변화의 원인은 크게 세 가지로 나타났다. 첫째, 기술자원 획득을 위한 자동차 OEM간의 협조적 경쟁(coopetition)이다. 전기차 시장 초기 시점(2008년)에서의 기술 에코시스템은

Toyota, Sanyo와 같이 하이브리드 기술을 보유한 그룹을 중심으로 발전했다. 2004년, Ford는 Toyota로부터 하이브리드 기술 분야에서 협력 관계를 구축하여, 기술을 공여 받았다. 이후 Ford는 2014년 기준으로 하이브리드 자동차 미국 누적 40만대를 판매를 달성했으며, Toyota에 이어 세계 2위 하이브리드 자동차 기업으로 성장했다. 하이브리드 자동차에도 전동화 기술이 활용되므로 구조적 측면에서 전기차와 유사하여 이를 전기차에도 그대로 적용(carry over)할 수 있다. 차이점은 하이브리드 자동차는 배터리가 주동력원이 아닌 보조동력원으로 활용되므로 배터리 시스템의 역할이 전기차보다 제한적이다. 전기차는 주행거리, 차량가격, 성능이 배터리 가격, 기술 및 용량에 따라 달라지므로 하이브리드 자동차 중심의 기업이 전기차 출시를 위해서는 하이브리드 시스템과는 다른 저비용/고용량 배터리 제품 공급망과 기술자원을 필요로 한다.

둘째, 기술자원 활용을 위한 기존 자동차 OEM의 배터리 공급망 구축이다. Tesla와 Ford는 기술자원을 보유한 배터리 공급사의 공급망 네트워크를 활용해 배터리 기술자원을 활용할 수 있었다. 전기차에는 대용량의 배터리 탑재로 인해 저비용/고효율의 배터리 기술이 요구된다. 타 OEM에 비해 상대적으로 자사의 기술자원이 부족했던 Tesla와 Ford는 핵심자원을 보유한 배터리 공급사의 기술자원을 활용함으로써 이를 보완할 수 있었다. 즉, 핵심자원을 보유한 배터리 공급사와의 배터리 공급망 네트워크 구축을 통해서 배터리 기술자원을 확보할 수 있음을 의미한다. 이들 기업은 배터리 공급사의 셀 기술을 활용하여, 배터리 셀 모니터링 및 제어와 같은 상위 레벨인 배터리팩/시스템 기술로 활용 범위를 확장했다.

셋째, 기업의 기술자원 확대를 위한 배터리 공급사간의 인수와 경쟁이다. Panasonic은 배터리 시장의 경쟁관계에 있으면서 상호간의 기술지식의 유입이 높은 Sanyo의 인수를 했다. 인수 시점(2008년)을 기준으로 2차 전지 시장 세계 1위의 점유율을 차지한 Sanyo의 인수를 통해 Panasonic은 2차 전지 시장에서 높은 시장 점유율뿐만 아니라 Sanyo의 기술자원도 동시에 획득할 수 있게 되었다. 이를 계기로 Panasonic은 Tesla와 협력하여 전기차 배터리 시장으로 사업 영역을 확대해 나갔다. 비즈니스 에코시스템 네트워크 내에서 기술자원을 보유한 잠재적 경쟁사의 인수를 통해서 기업은 핵심자원 확보가 가능하다. 경쟁 관점에서 Samsung SDI와 LG Chem의 모기업은 국내에서 다양한 분야에서 경쟁 관계에 있다. 그럼에도 불구하고 기술 에코시스템에서 이들 기업 간 상호 기술지식의 흐름은 지속적으로 증가하고 있다. 또한, 주요 OEM 및 주요 배터리 공급사로부터 기술지식의 유입을 증가시켰다. 이를 통해 이들 기업은 자사의 기술자원을 확장시켜 나갔으며, 기술네트워크에서 핵심 액터로 성장할 수 있게 되었다.

자원기반관점에서 본 전기차 에코시스템은 배터리 기술자원을 보유한 기업 중심으로 그룹이 형성되었으며, 시간의 흐름에 따라 이들 그룹의 비즈니스 네트워크는 통합(consolidation)되었다. 또한, 자동차 OEM은 배터리 공급의 안정성 측면에서 복수의 배터리 공급사에게로부터 공급을 받으려 하기 때문에, 핵심

자원을 보유한 배터리 공급사의 중심으로 비즈니스 네트워크가 중첩(overlap)된다. 특히 데이터를 기반으로 측정된 결과 전기차 기업의 핵심 기술자원은 고출력과 안정성을 갖춘 양극재, 음극재, 셀 구성, 패키징 등의 배터리 기술이었다. 자체적으로 배터리 기술을 개발하거나, 긴밀한 파트너십을 통해 확보, 발전시켜나가는 역량이 가장 중요했다. 이 과정에서 OEM은 복수의 배터리 공급자간 경쟁을 촉진하고, 납품 단가를 통제하는 관리역량이 사업적으로 중요했다. 그러나 기존 OEM의 공급자 관리 기법과 한 가지 중요한 차이가 있다. 배터리가 장기간의 기술축적을 필요로 하기 때문에 필연적으로 과점 구조를 가지게 되며, OEM이 자체 배터리 기술역량을 일정 수준 이상 보유하지 않은 경우 배터리 기술발전과 납품단가 절감이 어려워진다. 즉, 내부 배터리 기술력이 기술/비즈니스 에코시스템 구축과 관리의 핵심인 것이다.

## 6. 결론

비즈니스 에코시스템 시각화는 비즈니스의 맥락을 중심으로 에코시스템을 구조화하는데 적합하나, 기업의 핵심 기술 포트폴리오와 기업 간 기술지식의 흐름 파악에는 한계가 있다. 특히, 기술자원의 변화에 따라 에코시스템이 변화하는 산업에서는 비즈니스 에코시스템뿐만 아니라 기술 에코시스템도 복합적으로 파악할 필요가 있다. 특히 데이터를 통한 기술적 경로와 비즈니스 에코시스템을 고려한 연구가 있으나, 기술 에코시스템과 비즈니스 에코시스템 간 연관관계를 파악하기 어렵다. 본 연구에서 제시하는 방법은 기술 에코시스템과 비즈니스 에코시스템을 분리해, 기술자원에 따른 에코시스템의 동적변화와 두 에코시스템 간 연관관계를 파악할 수 있다. 나아가 자원기반 관점에서 기술자원이 두 에코시스템의 동적변화에 미치는 영향을 분석할 수 있다. 즉, 기술 중심의 핵심자원 변화가 기업별 전략의 변화로, 이는 다시 에코시스템 동적변화로 체계화한 방법을 제시한다는 측면에서 학술적 가치가 있다. 본 연구는 자동차 OEM과 배터리 공급사를 대상으로 자원기반관점에서 기술/비즈니스 에코시스템 시각화한 실증적 연구이다. 전기차 시장 진입 단계에서 배터리 기술자원에 대한 심층적 이해는 향후 확대될 전기차 시장에서 자동차 OEM과 배터리 공급사의 기술전략을 구체화하는데 중요한 기여를 할 것이다.

다만, 본 연구에는 몇 가지 한계가 있다. 기술 에코시스템 시각화 도구인 소셜 네트워크 분석은 전체 네트워크에서 기업 간 기술지식흐름의 규모와 방향을 특허의 인용수와 인용/피인용수로 파악했다. 이러한 데이터 기반의 정량적 기법들은 기업 간 연계된 기술 경로를 중심으로 구조화해 보여줄 수 없기 때문에, 기술의 변화 양상을 제대로 반영할 수 없다. 즉, 기업 간 기술진화 경로의 특성 등과 같은 세부적인 분석이 어렵다는 단점이 존재한다. 따라서 특정 기업 간 기술진화 경로를 구체적으로 파악하기 위한 주경로 분석과 전문가 판단과 같은 정성적 분석이 복합적으로 필요하다.

정성적 관점에서 데이터 수집 및 자료 코딩은 대상기업들의 공시나 언론보도 자료에 대한 전문연구자의 분류작업과 같은 정량적 정성분석을 기반으로 정성연구에서 요구되는 신뢰성과 타당성 확보가 필요하다. 또한, 기업 간 다양한 비즈니스 활동을 복합적으로 반영하기 위해 복수의 데이터 소스를 활용한 삼각 측량(data triangulation)과 같은 방법으로 정교화가 필요하다. 배터리 기술과 관련된 특허를 검색하는 방법으로 본 연구에서는 키워드를 사용했으나, 종래 연구에서 주로 사용하는 IPC/CPC 기반의 검색을 활용하여 검색의 정합성을 향상시킬 필요가 있다. 마지막으로 핵심자원인 저비용, 고효율 배터리와 관련하여 셀을 구성하는 양극재, 음극재, 분리막과 같은 배터리 요소 기술로 확대해 기술/비즈니스 에코시스템을 분석할 수 있다. 이는 배터리 셀의 하위 구성 요소 기술도 핵심자원에 영향을 줄 수 있기 때문이다.

## 참고문헌

- Adepetu, A. and Keshav, S. (2017), The Relative Importance of Price and Driving Range on Electric Vehicle Adoption : Los Angeles Case Study, *Transportation*, **44**(2), 353-373.
- Adner, R. and Kapoor, R. (2010), Value Creation in Innovation Ecosystems : How the Structure of Technological Interdependence Affects Firm Performance in New Technology Generations, *Strategic Management Journal*, **31**(3), 306-333.
- Adomavicius, G., Bockstedt, J., Gupta, A., and Kauffman, R. J. (2008), Understanding Evolution in Technology Ecosystems, *Communications of the ACM*, **51**(10), 117-122.
- Amit, R. and Zott, C. (2001), Value Creation in e-Business, *Strategic Management Journal*, **22**(6-7), 493-520.
- Andwari, A. M., Pesiridis, A., Rajoo, S., Martinez-Botas, R., and Esfahanian, V. (2017), A Review of Battery Electric Vehicle Technology and Readiness Levels, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **78**, 414-430.
- Ávila-Robinson, A. and Miyazaki, K. (2013), Dynamics of Scientific Knowledge bases as Proxies for Discerning Technological Emergence-The Case of MEMS/NEMS Technologies, *Technological Forecasting and Social Change*, **80**(6), 1071-1084.
- Barnes, S. J. and Vidgen, R. T. (2006), Data Triangulation and Web Quality Metrics : A Case Study in e-Government, *Information and Management*, **43**(6), 767-777.
- Barney, J. (1991), Firm Resources and Sustained Competitive Advantage, *Journal of Management*, **17**(1), 99-120.
- Barney, J., Wright, M., and Ketchen Jr, D. J. (2001), The Resource-based View of the Firm : Ten Years After 1991, *Journal of Management*, **27**(6), 625-641.
- Barth, M., Jugert, P., and Fritsche, I. (2016), Still Underdetected-Social Norms and Collective Efficacy Predict the Acceptance of Electric Vehicles in Germany, *Transportation Research Part F : Traffic Psychology and Behaviour*, **37**, 64-77.
- Basole, R. C. (2009), Visualization of Interfirm Relations in a Converting Mobile Ecosystem, *Journal of Information Technology*, **24**(2), 144-159.
- Basole, R. C., Russell, M. G., Huhtamäki, J., Rubens, N., Still, K., and Park, H. (2015), Understanding Business Ecosystem Dynamics : A

- Data-Driven Approach, *ACM Transactions on Management Information Systems (TMIS)*, **6**(2), 1-32.
- Bastian, M., Heymann, S., and Jacomy, M. (2009), Gephi : An Open Source Software for Exploring and Manipulating Networks, *Icswm*, **8**(2009), 361-362.
- Battistella, C., Colucci, K., De Toni, A. F., and Nonino, F. (2013), Methodology of Business Ecosystems Network Analysis : A case Study in Telecom Italia Future Centre, *Technological Forecasting and Social Change*, **80**(6), 1194-1210.
- Bell, E., Bryman, A., and Harley, B. (2018), *Business Research Methods*, Oxford University Press.
- Bizzi, L. and Langley, A. (2012), Studying Processes in and Around Networks, *Industrial Marketing Management*, **41**(2), 224-234.
- Bjerkan, K. Y., Nørbech, T. E., and Nordtømme, M. E. (2016), Incentives for Promoting Battery Electric Vehicle (BEV) Adoption in Norway, *Transportation Research Part D : Transport and Environment*, **43**, 169-180.
- Boland, R., Lyytinen, K., and Yoo, Y. (2003), Path Creation with Digital 3D Representations : Networks of Innovation in Architectural Design and Construction, *DIGIT 2003 Proceedings*, 1.
- Brenner, T. (2004), *Local Industrial Clusters : Existence, Emergence and Evolution*, Routledge.
- Burgess, M., King, N., Harris, M., and Lewis, E. (2013), Electric Vehicle Drivers' Reported Interactions with the Public : Driving Stereotype Change?, *Transportation Research Part F : Traffic Psychology and Behaviour*, **17**, 33-44.
- Busquets, J., Rodon, J., and Wareham, J. (2009), Adaptability in Smart Business Networks : An Exploratory Case in the Insurance Industry, *Decision Support Systems*, **47**(4), 287-296.
- Carley, S., Krause, R. M., Lane, B. W., and Graham, J. D. (2013), Intent to Purchase a Plug-in Electric Vehicle : A Survey of Early Impressions in Large US Cities, *Transportation Research Part D : Transport and Environment*, **18**, 39-45.
- Chanaron, J. J. (2001), Implementing Technological and Organisational Innovations and Management of Core Competencies : Lessons from the Automotive Industry, *International Journal of Automotive Technology and Management*, **1**(1), 128-144.
- Chang, S. B., Lai, K. K., and Chang, S. M. (2009), Exploring Technology Diffusion and Classification of Business Methods : Using the Patent Citation Network, *Technological Forecasting and Social Change*, **76**(1), 107-117.
- Chesbrough, H. W. (2003), *Open Innovation : The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Harvard Business Press.
- Cheung, K. Y. and Ping, L. (2004), Spillover Effects of FDI on Innovation in China : Evidence from the Provincial Data, *China Economic Review*, **15**(1), 25-44.
- Cho, S.-D., Lee, C.-M., and Hyun, B.-H. (2013), Analysis of Technological Competitiveness and Technology Industry Linkage Structure of Korea, China and Japan Utilizing the Patent Information in the Field of Biotechnology, *Journal of Technology Innovation*, **21**(1), 141-163.
- Coffman, M., Bernstein, P., and Wee, S. (2017), Electric Vehicles Revisited : A Review of Factors that Affect Adoption, *Transport Reviews*, **37**(1), 79-93.
- Cusumano, M. A. and Gawer, A. (2002), The Elements of Platform Leadership, *MIT Sloan Management Review*, **43**(3), 51.
- Daim, T. U., Rueda, G., Martin, H., and Gerdtsri, P. (2006), Forecasting Emerging Technologies : Use of Bibliometrics and Patent Analysis, *Technological Forecasting and Social Change*, **73**(8), 981-1012.
- Dierickx, I. and Cool, K. (1989), Asset Stock Accumulation and Sustainability of Competitive Advantage, *Management Science*, **35**(12), 1504-1511.
- Doran, D., Hill, A., Hwang, K. S., Jacob, G., and Operations Research Group (2007), Supply Chain Modularisation : Cases from the French Automobile Industry, *International Journal of Production Economics*, **106**(1), 2-11.
- Dosi, G. (1982), Technological Paradigms and Technological Trajectories : A Suggested Interpretation of the Determinants and Directions of Technical Change, *Research Policy*, **11**(3), 147-162.
- Doz, Y. L. and Hamel, G. (1998), *Alliance Advantage : The Art of Creating Value through Partnering*, Harvard Business Press.
- Dyer, J. H. (1996), Specialized Supplier Networks as a Source of Competitive Advantage : Evidence from the Auto Industry, *Strategic Management Journal*, **17**(4), 271-291.
- Egbue, O. and Long, S. (2012), Barriers to Widespread Adoption of Electric Vehicles : An Analysis of Consumer Attitudes and Perceptions, *Energy Policy*, **48**, 717-729.
- Fischer, M. (2011), Social Network Analysis and Qualitative Comparative Analysis : Their Mutual Benefit for the Explanation of Policy Network Structures, *Methodological Innovations Online*, **6**(2), 27-51.
- Galbreath, J. and Galvin, P. (2004), WHICH RESOURCES MATTER? A FINE-GRAINED TEST OF THE RESOURCE-BASED VIEW OF THE FIRM, *In Academy of Management Proceedings*, **2004**(1), L1-L6.
- Gebauer, H., Worch, H., and Truffer, B. (2012), Absorptive Capacity, Learning Processes and Combinative Capabilities as Determinants of Strategic Innovation, *European Management Journal*, **30**(1), 57-73.
- Ghosh, R. and Lerman, K. (2010), Predicting Influential Users in Online Social Networks, *arXiv preprint arXiv:1005.4882*.
- Goertzen, M. J. (2017), Introduction to Quantitative Research and Data, *Library Technology Reports*, **53**(4), 12-18.
- Gómez-Uranga, M., Miguel, J. C., and Zabala-Iturriagoitia, J. M. (2014), Epigenetic Economic Dynamics : The Evolution of Big Internet Business Ecosystems, Evidence for Patents, *Technovation*, **34**(3), 177-189.
- Graham-Rowe, E., Gardner, B., Abraham, C., Skippon, S., Dittmar, H., Hutchins, R., and Stannard, J. (2012), Mainstream Consumers Driving Plug-in Battery-Electric and Plug-in Hybrid Electric Cars : A Qualitative Analysis of Responses and Evaluations, *Transportation Research Part A : Policy and Practice*, **46**(1), 140-153.
- Grant, R. M. (2016), *Contemporary Strategy Analysis : Text and Cases Edition*, John Wiley & Sons.
- Gueguen, G. (2009), Competition and Business Ecosystems in the Information Technology Sector : The Example of Intelligent Mobile Terminals, *International Journal of Entrepreneurship and Small Business*, **8**(1), 135-153.
- Hannan, M. A., Lipu, M. H., Hussain, A., and Mohamed, A. (2017), A Review of Lithium-ion Battery State of Charge Estimation and Management System in Electric Vehicle Applications : Challenges and Recommendations, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **78**, 834-854.
- Hertzke, P., Müller, N., Schenk, S., and Wu, T. (2018), The Global Electric-Vehicle Market is Amped Up and on the Rise, *McKinsey Cent. Futur. Mobil*, 1-8.
- Hong, J. F. and Snell, R. S. (2013), Developing New Capabilities Across a Supplier Network through Boundary Crossing : A Case Study of a China-based MNC Subsidiary and its Local Suppliers, *Organization Studies*, **34**(3), 377-406.

- Hu, W., Su, C., Chen, Z., and Bak-Jensen, B. (2013), Optimal Operation of Plug-in Electric Vehicles in Power Systems with High Wind Power Penetrations, *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, **4**(3), 577-585.
- Iansiti, M. and Levien, R. (2004), Strategy as Ecology, *Harvard Business Review*, **82**(3), 68-78.
- Isckia, T. (2009), Amazon's Evolving Ecosystem : A Cyber-Bookstore and Application Service Provider, *Canadian Journal of Administrative Sciences/Revue Canadienne des Sciences de l'Administration*, **26**(4), 332-343.
- Iyer, B., Lee, C. H., and Venkatraman, N. (2006), Managing in a "small world ecosystem" : Lessons from the Software Sector, *California Management Review*, **48**(3), 28-47.
- Jaffe, A. B., Trajtenberg, M., and Henderson, R. (1993), Geographic Localization of Knowledge Spillovers as Evidenced by Patent Citations, *the Quarterly Journal of Economics*, **108**(3), 577-598.
- Kalaitzi, D., Matopoulos, A., and Clegg, B. (2019), Managing Resource Dependencies in Electric Vehicle Supply Chains : A Multi-tier Case Study, *Supply Chain Management : An International Journal*, **24**(2), 256-270.
- Kapoor, R. and Lee, J. M. (2013), Coordinating and Competing in Ecosystems : How Organizational Forms Shape New Technology Investments, *Strategic Management Journal*, **34**(3), 274-296.
- Karakaya, F. and Parayitam, S. (2013), Barriers to Entry and Firm Performance : A Proposed Model and Curvilinear Relationships, *Journal of Strategic Marketing*, **21**(1), 25-47.
- Kavanagh, L., Keohane, J., Garcia Cabellos, G., Lloyd, A., and Cleary, J. (2018), Global Lithium Sources-Industrial Use and Future in the Electric Vehicle Industry : A Review, *Resources*, **7**(3), 57.
- Kim, J. and Lee, S. (2015), Patent Databases for Innovation Studies : A Comparative Analysis of USPTO, EPO, JPO and KIPO, *Technological Forecasting and Social Change*, **92**, 332-345.
- KIPO (2014), A Study on the Retrieval Systems and Techniques for Enhancing Patent Search, *Korean Intellectual Property Office*, 1-279.
- Krupa, J. S., Rizzo, D. M., Eppstein, M. J., Lanute, D. B., Gaalena, D. E., Lakkaraju, K., and Warrender, C. E. (2014), Analysis of a Consumer Survey on Plug-in Hybrid Electric Vehicles, *Transportation Research Part A : Policy and Practice*, **64**, 14-31.
- Kumar, M. S. and Revankar, S. T. (2017), Development Scheme and Key Technology of an Electric Vehicle : An Overview, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **70**, 1266-1285.
- Langbroek, J. H., Franklin, J. P., and Susilo, Y. O. (2016), The Effect of Policy Incentives on Electric Vehicle Adoption, *Energy Policy*, **94**, 94-103.
- Lengler, R. and Eppler, M. J. (2007), Towards a Periodic Table of Visualization Methods for Management, *In IASTED Proceedings of the Conference on Graphics and Visualization in Engineering (GVE 2007)*, Clearwater, Florida, USA.
- Li, Y. R. (2009), The Technological Roadmap of Cisco's Business Ecosystem, *Technovation*, **29**(5), 379-386.
- Lichtenstein, B. M. B. and Brush, C. G. (2001), How do "Resource Bundles" Develop and Change in New Ventures? A Dynamic Model and Longitudinal Exploration, *Entrepreneurship Theory and Practice*, **25**(3), 37-58.
- Lieberman, M. B. and Montgomery, D. B. (1988), First-Mover Advantages, *Strategic Management Journal*, **9**(S1), 41-58.
- Lieven, T., Mühlmeier, S., Henkel, S., and Waller, J. F. (2011), Who will Buy Electric Cars? An Empirical Study in Germany, *Transportation Research Part D : Transport and Environment*, **16**(3), 236-243.
- Liu, J., Kauffman, R. J., and Ma, D. (2015), Competition, Cooperation, and Regulation : Understanding the Evolution of the Mobile Payments Technology Ecosystem, *Electronic Commerce Research and Applications*, **14**(5), 372-391.
- Lockett, A. and Thompson, S. (2001), The Resource-based View and Economics, *Journal of Management*, **27**(6), 723-754.
- Lu, C., Rong, K., You, J., and Shi, Y. (2014), Business Ecosystem and Stakeholders' Role Transformation : Evidence from Chinese Emerging Electric Vehicle Industry, *Expert Systems with Applications*, **41**(10), 4579-4595.
- Magnusson, T. and Berggren, C. (2011), Entering an Era of Ferment—Radical vs Incrementalist Strategies in Automotive Power Train Development, *Technology Analysis and Strategic Management*, **23**(3), 313-330.
- Makadok, R. (1998), Can First-Mover and Early-Mover Advantages be Sustained in an Industry with Low Barriers to Entry/Imitation?, *Strategic Management Journal*, **19**(7), 683-696.
- Martin, S., Brown, W. M., Klavans, R., and Boyack, K. W. (2011), OpenOrd : An Open-Source Toolbox for Large Graph Layout, *In Visualization and Data Analysis 2011*, International Society for Optics and Photonics, 786806.
- Mersky, A. C., Sprei, F., Samaras, C., and Qian, Z. S. (2016), Effectiveness of Incentives on Electric Vehicle Adoption in Norway, *Transportation Research Part D : Transport and Environment*, **46**, 56-68.
- Miles, M. B., and Huberman, A. M. (1994), *Qualitative Data Analysis : An Expanded Sourcebook*, Sage.
- Montgomery, C. A. and Hariharan, S. (1991), Diversified Expansion by Large Established Firms, *Journal of Economic Behavior and Organization*, **15**(1), 71-89.
- Moore, J. F. (1993), Predators and Prey : A New Ecology of Competition, *Harvard Business Review*, **71**(3), 75-86.
- Mowery, D. C., Oxley, J. E., and Silverman, B. S. (1998), Technological Overlap and Interfirm Cooperation : Implications for the Resource-based View of the Firm, *Research Policy*, **27**(5), 507-523.
- Nakamura, H., Suzuki, S., Kajikawa, Y., and Osawa, M. (2015), The Effect of Patent Family Information in Patent Citation Network Analysis : A Comparative Case Study in the Drivetrain Domain, *Scientometrics*, **104**(2), 437-452.
- Nakamura, M., Shaver, J. M., and Yeung, B. (1996), An Empirical Investigation of Joint Venture Dynamics : Evidence from US-Japan Joint Ventures, *International Journal of Industrial Organization*, **14**(4), 521-541.
- Nohria, N. and Garcia-Pont, C. (1991), Global Strategic Linkages and Industry Structure, *Strategic Management Journal*, **12**(S1), 105-124.
- Nykqvist, B. and Nilsson, M. (2015), Rapidly Falling Costs of Battery Packs for Electric Vehicles, *Nature Climate Change*, **5**(4), 329.
- O'Mahony, S. and Bechky, B. A. (2008), Boundary Organizations : Enabling Collaboration Among Unexpected Allies, *Administrative Science Quarterly*, **53**(3), 422-459.
- Penrose, E. (1959), *The theory of the Growth of the Firm*, John Wiley and Sons, New York.
- Perkins, G. and Murmann, J. P. (2018), What does the Success of Tesla Mean for the Future Dynamics in the Global Automobile Sector?, *Management and Organization Review*, **14**(3), 471-480.
- Peters, A. and Dütschke, E. (2014), How do Consumers Perceive Electric Vehicles? A Comparison of German Consumer Groups, *Journal of Environmental Policy and Planning*, **16**(3), 359-377.
- Pierce, L. (2009), Big Losses in Ecosystem Niches : How Core Firm



- Decisions Drive Complementary Product Shakeouts, *Strategic Management Journal*, **30**(3), 323-347.
- Plötz, P., Schneider, U., Globisch, J., and Dütschke, E. (2014), Who Will Buy Electric Vehicles? Identifying Early Adopters in Germany, *Transportation Research Part A : Policy and Practice*, **67**, 96-109.
- Prahalad, C. K. and Hamel, G. (1994), Strategy as a Field of Study : Why Search for a New Paradigm?, *Strategic Management Journal*, **15**(S2), 5-16.
- Schuitema, G., Anable, J., Skippon, S., and Kinnear, N. (2013), The Role of Instrumental, Hedonic and Symbolic Attributes in the Intention to Adopt Electric Vehicles, *Transportation Research Part A : Policy and Practice*, **48**, 39-49.
- Scott, J. and Carrington, P. J. (2011), The SAGE Handbook of Social Network Analysis, *SAGE publications*.
- Shneiderman, B. (1996), The Eyes have it : A Task by Data Type Taxonomy for Information Visualizations, *In Proceedings 1996 IEEE Symposium on Visual Languages*, IEEE, 336-343.
- Sierzchula, W., Bakker, S., Maat, K., and Van Wee, B. (2012), The Competitive Environment of Electric Vehicles : An Analysis of Prototype and Production Models, *Environmental Innovation and Societal Transitions*, **2**, 49-65.
- Skippon, S. and Garwood, M. (2011), Responses to Battery Electric Vehicles : UK Consumer Attitudes and Attributions of Symbolic Meaning Following Direct Experience to Reduce Psychological Distance, *Transportation Research Part D : Transport and Environment*, **16**(7), 525-531.
- Sorensen, C., De Reuver, M., and Basole, R. C. (2015), Mobile Platforms and Ecosystems, *Journal of Information Technology*, **30**(3), 195-197.
- Steinilber, S., Wells, P., and Thankappan, S. (2013), Socio-Technical Inertia : Understanding the Barriers to Electric Vehicles, *Energy Policy*, **60**, 531-539.
- Teece, D. J. (2007), Explicating Dynamic Capabilities : The Nature and Microfoundations of (Sustainable) Enterprise Performance, *Strategic Management Journal*, **28**(13), 1319-1350.
- Teece, D. J. (2010), Business Models, Business Strategy and Innovation, *Long Range Planning*, **43**(2-3), 172-194.
- Teece, D. J., Pisano, G., and Shuen, A. (1997), Dynamic Capabilities and Strategic Management, *Strategic Management Journal*, **18**(7), 509-533.
- Thomas, J. and Cook, K. A. (2005), Illuminating the Path : The R&D Agenda for Visual Analytics National Visualization and Analytics Center, National Visualization and Analytics Center.
- Todorovic, M., Simic, M., and Kumar, A. (2017), Managing Transition to Electrical and Autonomous Vehicles, *Procedia Computer Science*, **112**, 2335-2344.
- Tsujimoto, M., Kajikawa, Y., Tomita, J., and Matsumoto, Y. (2018), A Review of the Ecosystem Concept—Towards Coherent Ecosystem Design, *Technological Forecasting and Social Change*, **136**, 49-58.
- Viswanadham, N. and Samvedi, A. (2013), Supplier Selection based on Supply Chain Ecosystem, Performance and Risk Criteria, *International Journal of Production Research*, **51**(21), 6484-6498.
- Wareham, J., Fox, P. B., and Cano Giner, J. L. (2014), Technology Ecosystem Governance, *Organization Science*, **25**(4), 1195-1215.
- Wasserman, S. and Faust, K. (1994), *Social Network Analysis : Methods and Applications*, Cambridge University Press.
- Wei, Z., Yang, D., Sun, B., and Gu, M. (2014), The Fit between Technological Innovation and Business Model Design for Firm Growth : Evidence from C Hina, *R&D Management*, **44**(3), 288-305.
- Wernerfelt, B. (1984), A Resource-based View of the Firm, *Strategic Management Journal*, **5**(2), 171-180.
- Wheelen, T. L. and Hunger, J. D. (2011), *Concepts in Strategic Management and Business Policy*, Pearson Education India.
- Yang, S. and Jung, T. H. (2018), A Firm-level Portfolio of Standard Essential Patents in Mobile Telecommunication, *The Journal of Intellectual Property*, **13**(2), 171-206.
- Yoo, Y., Henfridsson, O., and Lyytinen, K. (2010), Research Commentary—the New Organizing Logic of Digital Innovation : An Agenda for Information Systems Research, *Information Systems Research*, **21**(4), 724-735.
- Yoon, B., Lee, W., and Park, Y. (2005), The Analysis of Inter-Industrial Knowledge Flow Structure among Northeast Asian Countries Based on Patent Citation Data : Comparison of Korea, Japan, and Taiwan, *Journal of Technology Innovation*, **13**(3), 197-224.
- Zott, C. and Amit, R. (2013), The Business Model : A Theoretically Anchored Robust Construct for Strategic Analysis, *Strategic Organization*, **11**(4), 403-411.

## 저자소개

**조민제** : 성균관대학교에서 기술경영전문대학원 박사과정에 재학 중이다. 연구분야는 기술경영, 기술전략, 특허분석, 비즈니스 에코시스템이다.

**신준석** : 서울대학교 공과대학 산업공학과에서 기술경영 전공으로 학사, 석사, 박사학위를 받았다. 삼성경제연구소 기술산업실 연구원으로 중장기 전략수립 및 신사업 발굴에 참여했다. 2008년부터 성균관대학교 시스템경영공학과와 기술경영전문대학원에 재직 중이다. 국내외 대기업과 기업 포사이트(corporate foresight), 기술전략, 비즈니스 모델, R&D 시스템 디자인 관련 연구, 자문 및 컨설팅을 수행했다.