

자동차 자율주행 기술 특허분석을 통한 기술협력 네트워크 분석

임호근¹, 김병근^{2*}, 정의섭³

¹한국기술교육대 기술경영학과, ²한국기술교육대학교 산업경영학부교수, ³한국과학기술정보연구원 책임연구원

Technological Cooperation Network Analysis through Patent Analysis of Autonomous Driving Technology

Ho-Geun Lim¹, Byungkeun Kim^{2*}, Euseob Jeong³

¹Division of Management of Technology, Korea University of Technology and Education

²Prof., Division of Industrial Management, Korea University of Technology and Education

³Korea Institute of Science and Technology Information

요약 본 연구는 자동차 산업의 기술협력 네트워크의 특성과 변화 요인들에 대해 분석한다. 전 세계 주요 자동차 기업들이 2000년부터 2017년까지 출원한 112,009건의 자율주행 관련 특허를 사회연결망 분석(SNA: Social Network Analysis, 이하 SNA)을 활용하여 기술협력 네트워크의 구조를 분석한다. 네트워크 분석지표 중 구조적 특성 분석을 통해 밀도 등의 네트워크 특성을 분석한다. 연결 정도 중심성, 매개 중심성 및 관계 중심성 등의 지위적 특성 지표 분석을 통해서 기술협력 네트워크의 구조적 특성을 확인한다. 분석 결과는 토요타, 현대자동차 등 완성차 기업들과 부품 공급 업체인 보쉬, 콘티넨탈 등이 자율주행과 관련한 기술 개발 실적이 높은 것으로 확인되었다. 네트워크의 구조적 특성 분석 결과 자율주행 기술 개발의 협력 네트워크에 참여한 기업들의 수가 증가하고 다양해졌으며 지위적 특성 지표들은 모두 감소하는 결과를 보였다. 이는 기업 간의 수평적이며 보완적인 기술협력 형태가 증가하는 현상으로 해석할 수 있다. 그리고 자동차 자율주행 기술 분야의 참여자가 많아지고 네트워크가 더 복잡해짐을 확인하였다.

Abstract This study analyzes the characteristics and change factors of technological cooperation networks in the automotive industry. Using Social Network Analysis (SNA) of 112,009 autonomous driving-related patents filed from 2000 to 2017 by major automotive firms in the world, we investigate the structure of the technological cooperation network. Network characteristics such as density are analyzed through structural characteristic analysis among the network analysis indicators. The structural characteristics of the technology cooperation network are confirmed through analysis of status characteristic indicators, such as the degree of centrality, betweenness centrality, and closeness centrality. Results show that car makers such as Toyota and Hyundai Motors, as well as parts suppliers such as Bosch and Continental, have high-performance technology developments related to autonomous driving. The structural characteristics of the network show that companies participating in cooperative networks for autonomous driving technology development have increased in number and are diversified, and all of the status characteristic indicators have decreased. This can be interpreted as an increasing number of horizontal and complementary forms of technological cooperation between firms. In addition, it was confirmed that the number of participants in the field of autonomous driving technology has increased, and the networks have become more complex.

Keywords : Patent, Social Network Analysis, Technical Cooperation, Network, Horizontal & Vertical Cooperation

본 논문은 2019년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-과제번호)(NRF-2019S1A5C2A02082342)

*Corresponding Author : Byung-Keun Kim(Korea University of Technology and Education)

email: b.kim@koreatech.ac.kr

Received October 26, 2020

Accepted December 4, 2020

Revised November 13, 2020

Published December 31, 2020

1. 서론

자동차 산업은 항상 급진적 혁신(radical innovation)을 추종하지는 않는다. 복잡한 운영방식, 낮은 이윤 및 높은 위험성으로 인해 점진적이면서 프로세스 지향적인 혁신을 선호하는 경향이 있다. 또한 강력한 경쟁이 수반되는 자본 집약적인 전통적 성숙산업으로서 기업으로 하여금 핵심 역량의 집중을 통해 새로운 경쟁업체의 출현과 대안적인 사업모델 및 기술 등의 출현을 허용하려 하지 않는다[1]. 자동차 산업은 기업 외부와의 기술협력보다는 내부 역량 강화와 자체 기술 개발을 통해 시장의 주도권을 차지하기 위한 노력을 기울이는 경향이 강하다.

그러나 최근 4차 산업혁명의 흐름과 관련한 정보통신 기술(ICT) 과의 융합이 본격화되면서 자동차 산업의 기술체제가 전기자동차화(electrified mobility), 자율주행화(automated mobility), 상호 연결성 확보(connected mobility) 방향으로 급격하게 전환되고 있다. 이러한 최근의 자동차 산업의 급격한 기술 변화에 대해서 시스템 통합자인 완성차 기업의 자체적인 내부 기술력과 연구개발 역량만을 가지고는 대응에 한계가 있는 것이 현실이다. 기존 자동차 업체들이 지속적으로 경쟁우위를 유지하기는 어려워지고 있으며, ICT 업체나 통신 업체의 비중이 높아질 것으로 예상되고 있다[2]. 특히 자율주행이라는 미래 차 개발 과제에 있어서는 차량 전장품의 중요도가 더욱 높아짐에 따라 보다 전문적이고 독자적인 기술력을 보유한 부품 업체 또는 유관기업들과의 협력이 중요한 상황이 형성되고 있다. 자율주행은 앞으로 몇 년 안에 시장에 큰 파괴적 혁신을 가져오고 모든 사회 분야에서 막대한 영향을 미칠 것으로 예상된다[3]. 이러한 결과로 여러 완성차 기업들은 대외적으로는 경쟁관계에 있는 기업들과의 전략적인 제휴를 시도하거나 경쟁력 확보를 위해 부품기업들과의 기술협력 네트워크를 강화하고 있는 추세이다.

기술협력은 지난 30여 년간 연구개발 활동 주체들의 핵심적인 혁신 전략이었다[4]. 기술협력 네트워크의 강화와 관련하여 기존의 연구들은 주로 산업 내에서 기술협력의 형태를 조망하는 정태적 관점의 분석에 초점을 두고 있었다면, 기술과 시장의 변화에 따른 기술협력 네트워크의 변화에 대한 연구의 필요성도 대두된다. 이에 본 연구에서는 전통적인 성숙산업으로 받아들여지고 있는 자동차 산업의 기술 변화에 따라 기술협력 네트워크가 어떻게 변화하고 있는지에 대해서 자율주행 기술이라는 기술 분야에 대한 특허 데이터를 활용하여 사회연결망

분석 방법을 통해 규명하고자 한다.

실증분석을 위해 본 연구에서는 전통적인 글로벌 완성차 기업 및 부품 업체는 물론 자율주행 기술 시장에 참여하고 있는 여러 기업들이 2000년부터 2017년까지 출원한 11만여 건의 특허를 대상으로 사회연결망 분석을 수행하여 네트워크 특성 및 중심성 분석을 실시하였다.

이러한 연구를 통해 기술의 발전과 산업 생태계의 변화에 따른 기업의 기술협력 네트워크 관리 전략을 제시하고자 한다.

2. 관련연구

2.1 기술협력의 동기

2.1.1 경제적 동기 (transaction cost economics)

지금까지 경제적 동기에 의한 기술협력에 관해 몇 가지 이론적 기여가 있었다. 특히 Williamson과 Teece는 거래 비용 경제학에서 영감을 받아 회사 간 파트너 관계를 시장 거래와 계층 사이의 경제현상으로 이론 정립을 했다[5-6]. 여러 이점에도 불구하고 기본적으로 기업 간 연구개발 협력은 위험성을 내포하고 있다[7]. 기업이 규모의 경제를 통해 비용과 위험을 줄이고 혁신 프로세스를 합리화하는 것을 목표로 한다면, 협력 파트너와 상호 유사한 자원을 결집할 것이라고 하였다[8-9]. 기업의 협력관리 역량이 기술협력 활동에 영향을 미치고 이는 기업의 재무적 성과로 이어진다고 주장한다[10].

2.1.2 자원준거이론 (resource based view)

기술의 발전이 급속도로 진화하고 지식의 원천이 널리 보급되어 있는 분야에서는, 어느 기업도 시장에서 최고의 지위를 유지하는데 필요한 모든 기술을 보유하고 있지는 않다. 따라서 기업이 내부 역량만으로는 증가하는 환경의 복잡성과 기술 변화의 속도에 대처하기에 종종 불충분한 상황이 발생한다[11]. 기술과 시장의 변화가 빨라지고 복잡해지면서 외부와 다양한 협력을 통해 기술을 창출하려는 활동이 많아졌다[12]. 기업이 생존하고 성장하기 위해서는 보다 더 역동적이고 글로벌한 시장에 적응하고 혁신적인 필요가 있다. 이를 위해 관련 지식을 확보하는 것이 가장 중요하며, 이는 기업 내부만이 아니라 외부로부터도 찾을 수 있다[13]. 기업이 협력이나 아웃소싱을 통해 외부 지식을 습득하려는 것은, 보다 혁신적이기 위한 전략의 일환으로 여겨진다[14]. 자원 준거 이론의 관점에

의거하면 비용이 많이 들고 위험하거나 복잡한 연구개발 프로젝트일수록 기업은 더 활발한 기술협력을 수행한다고 주장한다. 주로 이러한 기술협력은 하이테크(high-tech) 부문에 집중되는 경향이 있다[15]. 기업은 제한된 투자를 기반으로 새로운 제품이나 기술 영역에 진출하기 위해 기술협력을 추진하며, 이러한 시도를 통해 새로운 시장에서 기술의 중요성과 자사의 전략을 시험평가해 볼 수도 있다[16].

2.2 기술협력의 유형

이러한 기술협력은 유형에 따라 전통적인 성숙산업의 공급 사슬 내에서 나타나는 수직적 협력(vertical)과 경쟁업체나 협력업체, 연구소, 대학 등의 기관과 관계를 맺는 수평적 협력(horizontal)으로 분류할 수 있다[17]. 여러 연구에서 수평적 협력과 수직적 협력에 대해 다뤘다 [18-21]. 구체적으로 수직적 협력의 기술협력 방식으로는 공급 협약과 아웃소싱 등이 있고, 수평적 협력에서는 내부의 기술 기반을 보충할 가능성이 높은 R&D 컨소시엄이나 특허 교환(swap), 그리고 기술이전과 합작투자 등이 있다[22]. 이 중에서 수직적 협력은 신기술이나 신 시장 그리고 신제품, 신공정 등의 혁신에 중요한 영향을 미치는 것으로 알려져 있다[15]. 수직적 협력은 일반적으로 기존 역량을 강화하고 확립된 가치사슬을 최적화하는데 적합한 것으로 여겨진다[23]. 수평적 협력은 새로운 첨단 기술의 창출에 더 적합한 것으로 간주된다[24]. 기업은 이러한 수평적 기술협력을 기반으로 하는 연구개발 활동을 통해 여러 위험회피와 외부로부터의 신기술에 대한 전문지식을 습득할 수 있다. 이를 통해 내부적으로는 학습동기를 자극하고 협력 파트너들과의 지식 교환을 촉진하기도 한다[25].

2.3 사회적 네트워크

기업이 기술혁신을 통해 성과를 창출하기 위해서는 내부 자원 활용과 함께 기업 간의 기술협력이 필요하다. 이러한 기술협력은 기업 간 새로운 지식의 습득을 통해 이루어지며, 새로운 지식의 습득을 위해서는 상호 간의 교류와 기업 간 협력이 필요하다. 기업들은 다양한 방식에 의해 사회적, 경제적 관계를 맺을 수 있으며, 이를 통해 사회적 네트워크를 형성하고, 새로운 전략적 제휴를 형성함으로써 정보를 교환할 수 있다. 이러한 정보교환은 접근(access), 시기(timing), 추천(referrals)의 측면에서 이점을 준다[26]. 광범위한 파트너와의 협력은 기업으로 하여금 다양한 출처로부터 필요한 정보를 얻을 수

있도록 한다. 이는 기업이 보완적 지식을 습득할 수 있도록 하여 혁신성과를 촉진할 수 있다[27]. 전략적 제휴 경험이 많은 기업일수록 더 많은 제휴를 형성하는 것으로 나타났다[28]. 그리고 사회적 네트워크가 강한 회사가 전략적 제휴를 더 많이 형성하는 것으로 나타났다[29]. 과거 제휴 경험이 많은 기업일수록 기업들 간 제휴 네트워크의 중심에 위치하거나 첨단 기술 기업이 R&D 제휴를 많이 체결하며, 보다 유망한 기술 제휴 대상을 선정할 수 있다고 보기도 한다[30]. 즉, 기업 간 사회적 네트워크는 기술제휴 파트너 선정에 영향을 미치는 것으로 이해할 수 있다. 기업이 기술협력을 통해 성공적인 성과를 거두기 위해서는 적합한 파트너를 선정하는 것이 매우 중요하다. 이러한 기술협력 파트너를 선정하는 데 있어서 기업의 상대적인 규모, 자원의 보완성, 협력 목적의 일치, 가치와 문화의 유사성 등이 협력 파트너 선정에 영향을 주는 요인 등이다.

3. 연구 방법

3.1 사회연결망분석(SNA)

기업 간의 상호 협력이 네트워크 구조를 형성함에 따라, 여러 주체들 간의 협력을 더 잘 이해하기 위한 효과적인 방법은 사회연결망 분석의 지표와 개념을 이용하는 것이다[31]. 사회연결망 분석에서는 네트워크 내에서 여러 가지 수학적 기법을 통해 관계를 분석할 수 있다. 네트워크의 규모(size), 밀도(density), 중심성(centrality) 등 행위자들의 특성이나 관계를 어떠한 방법으로 분석하느냐에 따라 지표들을 다양하게 사용할 수 있다. 특히 밀도는 네트워크에서 행위자들 사이의 연결된 정도를 의미한다. 네트워크 내 전체 구성원이 서로 간 얼마나 많은 관계를 맺고 있는가를 표현하기 위한 개념이다. 이는 구체적으로 네트워크 그래프에서 점들 간 연결 라인의 많고 적음으로 파악된다[32].

네트워크 분석은 특정한 사회적 조직 내부의 관계적 구조를 분석하기 위해서 1980년대부터 본격적으로 사용되기 시작했다[33]. 기업 간의 네트워크 구조분석에서 네트워크 특성을 구조적 특성과 지위적 특성으로 구분하여 분석지표를 제시하였다[34].

본 연구는 자동차 산업에 관여하고 있는 기업들을 대상으로 자율주행 기술 분야의 특허에 대한 네트워크 특성 및 중심 구조를 파악하고자 하며, 그 분석 방법론으로 특허 네트워크 연결망 분석을 적용하고자 한다.

3.1.1 구조적 특성지표

네트워크 특성 분석은 링크가 연결되어 있는 패턴을 통해 전체 네트워크의 특징을 파악하는 분석으로서 링크가 얼마나 많은지, 구조적으로 밀집되어 있는지, 서로 링크를 주고받고 있는지 등을 알 수 있으며 네트워크를 비교할 때 자주 활용하는 지표들이 포함되어 있다. 네트워크 특성 지표의 종류는 Table 1과 같다.

Table 1. Network properties

Index	Meaning
# of Links	Link quantity
# of Components	Component quantity
Density	Density of Nodes link
Average Degree	Average of Nodes link
Reciprocity	Probability of Node to Node
Clustering Coefficient	Probability of Node to others
Mean Distance	Average distance btw, Nodes
Diameter	Shortest distance

3.1.2 중심구조 분석지표

중심 구조 분석은 어떤 노드가 가장 중요한 노드인지를 찾고, 네트워크 구조가 얼마나 소수의 중요한 노드에 집중되어 있는지 집중화 정도를 파악할 수 있는 분석 방법이다. 중심 구조 분석지표의 종류는 Table 2와 같다. 연결 정도 중심성(degree centrality)은 네트워크상에서 한 노드가 얼마나 많은 연결 관계를 맺고 있는지 측정하는 지표이다. 매개 중심성(betweenness centrality)은 네트워크상에서 특정 노드가 다른 노드들의 중간에서 얼마나 중개자와 매개자의 역할을 하고 있는지 측정하는 지표이다. 근접 중심성(closeness centrality)은 네트워크의 한 노드로부터 다른 모든 노드들까지 도달하는 거리를 의미한다.

Table 2. Network Centrality

Index	Meaning
Degree Centrality	Centrality = Link numbers
Betweenness Centrality	Centrality = Link distance
Closeness Centrality	Centrality = Link closeness

4. 기술협력네트워크 분석결과

4.1 분석개요

자동차 산업에 참여하고 있는 기업들 중 자율주행 기술 분야에 참여하고 있는 기업들의 네트워크 구축을 위해 2000년부터 2017년간 출원된 특허들에 대해서 특허 네트워크를 분석하였다. 특허는 혁신활동과 지식의 상호작용을 측정하는 데 매우 중요한 지표이다[35]. 분석에 사용된 특허는 국제 특허 기구인 WIPO를 통해 수집되는 전세계 특허 정보를 담고 있는 렉시스넥시스(LexisNexis) 데이터를 바탕으로 한국과학기술정보 연구원에서 개발한 GPASS system의 데이터베이스에서 수집하였다. 최신 기술의 동향이나 기술의 신뢰성 등에 대해서 분석하고자 할 경우에는 등록된 특허만 적용하는 것이 일반적이다. 그러나 본 연구는 기술협력에 대한 분석을 목적으로 하기 때문에 출원 및 등록된 모든 특허를 연구 대상으로 삼았다. 이렇게 수집된 분석 대상 특허는 총 112,009건으로 “자율주행”과 관련한 키워드와 자율주행 기술 특허를 출원한 자동차 산업에 종사하는 기업들로 한정하여 출원된 특허들을 대상으로 조사하였다. 기술협력 네트워크 변화의 비교를 용이하게 하기 위하여 연도 구간을 특정하였다. 연도 구간은 2000년부터 2005년까지를 기간 1, 2006년부터 2011년까지를 기간 2, 2012년부터 2017년까지를 기간 3으로 구분하였다. 연도는 2000년, 2010년, 2017년을 특정하여 시기별, 연도별 출원 특허와 네트워크의 변화를 조사하였다. 전 기간에 걸친 특허 출원 결과는 Fig. 1에서 보는 바와 같다.

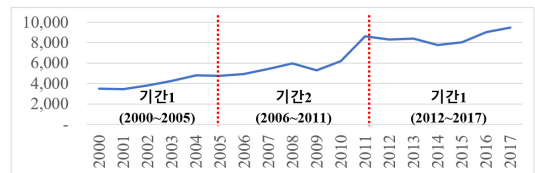


Fig. 1. Patents application status

토요타가 25,466건으로 완성차 및 부품 업체를 통틀어 전체에서 가장 많은 특허를 출원하여 1위를 기록하였다. 이어 독일의 자동차 부품 업체인 보쉬가 19,215건으로 2위에 위치하였다. 현대자동차가 12,801건으로 3위를 차지했으며 일본 자동차 기업인 닛산과 혼다가 각각 10,861건과 9,483건으로 4위와 5위에 올랐다. 이어서 독일의 부품 업체인 콘티넨탈이 7,598건으로 6위, 일본의 부품 업체인 덴소가 6,166건으로 7위에 올랐다. 2000년부터 2017년까지 자율주행과 관련한 특허를 출원한 기업들에 대한 순위는 Table 3에서 보는 바와 같다.

Table 3. Patent ranking of Applicants

No	Group	Applicant	Quantity
1	Car maker	TOYOTA	25,466
2	Part supplier	BOSCH	19,215
3	Car maker	HYUNDAI	12,801
4	Car maker	NISSAN	10,861
5	Car maker	HONDA	9,483
6	Part supplier	CONTINENTAL	7,598
7	Part supplier	DENSO	6,166
8	Car maker	RENAULT	3,725
9	Car maker	KIA	3,494
10	Car maker	DAIMLER	3,494
11	Part supplier	HYUNDAI MOBIS	2,428
12	Car maker	PSA	2,246
13	HW,SW	LG	2,031
14	HW,SW	SAMSUNG	1,853
15	Car maker	MAZDA	1,692

출원된 특허를 그룹별로 정리한 결과는 Table 4에서 보는 바와 같다. 완성차 기업들이 69,526건을 출원하여 58.9%로 가장 많은 특허를 출원하였다. 다음으로 부품업체가 43,045건으로 36.5%를 차지하였다. 자율주행 기업이나 하드웨어, 소프트웨어 기업들 그리고 합작사에서 출원한 특허는 499건, 4,145건, 876건으로 각각 0.4%, 3.5%, 0.7%를 차지한 것으로 나타났다. 출원된 전체 특허 수가 118,091건으로 기존에 집계된 단일 특허 수 112,009건과 다소 차이가 발생하는 것은 특허 공동출원에 대한 데이터가 중복으로 계산되는 이유에 기인한다.

Table 4. Patent status by Application Group

Application Group	2000~2005	2006~2011	2012~2017	Sum	(%)
Car maker	14,967	24,377	30,182	69,526	58.9
Part supplier	9,858	13,070	20,117	43,045	36.5
Autonomous driving	7	11	481	499	0.4
HW,SW	144	955	3,046	4,145	3.5
Joint venture	536	110	230	876	0.7
Total	25,512	38,523	54,056	118,091	100.0

네트워크의 구조적 특성 지표 및 중심 구조 분석을 위해 시각화와 편의성에서 우수한 성능을 보여주는 한국의 사이람에서 개발한 NetMiner Version 4.0을 이용하였다. 출원된 전체 특허에 대한 구조적 특성 특허분석을 진행한 결과는 Table 5에서 보는 바와 같으며, 시각화 정보는 Fig. 2와 같다.

Table 5. Network properties

Index	Total	2000yr	2010yr	2017yr
# of Links	1,206	170	288	235
# of Components	30	14	17	33
Density	0.016D	0.029D	0.026D	0.019D
Average degree	3.863	1.758	2.273	1.640
Mean distance	3.086	3.465	4.671	2.919
Diameter	6.0	6.0	6.0	6.0

총 248개의 노드가 확인되었는데, 각 노드는 특허를 출원한 1개 기업을 뜻한다. 즉, 자율주행기술 특허를 출원한 기업이 248개 기업임을 뜻한다.

전체 링크 수는 1,206개이며, 완전 연결 그룹을 의미하는 컴포넌트는 30개로 확인되었다. 1개의 컴포넌트는 일반적으로 하나의 독립되고 분리된 기술 개발 협력 네트워크를 뜻한다.

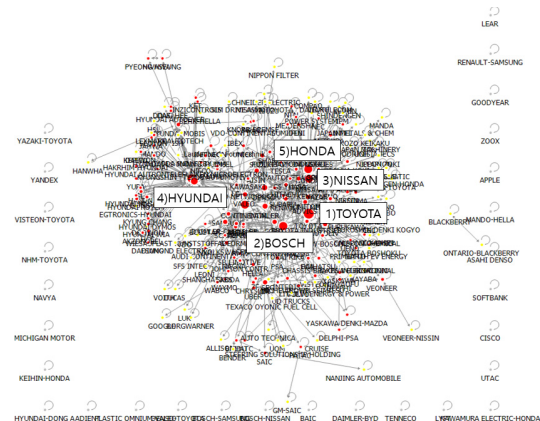


Fig. 2. Applicants network

네트워크 시각화 정보는 데이터에 대한 직관적 이해, 분석적 시사점, 숨겨진 관계를 파악하는 역할을 할 수 있다. 자동차 자율주행기술 분야의 특허에 대한 시각화의 경우 노드(248개)와 링크 수(1,206)가 많아 특정 컴포넌트(완전 연결 그룹)가 존재하는지만 파악이 가능하다. 따라서 좀 더 계량화된 데이터 정보를 활용하여 구체적인 네트워크 특성과 변화를 파악할 필요가 있다.

4.2 단독 및 공동특허 분석

단독 및 공동 특허를 구분하여 분석한 결과 단독 특허는 2000년~2005년 23,111건으로 전체 중 94.3%를 차지하였다. 공동특허는 1,397건으로 5.7%로 조사되었다. 이후 2012년~2017년 기간에는 단독 특허가 44,842건으로 전체에서 차지하는 비중이 88.0%로 낮아졌다. 공동

특허가 차지하는 비중이 6,129건, 12.0%로 증가한 것으로 조사되었다. 이는 최근의 자율주행 기술의 발전 속도와 시장에서의 적용 증가에 따라 해당 기술을 개발하는데 필요한 기업 간 기술협력도 함께 증가하였다고 해석할 수 있는 부분이다. 시기별 단독 특허와 공동특허에 대한 데이터는 Table 6에서 보는 바와 같다.

Table 6. Patent status by Single and Co-application

Application type	2000~2005	2006~2011	2012~2017	Sum	(%)
Single application	23,111 (94.3%)	33,247 (91.0%)	44,842 (88.0%)	101,200	90.3
Co-application	1,397 (5.7%)	3,283 (9.0%)	6,129 (12.0%)	10,809	9.7
Total	24,508	36,530	50,971	112,009	100.0

4.3 공동특허에 대한 네트워크 특성분석

4.3.1 그룹별 분석

기업의 기술협력 네트워크를 분석하기 위하여 전체 출원 특허중 공동 출원된 특허들에 대해서 네트워크 특성 및 중심성 분석을 진행하였다. Table 7은 공동출원 특허에 대한 그룹별 현황으로 완성차 기업은 8,510건을 출원하여 50.4%를 차지하였고, 부품 업체는 6,749건을 출원하여 40.0%를 차지하였다. 이는 전체 특허 출원 현황에서 조사된 완성차 기업과 부품 업체의 비율보다도 부품 업체의 비중이 높게 조사된 결과이다. 기술 개발의 형태가 완성차 기업 위주가 아닌 부품 업체와의 기술협력을 통한 형태로 진행되고 있음을 나타내는 조사 결과이다.

Table 7. Co-application Patent status by Group

Application Group	2000~2005	2006~2011	2012~2017	Sum	(%)
Car maker	1,087 (45.3%)	2,643 (50.1%)	4,780 (51.9%)	8,510	50.4
Part supplier	1,178 (49.1%)	2,241 (42.5%)	3,330 (36.1%)	6,749	40.0
Autonomous driving	6 (0.2%)	10 (0.2%)	75 (0.8%)	91	0.5
HW,SW	93 (3.9%)	348 (6.6%)	973 (10.6%)	1,414	8.4
Joint venture	37 (1.5%)	34 (0.6%)	56 (0.6%)	127	0.8
Total	2,401	5,276	9,214	16,891	100.0

공동특허를 출원한 그룹별 구조적 특성 지표 분석 결과는 Table 8에서 보는 바와 같다. 2000년에 12개였던

링크 수가 2017년에 21개로 증가하였다. 이와 함께 네트워크 밀도도 0.4에서 0.8로 증가하였고, Average degree도 1.60에서 3.20으로 증가하였다. 이러한 지표들의 증가는 기술협력 네트워크에 속해있는 기업들의 수가 증가하였음을 나타내고 이들 간의 연결 정도도 증가하였음을 나타내고 있다.

Table 8. Co-application Patent properties by Group

Index	Total	2000yr	2010yr	2017yr
# of Links	23	12	21	21
# of Components	1	2	1	1
Density	0.9D	0.4D	0.8D	0.8D
Average degree	3.60	1.60	3.20	3.20
Mean distance	1.10	1.33	1.20	1.20
Diameter	2.0	2.0	2.0	2.0

그룹별 공동특허 출원에 대한 중심성 지표 분석 결과는 Table 9에서 보는 바와 같다. 연결 정도 중심성과 근접 중심성이 2000년에 비해 2017년에 증가한 것으로 나타났다. 이는 그룹 간 네트워크 영향력과 정보 전달력등 협력의 비중이 높아진 것으로 분석되었다.

Table 9. Network centrality by Group

Type	Index	Total	2000yr	2010yr	2017yr
Degree Centrality	Mean	0.900	0.400	0.800	0.800
	STD.DEV.	0.122	0.255	0.187	0.187
	MIN.	0.750	0.000	0.500	0.500
	MAX.	1.000	0.750	1.000	1.000
Betweenness Centrality	Mean	0.033	0.067	0.067	0.067
	STD.DEV.	0.027	0.133	0.082	0.082
	MIN.	0.000	0.000	0.000	0.000
	MAX.	0.056	0.333	0.167	0.167
Closeness Centrality	Mean	0.920	0.465	0.853	0.853
	STD.DEV.	0.098	0.252	0.129	0.129
	MIN.	0.800	0.000	0.667	0.667
	MAX.	1.000	0.750	1.000	1.000

4.3.2 출원인별 분석

공동 출원된 자율주행 특허를 대상으로 기업별 네트워크 특성과 중심성을 분석하였다. 이를 통해 어느 기업이 기술협력에 있어서 중심적인 역할을 하는지에 대해서 분석해 보았다. 우선 네트워크 특성 분석을 하였으며, 결과는 Table 10에 나타난 바와 같다. 2000년 169개이던 링크 수는 2017년 235개로 증가하였다. 컴포넌트의 수는 13개에서 33개로 큰 폭으로 증가하였다. 같은 시기에 밀도는 역으로 0.03에서 0.019로 줄어들었다. 이는 시간

이 경과함에 따라 자율주행 기술의 협력 네트워크에 참여한 기업들의 수가 증가하였으나 완전 연결 그룹도 함께 늘어나 네트워크의 복잡성이 줄어든 현상에 기인한다고 할 수 있겠다.

Table 10. Network properties by applicants

Index	Total	2000yr	2010yr	2017yr
# of Links	1,178	169	285	235
# of Components	2	13	17	33
Density	0.02D	0.03D	0.026D	0.019D
Average degree	4.355	1.770	2.276	1.640
Mean distance	3.086	3.458	4.669	2.919
Diameter	6.0	7.0	9.0	6.0

기업별로 중심성에 대해서 분석해 본 결과는 Table 11에 나타나 바와 같다. 시간이 경과함에 따라 연결 정도 중심성, 매개 중심성, 근접 중심성이 모두 감소하는 결과가 분석되었다. 이는 기술협력 네트워크에서 참여하는 기업들이 늘어나 여러 기업 간의 협력이 증가하는 방향으로 기술협력 네트워크의 형태가 변경되는 현상을 나타내고 있다.

Table 11. Network centrality by applicants

Type	Index	Total	2000yr	2010yr	2017yr
Degree Centrality	Mean	0.020	0.030	0.026	0.019
	STD.DEV.	0.035	0.040	0.033	0.026
	MIN.	0.005	0.000	0.000	0.000
	MAX.	0.237	0.250	0.198	0.170
Betweenness Centrality	Mean	0.009	0.024	0.024	0.004
	STD.DEV.	0.035	0.064	0.059	0.016
	MAX.	0.246	0.345	0.279	0.107
Closeness Centrality	Mean	0.324	0.172	0.123	0.068
	STD.DEV.	0.054	0.102	0.070	0.065
	MAX.	0.500	0.367	0.216	0.217

기술협력 네트워크에서 개별 기업의 영향력을 분석하기 위해 기업별 연결 정도 중심성 분석을 진행하였다. 이에 대한 분석 결과는 Table 12에서 보는 바와 같다. 토요타는 2000년 0.25000으로 중심성 1위였으며, 2017년에도 0.17046으로 동일하게 1위를 유지하고 있어서 자율주행 기술 개발에 대한 협력 네트워크에 있어서 가장 큰 영향력을 가지고 있는 기업으로 분석되었다. 독일 부품기업인 보쉬는 2000년과 2017년 모두 2위에 위치하였다. 3위는 일본 자동차 기업인 혼다로 2000년 6위

에서 영향력이 다소 상승한 결과를 나타내었다. 다음으로 한국의 현대자동차와 기아자동차가 각각 4위와 5위로 분석되었는데 이들 기업은 2000년에 29위, 33위에 있었던 기업으로 그간 자율주행과 관련한 기술 개발을 집중한 결과뿐만 아니라 네트워크 협력에 있어서도 상당한 노력을 기울였음을 알 수 있었다. 다음으로 일본 부품기업인 덴소가 6위로 나타났는데 2000년에 5위로 큰 변화는 없었다. 7위와 8위는 독일 완성차 기업인 BMW와 다임러로 2000년에 20위와 23위였으나 두 기업 모두 큰 폭의 상승 변화를 나타낸 것으로 보아 기술협력에 큰 노력을 기울여 왔으므로 파악된다. 이러한 분석 결과에 대한 연도별 시각화 정보는 Fig. 3, 4, 5와 같다.

Table 12. Degree of Centrality by applicants

No	Applicant	2017		2010		2000	
		Degree	Rank	Degree	Rank	Degree	Rank
1	TOYOTA	0.17046	1	0.19767	1	0.25000	1
2	BOSCH	0.10227	2	0.08140	5	0.13333	2
3	HONDA	0.09091	3	0.06977	10	0.08333	6
4	HYUNDAI	0.09091	4	0.16279	2	0.01667	29
5	KIA	0.09091	5	0.08140	7	0.01667	33
6	DENSO	0.06818	6	0.06977	9	0.08333	5
7	BMW	0.04546	7	-	-	0.01667	20
8	DAIMLER	0.04546	8	0.08140	6	0.01667	23
9	SUMITOMO	0.04546	9	0.02326	38	0.05000	9
10	AUTO NETWORKS	0.03409	10	0.01163	51	0.01667	19

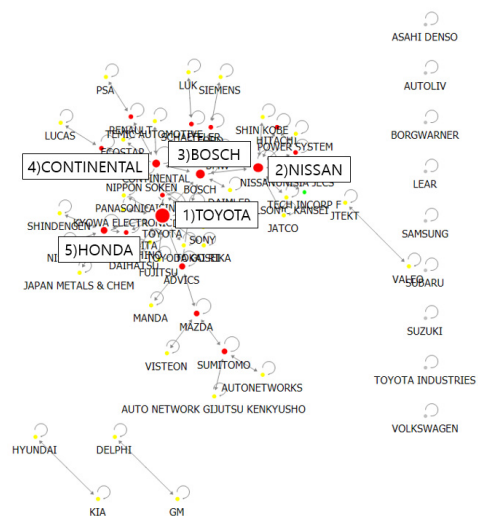


Fig. 3. Degree of Centrality in 2000year

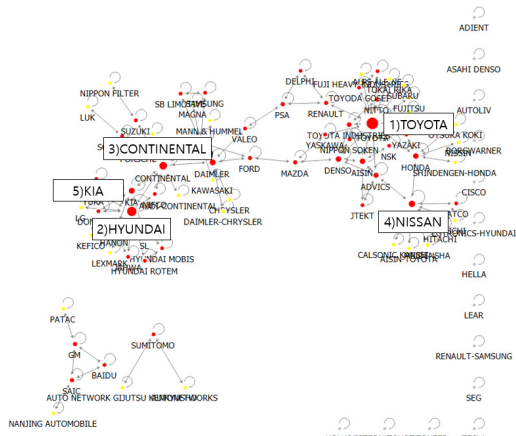


Fig. 4. Degree of Centrality in 2010year

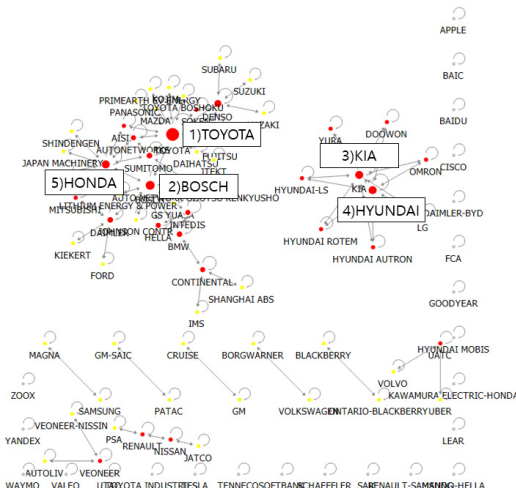


Fig. 5. Degree of Centrality in 2017year

Table 13. Betweenness Centrality by applicants

No	Applicant	2017		2010		2000	
		Degree	Ra nk	Degree	Ra nk	Degree	Ra nk
1	TOYOTA	0.10711	1	0.20399	4	0.34492	1
2	BOSCH	0.08986	2	0.14924	7	0.28362	2
3	HONDA	0.03984	3	0.06701	11	0.07288	7
4	DENSO	0.02678	4	0.16584	6	0.06073	8
5	BMW	0.02586	5	-	-	0.00000	19
6	DAIMLER	0.02012	6	0.18036	5	0.00000	23
7	CONTI-NENTAL	0.01803	7	0.27921	1	0.13955	4
8	SUMITOMO	0.01385	8	0.00027	23	0.04915	9
9	AISIN	0.00470	9	0.01191	19	0.00000	14
10	AUTO NETWORKS	0.00470	10	0.00000	35	0.00000	18

개별 기업에 대한 매개 중심성과 근접 중심성에 대한 분석은 기술협력에 있어서 기업이 정보흐름의 통제력과 정보 전달에 얼마나 유리한 위치에 있는지를 검증할 수 있다. Table 13은 공동특허에 대한 개별 기업의 매개 중심성을 분석한 결과이다. Table 14는 근접 중심성을 분석한 결과를 보여준다.

Table 14. Closeness Centrality by applicants

No	Applicant	2017		2010		2000	
		Degree	Ra nk	Degree	Ra nk	Degree	Ra nk
1	TOYOTA	0.21658	1	0.19520	11	0.36685	1
2	BOSCH	0.21344	2	0.21358	2	0.34091	2
3	HONDA	0.16736	3	0.16653	24	0.26163	6
4	SUMITOMO	0.16364	4	0.02326	71	0.17046	43
5	AUTO NETWORKS	0.16184	5	0.01550	73	0.13946	46
6	AISIN	0.15836	6	0.18248	13	0.25187	9
7	DENSO	0.15502	7	0.20798	5	0.30405	4
8	BMW	0.15341	8	-	-	0.23601	20
9	DAIMLER	0.15028	9	0.21649	1	0.23601	21
10	ADVICS	0.14876	10	0.18605	12	0.27664	5

토요타, 보쉬, 혼다는 지속적으로 매개 중심성과 근접 중심성에서 상위에 위치하였다. 이는 정보흐름에 대한 통제력과 전달에 있어서 항상 우위에 위치한 기업임을 나타낸다. 그러나 연결 정도 중심성에서 2017년 상위에 위치해 있었던 현대자동차와 기아자동차가 매개 중심성과 근접 중심성 상위 10위에는 포함되지 않은 것으로 나타났다. 이는 기술협력 네트워크에서의 영향력을 미치는 것과는 대조적으로 정보에 대한 통제력과 전달에 있어서는 별다른 역할을 하지 못하는 것으로 분석할 수 있다.

4.3.3 IPC 공출현 네트워크 분석

자율주행 기술 분야에 있어서 어떤 기술들이 중심 기술에 있는지 분석하고자 출원된 특허들에 대한 국제특허 분류 코드(IPC: International Patent Classification, 이하 IPC)를 가지고 공출현 네트워크(co-classification network) 특성 분석 및 중심성 분석을 진행하였다. 일반적으로 어떤 특허와 관련된 기술 분야를 확인하는 데에는 간단히 대표 IPC를 확인하고 그 빈도수를 분석하는 경우가 많다. 그러나 많은 특허들에는 2개 이상의 IPC가 사용되고 있어서, 어떤 특허의 기술 분야를 확인하기 위해서는 대표 IPC뿐만이 아닌 전체 IPC를 확인할 필요가

있다. 또한 단순 IPC 빈도수를 가지고 한 기술 분야를 확인하고자 할 경우에는 특정 기업이 특정한 특허를 집중적으로 출원한 경우, 분석에 왜곡이 발생할 수 있다. 이를 보완하고자 전체 IPC를 수집하고 이들 간 공출원 빈도를 분석함으로써 문제점을 보완할 수 있다. 본 연구에서는 한 노드가 다른 노드들과 얼마나 많이 연결되어 있는지와 네트워크의 중앙에 위치하는지를 분석하였다. 그리고 한 네트워크를 얼마나 잘 대표할 수 있는지를 확인하는 연결 정도 중심성 지표를 이용하여 어떤 기술들이 자율주행 기술 분야에 있어서 중심 기술에 있는지를 분석하고자 한다.

Table 15는 출원된 특허들에 적용된 IPC 빈도수를 보여준다. 차량의 제어와 운전제어 시스템에 해당하는 IPC-code인 B60W이 총 55,843회의 기록하여 가장 많은 빈도수를 나타냈다. 다음으로 자동차의 전력 공급을 제어하는 기술의 IPC-code인 B60L이 44,717회를 기록하여 2위로 나타났다. 다음으로 차량의 제동 등을 제어하는 기술인 B60T가 35,306회의 빈도수를 기록하여 3위로 나타났다. 다음으로 차량의 변속기 시스템이나 보조적인 구동장치 등에 관한 IPC-code인 B60K가 총 30,246회의 빈도수를 나타내었다. 이외에도 엔진 기관의 제어 기술인 F02D, 화학에너지를 전기에너지로 변환하는 배터리 기술을 지칭하는 H01M, 도로의 교통 제어 시스템과 자동차 충돌 방지용 기술 등을 의미하는 G08G 등의 기술들이 빈도수 상위에 위치하는 것으로 분석되었다.

Table 15. IPC Frequency

No	IPC-code	Applicant	Quantity
1	B60W	Driving control	55,843
2	B60L	Electric car	44,717
3	B60T	Breaking control	35,306
4	B60K	Transmission	30,246
5	F02D	Engine control	12,799
6	B60R	Automotive parts	10,272
7	H01M	Battery	10,074
8	H02J	Battery system	9,744
9	G08G	Traffic control system	9,414
10	F16H	Gearing	8,872
11	B62D	Trailer	5,635
12	F16D	Coupling, Clutch	3,787
13	H02P	Dynamo-electric	2,878
14	H02M	Electric converter	2,573
15	G01C	Gyroscope	2,250

앞서 언급한 바와 같이 중심 기술을 확인하기 위한 연결 정도 중심성을 분석한 결과는 Table 16에서 보여주는 바와 같다.

Table 16. Degree of Centrality by IPC

No	IPC code	Total		2017		2010		2000	
		Degree	Rank	Degree	Rank	Degree	Rank	Degree	Rank
1	B60L	0.82405	1	0.70286	1	0.83660	1	0.63816	2
2	B60T	0.70088	2	0.57714	3	0.54248	4	0.64474	1
3	B60W	0.62757	3	0.69143	2	0.56863	3	0.62500	4
4	B60K	0.62170	4	0.54286	5	0.60131	2	0.63158	3
5	H01M	0.53666	5	0.27429	9	0.47712	6	0.31579	8
6	B60R	0.52493	6	0.57714	4	0.50327	5	0.47368	5
7	H02J	0.39883	7	0.38857	6	0.33333	8	0.25658	12
8	B62D	0.39589	8	0.33714	7	0.28105	10	0.30921	10
9	G05D	0.38710	9	0.27429	10	0.27451	11	0.28290	11
10	F02D	0.34897	10	0.20571	18	0.29412	9	0.40132	6

빈도수 순위와는 다소 차이가 있으나 전반적으로 빈도수 순위 상위에 위치한 기술들이 연결 정도 중심성에서도 상위에 위치한 결과를 나타내었다. 구체적으로 빈도수에서는 2위에 위치했던 자동차의 전력 공급을 제어하는 기술의 IPC-code인 B60L이 연결 정도 중심성에서는 전체 지표에서 0.82405로 1위에 위치한 것으로 나타났다. 자율주행 기술 분야에 있어서는 B60L이 가장 핵심적인 기술인 것으로 분석되었다. 아울러 빈도수 1위에 위치했던 차량의 제어와 운전제어 시스템에 해당하는 IPC-code인 B60W가 연결 정도 중심성에서는 전체 지표에서 0.62757로 3위에 머물렀으나 여전히 핵심적인 역할을 하는 중심 기술인 것으로 나타났다. 전체특허 데이터에 대한 IPC-code의 연결 중심성 분석결과는 Fig. 6에서 보여주는 바와 같다.

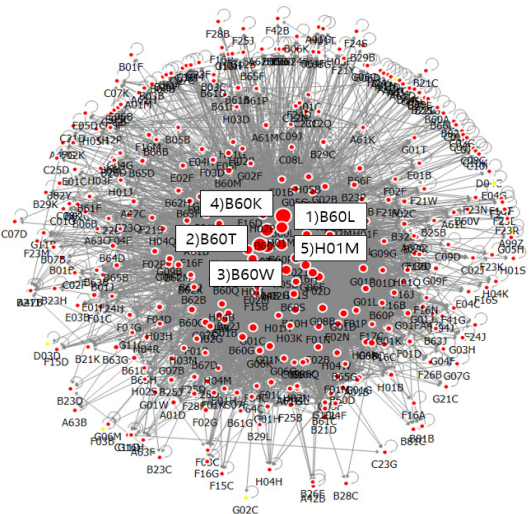


Fig. 6. Total Degree of Centrality

2000년에는 차량용 자동제어 방식 또는 그 부품에 해당하는 B60T가 전체 연결성 부분에서 1위에 위치하였으며, 자동차의 전력 공급을 제어하는 기술인 B60L이 2위에 위치하였다. 이어서 차량의 추진 기관 또는 변속기의 배치, 설치와 관련한 B60K가 3위, 차량의 제어와 운전제어 시스템과 관련한 기술인 B60W가 4위, 일반적인 차량 부품에 해당하는 기술인 B60R이 5위에 위치하였다. 2000년의 IPC-code에 대한 연결 중심성 분석 결과에 대한 Fig. 7에서 보여주는 바와 같다.



Fig. 7. Degree of Centrality in 2000year

2010년에 들어와서는 자동차의 전력 공급 제어 기술인 B60L이 1위에 위치하였으며, 차량의 추진 기관 또는 변속기의 배치, 설치와 관련한 B60K가 2위, 차량의 제어와 운전제어 시스템과 관련한 기술인 B60W가 3위, 차량용 자동제어 방식 또는 그 부품에 해당하는 B60T가 4위, 일반적인 차량부품에 해당하는 기술인 B60R이 5위에 위치하였다. 2010년의 IPC-code에 대한 연결 중심성 분석 결과에 대한 Fig. 8에서 보여주는 바와 같다.

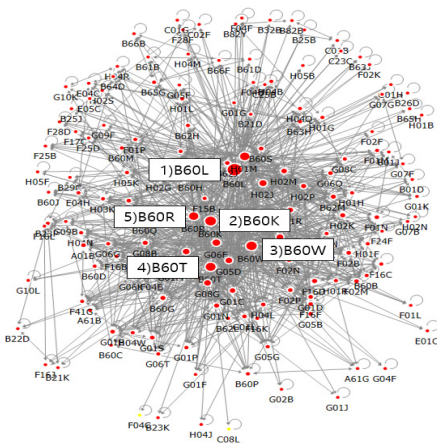


Fig. 8. Degree of Centrality in 2010year

2017년에는 2010년과 동일하게 자동차의 전력 공급 제어 기술인 B60L이 1위에 위치하였으며, 차량의 제어와 운전제어 시스템과 관련한 기술인 B60W가 2위, 차량용 자동제어 방식 또는 그 부품에 해당하는 B60T가 3위, 일반적인 차량부품에 해당하는 기술인 B60R이 4위, 차량의 추진 기관 또는 변속기의 배치, 설치와 관련한 B60K가 5위에 위치하였다. 2017년의 IPC-code에 대한 연결 중심성 분석 결과에 대한 Fig. 9에서 보여주는 바와 같다.

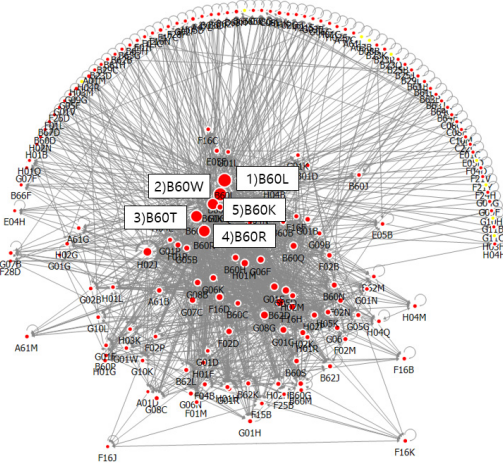


Fig. 9. Degree of Centrality in 2017year

4.4 네트워크 특성분석 결과

기술협력 네트워크의 변화를 관찰하기 위해서는 전체 특허 데이터에서 공동출원 특허 데이터만을 정제하여 네트워크의 구조적 특성과 지위적 특성의 분석이 필요하다.

4.4.1 협력유형의 변화

단독 및 공동 특허를 구분하여 분석한 결과 단독 특허는 2000년~2005년 23,111건으로 94.3%를 차지하였다. 같은 기간 공동 출원 특허는 1,397건으로 5.7%로 조사되었다. 그러나 이러한 수치는 2012~2017년 기간에 단독 출원 특허가 44,842건 88.0%로 낮아졌다. 같은 기간 공동출원 특허는 6,129건 12.0%로 증가한 것으로 조사되었다.

공동 출원 특허에 대한 그룹별 현황을 분석한 결과 완성차 기업은 8,510건을 출원하여 50.4%를 차지하였다. 부품 업체는 6,749건을 출원하여 40.0%를 차지하였다. 이는 단독 출원과 공동 출원을 포함한 전체 특허에 대해서 조사된 완성차 기업과 부품 업체의 비율보다도 부품 업체의 비중이 높게 조사된 결과를 보이는 것이다. 이는

공동 출원의 형태로 나타나는 기술 개발 협력에 있어서는 부품 업체와의 협력을 통한 형태로 진행되고 있음을 나타낸 결과이다. 이러한 분석 결과는 전통적인 성숙산업의 형태를 나타내는 자동차 산업이지만 자율주행과 같은 신기술의 연구개발에 있어서는 협력사와 함께 공동 개발의 형식을 취하는 수평적 협력의 증가가 나타남으로 해석할 수 있다.

4.4.2 네트워크의 구조적특성 변화

공동특허를 출원한 그룹별 구조적 특성 지표를 분석한 결과 2000년 12개였던 링크 수가 2017년 21개로 증가하였다. 네트워크 밀도는 0.4에서 0.8로 증가하였으며, Average degree도 1.60에서 3.20으로 증가한 수치를 나타내었다. 공동출원 특허에 대한 출원인별 구조적 특성을 분석한 결과는 2000년 169개이던 링크 수는 2017년 235개로 증가하였다. 키포넌트의 수는 13개에서 33개로 큰 폭으로 증가하였다.

이러한 네트워크의 구조적 특성 지표의 변화는 시간이 점차 경과함에 따라 자율주행 기술의 협력 네트워크에 참여한 기업들의 수가 증가하고 다양해지고 또한 복잡해졌음을 설명해 주는 조사 결과이다.

4.4.3 네트워크의 중심성 변화

특허출원 결과에 대한 그룹별 네트워크 중심성 분석 결과 연결 정도 중심성이 2000년 0.4에서 2017년 0.8로 증가하였다. 같은 기간 근접 중심성은 0.465에서 0.853으로 증가한 것으로 나타났다. 연결 정도 중심성이 증가한 결과로는 그룹 간 네트워크 영향력이 증가한 것으로 분석된다. 근접 중심성의 변화는 네트워크 협력 주체들 간의 정보 전달력이 증가한 것으로 분석된다. 따라서 이러한 네트워크 중심성 지수의 증가가 나타난 결과를 기반으로 네트워크 주체들 간의 협력 비중이 높아진 것으로 조사되었다.

기술협력 네트워크에서 개별 기업의 영향력을 분석하기 위해 기업별 연결 정도 중심성을 분석한 결과 토요타가 2000년 0.25000으로 1위를 나타냈다. 2017년에도 0.17046으로 동일하게 1위를 유지하고 있어 자율주행 기술 개발에 대한 협력 네트워크에서는 가장 큰 영향력을 유지하고 있는 것으로 나타났다. 다음으로 독일의 자동차 부품 업체인 보쉬가 2000년과 2017년 모두 2위를 나타내었다. 2017년 현대자동차와 기아자동차가 각각 4위와 5위로 연결 정도 중심성이 분석되었는데 이들 기업은 2000년에 29위, 33위에 있었던 기업으로 그간 자율

주행과 관련한 기술 개발 집중한 결과뿐만 아니라 네트워크 협력에 있어서도 상당한 노력을 기울였음을 알 수 있었다.

5. 결론

본 연구는 전 세계에 자동차 자율주행 기술 분야에서 출원된 특허들을 이용하여 기술협력의 네트워크 특성과 변화 그리고 중심 기업과 기술 등을 분석하기 위한 지표들을 제시하였다. 이를 기반으로 2000년에서 2017년 사이에 출원된 112,009건의 특허들을 활용하여 기술협력 네트워크의 특성을 구조적 특성과 지위적 특성으로 구분하여 분석지표를 확인하였다.

기업별 특허 현황 분석을 통해 토요타, 혼다와 현대자동차 등 일본과 한국의 완성차 기업들이 자율주행과 관련한 기술 개발 실적이 높은 것으로 확인되었으며, 전통적인 자동차 부품 공급업체인 보쉬, 콘티넨탈 및 덴소 등도 자율주행 기술 개발에 적극적으로 참여하고 있음을 특허출원 데이터를 통해서 확인하였다. 그룹별로는 완성차 기업들의 출원 결과가 69,526건으로 전체에서 차지하는 비중이 58.9%로 여전히 완성차 기업 주도의 기술 개발이 진행되고 있음이 나타났다. 아울러 IPC 공출원 분석을 통해 어떠한 기술이 자율주행 분야에서 핵심적인 기술인지를 분석한 결과 전력 공급 제어기술과 차량의 운전제어 시스템 기술이 빈도수와 중심성 순위 전체 지표에서 모두 상위에 위치하여 핵심적인 역할을 하는 중심 기술인 것으로 나타났다. 그리고 차량의 컴퓨터 계산 시스템에 의한 디지털 데이터 처리에 관한 기술이 중심성 순위 상위에 위치한 결과로 최근 자율주행 기술을 구현하는데 디지털 데이터 처리 기술의 중요성이 높아진 점을 설명하는 결과로 해석된다.

시장이 포화상태에 이르고 제품 수명주기가 감소하는 시기에는, 어떠한 이익 지향적인 조직도 지속적인 혁신의 개발과 성공이 필수적이다. 조직 간 협력은 기업이 이러한 혁신의 창출과 성공적인 도입을 위한 지식과 역량에 더 잘 접근할 수 있도록 한다[36]. 본 연구는 산업의 유형이 변화함에 따른 기술협력 네트워크 변화를 살펴보고자 전통적인 성숙산업인 자동차 산업에서 기술 패러다임 변화를 대표적으로 보여주는 자율주행 기술 분야의 공동특허를 대상으로 사회연결망 분석을 통한 네트워크의 특성 분석을 통해 검증해 보고자 하였다. 분석 결과 새로운 기술에 참여하는 참여자가 더 많아지고 네트워크는 더 복

잡해지고, 따라서 기술협력 네트워크도 보다 더 협력적인 형태로 변화됨을 확인할 수 있었다.

최근 자동차 산업의 기술 패러다임은 기존 내연기관 중심에서 자율주행, 전기자동차 등 미래 기술 영역으로 매우 빠르게 변화하고 있는 상황이다. 이러한 변화는 기업 간 기술협력의 형태를 수직적 협력에서 수평적 협력으로 변화시키고 새로운 주체들과의 협력도 증가시키는 것으로 나타났다.

본 연구를 통해 산업의 기술발전에 따른 기술협력 네트워크의 변화를 동태적 관점에서 실증적으로 검증하였다는데 학술적 의의가 있다고 할 수 있다. 아울러 기업들 간의 기술협력은 자동차 산업의 기술발전과 더불어 시장의 선도자로 위치하기 위한 필수적인 요건으로 정착되고 있음을 시사하고 있다.

그러나 본 연구의 결과는 기술협력 네트워크의 변화를 일으키는 요인에 대한 여러 변인들이 고려될 수 있으나 이를 자율주행 기술이라는 특정 기술만을 고려했다는 것에 한계가 있을 수 있다. 따라서 후속 연구에서는 자동차 산업의 여러 새로운 기술 분야를 포함하여 향후 연구과제로 진행할 예정이다.

References

- [1] R. Hoed, "Sources of radical technological innovation: the emergence of fuel cell technology in the automotive industry" *Journal of Cleaner Production*, Vol.15, pp.1014-1021, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.05.032>
- [2] D. H. Seo, Y. H. Choi, Strategy for Future Manufacturing in Response to Industrial Paradigm Shift-Focusing on Emerging Sectors of Smart Cars, Fusion & Compound Metal, Healthcare, and Internet of Things, Research Report, Korea Institute for Industrial Economics & Trade, Korea, pp.119-120.
- [3] R. Juan, B. Michael, A Review and Analysis of Literature on Autonomous Driving, p.57, The Making of Innovation, e-Journal, 2015, pp.1-2.
- [4] M. N. Andrea, N. Rajneesh, "What more can we learn from R&D alliances? A review and research agenda" *Business Research Quarterly*, Vol.21, pp.195-212, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.brq.2018.04.001>
- [5] O. Williamson, The Economic Institutions of Capitalism, p.450, China Social Publishing House Chengcheng Books LTD, 1985, pp.15-41.
- [6] D. J. Teece, "Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing, and public policy" *The Competitive Challenge*. Ballinger Cambridge, pp.185-220, 1987.
DOI: [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(86\)90027-2](https://doi.org/10.1016/0048-7333(86)90027-2)
- [7] F. Monteiro, M. Mol, J. Birkinshaw, "Ready to be open? Explaining the firm level barriers to benefiting from openness to external knowledge" *Long Range Planning*, Vol.50, No.2, pp.282-295, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2015.12.008>
- [8] M. Katz, "An analysis of cooperative research and development" *The Rand Journal of Economics*, Vol.17, pp.527-543, 1986.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/2555479>
- [9] A. Jacquemin, M. Lammmerant, B. Spinoit, Competition Europeenne et Cooperation Entre Entreprises en Matiere de Recherche-Developpement, p.112, Prix Publics au Luxembourg, 1986, pp.1-16.
- [10] O. P. Kauppila, "Alliance management capability and firm performance: Using resource-based theory to look inside the process black box" *Long Range Planning*, Vol.48, No.3, pp.151-167, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2013.08.006>
- [11] J. B. Barney, "Firm resources and sustained competitive advantage" *Journal of Management* Vol.17, No.1, pp.99-120, 1991.
DOI: <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>
- [12] E. C. Kim, S. W. Lee, J. A. Kang. "Alliance Network Structure and Partner Firm Characteristics in Successful Knowledge Transfers" *Yonsei business research institute*, Vol. 53, No.2, pp.303-341, 2016.
- [13] T. R. Damian, M. Rosina, "Technological cooperation, R&D outsourcing, and innovation performance at the firm level: The role of the regional context" *Research Policy*, Vol.48, pp.1798-1808, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.04.006>
- [14] OECD, The Internationalisation of Business R&D: Evidence, Impacts and Implications, p.110, OECD publishing, 2008, pp.35-80.
- [15] L. Miotti, F. Sachwald, "Co-operative R&D: why and with whom? An integrated framework of analysis" *Research Policy*, Vol.32, pp.1481-1499, 2003.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00159-2](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00159-2)
- [16] W. Mitchell, K. Singh, "Incumbents' use of pre-entry alliances before expansion into new technical subfields of an industry" *Organization Science*, Vol.4, No.2, pp.152-180, 1983.
DOI: [https://doi.org/10.1016/0167-2681\(92\)90015-4](https://doi.org/10.1016/0167-2681(92)90015-4)
- [17] W. Benjamin, H. Sven, "When and with whom to cooperate? Investigating effects of cooperation stage and type on innovation capabilities and success" *Long Range Planning*, Vol.51, pp.334-350, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2017.07.003>
- [18] O. Gassmann, E. Enkel, H. W. Chesbrough, "The future of open innovation" *R&D Management*, Vol.40, pp.213-221, 2010.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2010.00605.x>

- [19] O. Gassmann, M. Zeschky, T. Wolff, M. Stahl, "Crossing the industry-line: breakthrough innovation through cross-industry alliances with 'Non-Suppliers'" *Long Range Planning*, Vol.43, pp.639-654, 2010.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2010.06.003>
- [20] D. R. Krause, R. B. Handfield, B. B. Tyler, "The relationships between supplier development, commitment, social capital accumulation and performance improvement" *Journal of Operations Management*, Vol.25, pp.528-545, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iom.2006.05.007>
- [21] T. H. Oum, J. H. Park, K. Kim, C. Yu, "The effect of horizontal alliances on firm productivity and profitability: evidence from the global airline industry" *Journal of Business Research*, Vol.57, pp.844-853, 2004.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0148-2963\(02\)00484-8](https://doi.org/10.1016/S0148-2963(02)00484-8)
- [22] M. Kotabe, K. S. Swan, "The Role of Strategic Alliances in High Technology New Product Development," *Strategic Management Journal*, Vol.16, No.8, pp.621-636, 1995.
DOI: <https://doi.org/10.1002/smi.4250160804>
- [23] S. Brown, K. Einsenhardt, "Product development: past research, present findings, and future directions" *Academy of Management review*, Vol.20, No.2, pp.343-378, 1995.
DOI: <https://doi.org/10.5465/amr.1995.9507312922>
- [24] J. Tidd, J. Bessant, K. Pavitt, Management Innovation: Integrating Technological, Market and Organizational Change, p.577, John Wiley & Sons, 2015, pp.347-394.
- [25] G. Ahuja, "R&D collaboration networks, structural holes, and innovation: a longitudinal study" *Administrative Science Quarterly*, Vol.45, pp.425-455, 2000.
DOI: <https://doi.org/10.2307/2667105>
- [26] R. Burt, Structural Holes: The Social Structure of Competition, p.311, Harvard University Press, 1992, pp.82-111.
DOI: <http://dx.doi.org/10.4324/9780429494468-63>
- [27] T. R. Damian, M. Rosina, "Technological cooperation, R&D outsourcing, and innovation performance at the firm level: The role of the regional context" *Research Policy*, Vol.48, pp.1798-1808, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.04.006>
- [28] R. Gulati, "Alliances and Networks" *Strategic Management Journal*, Vol.19, pp.293-317, 1998.
DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199804\)19:4<293::AID-SMJ982>3.0.CO;2-M](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199804)19:4<293::AID-SMJ982>3.0.CO;2-M)
- [29] K. Eisenhardt, C. Schoonhoven, "Resource-based view of strategic alliance formation: Strategic and social effects of entrepreneurial firms" *Organization Science*, Vol.7, pp.136-150, 1996.
DOI: <https://doi.org/10.1287/orsc.7.2.136>
- [30] J. Hagedoorn, "Understanding the cross-level embeddedness of inter-firm partnership formation" *Academy of Management Review*, Vol. 31, pp.670-680, 2006.
DOI: <https://doi.org/10.5465/amr.2006.21318924>
- [31] G. P. Cristiano et. al., "Technological cooperation network in biotechnology: Analysis of patents with Brazil as the priority country" *Innovation & Management Review*, Vol.15, No.4, pp.416-434, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1108/INMR-07-2018-0050>
- [32] D. W. Son, Social Network Analysis, P254, Kyungmoon publisher, 2002, pp.15-45.
- [33] J. Galaskiewicz, S. Wasserman, "Social Network Analysis: Concepts, Methodology, and Directions for the 1900s", *Sociological Methods & Research Journals*, Vol.22, No.20, pp.3-22, 1993.
DOI: <https://doi.org/10.1177/0049124193022001001>
- [34] Y. S. Kang, B. Y. Cho, "A Social Network Analysis on the Venture Business Network in Jeju Island" *Korea Internet e-commerce Association*, Vol.16, No.3, pp.293-311, 2016.
- [35] A. Inzelt, "The evolution of university industry government relationships during transition" *Research Policy*, Vol.33, No.6/7, pp.975-995, 2004.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2004.03.002>
- [36] W. Benjamin, H. Sven, "When and with whom to cooperate? Investigating effects of cooperation stage and type on innovation capabilities and success" *Long Range Planning*, Vol.51, pp.334-350, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2017.07.003>

임 호 근(Ho-Geun Lim)

[정회원]



- 2011년 2월 : 충남대학교 경영대학원 경영학과 (경영학석사)
- 2021년 2월 : 한국기술교육대학교 일반대학원 기술경영학과 (경영학박사)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 보쉬(KBWS) 전략개발기획팀 팀장

<관심분야>

기술경영, 기술협력 네트워크, 자동차산업, 자율주행

김 병 근(Byung-Keun Kim)

[정회원]



- 1998년 10월 : (영) Univ. of Sussex SPRU (과학기술정책 석사)
- 2003년 2월 : (영) Univ. of Sussex SPRU (과학기술정책 박사)
- 2003년 8월 ~ 2005년 2월 : (영) Univ. of Sussex 조교수
- 2005년 2월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 산업경영학부 교수

〈관심분야〉

과학기술정책, 기술혁신경영, 혁신전략, 기업가정신

정 의 섭(Eui-Seob Jeong)

[정회원]



- 1992년 2월 : 송실대학교 대학원 기계공학과 (공학석사)
- 1998년 2월 : 송실대학교 대학원 기계공학과 (공학박사)
- 1991년 4월 ~ 현재 : 한국과학기술정보연구원 책임연구원

〈관심분야〉

정보분석, 기술경영, 개방혁신, 자동차산업