

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2024.10.6.829>

JCCT 2024-11-102

차량용 반도체 기술의 협력 활동에 관한 연구: 공동 특허 분석을 중심으로

Study on Collaborative Activities in Automotive Semiconductor Technology: Focusing on Joint Patent Analysis

진경환*, 이희상**

Kyounghwan Chin*, Heesang Lee**

요약 최근 자동차 산업은 전기차와 자율 주행차의 등장으로 큰 변화를 겪고 있으며, 이에 따라 첨단 차량용 반도체 기술에 대한 수요도 증가하고 있다. 이 연구에서는 완성차 제조 산업, 자동차 부품 산업, 차량용 반도체 산업, 종합 반도체 산업, 정보 기술 산업 등 5개 산업에 대해 차량용 반도체 기술의 특허 활동과 공동 개발 활동을 분석하였다. 2010년부터 2021년까지 12년 동안 40개 기업의 단독 특허 421,802건과 공동 특허 22,342건을 분석한 결과 두 가지 중요한 사실을 밝혀냈다. 첫째는 공동 특허 분석을 통해 완성차 제조 산업과 정보기술 산업이 협업 활동을 통한 공동 특허 확보에 적극적이라는 것을 알 수 있었다. 둘째는 12년간의 공동 특허 네트워크의 커뮤니티 분석을 통해 기술 변화와 역량 보완의 필요에 따라 커뮤니티 내부의 기업의 협력 활동의 변화를 보여주는 것이 확인되었다. 우리는 이번 연구를 토대로 특허 협업 전략에 관련해 기업의 협력 역량을 강화하거나 취약점 보완에 관한 의미있는 제안을 하였다.

주요어 : 기술 협력, 차량용 반도체, 공동 특허, 특허 네트워크 분석

Abstract The automotive industry is undergoing a major transformation with the advent of electric vehicles and autonomous vehicles, and the demand for advanced automotive semiconductor technologies is increasing. This study analyzes the patenting and joint development activities of automotive semiconductor technologies in five industries: automobile manufacturing, auto parts, automotive semiconductor, integrated semiconductor, and information technology. The study analyzed 421,802 single patents and 22,342 co-patents of 40 companies over the 12-year period from 2010 to 2021 and found two important findings. First, the analysis of joint patents shows that the automobile manufacturing industry and the information technology industry are active in securing joint patents through collaborative activities. Second, the community analysis of the co-patent network over the 12-year period shows that while technical cooperation relationships have been steadily maintained to secure changing automotive semiconductor technologies, the collaborative activities of companies within the community have changed according to technological changes and the need to complement capabilities. Based on this research, we proposed some collaboration strategies for either strengthening a company's capability or compensating for weakness.

Key words : Technology Collaboration, Automotive Semiconductor, Co-Patent, Patent Network Analysis

*정회원, 성균관대학교 기술경영학과 박사과정 (제1저자)

**정회원, 성균관대학교 기술경영학과 정교수 (교신저자)

접수일: 2024년 9월 23일, 수정완료일: 2024년 10월 25일

계재확정일: 2024년 11월 1일

Received: September 23, 2024 / Revised: October 25, 2024

Accepted: November 1, 2024

**Corresponding Author: leehee@skku.edu

Management of Technology, Sungkyunkwan Univ, Korea

I. 서 론

자동차 산업은 예측 가능한 비즈니스 활동으로 기존의 기업들이 안정적으로 경쟁력을 유지하는 산업 분야로 여겨져 왔다. 하지만, 2010년대 이후 자동차 산업은 기술 발전과 환경 규제 강화 등 시장의 변화로 인해 상당한 도전과 변화에 직면해 있다. 특히, 구글, 바이두, 아마존과 같은 정보 기술 기업들이 모빌리티 서비스로 사업을 확장하면서 자율 주행의 출현으로 자동차 산업은 차량 운행에서 인간 운전자의 역할이 점점 축소되는 미래로 나아가고 있다[1]. 이와 동시에 인텔, 엔비디아, NXP, 구글, 바이두, 샤오미 같은 반도체 또는 정보 기술 기업들이 첨단 반도체, 중앙처리장치(central processing unit, CPU), 그래픽처리장치(graphic processing unit, GPU) 기술을 활용하여 완성차 제조 산업에 자율 주행 및 전동화 관련 핵심 기술을 제공하고 있다. 이에 따라 차량용 반도체가 자동차 산업의 핵심 기술로 등장하고 있다[2].

1960년대 교류 발전기용 정류 다이오드가 도입되면서 처음으로 자동차 산업에 반도체가 적용되었다. 1970년대는 전자 제어 배기 엔진에 반도체가 활용되었고, 1980년대에는 전자 제어 차량에 반도체가 널리 활용되었다[3]. 이후에 반도체 기술이 발전하면서 차량 내 디지털 집적 회로의 밀도가 향상되고 최소한의 전력 소비로 고속, 고주파 처리가 가능해졌다. 최근에는 내연 기관에서 전기 모터로, 인간 운전자에서 인공 지능으로 자동차 산업이 변화함에 따라 차량용 반도체에 더 다양한 용도로 활용되고 있다. 첨단 운전자 보조 시스템(advanced driver assistance systems, ADAS) 및 자율 주행 시스템과 같은 시스템은 이제 차량용 반도체를 핵심 경쟁 요소로 간주하고 있다[4].

각국 정부는 규제 완화, 신산업 육성, 연구 자금 지원 확대, 디지털 플랫폼 및 차량용 반도체 생태계 활성화를 위한 조치를 시행하고 있다. 차량용 반도체 기술 역량이 부족한 기존 완성차 제조 산업들은 소프트웨어 스타트업체와의 제휴, 스마트 자동차 기술 또는 반도체 개발 전문 스타트업과의 인수 및 합병, 반도체 기술에 대한 전략적인 투자 등 다양한 전략을 통해 이 분야의 선두 위치를 확보하기 위해 적극적으로 나서고 있다[5].

최근 몇 년 동안 반도체 산업은 반도체 설계, 제조 및 재료 혁신에서 상당한 발전을 이루었고, 이러한 발

전은 다양한 산업에 기여하고 있다[6]. 특히 자동차 부문에서는 반도체 기술의 지속적인 발전이 디지털화, 전 기화, 자율 주행을 통해 잠재적으로 자동차를 혁신하는 파괴적 혁신을 주도할 것으로 전망된다[7]. 반도체 시장에서 빠르게 성장하는 분야인 차량용 반도체는 자동차 산업의 다양한 요구를 충족시키며 반도체 분야의 발전을 촉진하고 있다[8]. 이에 따라 완성차 제조 산업은 광범위한 차량용 반도체 기술에 대한 전문성을 개발해야 하는 요구가 증가하고 있으며, 차량용 반도체와 관련된 다양한 산업 부문과의 협력이 필요해졌다.

지적 재산권의 일종인 특허는 발명을 공개하는 대가로 보유자에게 특정 기간 동안 타인이 발명을 제조, 사용 또는 판매하지 못하도록 할 수 있는 법적 권리를 부여하는 제도이다. 개인 발명가 또는 발명가로부터 권리를 취득한 법인이 특허를 출원할 수 있다[9]. 개인은 주로 발명에 대한 권리를 확보하기 위해 특허를 취득하지만, 현대 경제 시스템의 핵심인 기업에게 특허는 혁신을 보호하는 수단일 뿐만 아니라 시장 지배력을 강화하는 핵심 지식 자산이기도 하다.

특허는 기업 경영에서 중요한 역할을 한다. 즉, 기업의 독자적인 혁신 활동과 기술 협력 활동에서 다음과 같은 다양한 역할을 수행한다. 첫째, 특허는 기업의 기술 역량을 나타내는 중요한 지표이며 기술의 개발, 관리 및 상용화를 위한 중요한 자원이다. 따라서 기업은 특허를 통해 기술 혁신과 연구개발(research and development, R&D) 역량을 드러내고, 연구자는 특허 포트폴리오 분석을 통해 기업의 R&D 역량, 잠재적 미래 제품, 전략적 파트너십에 대한 인사이트를 도출할 수 있다.

둘째, 기업은 공동 연구 활동의 성과를 특허를 통해 협력 활동을 보여주며, 기업 간의 협력 활동에 대해 시간의 흐름과 지역적 연관성, 문화적 연관성에 따라 기업 간에 상호 신뢰를 구축하며 공동 연구 활동을 수행한다. 연구자들은 공동 특허 정보를 통해 진화하는 산업 환경에 비추어 기업의 협력 활동 전략을 분석할 수 있다.

따라서 본 연구는 다양한 특허 지표를 활용하여 진화하는 자동차 산업에서 중요한 역할을 수행하는 5개 산업 부문 선도 기업들의 특허 협력 활동을 면밀히 조사하였다. 구체적으로는 다음과 같은 두 가지 연구 질문에 답하였다.

RQ 1. 차량용 반도체 산업과 관련된 5개 산업군의 협력 패턴은 어떤 유형으로 진행되고 있는가?

RQ 2. 차량용 반도체 산업의 공동 특허 네트워크 내에서 협력 커뮤니티는 어떻게 형성되고 발전해 왔는가?

이 논문의 다음 절에서는 기업의 특허 활동과 기술 협력의 이론적 배경을 제시하고 본 연구에 사용되는 특허 지표에 대해 설명하였다. 데이터 및 방법론 절에서는 연구 방법론과 취합된 특허 데이터에 대해 소개하였다. 분석 및 결과 절에서는 특허 포트폴리오, 협력 특허, 기술 분야, 네트워크 분석에 관한 연구 결과를 해석하고 논의하였다. 결론에서는 이 연구의 주요 기여와 한계에 대해 논의하였다.

II. 선행 연구 조사

1. 기업 특허 활동 연구

기존 연구에 따르면 특허 전략에 따른 특허와 관련된 양적 및 질적 지표는 기업의 혁신 성과를 크게 향상시킨다. Ernst (2003)는 특허의 양과 질에 대한 측정이 기업의 혁신 역량을 평가하는 데 효과적인 지표로 작용한다고 주장했다. 따라서 다양한 기술 영역에 걸친 기업의 특허 포트폴리오를 자세히 분석하면 특허 기술의 고유한 장점과 약점, 기회와 위험을 정확히 파악하는 데 도움이 된다. 정량적 특허 활동 지표는 등록된 총 특허 수, 전체 특허에서 차지하는 기업의 특허 점유율, 특허 수의 증가율로 구성된다. 이러한 지표를 조사하면 현재 회사가 추구하는 활동의 효율성을 파악할 수 있다. 예를 들면 기업의 특허 점유율은 다른 기업에 비해 상대적인 R&D 집약도를 반영한다. 반대로 특허 수의 성장 궤적은 향후 예상되는 기술 및 시장 경쟁력에 대한 통찰력을 제공한다[10].

특허 인용 빈도, 삼국 특허 비율, 특정 기술 분류와 관련된 특허 분류체계인 CPC(cooperative patent classification)의 점유율과 같은 특허 품질의 질적 지표는 기업 특허 포트폴리오의 장점과 실질적인 관련성을 평가하는데 매우 중요하다[11]. 이러한 정성적 지표는 기업이 보유한 특허의 우수성을 식별하고 결과적으로 혁신 활동의 질적 측면을 평가하는 데 중요한 역할을 한다. 예를 들면, 특정 기술 영역 내에서 한 기업에 할당된 CPC 수의 점유율은 해당 기술을 활용하는 다른 기업들

과 비교하여 기술 영역의 범위에 대해 비교 우위를 보여 준다[12].

일부 연구자들은 기업 특허 활동 중에서 공동 특허를 통한 협력 활동 주제를 집중 연구하였다. 여러 발명가가 발명에 기여한 경우 공동 특허를 출원하여 특허권의 소유권을 공유할 수 있다. 공동 특허를 받으면 각 발명가는 다른 사람의 권리를 침해하지 않고 발명을 활용할 수 있으므로 기술 혁신에서 조직 협력의 분명한 성과가 되며 공동 특허 활동을 통해 조직의 혁신 역량을 극대화할 수 있다.

공동 특허 활동을 통한 기술 역량 확대의 사례를 살펴보면, 애플은 인텔과 장기적인 파트너십을 가지고 스마트폰 모뎀 부분의 기술 개발을 위해 2006년부터 2020년까지 인텔로부터 X86 계열 CPU를 공급받았다. 이는 애플은 통신 관련 기술이 부족하여 인텔과 협력 활동을 수행했다. 하지만, 시간이 지나면서 애플이 독자적인 통신 칩의 설계를 시작하면서 TSMC와의 협력 관계로 변경하였다. 공동 특허 활동을 분석함으로써 기업의 협력 관계 및 파트너십의 진화를 파악할 수 있다[13]. 또 하나의 사례는 테슬라의 오토파일럿은 초기 주행 보조는 2014년 모빌아이의 반도체가 탑재되었고, 2017년부터는 완전 자율 주행 모드를 적용하기 위해 Nvidia의 고도화된 칩을 적용하게 되었다. 2020년부터는 성능이 향상된 기능을 위해 테슬라는 자체 설계 개발한 차량용 반도체를 개발하여 적용하고 있다. 초기 진입 시 기업들은 기존의 반도체 전문 회사와의 협력 관계를 시작하여 점차 성장하면서 최적화된 기능을 위해 스스로 설계하고 개발하는 단계로 고도화되고 있다[14].

2. 기술 협력 유형

조직 간의 협력은 모든 주체가 공동의 목표를 달성하기 위해 협력하는 전략적 제휴라고 정의되며, 이 개념은 기술 및 특허 관리 영역에서 광범위하게 탐구되어 왔다[15]. Chesbrough (2003)는 외부 조직과의 제휴가 혁신을 추진하는 데 매우 중요하며, 이는 결국 기업이 지속 가능하고 탄력적으로 발전하는 데 도움이 된다고 강조했다. 공급업체와 고객, 경쟁사, 대학, 연구 기관에 이르기까지 다양한 파트너와 협력하는 것이 기업 혁신에 필수적이라고 강조했다[16]. 이러한 파트너의 다양성은 새로운 지식에 대한 접근을 용이하게 할 뿐만 아니라 추구할 수 있는 혁신의 유형도 다양화할 수 있게 한

다. 그러나 적합한 파트너를 선택하고, 관계를 관리하고, 공동의 노력을 종합하는 등 조직 간 협력의 과정에는 신중한 고려가 필요하다. 각 파트너십 유형은 서로 다른 관점과 다양한 소스 및 지식에 대한 접근성을 제공하는 것으로 알려져 있다[17].

기존 연구에 따르면, 조직 협력의 형태는 몇 가지 유형으로 분류된다. 먼저 내부 협력과 외부 협력으로 구분할 수 있다. 외부 협력은 제조업체, 고객, 부품 공급업체, 경쟁업체와 같은 외부 주체와의 상호 의존적인 관계를 포함하여, 모두 공통의 목표에 의해 협력 관계를 진행한다. 외부 협력의 중요한 장점 중 하나는 혁신, 운영 효율성 및 시장 경쟁력을 강화하는 광범위한 전문 지식과 자원에 접근할 수 있다는 점이다[18].

반면에 내부 협력은 기업 내의 R&D, 제조, 영업 등 서로 다른 부서 간의 협력이나 자회사와 본사 간의 협력을 의미한다[19]. 본 연구에서는 40개 선도 기업 각각을 하나의 조직으로 한정하지 않고 선도 기업의 자회사나 독립된 연구소 등을 동일 기업 그룹으로 포함하여 내부 협력의 범위를 기업 수준 이상인 기업의 그룹까지 확대 해석하였다.

기존 연구에 따르면 신제품 개발에는 내부 협력이 필수적이며, 해외 또는 본국의 자회사가 중요한 정보와 시장의 흐름을 제공한다[13]. 특히, 글로벌 시장 진출과 지속적인 기술 발전이 필요한 첨단 기술 분야에서는 해외 자회사가 현지 기업 및 연구 기관과 협력하여 혁신함으로써 모회사의 역량을 강화한다. 내부 협력의 영향은 서비스, 제품, 소비자 및 산업 시장을 포함한 다양한 부문에서 강력하게 널리 퍼져 있다[20].

조직 협력은 공급망 내 조직의 위치에 따라 수평적 유형과 수직적 유형으로 구분된다. 수평적 협력은 공급업체, 제조업체, 유통업체 등 공급망의 수평적인 단계에 있는 주체들이 협력 개선을 통해 공동의 목표를 달성하는 것을 목표로 한다[21]. 일반적으로 이러한 형태의 협력은 R&D 연구소와 대학 등 비경쟁 관계의 파트너 간에 이루어지지만, 경쟁사 사이에서도 이루어질 수 있다. 조직은 새로운 비즈니스 벤처를 구축하거나 같은 시장의 경쟁자 또는 다양한 산업의 기업들과 새로운 기술을 개발하고 채택하는 데 드는 비용과 위험을 최소화하기 위해 수평적 협력을 선택할 수 있다[22]. 일부 학자들은 공급망 외부에서 구축되는 협력 관계인 수평적 협력은 제한적이고 불확실한 경향이 있다고 주장한다. 기업들

은 최소한의 협력 활동만 하고 부분적인 파트너십을 유지하는 경우가 많으며, 협력 활동의 결과로 특허나 지적 재산권을 통한 표현이 필요한 경우가 많다[23].

반면 수직적 협력은 공급망의 여러 단계에 걸쳐 고객 및 공급업체와 상호 작용하여 자원 및 정보를 공유하는 것이다[24]. 기존 연구에 따르면 수직적 협력은 장기적인 헌신, 충성도, 신뢰가 필요하며 정보와 기술의 교환을 촉진하여 보다 효율적인 운영을 촉진한다[25]. Kvetom과 Horak (2023)은 글로벌 제품 네트워크 내 수직적 협력이 기업의 평균 자산 수익률과 생산성에 상당히 긍정적인 영향을 미친다는 사실을 관찰했다[26].

3. 특허 지수 (Patent index)

이 연구에서는 특허 점유율, 특허 증가율, 모듈성 지수 등의 특허 지표를 사용하여 공동 특허 분석 작업을 수행하였다. 특허 점유율은 한 기업, 산업 또는 국가가 특정 기술 분야에서 보유한 특허의 비율로 정의한다. 따라서 차량용 반도체 기술 분야에서 한 기업의 특허 점유율을 식 [1]과 같이 정의하였다.

$$\text{특허 점유율}(i) = \frac{P(i)}{\sum_{j=1}^n P(j)} \quad [1]$$

식 [1]에서 $P(i)$ 는 기업 i 가 보유한 특허 수를 나타내고, n 은 차량용 반도체 기술 분야 내 특허를 보유한 기업의 총 개수를 의미한다[27].

식 [2]는 특허 성장률을 특정 기간 동안의 성장률을 기하 평균을 적용하여 기업의 특허의 연간 성장률 (CAGR)을 분석하였다.

$$\text{특허 성장률}(growth\ rate) = \left(\frac{P(t_n)}{P(t_0)} \right)^{\frac{1}{t_n - t_0}} - 1 \quad [2]$$

식 [2]에서 $P(t_0)$ 는 시작 연도 t_0 의 특허 수를 나타내고, $P(t_n)$ 은 종료 연도 t_n 의 특허 수를 나타낸다[28].

네트워크 분석을 위해 $\{C_1, C_2, \dots, C_k\}$ 로 표시되는 커뮤니티 집합은 네트워크의 파티션(partition)으로 정의된다. 여기서 네트워크는 노드(node) 집합과 에지(edge) 집합으로 구성되며, 에지는 노드 간의 연결을 나타낸다. 네트워크에서 커뮤니티 구조의 개념은 네트워크를 그룹 또는 커뮤니티로 분할하여 각 커뮤니티 내의 연결은 밀도가 높지만 서로 커뮤니티 간의 연결은 상

대적으로 희박하게 만드는 것을 추구한다.

효과적인 커뮤니티 집합을 식별하기 위해 커뮤니티 내의 에지 비율에서 에지가 무작위로 연결된 경우의 예상 비율을 뺀 모듈성 지수를 활용한 Lambiotte의 이론을 근거로 식 [3]을 구성하여 분석하였다[29].

$$\text{네트워크의 모듈성 지수} = \frac{1}{2[E]} \sum_k C_k \sum_{i,j \in C_k} \left(A_{ij} - \frac{d_i d_j}{2[E]} \right) \quad [3]$$

식 [3]에서 E는 네트워크의 에지 집합을 나타내고, A_{ij} 는 에지 (i,j)의 존재 여부에 따라 1 또는 0으로 정의되며, d_i 는 노드 i의 차수(degree)를 나타낸다.

식 [3]으로 표현되는 모듈성 지수를 기반으로 Arenas와 같은 학자들은 모듈성 개념을 확장하여 에지가 노드 j에서 노드 i로 향하는 방향성과 가중치를 갖는 네트워크에 대한 방향성과 가중치를 갖는 네트워크의 모듈성 지수를 식 [4]로 표현하였다[30].

$$\text{모듈성 지수} = \frac{1}{2[E_w]} \sum_k C_k \sum_{i,j \in C_k} \left[W_{i,j} - \frac{d_i^{out} d_j^{in}}{2[E_w]} \right] - [4]$$

여기서 d_j^{out} 과 d_i^{in} 은 각각 노드 j의 weighted out-degree와 노드 i의 weighted in-degree를 의미하고, W_{ij} 는 j에서 i까지의 가중치의 합으로 정의되며, $[E_w]$ 는 방향성 에지의 총 가중치의 합을 의미한다.

III. 연구 방법 및 데이터

1. 데이터 수집과 전처리 방법

본 연구에서는 차량용 반도체 관련 산업을 완성차 제조 산업, 자동차 부품 산업, 차량용 반도체 산업, 종합 반도체 산업, 정보 기술 산업 등 5개 산업 부문으로 분류했다. 이 연구는 각 산업별 매출 및 판매량을 토대로 상위 기업을 밝혀주는 Statista의 연구 보고서를 활용하여 표 1과 같이 5개 산업 부문에서의 리더 기업들을 선정하여 총 40개 글로벌 기업을 선정했다[31].

표 1. 차량용 반도체 기술 보유 40개 기업 (Statista, 2022. 7)
 Table 1. The list of 40 applications for automotive semiconductor technology (Statista, 2022, July)

산업군	글로벌 리더 그룹 (40개 기업)
완성차 제조 산업 (10)	도요타자동차, 현대자동차, GM, Volkswagen, Nissan, BMW, BYD, TESLA, NIO, Ford Motor

자동차 부품 산업 (8)	Robert Bosch, Denso, Panasonic, LG Display, Hitachi Automotive, Aisin Seiki, Hyundai Mobis, Delphi Technologies
차량용(5) 반도체산업	Texas Instruments, Infineon, Renesas, NXP, ST마이크론 일렉트로닉스
종합 반도체 산업 (8)	Samsung Electronics, Qualcomm, Intel, TSMC, Micron, Globalfoundries, Broadcom, NVIDIA
정보 기술 산업 (9)	Microsoft, Huawei, Google, Apple, Baidu, Xiaomi, Uber, Amazon, Mobileye

이러한 글로벌 기업들은 본사의 이름으로 특허를 출원하기도 하지만 자회사, 해외 지사의 이름으로도 출원을 하는 경우도 많다. 예를 들면, 도요타 자동차 기업은 주력 기업인 도요타 자동차 뿐만 아니라 도요타 자동차 미국, 도요타 자동차 유럽, 도요타 자동차 연구소 등의 해외 지사 및 연구소의 이름으로도 출원하므로 이들이 출원한 모든 특허를 도요타 자동차 그룹으로 포함하여야 한다. 따라서 본 연구는 특허 데이터가 40개 모기업 뿐만 아니라 134개의 자회사, 해외 지사의 특허도 도요타 자동차 그룹의 특허로 포함하여 분석을 진행하였다.

차량용 반도체 기술 관련 분야의 40개 선도 기업의 특허 활동을 분석하기 위해 2010년 1월 1일부터 2021년 12월 31일까지의 등록된 미국 특허를 수집했다. 데이터는 온라인 특허 데이터베이스인 WIPSON을 사용하여 특허 등록일 기준으로 선별하였다[32]. WIPSON은 미국, 유럽, 일본을 포함한 전 세계 주요 공식 특허청의 특허 데이터를 검색하고 조회할 수 있는 기능을 제공한다[33].

차량용 반도체 기술 관련 특허를 체계적으로 추출하기 위해 특허 문서에 적힌 특허 기술 분류 코드인 CPC 코드를 다음과 같이 사용하였다. 첫 번째 단계는 40개 기업이 보유한 모든 특허에서 상위 5개 CPC 코드를 추출하여 총 200개의 상위 CPC 코드를 추출했다. 이중에 중복된 142개의 CPC 코드를 제거하여 40개 선도 기업이 특허를 많이 배출하는 58개의 CPC 코드를 남겼다. 해당 CPC 코드는 차량용 반도체와 관련된 제반 기술 및 특화된 기술을 포함하여 선정하였다. 반대로, 차량용 반도체와 관련 없는 전선, 목재 재료 등 13개 CPC 코드는 제외하여 최종 45개의 CPC 코드가 차량용 반도체 특허의 CPC 코드 집합으로 도출되었다.

표 2는 검색 기간을 2010년 1월 1일부터 2021년 12월 31일까지로 하여 이 기간 중 등록된 특허 중 앞서 도출된 45개의 CPC 코드를 특허 검색 식에 포함하여

40개 기업의 차량용 반도체와 관련된 특허 총 444,144개를 추출하였다.

표 2. 특허 검색 조건

Table 2. Patent data search formula

기간	2010년 1월 1일부터 2021년 12월 31일
특허 검색식	((B23D* B23P* B60H* B60K* B60L*) OR (B60N* B60R* B60T* B60W* B60Y*) OR (B62D* F02D* F02M* F16H* G01C*) OR (G01S* G05B* G05D* G06F* G06K*) OR (G06N* G06Q* G06T* G06V* G07C*) OR (G11C* H01L* H01M* H02J* H02M*) OR (H02P* H02S* H03K* H04B* H04L*) OR (H04M* H04N* H04W* H05B* Y02B*) OR (Y02D* Y02E* Y02T* Y10S* Y10T*)) CPC. AND (UN222003 UN000743 UN278998 UN000218 UN162873 UN295279).

특허 추출 후에는 전처리 과정을 수행하였다. 특허 출원인의 표기가 각 기업 별로 차이가 있고, 약자 표현, 표기의 차이가 있어 특허 출원인명을 다우존스 앤 컴퍼니의 비즈니스 정보데이터 서비스인 Factiva에 등록된 공식 명칭과 일치하도록 수정했다. 40개의 주요 기업 각각의 주력 기업의 정확한 이름을 파악하고, 해당 기업의 자회사, 해외 지사, 공장, 연구소 등 관련 자회사의 이름도 파악하여 통일화하는 작업을 수행했다.

예를 들어 도요타의 경우 특허는 23,331건이며, 이 중 도요타 자동차 (19,463건), 도요타 자동차 북미 (2,862건), 도요타 연구소 (490건), 도요타 자동차 유럽 (120건), 기타 자회사 (396건)가 출원한 것으로 나타났다. 이러한 회사명 확인을 통해 단일 회사 그룹에 속한 모든 특허를 주력 회사명으로 통합하여 분석하였다. 특정 모기업과 그 자회사의 특허 출원 현황 및 동향은 분석 및 결과 섹션에서 자세히 설명한다.

그림 1은 특허의 취합과정, 전처리 과정, 특허의 출원인 분류 작업을 통해 12년동안 5개산업의 특허 444,144건중에 공동특허 22,342건과 단독특허 421,802건과 특허의 성장률, 점유율, 공동특허의 4개의 형태, 네트워크 분석을 통한 커뮤니티 분석과정에 대해 이번 연구의 절차를 설명하였다.

특허 데이터 취합 및 전처리 작업

- ① 특허 취합: WIPSON을 통해 40개 기업의 444,144건의 특허 추출 (기간: 2010년 1월 1일 - 2021년 12월 31일, 12년)
- ② 전처리 과정: 특허 출원인 명칭의 표준화 작업
- ③ 출원인 분류: 모기업, 자회사, 해외 지사를 구분하여 분류

특허 분석 작업

- ① 5개 산업별 특허 분류, 연도별 변화 분석 (2010년 - 2021년)
공동 특허: 22,342건, 단독 특허: 421,802건
- ② 특허의 성장률과 점유율 비교(4년씩 3개 기간, 12년)
- ③ 공동 특허 관계 4개로 구분 비교(외부/내부, 수직/수평)
- ④ 네트워크 분석: Modularity분석 기업 간 커뮤니티 분석

그림 1. 연구 절차 (특허 데이터 취합, 전처리 작업, 분석)
Figure 1. Research procedure (patent data collection, data pre-processing, and patent analysis)

2. 공동 특허 분석을 통한 기술 협력

이 연구의 선행 연구 조사에서 살펴본 바와 같이, 협력은 두 가지 주요 기준으로 특징지을 수 있다. 첫 번째 기준은 조직 경계를 기준으로 내부 협력과 외부 협력으로 구분하는 것이다. 본 연구에서는 각 주력 기업과 그 계열 자회사가 출원한 모든 특허를 공유 기업 그룹 이름으로 모을 수 있다는 점을 감안하여 통상적인 협력 유형 구분을 조직 경계를 넘어 기업 그룹의 경계까지 포함하도록 확장하였다. 예를 들면, 주력 기업인 도요타 자동차와 자회사인 도요타 자동차 북미 법인 간의 공동 특허는 전통적인 기업 단위 분석에서는 외부 협력으로 간주되지만, 이 연구에서는 내부 협력의 사례로 간주된다.

두 번째 기준은 공급망 내에서 조직의 위치에 따라 협력을 수직적 협력과 수평적 협력으로 분류하는 것이다. 수직적 협력은 조직이 중심 기업의 최종 제품과 관련된 생산 프로세스의 각 단계에서 공급업체 또는 수요자 역할을 하는 경우 중심 기업과 수직적 협력자로 간주된다. 반대로 공급망에서 기업 간 동일 위치의 기업 간의 협력을 수평적 협력으로 분류된다.

표 3은 이러한 두가지 기준을 통합하여 기술 협력의 네가지 범주를 설명하는 기술 협력 매트릭스를 내부 및 수직 (IV), 내부 및 수평 (IH), 외부 및 수직 (EV), 외부 및 수평 (EH) 네 가지 기술 협력 유형으로 표현하였다.

표 3. 내부/외부, 수직/수평 협력의 4가지 기술 협력 유형
 Table 3. Four types of technology collaboration matrix with internal/external and vertical/horizontal collaboration.

	내부 협력 (Internal)	외부 협력 (External)
수직적 협력 (Vertical)	내부/수직 협력 (IV: Internal/Vertical)	외부/수직협력 (EV: External/Vertical)
수평적 협력 (Horizontal)	내부/수평 협력 (IH: Internal/Horizontal)	외부/수평협력 (EH: External/Horizontal)

기존 연구에 따르면 외부 및 수직적 협력 (EV)은 기업이 공급망의 다양한 관계에서 외부 기업 및 조직과의 협력 패턴을 나타낸다[23]. 강력한 경제적 유대를 특징으로 하는 이러한 유형의 관계는 수직적 협력을 통해 지속적인 정보 교환을 촉진하고 기술 개발을 촉진한다. 이는 기업들이 상호 연결을 구축할 수 있는 기회를 제공하여 첨단 지식 생태계의 형성을 촉진하고 경쟁력을 강화할 수 있도록 한다.

본 연구 대상 기업들에서의 대표적인 예로는 자동차 산업에서 도요타 자동차와 덴소 간의 파트너십이 외부 및 수직 협력 관계를 잘 보여준다. 도요타는 완성차 제조 산업의 역할과 덴소는 자동차 부품을 공급하는 역할을 수행하면서 지속적이고 긴밀한 유대 관계를 유지하고 있다. 이번 연구에서 공동 특허 협력 분석을 통해 차량용 반도체 부문에서 외부 및 수직적인 협력 관계를 분석하였다.

기존 연구에 따르면 외부 및 수평적 협력(EH)은 기업 간의 협력 관계가 수평적인 관계를 이루는데 일반적으로 경쟁 관계에서는 이루어지기 힘들지만, 제품 개발을 위해 새로운 기술이 필요한 시기에 진행되는 관계이다[21]. 최근 완성차 제조 산업은 전기 자율 주행 개발을 위해 상당히 큰 규모의 연구 개발 비용과 위험을 수반하게 되므로 기업은 자원과 역량에 대한 요구를 충족하는 데 어려움을 겪게 된다. 이러한 위험을 완화하기 위해 기업들은 공급망에 연결되어 있지 않은 외부의 수평적 파트너와의 공동 개발 프로젝트를 진행하는 경우가 많다. 예를 들면, 유럽 전역에 전기 자동차 충전소 네트워크를 구축하기 위한 BMW, Daimler AG, 폭스바겐 그룹 간의 제휴가 이러한 수평적 협력 관계를 대표한다.

내부 및 수평적 협력(IH)은 공급망에서 동일한 위치에 있는 기업 내의 협력 관계를 의미한다. 이러한 내부의 수

평적인 협력 관계는 조직 간의 효과적인 소통과 업무 조정, 원활한 정보 공유를 특징으로 갖는다고 알려져 있다 [34]. 이러한 협력은 업무의 효율성을 높이고 혁신을 촉진하며 기업 그룹 내 의사 결정을 극대화한다. 인텔과 모빌아이의 사례는 반도체 업계에서 수평적인 협력 활동의 사례이다. 선도적인 반도체 생산업체인 인텔은 2017년에 자율 주행 기술 분야의 선두주자인 모빌아이를 인수하여 자회사로 편입하고 자율 주행 기술을 위한 첨단 운전자 지원 시스템 분야에서 모빌아이의 역량을 활용하였다. 인텔은 모빌아이와의 내부 협력을 통해 빠르게 성장하는 자율 주행차 산업에서 입지를 공고히 하고 인텔의 강력한 반도체 기술 능력과 모빌아이의 특화된 Vision 기반 전문성을 결합한 통합 솔루션을 개발하였다. 이러한 내적, 수평적 기술 협력 활동을 통해 자동차 산업의 역동적인 수요를 충족하는 최첨단 제품과 서비스를 개발할 수 있었다[35].

내부 및 수직 협력(IV)는 공급망의 다양한 위치에 있는 파트너가 참여하는 단일 기업 그룹 내의 협력 관계를 의미한다. 기존 연구에 따르면 이러한 협력 유형은 같은 조직 내에서 업무 프로세스를 개선하고 중요한 자원을 공유하며 공동의 목표를 추구할 수 있도록 지원한다[36]. 자동차 산업에서 부품 공급 및 조립을 위한 외부 및 수직적 협력 활동이 일반적인 유형이지만, 내부 및 수직적인 협력 관계가 제품 생산과 직접적인 관계가 없는 상황에서도 발생한다. 특히, 차량용 반도체와 같은 새롭고 다양한 기술을 통합하는 경우에는 외부와의 협력 관계뿐만 아니라 내부의 파트너와의 협력 관계가 이루어진다.

예를 들면, 테슬라는 자율 주행 기술을 구동하는 하드웨어에 대한 통제력을 강화하기 위해 자회사인 테슬라 Autopilot 하드웨어 엔지니어링을 통해 차량용 AI 반도체를 설계했다[37]. 맞춤형 반도체를 생산함으로써 테슬라는 성능을 최적화하고 비용을 절감하며 소프트웨어 요구 사항을 충족하는 하드웨어를 구체적으로 맞춤화할 수 있었다. 하드웨어를 완벽하게 제어할 수 있기 때문에 테슬라는 AI 시스템의 성능과 효율성을 향상시켜 차량의 안정성과 신뢰성을 개선할 수 있었고 차량용 반도체를 직접 설계함으로써 테슬라는 자율 주행 기술의 확장을 가속화할 수 있었다고 알려진다.

3. 기술 협력을 위한 네트워크 분석

네트워크 분석은 행위자 간의 상호 작용을 분석하는 데 활용되는 방법이며 이를 통해 노드 간의 연결성을 기반으로 네트워크 내의 정보 또는 자원의 흐름의 강도를 연구하여 다양한 새로운 패턴을 식별한다[38]. 본 연구는 특허 출원 기업을 노드로 지정하고 두 개 이상의 기업이 공동 특허를 등록할 때 예지로 정의하는 공동 특허 네트워크에 대한 네트워크 분석을 수행하였다[39]. 기존 연구에 따르면 공동 특허 네트워크 분석을 통해 특허 활동의 발명자(기업)의 기술 협력 패턴과 네트워크 내에서의 공동 특허 활동의 양상을 분석하는 것이 가능하다[40]. 또한 특허 네트워크를 그래픽으로 시각화하면 통계 분석이나 문헌 검토만으로는 파악하기 어려운 공동 특허 활동의 구조적 특징을 분석하는데 기여한다. 또한 공동 특허 네트워크의 진화를 추적하여 공동 특허 활동의 역학 관계와 연결성의 변화에 대한 포괄적인 통찰력을 도출할 수 있다[41].

본 연구에서는 네트워크 분석 중 커뮤니티 분석을 사용하였다. 커뮤니티 분석이란 대규모 네트워크를 하위 네트워크인 커뮤니티로 구분하는 수학적 지표인 모듈성 지수 (Modularity Index)를 기반으로 네트워크를 세분화하는 기법이다. 이때 모듈성 지수가 높은 네트워크는 커뮤니티 내 연결이 밀집되어 있고 서로 다른 커뮤니티간의 연결은 드문 특징을 보인다. 커뮤니티 분석을 수행하면 생물학적, 교통, 전력, 협력 네트워크와 같이 밀집하게 상호 연결된 네트워크는 같은 커뮤니티 내의 개체들이 드물게 연결된 노드의 개체들에 비해 더 많은 정보를 빠르게 전달하는 구조로 구분되는 것으로 알려져 있다[42].

본 연구는 커뮤니티 분석을 통해 차량용 반도체 기술 분야에 관련된 기업들이 자율적으로 형성한 공동 특허 네트워크의 커뮤니티를 식별하고 시각화함으로써 공동 특허 네트워크 내의 역학 관계와 각 커뮤니티의 주도적인 주체들을 식별하기 위한 분석이 수행되었다. 커뮤니티를 효과적으로 묘사하기 위해 여러 가지 소프트웨어가 개발되었는데, 이번 연구는 Gephi (Ver. 0.10.1) 오픈소스 플랫폼을 적용하여 네트워크 데이터의 시각화와 커뮤니티 분석을 진행하였다.

IV. 연구결과

1. 전체 특허 현황

2010년부터 2021년까지 12년간의 차량용 반도체 특허 데이터를 사용하여 분석을 수행했다. 총 특허 수는 444,144개이고, 이중에 421,802건(95.0%)가 단독 특허이고, 22,342건(5.0%)가 공동 특허이다.

표 4는 45개 주요 기업의 특허를 완성차 제조 산업(62,338건), 자동차 부품 산업(42,050건), 차량용 반도체 산업(35,841건), 종합 반도체 산업(187,208건), 정보 기술 산업(116,707건) 등 총 5개 산업 40개 기업에 대해 특허 집계를 진행한 결과를 보여준다. 종합 반도체 산업은 전체 차량용 반도체 특허의 42.2%를 차지하며 가장 많은 특허를 보유하고 있으며, 반면, 자동차 부품 산업과 차량용 반도체 산업은 각각 9.5%와 8.1%로 5개 산업 중 가장 낮은 특허 점유율을 유지하고 있다.

표 4. 차량용 반도체관련 5개 산업별 특허 (2010년~2021년)
Table 4. The table of classification for automotive semiconductor patents by subsectors (2010 ~ 2021)

	기업수	특허수	단독특허	공동특허
완성차제조산업	10	62,338 (14.0%)	49,334	13,004
자동차부품산업	8	42,050 (9.5%)	38,598	3,452
차량용반도체산업	5	35,841 (8.1%)	34,715	1,126
종합반도체산업	8	187,208 (42.2%)	182,850	4,358
정보기술산업	9	116,707 (26.3%)	116,305	402
총합	40	444,144 (100%)	421,802 (95.0%)	22,342 (5.0%)

그림 2는 2010년부터 2021년까지의 12년 동안 전체 차량용 반도체 특허의 연평균 성장률이 0.89%임을 보여 주고 있다.

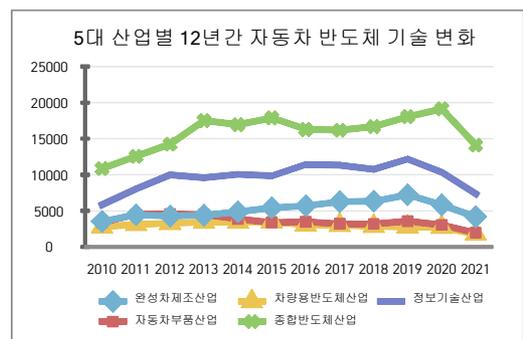


그림 2. 2010~2021년까지 5개 산업의 전체 특허 수 변화
Figure 2. The trend of total patent growth of automotive semiconductor patent during 2010-2021.

종합 반도체 산업, 정보 기술 산업, 완성차 제조 산업은 각각 2.20%, 1.95%, 1.36%의 성장률(CAGR)로 증

가 추세를 보이고 있다. 반면, 차량용 반도체 산업과 자동차 부품 산업은 각각 -3.64%, -4.47%의 역성장률을 기록하고 있다.

2. 특허 협력 활동 분석

이번 장에서는 “RQ 1. 차량용 반도체 산업과 관련된 5개 산업군의 협력 패턴은 어떤 유형으로 진행되고 있는가?”를 해결하기 위해 단독 특허 중 자회사를 통한 특허 보유와 공동 특허에 대해 분석을 진행하였다.

표 5는 5대 산업의 단독 특허에 대해 출원인을 모기업과 자회사로 구분하여 특허 현황을 보여주고 있다.

표 5. 2010년부터 2021년까지 차량용 반도체의 단독특허분석
 Table 5. The table of single patent classification for automotive semiconductor technology (2010 ~ 2021)

산업	기업 수	단독특허				
		총계	모기업	자회사		
				특허수	갯수	비율
완성차제조 산업	10	49,334	33,655 (9.4%)	15,679 (24.4%)	28	2.80
자동차부품 산업	8	38,598	35,984 (10.1%)	2,614 (4.1%)	40	5.00
차량용 반도체 산업	5	34,715	23,316 (6.5%)	11,399 (17.7%)	34	6.80
종합반도체 산업	8	182,850	175,382 (49.1%)	7,468 (11.6%)	29	3.63
정보기술 산업	9	116,305	89,124 (24.9%)	27,181 (42.2%)	17	1.89
총합계	40	421,802	357,461 (84.7%)	64,341 (15.3%)	148	3.70

40개 기업 그룹들이 보유한 특허 중 자회사가 보유한 단일 특허 64,341건에 초점을 맞춰 살펴보면, 다음의 두 가지 흥미로운 사실을 알 수 있었다.

첫째, 40개 기업 내 모기업과 자회사의 구조를 살펴보면, 모기업은 평균 3.70개의 자회사를 통해 차량용 반도체 특허를 보유하고 있다. 차량용 반도체 업체와 자동차 부품 산업은 각각 평균 6.80개, 5.00개의 자회사를 통해 차량용 반도체 특허를 보유하고 있어 상대적으로 특허 보유 자회사가 많은 것으로 나타난다. 반면, 완성차 제조 산업 및 정보 기술 산업과 같이 모기업 주력 기업이 차량용 반도체 기술을 주도하는 분야는 특허 보유 자회사가 평균 2.80개와 1.89개로 상대적으로 적었다.

둘째, 자회사가 보유한 64,341건의 단독 특허의 분포를 다음과 같이 세부 분석하였다. 이 연구의 기본 전제는 자회사가 보유한 단독 특허는 기업 그룹 내 협력의 결과로 모기업의 기술 및 제품 혁신에 기여한다는 것이다. 기업 내 특허 성과에 대한 자회사의 기여도는 표 5의 자회사의 특허 성과와 모기업의 특허 성과를 비교하면 알 수 있다. 이에 따르면, 전체 특허의 84.7% (357,461건)를 모기업이 출원했고, 자회사는 15.3% (64,341건)의 비중을 차지했다. 산업별로 분석해 보면 정보 기술 산업에서 자회사가 보유한 단독 특허 비중이 약 42.2%로 가장 높은 것으로 나타났다. 이 결과는 정보 기술 산업은 전통적인 역량을 넘어 자회사를 통해 차량용 반도체 기술 확보에 적극적으로 나서고 있음을 보여준다. 또한 완성차 제조 산업의 단독 특허 중 24.4%도 자회사가 보유하고 있어 이 부문에서도 모기업들이 자회사를 통해 다양한 경로로 특허를 취득하여 기술 기반을 강화하는 것으로 나타났다.

전체 차량용 반도체 특허 중 공동 특허 비중은 5.0%이었다. 공동 특허 비중은 산업마다 차이가 있어, 화학 분야에서 32.1%, 제약 분야에서 11.5%를 차지한다. 반면, 항공 우주, 방위, 금속과 같은 전통적인 제조 산업은 공동 특허 비율이 각각 3.7%와 2.9%로 차량용 반도체 특허(5.0%)의 비중보다도 낮다[39]. 평균 차량용 반도체 기업들은 완성차 제조 산업 (5.5%)에 비해 공동 특허 비율이 5.0%로 낮는데, 이는 기업별로 독자적인 반도체 기술 개발을 진행하고 있다는 점을 반영한다.

표 6의 데이터를 분석해보면 다음과 같은 사실을 알 수 있었다. 다음 표 6은 차량용 반도체 기술 분야의 다양한 기업 내 공동 특허 현상을 살펴보기 위해 5대 산업군에 대해 공동특허 22,342건의 협력 대상을 자회사와 타회사로 구분하여 분석 정리하였다.

표 6. 2010년부터 2021년까지 차량용 반도체의 공동특허분석
 Table 6. The table of co-patents classification for automotive semiconductor technology for 40 companies (2010 ~ 2021)

산업	기업 수	총계	공동 특허 비율	공동특허			자회사/공동 특허
				공동특허 수(점유율)	협력상대		
					자회사	타회사	
완성차 제조 산업	10	62,338 (14.0%)	20.9%	13,004 (58.2%)	7,518	5,486	57.8%
자동차 부품 산업	8	42,050 (9.5%)	8.2%	3,452 (15.5%)	899	2,553	26.0%

차량용 반도체 산업	5	35,841 (8.1%)	3.1%	1,126 (5.0%)	732	394	65.0%
종합 반도체 산업	8	187,208 (42.2%)	2.3%	4,358 (19.5%)	836	3,522	19.2%
정보기술 산업	9	116,707 (26.3%)	0.3%	402 (1.8%)	116	286	28.9%
총합계	40	444,144	5.0%	22,342	10,101	12,241	45.2%

첫째, 차량용 반도체 산업에서 공동 특허 분석은 5개 산업 간에 뚜렷한 차이를 보여주었다. 공동 특허가 차지하는 비율은 전체 산업에서는 5.0%이지만, 완성차 제조 산업과 자동차 부품 산업에서는 그 비율이 각각 20.9%, 8.2%로 증가한다. 이러한 사실은 전통적인 자동차 부품의 주요 플레이어인 이 두 산업에 속하는 기업들은 신형 차량용 반도체 기술에 대한 역량을 강화하기 위해 공동 특허 활동에 광범위하게 참여하고 있음을 나타낸다.

또한 표 5에 표시된 자회사가 보유한 단독 특허와 표 6의 공동 특허 수치를 결합하면 이러한 추세가 더욱 뚜렷해진다. 완성차 제조 산업은 자회사 소유 단독 특허 15,679건과 공동 특허 13,004건이 산업 전체의 전체 특허 62,338건의 46.0% (28,683건)를 차지하였다. 이러한 결과는 전통적인 자동차 산업의 중심인 완성차 제조 산업이 차량용 반도체 기술을 확보하기 위해 기업 내 내부 협력 활동으로 자회사 보유 단독 특허를 활용하고 공동 특허를 통한 외부 협력은 더욱 적극적이라는 것을 알 수 있다.

자동차 부품 산업도 역시 역량 보완을 위해 두 가지 전략을 사용한다. 하지만 자동차 부품 산업들의 경우 자회사 보유 단독 특허가 2,614건이고 이를 공동 특허 3,452건과 합치면 총 6,066건으로 해당 산업 전체 특허 40,050건의 14.4%를 차지한다. 이는 자동차 부품 산업들의 경우는 모기업의 부족한 차량용 반도체 특허 역량을 보완하기 위해 자회사가 보유한 단독 특허에 의존하기보다는 외부와의 적극적인 협력 활동을 선호하며, 두 가지 전략에 모두 의존하는 완성차 제조 산업과는 다른 전략을 구사하고 있음을 보여주었다.

또한, 공동 특허 활동에 참여한 파트너를 분석해 보면 자회사가 전체 공동 특허 파트너의 45.2%를 차지해 차량용 반도체 공동 특허 산출을 위해 다른 파트너보다 자회사와의 협력 활동을 선호하는 것으로 나타났다. 세

부 산업별로 살펴보면, 자회사가 참여한 공동 특허 비율은 완성차 제조 산업에서는 57.8%로 가장 높았고, 정보 통신 산업에서는 28.9%로 그 뒤를 이어가고 있다. 이 수치는 공동 특허를 통한 외부 협력을 촉진하기 위해 이 두 부문이 자회사를 적극적으로 활용하고 있음을 시사한다.

그림 3은 공동 특허 활동에서 5개 산업 간의 상대적 위치를 살펴볼 수 있는 2차원 특허 분석 그래프를 보여 준다. X축은 전체 공동 특허 수에서 각 산업의 공동 특허 점유율을 나타내고, Y축은 공동 특허 증가율을 나타낸다.

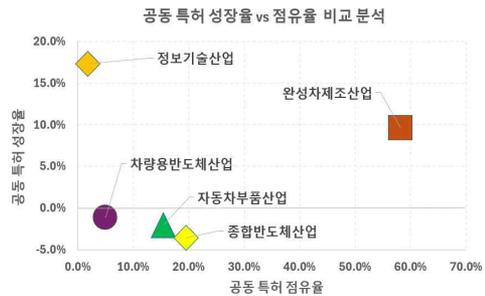


그림 3. 공동 특허의 점유율과 성장률 비교 사분면 그래프
Figure 3. The quadrant graph of co-patent share rate and co-patent growth rate

완성차 제조 산업의 공동 특허 점유율은 58.2%로 가장 높다. 반면, 정보 기술 산업과 차량용 반도체 산업은 각각 1.8%와 5.0%로 낮은 공동 특허 점유율을 기록하였다. 이는 완성차 제조 산업의 기업들은 차량용 반도체 기술에 대한 내부 자원과 역량이 부족하기 때문에 적극적인 공동 특허 활동을 통해 높은 점유율을 확보하고 있는 것으로 해석할 수 있다.

반면에 상대적으로 풍부한 내부 역량과 자원을 바탕으로 해당 기술에 특화된 정보 기술 산업 및 차량용 반도체 산업의 업체들은 공동 특허에 의존할 필요성이 적었다는 사실을 다시 확인 시켜준다. 하지만 정보 기술 산업의 공동 특허의 증가율이 17.3%로 5개 산업 중 가장 빠른 성장세를 보이고 있어, 공동 특허 활동을 통한 신기술 확보 및 역량 강화 노력을 적극적으로 추진하고 있음을 보여주고 있다.

표 6의 6번째 열과 7번째 열은 각각 40개 주요 기업의 22,342건의 공동 특허를 자회사와의 내부 협력 공동 특허와 외부 기업과의 외부 협력 공동 특허로 분류하여 5개 산업별로 집계한 것이다. 이에 따르면 전체 외부

협력 공동 특허는 12,241건(54.8%), 내부 협력 공동 특허는 10,101건(45.2%)으로 나타났다. 표 7의 4번째 열과 5번째 열은 5개 산업별로 수평적 협력 공동 특허와 수직적 협력 공동 특허를 보여준다. 이에 따르면 전체 수평적 협력 공동 특허는 15,661건(70.1%), 수직적 협력 공동 특허는 6,681건(29.9%)임을 보여준다.

표 7은 기술 협력 매트릭스에 따라 22,342건의 차량용 반도체 기술 공동 특허를 기술협력 유형에 따라 외부(E)/내부(I), 수직(V)/수평(H)의 네 가지 유형과 기술 협력 패턴에 따라 외부-수직(EV), 외부-수평(EH), 내부-수직(IV), 내부-수평(IH)로 나누어 표현하였다.

표 7. 5개 산업의 기술 협력의 4가지 유형 분석 (내부/외부, 수직/수평 협력 관계)

Table 7. Table of external/internal and vertical/horizontal collaborations in co-patents by five industry subsectors

산업	기술 협력 유형				기술 협력 패턴			
	외부 (E)	내부 (I)	수직 (V)	수평 (H)	EV	EH	IV	IH
완성차 제조 산업	5,486	7,518	4,064	8,940	3,351	2,135	713	6,805
자동차 부품 산업	2,553	899	2,298	1,154	1,907	646	391	508
차량용 반도체 산업	394	732	93	1,033	93	301	0	732
종합 반도체 산업	3,522	836	189	4,169	185	3,337	4	832
정보 기술 산업	286	116	37	365	37	249	0	116
총합계	12,241	10,101	6,681	15,661	5,573	6,668	1,108	8,993
비중	54.8%	45.2%	29.9%	70.1%	24.9%	29.8%	5.0%	40.3%

표 7의 6번째 열에서 9번째 열까지 EV 기술 협력은 5,573건, EH는 6,688건, IV는 1,108건, IH는 8,993건이다. 이 중에서 내부 수평(IH) 공동 특허가 40.3%로 가장 큰 비중을 차지하였고, 그 다음으로 EH 29.8%, EV 24.9%, IV 5.0% 순서로 차지하고 있다. 이러한 분포는 차량용 반도체 기술에서는 IH 형태의 기술 협력 활동이 가장 많은 활용되는 공동 특허 협력 활동의 유형이며, EH와 EV협력 활동도 광범위하게 활용되고 있음을 시사한다. 차량용 반도체 기술은 다양한 기술 파트너십이 필요하지만, 40개 기업들의 공동 특허를 위해 주력 기업의 공급망 내의 내부 수평 기술 협력이 4가지 협력 유형 중

가장 많이 활용하고 있음을 알 수 있었다. (40.3%)

3. 특허 협력 커뮤니티의 분석

이번 장에서는 “RQ 2. 차량용 반도체 산업의 공동 특허 네트워크 내에서 협력 커뮤니티는 어떻게 형성되고 발전해 왔는가?”를 분석하기 위해 22,342건의 공동 특허를 기반으로 한 공동 특허 네트워크를 사용하여 차량용 반도체 기술 업계의 40개 기업 간의 협력 관계를 탐색하기 위해 커뮤니티 분석을 실시했다. 특허 분석 기간 12년을 2010-2013년 (제 1기간), 2014-2017 (제 2기간), 2018-2021 (제 3기간) 등 4년씩 3개의 기간으로 나누어 빠른 기술 변화가 일어나는 차량용 반도체 공동 특허의 협력 활동의 변화를 추적하였다. 공동 특허 네트워크를 시각화하기 위해 특허 등록자인 노드는 원으로 표시되며, 노드 사이에 예지는 기업 간의 공동 특허를 나타낸다.

이러한 네트워크의 커뮤니티 분석을 위해 공동 특허의 경우 첫 번째 출원인에서 두 번째 출원인까지의 단일 방향 예지에 가중치를 1로, 3개 회사 공동 특허의 경우 첫 번째 출원인에서 다른 출원인까지의 두 방향 예지에 각각 1/2의 가중치를 부여하였다. 이 원칙을 확장하여 N개의 회사가 관련된 공동 특허의 경우, 첫 번째 출원인으로부터 나머지 (n-1) 출원인까지 (n-1)개의 방향성 예지가 설정되며, 각각 1/(n-1)의 가중치가 부여된다. 이러한 가중치와 방향성은 첫 번째 출원인의 out-degree 값을 통해 첫 번째 출원인 노드가 출원한 공동 특허 수를 정확히 반영하고 두 번째 출원인부터 (n-1)번째 출원인까지의 in-degree 값을 모두 합했다. 이를 통해 첫 번째 출원인의 out-degree 값과 같은 커뮤니티 노드끼리 창출한 공동 특허 건수가 얻어진다. 공동 특허 네트워크의 시각적 표현에서 서로 다른 색상은 Lambiotte의 (2009)가 Gephi 소프트웨어에서 제안한 모듈성 클래스 알고리즘에 따라 결정된 커뮤니티를 각각 구분하는 용도로 사용된다[31]. 이 알고리즘은 공동 특허 네트워크 내에서 모듈성 지수를 기반으로 커뮤니티를 최적으로 분할할 수 있게 해준다.

다음에는 그림 4, 5, 6과 표 8, 9, 10은 2010년부터 2021년까지 12년동안을 4년마다 3개의 기간으로 나누어 공동특허 네트워크 분석을 통해 각 시기별로 가장 큰 7개의 커뮤니티를 찾아 커뮤니티를 중심으로 기업 간 관계와 파트너십을 살펴보았다. 그림 4와 표 8은 2010~20

13년까지 제 1기간의 공동 특허 네트워크를 분석하여 각각 다른 색상으로 7개의 커뮤니티 분석을 수행하였다.

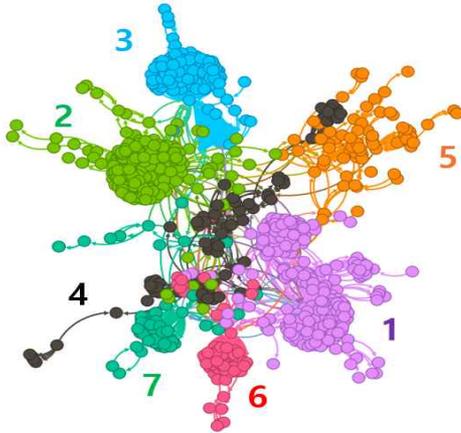


그림 4. 제 1기간의 네트워크 그래프 (2010~2013년: 4년)
Figure 4. Network graph in period-1 (2010~2013: 4years)

주요 커뮤니티와 협력 관계 분석(공동특허)

커뮤니티	Modularity	노드수	Weighted out-degree	Weighted in-degree	상위 4개 회사
1	7.69%	262	1,299	1,315.8	도요타 자동차*(+346, -565.1), 덴소(+289, -269.9), 아이신 AW 인더스트리(+68, -4.8), 아이신 세이키(+68, -57.5)
2	5.93%	203	866	860.3	삼성전자*(+400, -376.6), 연세대(+61, -31.5), KAIST (+52, -0.0), 혼다자동차(+30, -19)
3	3.64%	124	1,040	1,044.8	기아자동차*(+614, -175.4), 현대자동차 (+290, -765.8), 한국전자기술원(+6, -1), GS Yuasa International (0, -17)
4	2.29%	78	348	325.3	글로벌 파운드리*(+77, -57.6), IBM (+76, -87.3), 르네사스(+46, 0), NEC (+14, 0)
5	2.11%	72	159	156	GM Global 기술운영 LCC*(+37.0), 포드자동차 (+25, -5.5), BMW (+18, -5.8), NASA (+13, -5)
6	2.03%	69	224	227	닛산 자동차*(+98, -108), JATCO (+52.0), 나고야 대학 (+9, -1), Clarion (+7, -5)
7	1.94%	66	168	171.3	파나소닉*(+41, -82), TSMC(+26, -12.5), 파나소닉 Liquid Crystal Display (+20.0), IMEC (+14, -15.5)
Sum	25.63%	874	4,104	4,100.56	1. Weighted out-degree는 제 1출원인을 의미하며 "+"로 표기 2. Weighted in-degree는 제 2출원인 이상을 의미하며 "-"로 표기
Total		1,122	5,828	5,828	

표 8. 제 1기간의 주요 커뮤니티의 분석(2010~2013년: 4년)
Table 8. Major community analysis in period-1: 2010~2013 : 4years)

표 8에서 "+ 숫자"로 표시한 weighted out-degree는 해당 노드가 첫 번째 출원인으로 등록된 공동 특허 건수를 나타내며, "- 숫자"로 표시한 weighted in-degree는 해당 노드가 첫 번째 출원인이 아닌 두번째 출원인 이상의 공동 특허 기여 건수를 공동 출원인 수로 균등 배분하여 합산한 건수를 나타낸다.

표 8의 2010년부터 2013년까지의 제1기간에는 공동 특허 네트워크 내 총 노드 1,122개 중 77.9%인 874개의 노드를 보유한 7개 커뮤니티가 식별되었다. 이들 7개 커뮤니티의 가중치를 적용한 총 공동 특허 건수는 4,104건으로 이 기간 동안 5,828건의 공동 특허 중 70.42%를 차지했다. 가장 큰 커뮤니티는 도요타 자동차(+346), 덴소(+289), 아이신 AW 인더스트리(+68), 아이신 세이키(+68)가 주도하는 보라색으로 표시된 커뮤니티로 262개의 노드와 1,299개의 공동 특허를 포함하며 주로 완성차 제조 산업과 자동차 부품 산업이 주축을 이루고 있다.

커뮤니티 1번 이외에도 완성차 제조 산업이 허브 역할을 하는 3개의 커뮤니티가 추가로 존재하는데, 커뮤니티 3번 (허브: 기아자동차)과 커뮤니티 5번 (허브: GM글로벌 테크놀로지 오퍼레이션 LCC), 커뮤니티 7번 (허브: 닛산 자동차) 등이 있다. 이러한 커뮤니티는 각 네트워크 내에서 공동 특허 협력 활동을 통한 혁신을 촉진하는데 있어 이들 완성차 제조 산업이 허브 기업으로서 중추적인 역할을 하고 있음을 나타낸다.

반대로, 완성차 제조 산업 이외의 커뮤니티는 삼성전자가 커뮤니티 2번을, 글로벌 파운드리가 커뮤니티 4번, 파나소닉이 커뮤니티 6번을 이끌고 있다. 커뮤니티 2번에 속해있는 삼성전자와 커뮤니티 4번을 이끄는 글로벌 파운드리는 종합 반도체 하위 부문에 속한다. 이러한 커뮤니티는 전통적인 자동차 공급망을 넘어선 기술 협력의 다양성을 보여준다.

그림 4와 표 8에서 주목할 점은 커뮤니티 3번에서의 기아 자동차의 역할이다. 기아 자동차(+614)는 현대자동차의 자회사임에도 불구하고 현대자동차(+290)에 비해 공동 특허 활동에서 더 중요한 플레이어로 부상하고 있으며 이는 커뮤니티 내에서 기아자동차의 강력한 참여와 영향력을 시사한다.

그림 5와 표 9는 2014년부터 2017년까지 제 2기간의 공동 특허 네트워크를 분석하여 각각 다른 색상으로 7개의 커뮤니티 분석을 수행하였다.

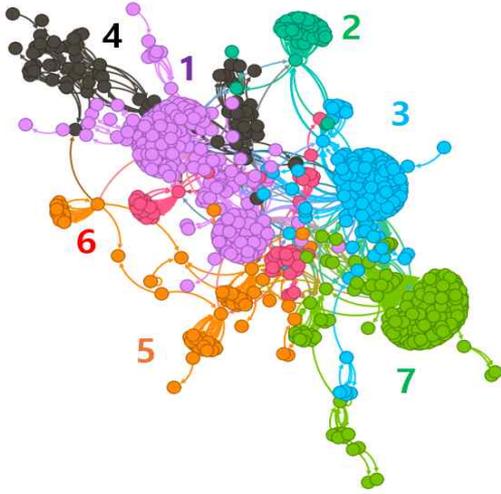


그림 5. 제 2기간의 네트워크 그래프 (2014년~2017년: 4년)
 Figure 5. Network Graph in period-2 (2014~2017: 4years)

주요 커뮤니티와 협력 관계 분석(공동특허)

커뮤니티	Modularity	노드수	Weighted out-degrees	Weighted in-degrees	상위 4개 회사
1	7.99%	270	1,701	1,674.8	도요타자동차* (+656, -640.3), 파나소닉(+76, -32.5), JTEKT(+53, -2), 도요타 지도소키(+47, -1.8)
2	6.60%	223	2,456	2,558.0	현대 자동차 (+2,250, -115.7), 기아자동차 (+61, -1900.3), 현대 America Technical Center (+40, -5), Intel (+25, 8)
3	5.12%	173	1,068	947	삼성전자(+827, -139), 삼성SDI(+93, -235.5), KAIST (+29, 0), California 대학(+5, -22.5)
4	2.22%	75	663	654	IBM (+249, -72.5), Globalfoundries (+63, -223.3), ST마이크론(+56, -12), CEA (+38, -7)
5	1.89%	64	141	126	히웨이 (+50, -4), 도요타자동차유럽(+27, -1), BMW (+15, -10.5), Futurewei Technologies (+13, 0)
6	1.69%	57	159	111.2	GM Global 기술운영 LLC (+64.0), 도요타 자동차 Engineering & Manufacturing North America (+62, -8), GM 자동차 (+9, -8), 미시건대학(+5, -11)
7	1.42%	48	310	341.5	Robert Bosch (+124, -2,285), Robert Bosch Tool Cor. (+93, -8), Bosch Battery System (+30, 0), Robert Bosch Automotive Steering (+15.0)
Sum	26393%	910.00	6,498.00	6,412.50	2. Weighted out-degree는 제 1출원인을 의미하며 "+"로 표기
Total		1,097	7,310	7,310	2. Weighted in-degree는 제 2출원인 이상을 의미하며 "-"로 표기

표 9. 제 2기간의 주요커뮤니티의 분석(2014년~2017년: 4년)
 Table 9. Major community analysis in period-2 (2014~2017: 4 years)

표 9에 제2기간인 2014-2017년 동안 표시된 것처럼 910개의 노드로 구성된 7개 커뮤니티 (해당 기간의 공동 특허 네트워크 전체 1,097개 노드의 82.95%)가 확인되었다. 이 7개 커뮤니티의 가중치를 합친 out-degrees는 6,498개로, 이들 커뮤니티에서 생성된 전체 공동 특허 (7,310개)의 88.89%를 차지한다.

첫 번째 기간과 마찬가지로 도요타 자동차, 텐소, 아이신 세이키, 텐소 인터내셔널 아메리카가 주도하는 보라색으로 표시된 커뮤니티 1번은 270개의 노드와 1,701개의 공동 특허 (out-degrees 합계)를 보유한 최대 커뮤니티로 부상했으며 주로 완성차 제조 산업과 자동차 부품 산업으로 구성되어 있다. 7개 커뮤니티 중 4개 커뮤니티는 완성차 제조 산업과 자동차 부품 산업이 허브 노드로서 커뮤니티 1번 (허브: 텐소), 커뮤니티 2번 (허브: 현대자동차), 커뮤니티 5번 (허브: GM글로벌 기술 운영 LLC), 커뮤니티 7번 (허브: Robert Bosch)을 주도했다. 반면에 커뮤니티 3번 (허브: 삼성전자), 커뮤니티 4번 (허브: IBM), 커뮤니티 6번 (허브: 화웨이) 등 3개 커뮤니티는 비자동차 허브가 주도했다.

두 기간의 7개의 커뮤니티를 비교했을 때 5개 커뮤니티의 구성은 크게 변하지 않았다. 다만, 제 1기간에 일본에 기반을 둔 닛산자동차와 관련 기업 주도했던 커뮤니티 6번은 화웨이와 화웨이의 R&D 자회사인 퓨처웨이 테크놀러지스 (Futureway Technologies)와 도요타 자동차 유럽, BMW 등 유럽 기반 자동차 회사가 포함된 커뮤니티 5번으로 대체되었다. 제 1기간의 파나소닉과 관련된 커뮤니티는 제 2기간에 Robert Bosch와 그 관련 회사인 Robert Bosch Tool Cooperation과 Robert Bosch Automotive Steering은 노드가 48개에 불과하지만 310개의 공동 특허(out-degrees의 합)로 구성된 7번째의 공동 특허 커뮤니티를 형성하였다.

그림 5와 표 9는 흥미로운 사실을 추가로 보여준다. 예를 들면, 커뮤니티 2번의 중심 노드인 현대자동차는 제1기간에서 공동 특허 활동을 크게 강화하여 공동 특허를 290건 등록한 것에 비해 제2기간에서는 첫 번째 출원인으로서 2,250건의 공동 특허를 등록했다. 또한, 현대 자동차는 공동 특허 네트워크 내 weighted out-degrees (+2,250)가 weighted in-degrees (-115.7)를 넘어서는 등 공동 특허 활동에서 비주도적 역할에서 주도적인 역할로 전환한 것으로 나타났다.

마지막으로, 그림 6과 표 10은 2018년부터 2021년까지

지 제 3기간의 공동 특허 네트워크를 각각 다른 색상으로 7개의 커뮤니티 분석 결과를 보여준다.

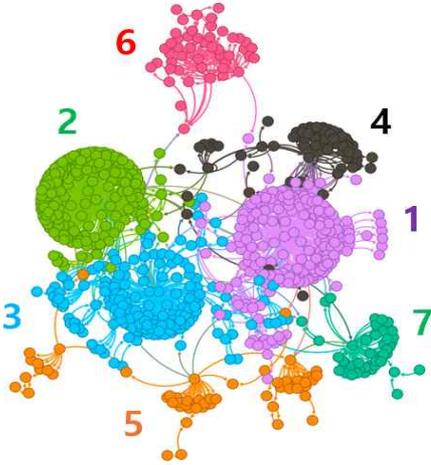


그림 6. 제 3기간의 네트워크분석 (2018년~2021년: 4년)
Figure 6. Network analysis in period-3 (2018~2021: 4years)

주요 커뮤니티와 협력 관계 분석(공동특허)

커뮤니티	Modularity	노드수	Weighted out-degrees	Weighted in-degrees	상위 4개 회사
1	6.86%	227	1,212	1,191.5	도요타자동차* (+636,-640.3), 파나소닉(+76,-32.5), JTEKT(+53,-2), 도요타 지도쇼키(+47,-1.8), 현대자동차*(+4913, -9.2), 현대모비스(+28,-4.5), 기아자동차(+4,-4.588), 상관관대(+1,-845)
2	6.28%	208	4,960	5,031.5	삼성전자*(+746, -27.75), LG디스플레이(+51.0), 도요타 연구소(+1,-28), 삼성SDI(+15,-145)
3	5.23%	173	905	829.8	삼성전자(+258, -443.5), 덴소 인터네셔널 아메리카(+163,-2), 소켄 (+20, -6), 혼다 자동차 (+6, -9)
4	2.11%	70	492	528.9	하웨이(+51, -1), 하웨이 Technologies (+19.0), BMW(+12, -16), 하웨이 Technologies Canada (+7,-1)
5	1.69%	56	116	115	ST마이크론*(+78,-9.3), ST마이크론 Grenoble2 SAS(+68,-26), ST마이크론 Rousset SAS (+29,-9.8), ST마이크론 Crolles (=22,-4.5)
6	1.42%	47	311	312.8	Robert Bosch*(+82, -93), Bosch Tool Corporation (+15, 0), Bosch Automotive Service Solutions (+10, 0), Bosch Battery Systems (+10, 0)
7	1.36%	45	150	170.5	3. Weighted out-degree는 제 1출원인을 의미하며 "-"로 표기
Sum	24.95%	826	8,146	8,180	2. Weighted in-degree는 제 2출원인 이상을 의미하며 "-"로 표기
Total		1,026	9,204	9,204	

표 10. 제 3기간의 주요 커뮤니티의 분석 (2018~2021년: 4년)
Table 10. Major community analysis in period-3 (2018~2021 : 4years)

표 10의 제 3기간에는 82개 노드로 구성된 7개 커뮤

니티 (공동 특허 네트워크의 전체 1,026개 노드 중 80.51%)가 확인되었다. 이러한 커뮤니티의 weighted out-degrees는 8,146개로 전체 9,204개의 공동 특허 중 88.5%를 차지한다. 이전 기간과 마찬가지로 도요타 자동차, 아이신 세이키, 아이신 AW 산업, 도요타 지도쇼키가 주도하고 보라색으로 구분되는 커뮤니티 1번은 227개의 노드와 1,212개의 공동 특허를 보유한 가장 큰 커뮤니티로 부상했으며, 주로 완성차 제조 산업과 자동차 부품 산업이 참여하고 있다.

7개 커뮤니티 중 4개는 완성차 제조 산업 또는 자동차 부품 산업이 주도했다. 이들 4개 커뮤니티는 커뮤니티 1번 (허브: 도요타 자동차), 커뮤니티 2번 (허브: 현대자동차), 커뮤니티 4번(허브: 덴소), 커뮤니티 7번 (허브: Robert Bosch) 등이다. 특이한 것은 덴소가 도요타 자동차의 커뮤니티에서 분리되어 독자적으로 한 커뮤니티 4번을 이끌고 있다는 것이다. 커뮤니티 7번도 Robert Bosch를 중심으로 한 자동차 부품 산업만의 협력 관계를 보여주고 있어 제3기간에는 자동차 부품 기업의 역할이 강조되었음을 알 수 있었다.

반면에 커뮤니티 3번 (허브: 삼성전자), 커뮤니티 5번 (허브: 화웨이), 커뮤니티 6번 (허브: ST마이크론) 등 자동차 관련 기업이 허브가 아닌 커뮤니티가 세 개 등장했다. 제2기간과 제3기간 사이의 5개 커뮤니티에서 일관성이 관찰되었지만, 초기에는 닛산자동차와 파나소닉이 주도했던 커뮤니티 6, 7번이 제3기간에는 덴소, 덴소 인터네셔널 아메리카, 소켄, 혼다 자동차 (커뮤니티 4번)와 화웨이, 화웨이 테크놀로지, BMW(5번), Robert Bosch와 Bosch Automotive Service Systems (커뮤니티 7번)이 주도하는 새로운 구성으로 바뀌었다.

분석 결과를 정리해보면, 12년 3개의 기간 동안 차량용 반도체 산업 기술에 관한 커뮤니티 분석을 전 구간에서 비교한 결과, 다음과 같은 커뮤니티 협력의 경향을 발견할 수 있었다. 첫째, 7개 커뮤니티의 노드 수는 874개에서 910개, 826개로 약간 감소 추세이지만, 전체 네트워크의 공동 특허 건수는 제1기간 5,828개에서 제2기간 7,310개에서 제3기간 9,204개로 꾸준히 증가했다. 이들 커뮤니티 내 공동 특허의 비중은 7.42%에서 88.89%, 88.50%로 증가해 주요 커뮤니티 내 공동 특허 집중도가 꾸준히 증가하는 것으로 나타났다.

둘째, 모든 기간에 걸쳐 이전에는 차량용 반도체의 특허 활동의 리더가 아니었던 자동차 관련 산업의 기업

들이 공동 특히 네트워크에서 허드 노드의 역할을 맡고 있음을 알수 있었다. 완성차 제조 산업과 자동차 부품 산업이 허드 노드로 참여한 커뮤니티는 제1기간에는 5개에서 제2기간에는 4개로 감소했다. 특히, 글로벌 자동차 업계의 저명한 기업인 도요타 자동차와 테스가 주도하는 커뮤니티 1번은 모든 기간을 통틀어 가장 큰 커뮤니티를 유지하고 있다. 전체 노드 중 제1기간은 23.3%, 제2기간은 28.8%, 제3기간은 20.0%의 참여율을 기록했다. 마찬가지로, 이 커뮤니티에서 생성된 공동 특유의 비율은 해당 기간에 등록된 전체 공동 특허 중 제1기간은 22.3%, 제2기간은 23.3%, 제3기간은 13.2%를 차지했다. 반대로 아마존, 애플, 구글과 같은 주요 정보 기술 기업은 단일 특허 활동에서 두드러졌지만, 공동 특허 네트워크 커뮤니티의 중심 노드는 아니었으며, 화웨이가 유일한 예외였다.

셋째, 2010년대 초반에는 도요타, 현대자동차, GM, 닛산 자동차를 중심으로 하고, 삼성전자, 글로벌 파운드리, 파나소닉 등 반도체 업체를 중심으로 이분화되어 협력 관계가 형성되었다. 그러나, 2010년대 중후반에는 테스, Robet Bosch와 같은 자동차 부품 산업들이 커뮤니티 1번과 7번의 중추적인 세력으로 부상하면서 완성차 업체의 영향력에서 벗어나 공동 특허 활동이 급증하고 있음을 알수 있었다. 특히, 도요타 자동차 엔지니어링 및 북미 제조 자회사는 테스 인터내셔널 아메리카와 함께 주로 미국을 중심으로 해외 자회사를 통한 공동 특허 활동에 주력하면서 이러한 커뮤니티를 주도하고 있다. 이는 전기차 및 자율 주행차로의 전환과 함께 차량용 반도체 분야가 확대되면서 자동차 부품에 전문성을 보유한 자동차 부품 산업들이 외부 기술 활용에 나서기 시작했다고 판단된다. 이러한 전략적 움직임은 차량용 반도체와 센서 기술의 혁신을 촉진하는 동시에 지속적인 변화 속에서 경쟁 우위를 확보하기 위한 수단으로 해석된다.

넷째, 차량용 반도체 공동 특허 네트워크 내 기술 협력 구조는 지역 협력의 패턴을 반영하고 있다. 이는 자동차 및 반도체 산업의 고유한 특성에서 크게 영향을 받은 것으로 완성차 제조 산업이 주도하는 커뮤니티는 인접 지역인 미국, 유럽, 일본, 한국, 중국 간의 기술 협력 경향을 강하게 반영하고 있다. 기존 연구에 따르면 완성차 제조 회사 간의 이러한 기술 협력은 주로 지역적 특성에 의해 형성되며, 경제적, 역사적, 언어적 고려

사항으로 인해 같은 지역 출신 그룹 내에서 더 강한 유대감을 나타낸다[43]. 반면, IBM이나 글로벌 파운드리와 같은 비자동차 기업이 조율하는 커뮤니티는 지리적으로 덜 집중되고 기술 지향적인 접근 방식을 보여주었으며, 전 세계 여러 지역의 다양한 기업, 연구 기관, 대학과 기술 협력 활동을 통한 공동 특허 활동을 진행하고 있다.

다섯째, 화웨이는 다른 정보 기술 산업 기업들과는 대조적으로 공동 특허 네트워크 내에서 주목할 만한 활동을 보이며 제2구간에서 5번째로 큰 커뮤니티 허브가 되었고, 제 3구간에도 5번째로 큰 커뮤니티 허브로 지속 성장하고 있다. 이는 화웨이가 최근 전기 자동차 부문에서 보여준 강력한 발전과 맞물려 기술 환경 내에서 뚜렷한 전략적 포지셔닝을 보여주고 있다는 사실로 설명이 가능하다.

V. 결론

우리는 2010년부터 2021년까지 12년 동안 40개 기업의 특허 데이터를 활용하여 차량용 반도체 기술 분야에서 기업 간 및 산업 간 기술 협력 활동의 패턴을 분석·조사하였다. 이 연구는 다음과 같은 학문적 공헌을 하였다.

첫째, 기존 연구는 기업 차원에 초점을 맞추었다면, 이번 연구는 5개의 산업군으로 조사 범위를 넓혀 차량용 반도체 기술이 융합적 특성을 갖고 있다는 것을 규명했다. 분석 대상을 완성차 제조 산업, 자동차 부품 산업, 차량용 반도체 산업, 종합 반도체 산업, 정보 기술 산업 등을 모두 포함하여 기술 협력 활동을 분석하여 이들 간의 산업 융합적 협력 활동을 밝혔다. 특히 산업별로 공동 특허 점유율과 공동 특허 증가율을 분석한 결과, 완성차 제조 산업과 정보 기술 산업 분야가 협력의 리더로 부상한 것으로 나타났다.

둘째, 이 연구에서 특허 출원인을 모기업과 자회사로 분류한 후 하나의 기업 그룹으로 통합하여 분석하는 방법을 통해 그동안 밝혀지지 않은 기업 그룹 간의 협력 활동을 밝혀주었다. 40개 기업은 421,802건의 단독 특허를 보유하고 있으며, 모기업이 357,461건(84.7%)을, 자회사가 64,341건(15.3%)을 보유하고 있다. 모기업과 자회사의 단독 특허 분포를 분석한 결과, 전통적인 자동차 산업의 주체인 차량용 반도체 산업은 전체 특허의

31.8%를 자회사에 의존하고 있어 다른 4개 산업보다 훨씬 높은 것으로 나타났다. 이 결과는 차량용 반도체 업체가 자회사를 전략적으로 활용해 특허를 획득하고 핵심 역량을 넘어 첨단 차량용 반도체 기술을 확보하고 있다는 것을 나타낸다.

셋째, 공동 특허를 분석한 결과 세부 산업 간의 중요한 차이점이 발견되었다. 특히 데이터에 따르면, 완성차 제조 산업과 자동차 부품 산업은 공동 특허 비율이 각각 20.9%와 8.2%로 전체 산업 부문의 비율인 5.0%에 비해 상당히 높은 것으로 나타났다. 특히, 완성차 제조 산업은 기업 간 및 기업 내 기술 협력에 전략적으로 참여하여 차량용 반도체 기술 확보의 입지를 강화하고, 외부 파트너십과 내부 역량을 연계하는 전략을 보여 주었다.

넷째, 본 연구에서는 기업 간 공동 특허를 내부, 외부, 수직, 수평 협력으로 분류한 후 이를 각각 외부-수직(EV), 외부-수평(EH), 내부-수직(IV), 내부-수평(IH)으로 조합하여 기업 간 공동 특허의 기술 협력 패턴을 분석하였다. 조사 결과, 외부 기술 협력의 비율은 54.8%로 내부 기술 협력의 45.2%보다 높았고, 수직적 기술 협력과 수평적 기술 협력은 각각 29.9%와 70.1%를 차지했다. 특히, 내부 수평적 기술 협력인 IH 기술 협력은 40.3%로 가장 큰 비중을 차지해, 차량용 반도체 기술 분야에서 내부 정보 보호 및 개발 프로세스의 효율을 극대화하기 위한 공동 특허 활동이 활발하게 이루어지고 있음을 알 수 있었다.

마지막으로 네트워크 분석 중 커뮤니티 분석을 적용하여 22,342건의 공동 특허를 기반으로 공동 특허 네트워크의 커뮤니티 구조와 변화 패턴을 분석했다. 이와 같은 분석 결과, 각 기간의 지배적인 커뮤니티는 지역적 협력과 자동차 공급망을 반영한다는 사실을 발견할 수 있었다. 전체 연구 기간을 세 개의 구간으로 나누어 각 커뮤니티의 허드 노드를 식별하고 역할과 가중치를 추론하여 차량용 반도체의 기술 협력 과정과 공동 특허 활동의 실제 현황을 파악했다. 또한, 12년 동안 세 개의 구간으로 나누어 커뮤니티의 변화를 추적하여 커뮤니티 구조 변화를 분석하여 흥미로운 사실을 밝혔다.

우리의 연구는 기업 및 산업의 이해 관계자들에게 다음과 같은 기업 경영 측면의 시사점을 제공한다. 첫째, 차량용 반도체에 관련된 5개 산업의 글로벌 리더 기업 40개를 선정하여 특허 활동을 분석한 결과, 이들

은 각각 뚜렷한 기술 강점을 바탕으로 공동 특허 창출에 기여하고 있음을 보여주었다. 특히 이들 리더 기업들은 강점 분야의 특허 창출 역량을 강화하는데 집중하고, 취약 분야는 자신들만의 역량으로는 변화하는 시장 상황을 따라 갈 수 없기에 외부 기업, 연구소, 학계 등과 기술 확보를 위한 공동 연구 활동, 기술 협력, 인수 합병 등을 고려해 급성장하는 차량용 반도체 기술을 확보하는 노력을 통하여 지난 12년 간 충분한 성과를 내었다고 평가된다. 따라서 차량용 반도체 특허를 확보하고자 하는 기업들은 자신들의 역량 개발도 중요하지만 이러한 차량용 반도체 기술의 선두 주자들과의 협력을 적극적으로 고려해야 할 것이다.

둘째, 이번 연구로 완성차 제조 산업과 정보 기술 산업은 차량용 반도체의 공동 특허 점유율과 성장률이 크게 개선된 것이 확인되었다. 따라서 차량용 반도체처럼 신기술이면서 융합적인 기술에 대해서는 기존 시장의 플레이어들은 초기에 적절한 파트너를 선정하여 빠른 시간에 해당 기술의 협력 성과를 지속적으로 확대하는 것이 필수적이다. 본 연구에서 소개한 2차원 특허 맵은 특허 점유율, 특허 성장률과 같은 다양한 특허 지표를 통해 개별 기업의 경쟁력을 평가할 수 있게 해주는 수단이므로 관련 기업의 특허 협력 전략 수립에 도움을 줄 수 있을 것이다.

본 연구의 한계점은 다음과 같다. 첫째, 본 연구는 전 세계 자동차 시장을 선도하는 미국에서 등록된 차량용 반도체 특허에 초점을 맞추었고 전기 자동차 개발의 강자로 떠오른 중국의 국내 특허를 반영하지 않았다. 중국의 경우 특허 보조금, 국가 지원 등과 같은 중국 정부의 개입으로 자국의 생산력과는 달리 특허의 산출과 기술적, 상업적 가치도 떨어져 있다는 학계의 평가가 존재한다. 따라서 본 연구는 전 세계를 대상으로 특허 기술력을 평가하는데 널리 쓰이는 미국 특허를 기반으로 연구를 수행하였다. 최근 중국 기업의 전기차 제조 및 판매가 급증하고 있는 만큼 향후 연구에서는 미국 특허만이 아닌 다양한 국가의 특허를 포함하는 것을 고려할 수 있을 것이다.

둘째, 공동 특허는 출원 후 공동 특허를 통한 기술 협력의 정도를 객관적인 지표를 제공함으로써 기업 간 기술 협력을 검토하는데 중요한 지표로 활용될 수 있다. 그러나, 공동 특허만으로는 기술 협력 노력을 종합적으로 파악하기 어려울 수 있다. 향후 연구에서는 제

품 공동 개발, 합작 투자, 공동 R&D 결과, 경제적 교류 활동 등 다른 기술 협력과 함께 차량용 반도체 부문의 경제적 관점의 협력 활동을 분석하여 기업 간의 협력의 효과를 검증하는 연구도 가능할 것이다.

References

- [1] D. Parekh, N. Poddar, A. Rajpurkar, M. Chahal, N. Kumar, G. P. Joshi and W. Cho, “A Review on Autonomous Vehicles: Progress, Methods, and Challenges,” *Electronics*, Vol. 11, No. 14, pp. 2162, 2022. DOI: <https://doi.org/electronics>
- [2] Jae-Young Ji, Jae-Hee Kim and Kwang-Hee Han. “Effects of Safe Status Notifications in Autonomous Vehicles on Situational Awareness and Driving Performance during Control Transition,” *The Journal of the Convergence on Culture Technology (JCCT)*, Vol. 7, No. 4, pp. 641–652, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1773/JCCT>
- [3] A. Ahmad, “Automotive semiconductor industry—trends, safety and security challenges. In *2020 8th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions)(ICRITO)* pp. 1373–1377, IEEE, 2020.
- [4] D. Holbrook, M. W. Cohen, D. A. Hounshell and S. Klepper, “The Nature, Sources, and Consequences of Firm Differences in the Early History of the Semiconductor Industry,” *Strategic Management Journal*, Vol. 21, No. 1011, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1002/1097-0266>
- [5] V. Prasanth, D. Foley and S.Ravi, “Demystifying Automotive Safety and Security for Semiconductor Developers,” In *2017 IEEE International Test Conference*. pp. 1–10, IEEE, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1109/TEST.2017.824>
- [6] B. Frieske and S. Stieler, “The “Semiconductor crisis” as a Result of the COVID-19 Pandemic and Impacts on the Automotive Industry and its Supply Chains,” *World Electric Vehicle Journal*, Vol. 13, No. 10, pp. 189, 2022.
- [7] D. Parekh, N. Poddar, A. Rajpurkar, M. Chahal, N. Kumar, G. P. Joshi and W. Cho, “A Review on Autonomous Vehicles: Progress, Methods, and Challenges,” *Electronics*, Vol. 11, No. 14, pp. 2162, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3399/electronics>
- [8] I. Husain, B. Ozpineci, M. S. Islam, E. Gurpinar, G. J. Su, W. Yu and R. Sahu, “Electric Drive Technology Trends, Challenges, and Opportunities for Future Electric Vehicles,” *Proceedings of the IEEE*, Vol. 109, No. 6, pp. 1039–1059, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1109/JPR>
- [9] *OECD Patent Statistics Manual*, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264056442-en>
- [10] B. Fabry, H. Ernst, J. Langholz and M. Koster, “Patent Portfolios Analysis as a Useful Tool for Identifying R&D and Business Opportunities - An Empirical Application in the Nutrition and Health Industry,” *World Patent Information*, Vol. 28, No. 3, pp. 215–225. 2006.
- [11] H. Ernst, “Patent Portfolios for Strategic R&D Planning,” *Journal of engineering and technology management*, Vol. 15, No. 4, pp. 279–308, 1998. <https://doi.org/10.1016/S0923-4748>
- [12] D. Verhoeven, J. Bakker and R. Veugelers, “Measuring Technological Novelty with Patent-based Indicators,” *Research Policy*, Vol. 45, No. 3, pp.707–723, 2016.
- [13] A. Lyyra, K. Koskinen, C. Sørensen and T. Marion, “Tethered Architectures in Cyber-Physical System Development: The Case of Tesla’s Autopilot System,” *Available at SSRN 4515061*. 2003. DOI: <http://doi.org/10.2139/>
- [14] S. J. Min, S. S. Choi, H. S. Chun, and S. M. Kim, “Case Analysis on R&D Collaboration and Implications in Semiconductor Industry,” *Electronics and Telecommunications Trends*, Vol. 38, No. 4, pp. 25–35, 2023.
- [15] M. Kim, “Drivers and Outcomes of University-Industry Cooperation Networks in Korea,” *Public Policy Research*, Vol. 40, No. 3, pp. 57–77, 2023. DOI: <http://doi.org/10.33471/ILA>
- [15] H. Chesbrough, “The Logic of Open Innovation: Managing Intellectual Property,” *California management review*, Vol. 45, No. 3, pp. 33–58, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1177/00081>
- [16] R. Righi, S. Samoilii, M. L. Cobo, M.V.P. Baillet, M. Cardona and G. De Prato, “The AI Techno-economic Complex System: Worldwide landscape, Thematic subdomains and Technological collaborations,” *Telecommunications Policy*, Vol. 44, No. 6, pp. 101943, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2>
- [17] Jung-Hwan, Lee and Sung-Hwan, Jang, “Analysis of Artificial Intelligence Industry-Academica-Research Collaboration Network,” *Management Informatics Research*, Vol. 26, No. 2, pp.155–167, 2024.
- [18] H. Ernst, “Patent Information for Strategic Technology Management,” *World Patent Information*, Vol. 25, No. 2003, pp. 233, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0172-2190\(03\)00077](https://doi.org/10.1016/S0172-2190(03)00077)

- [19] L. J. Aaldering, J. Leker and C. H. Song, "Competition or Collaboration? - Analysis of Technological Knowledge Ecosystem within the Field of Alternative Powertrain Systems: A Patent-based Approach," *Journal of Cleaner Production*, Vol. 212, pp. 362-371, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.047>
- [20] J. Birkinshaw, N. Hood and S. Jonsson, "Building Firm Specific Advantages in Multinational Corporations: the Role of the Subsidiary Initiative," *Strategic Management Journal*, Vol. 19, No. 2003, pp. 221 - 242, 1998. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(1998](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(1998)
- [21] A. Aloui, N. Hamani, R. Derrouiche and L. Delahoche, "Systematic Literature Review on Collaborative Sustainable Transportation: Overview, Analysis and Perspectives," *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, Vol. 9, pp. 100291, 2021.
- [22] Huang, Y., Han, W., & Macbeth, D. K. (2020). The Complexity of Collaboration in Supply Chain Networks. *Supply Chain Management: An International Journal*, 25 (2003), 393 - 410. ISSN: 1359-8546. DOI: <https://doi.org/10.1108/SCM-11>
- [23] H. Bathelt and P. Cohendet, "The Creation of Knowledge: Local Building, Global Accessing and Economic Development—Toward an Agenda," *Journal of Economic Geography*, Vol. 14, No. 5, pp. 869-882, 2014.
- [24] M. Barratt, "Understanding the Meaning of Collaboration in the Supply Chain," *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 9, No. 1, pp.30- 42, 2004.
- [25] Naensens, Kobe, Ludo Gelders, and Liliane Pintelon. "A Swift Response Framework for Measuring the Strategic Fit for a Horizontal Collaborative Initiative." *International Journal of Production Economics*, Vol. 121, No. 2, pp. 550 - 61, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007>
- [26] V. Květoň and P. Horák, "Firms' Supply Chain Integration, R&D Collaboration, and Impact on Competitiveness: Evidence from Czechia," *Journal of the Knowledge Economy*, Vol. 15, pp. 5817-5840, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13>
- [27] H. Ernst, "Patent Portfolios for Strategic R&D Planning," *Journal of Engineering and Technology management*, Vol. 15 , No. 4, pp. 279 - 308, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1016/S0923>
- [28] B. N. Hwang and T. P. Lu, "Key Success Factor Analysis for eSCM Project Implementation and a Case Study in Semiconductor Manufacturers," *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 43, No. 8, pp. 657-683, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-03-2012-006>
- [29] R. Lambiotte and P. Panzarasa, "Communities, Knowledge Creation, and Information Diffusion," *Journal of Informetrics*, Vol. 3, No. 3, pp. 180-190, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2009>.
- [30] A. Arenas, J. Duch, A. Fernández and S. Gómez, "Size Reduction of Complex Networks Preserving Modularity," *New Journal of Physics*, Vol. 9, No. 6, pp. 176, 2007.
- [31] K. Kodirov, H. Lee and Y. S. Lee, "Block chain Technology as a Defense Mechanism Against Data Tampering in Smart Vehicle Systems", *In International Conference on Intelligent Human Computer Interaction*. pp. 20-25, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-03>
- [32] Yoon, Hye-Sun, Park, Eun-Young, Kim, Dong-Ki, & Cho, Geun-Tae, "A Comparative Study of Technological Competitiveness of Global AI Companies Using Patent and Paper Portfolio Analysis". *Journal of Technology Innovation Society*, Vol. 26, No. 6, pp.817-841, 2023. DOI: <https://doi.org/10.35978/jktis.2023.12.26>
- [33] WIPSON, Retrieved from <https://www.wipson>
- [34] G. Ahuja, "Collaboration Networks, Structural holes, and Innovation: A Longitudinal Study," *Administrative Science Quarterly*, Vol. 45, pp. 425 - 455, 2003. DOI: <https://doi.org/10.2307/266710>
- [35] C. Buerkle, F. Oboril and K. U. Scholl, "Towards Online Environment Model Verification," In 2020 IEEE 23rd International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)(pp.1-7). IEEE. 2020.
- [36] Hong, Hyung-deuk, "Analyzing the Changing Dynamics of Regional Innovation Systems and Innovation Clusters: Focusing on Triple Helix and Network Analysis", *Korean Journal of Public Management*, Vol. 37, No. 1, pp. 1-26, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.24210/kapm.2023>.
- [37] Paul van Gerven, "Tesla Starts Using In-house Developed Self-driving AI Chip", 2019, <https://bits-chips.nl/article/tesla-starts-usin>
- [38] L. Freeman, "The Development of Social Network Analysis," *A Study in the Sociology of Science*, Vol. 1, No. 687, pp.159, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.socnet.2005.06.004>
- [39] J. Hagedoorn, "Sharing Intellectual Property Rights—an Exploratory Study of Joint Patenting amongst Companies". *Industrial and Corporate*

- Change*, Vol. 12, No. 5, pp.1035-1050, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1093/icc/12.5>.
- [40] C. Haythornthwaite, "Social Networks and Internet Connectivity Effects," *Information, Community & Society*, Vol. 8, pp. 125 - 147. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1080/1369118050014>
- [41] A. Potter and M. Wilhelm, "Exploring Supplier - supplier Innovations within the Toyota Supply Network: A Supply Network Perspective," *Journal of Operations Management*, Vol. 66, No. 7-8, pp. 797-819, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1>
- [42] M. E. Newman, "Communities, Modules and Large-scale Structure in Networks," *Nature Physics*, Vol. 8, No. 1, pp. 25-31, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1038/nphys2162>
- [43] M. S. Neto, M. J. do Carmo, E. M. S. Ribeiro and W. V. G. da Cruz, "Corporate Ownership Network in the Automobile Industry: Owners, Shareholders and Passive Investment Funds," *Research in Globalization*, Vol. 2, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resglo.2020.100016>

<p>※ 이 논문은 대한민국 과학기술정보통신부(과기정통부)가 지원하는 한국연구재단(NRF) 지원 사업 (과제번호 2021R1F1A1063690)의 지원을 받아 수행되었습니다.</p>
