

완전 자율주행분야 미래선도품목의 특허동향 및 협력 네트워크 분석

이정환* · 김진용** · 조지혁*** · 김형석****

Analysis of Patent Trends and Cooperative Network of Future-leading Items in the Field of Autonomous Driving

Junghwan Lee* · Jinyong Kim** · Ji-hyuk Cho*** · Hyengsik Kim****

Abstract

In recent years, technological competition in the automobile sector is accelerating. This study analyzes the status of patents from a global perspective of three promising future items that Korea has selected as core technologies in the field of autonomous driving. And the technological cooperation ecosystem was identified through network analysis centered on scientific metrology. As a result of the analysis, it was confirmed that the growth of individual technologies has been strengthened in recent years, and although key source technologies have been largely preempted in major global countries, a close cooperative ecosystem between institutions, companies, and universities in major countries has not yet been formed. Specifically, the US and Japan have the technological leadership, while China is rapidly rising, and Korea is chasing after it as a latecomer. Therefore, it is necessary to continuously strengthen technological cooperation such as R&D of core technology to overcome technological limitations and strengthening of infrastructure construction, attracting excellent foreign talents and international exchanges. This analysis is meaningful in that it explores the global status of Korea's technology and the possibility of technological cooperation from various perspectives in the future from the viewpoint of preoccupation of future technology, rather than grasping the trend of a specific technology.

Keywords : Autonomous Driving, Cooperative Ecosystem, Network Analysis, Materials · Parts · Equipment, Patent

Received : 2022. 08. 16. Revised : 2022. 09. 27. Final Acceptance : 2022. 10. 06.

※ 이 논문은 충북대학교 국립대학육성사업(2022)지원을 받아 작성되었음

* First Author, Corresponding Author, Associate Professor, Chungbuk National University, Chungdae-ro 1, Seowon-Gu, Cheongju, 28644, Korea, Tel : +82-43-261-2355, e-mail: junghwan@chungbuk.ac.kr

** Co-Author, Director, Future Growth Policy Center, Korea Institute of Science & Technology Evaluation and Planning, e-mail: jykim@kistep.re.kr

*** Co-Author, Director, Division of Evaluation & Project Management, National Research Council of Science & Technology, e-mail: chojihyuk@nst.re.kr

**** Co-Author, Mater Course, Department of BigData Graduate School, Chungbuk National University, e-mail: khsean12@naver.com

1. 서 론

자동차 산업 패러다임이 미래차 중심으로 급격히 변화되는 가운데 우리나라는 완전자율주행 기술개발, 미래차 친화적인 사회시스템 구축, 미래차 생태계로 전환 등 세계시장 선점 전략을 발표하였다. 주요 기업들 역시 미래차 분야에 향후 10년간 60조 원 규모 투자계획을 발표 등 미래 자동차 산업의 주도권 확보를 위한 관심이 높아지고, 활발한 투자가 진행되고 있다[Ministry of Trade, Industry and Energy, 2020]. 특히 미래차 핵심 가운데 하나인 자율주행 분야는 우리나라 경쟁력이 세계 7위로 평가된다[Bank of Korea, 2021]. 이는 기술 수준에서 미국 대비 85.4%, 기술 격차는 1.4년으로 핵심기술력에서 양적·질적으로 선진국 대비 차이를 나타내고 있다[IITP, 2020].

본 연구는 자동차 분야 기술경쟁이 가속화되는 가운데 완전자율주행 분야 글로벌 특허¹⁾현황을 분석하고, 과학계량학(Scientometrics) 중심의 네트워크 분석을 통해 기술협력 생태계를 분석하고자 한다. 이 같은 분석은 특정 기술의 동향을 파악하는 수준이 아니라, 미래기술 선점 관점에서 향후 5년 이후 장기적 관점에서 유망기술에 대한 우리나라 기술의 글로벌 위상과 향후 다양한 관점의 기술협력 가능성을 모색하기 위함이다.

특히 3년 전 충분한 준비를 하지 못한 상황에서 일본의 소재수출규제(2019년 7월)를 경험하고 당시 누가 글로벌 공급망에서 핵심기술을 확보하고 있는지, 기술확보를 위해 어떤 R&D가 필요한지 등의 시행착오를 경험했던 사례(소부장 R&D 투자전략 및 혁신대책, 2019년 8월; 소부장 R&D 고도화 방안, 2020년 10월)를 고려하여 우리나라가 완전자율주행 분야의 핵심기술로 선정한 3개 미래유망품목 중심으로 특허 현황과 기술협력 네트워크를 파악하고자 한다. 이러한 연구는 단순 자율주행 특허 동향 조사연구, 제한적 기술 대상의 특허 분석, 국제특허분류(IPC) 코드 활용 협력 네트워크 분석 등의 기존 연구와 차별화된다[Kim and Lee, 2018; Baek and Kim, 2017; Lim et al., 2020].

완전자율주행 분야는 앞으로 몇 년 안에 시장에 큰

파괴적 혁신을 가져오고 우리 생활에 막대한 영향을 미칠 것이다. 따라서 전문적이고 독자적인 기술력을 보유한 글로벌 부품업체 또는 관련 기업과 협력이 중요해지고 있다[Lim et al., 2020]. 실제로 여러 완성차 업체들은 대외적으로 경쟁 관계에 있는 기업들과 전략적 제휴를 시도하거나, 경쟁력 확보를 위해 부품기업과의 기술협력 네트워크를 강화하는 추세이다[Baek and Kim, 2017]. 자원 준거 이론의 관점에 따르면 비용이 많이 들고 위험하거나 복잡한 연구개발 프로젝트일수록 기업은 더 활발한 기술협력을 수행하는 것으로 알려져 있다[Kim and Kim, 2013].

따라서 특허가 가지는 다양한 정보를 통해서 국가별, 세부 기술별로 기술개발 특성이 어떠한지, 어떤 기업이나 기관, 학교를 중심으로 기술협력 관계가 형성되어 있는지를 분석한다. 이를 통해 미·중간 기술경쟁 심화 속에서 기존의 소재부품장비 국산화를 넘어서 기술의 초격차 전략(2~3년)을 뒷받침하고, 향후 5년 이후 중장기 R&D를 선제적으로 대비하는데 본 연구결과를 활용하고자 한다.

2. 선행연구

2.1 완전자율주행 자동차

자율주행에서 사람의 '눈' 역할을 하는 핵심적 기술은 카메라(Camera), 레이더(Ladar), 라이다(LiDAR)이다[Hwang, 2020]. 카메라는 사물을 확인하고 색깔을 구별하는데 물체와의 거리는 파악하지 못하고 악천후나 밤에는 성능이 떨어지는 단점이 있다. 그래서 레이더는 전파를 쏘서 물체와 부딪힌 뒤 되돌아오는 속도로 사물을 감지하는 역할을 한다. 레이더 파장은 cm 단위인데, 전파의 경우 물체에 닿았을 때 흡수되는 정도가 작아서 외부환경 방해도 덜 받는다. 따라서 악천후에 강하고 거리를 잘 측정한다. 하지만 사물을 점으로만 인식해서 정밀성이 부족한 단점이 있다[Lee, 2016]. 이를 보완해 주기 위해 빛 탐지·범위 측정(Light Detection And Ranging)을 의미하는 라이다가 필요하다. 이 기술은 고출력 레이저 펄스를 발사해 레이저가 목표물에 맞고 되돌아오는 시간을 측정해서 스캔한다. 초당 수백만 개에 달하는 레이저 빔을 통해 사물 간 거리나 형태를 나노미터(1nm=10억 분의 1m)까지

1) 특허문서는 출원인, 출원 날짜, 등록 날짜, 발명자, 발명의 명칭, 국제특허분류(international patent classification; IPC) 기호, 요약, 청구항, 그림, 도면, 인용정보 등 개발된 기술 정보가 포함.

파악할 수 있도록 한다. 이를 통해 레이더가 인식하지 못하는 사물까지 감지하는데, 라이다는 레이더에 비해 정밀성이 높아 자율주행에서 더욱 선호된다. 결국 직진성이 강한 1,550nm 근적외선을 이용함으로써 대상을 보다 정밀하게 인식할 수 있으며, 오차 범위가 mm~cm에 불과할 정도로 정밀 관측이 가능해진다(Hwang, 2019). 또한 라이다는 거리, 폭, 높낮이 정보까지 측정해서 대상을 3차원으로 인식한다. 레이저는 여러 갈래로 쪼개서 발사 가능한데 16, 32, 64개로 구분되는 레이저 채널 수가 높아질수록 세밀한 인식이 가능하여 도로 환경을 3D로 만드는데 유용하다. 하지만 라이다 역시 가까운 거리는 못 보고 사물의 정확한 형체까지 인식하지 못하는 단점도 있다. 이처럼 특정 기술이나 부품 하나에도 각각의 기능이 다르기 때문에 특정 기술에만 의존할 수는 없는 상황이다(Jung, 2020).

여기서 완전자율 주행을 위한 단계는 높아질수록 차량용 반도체, 전장용 마이크로컨트롤유닛(MCU), 전력반도체 역시 급증하고, 수없이 많은 주행시험 데이터를 수집하고 빅데이터 분석을 통해 상황 적응력을 스스로 갖추게 만드는 것이 중요한 기술이 된다(Num and Choi, 2018).

이와 같은 기술개발을 위해 글로벌 주요국은 제도적 지원 역시 강화하고 있다. 미국은 연방정부 차원에서 안전기준 중심으로 가이드라인을 제시했고, 주정부 차원에서는 도로교통 중심의 제도개선을 하고 있다. 일본은 유럽과 동등한 수준의 레벨3 자율주행차 안전기준을 도입했고, 2025년까지 레벨4 상용화를 위한 중장기 로드맵을 발표했다. 유럽은 2018년부터 자율주행차 관련 국제 안전기준 마련을 위한 전문가 그룹을 구성·운영해 2020년 레벨3 자율주행차 안전기준을 마련했다. 또한 유럽 도로운송연구 자문위원회(ERTRAC)는 '커넥티드 및 자율주행 로드맵'을 수립했다. 독일은 레벨4 자율주행차 상용화에 앞서 무인 자율주행 모빌리티 서비스 실증 및 운영이 가능하도록 도로교통법을 개정했다. 이를 바탕으로 자율주행차 상용화를 위한 기술개발은 빠르게 진행되고 있다(Jang et al., 2018; Park, 2020).

2.2 완전자율주행 분야 미래 선도 품목

우리나라는 2021년 5월 글로벌 공급망 재편에 대응

하여 공급망 안정화를 넘어 미래 공급망을 선점하는 선도형 전략으로서 9대 분야에 대한 '소재·부품·장비 미래선도품목 R&D 추진방안'을 수립했다. 미·중 기술패권 경쟁으로 향후 공급망의 핵심이 되는 차세대 소재·부품·장비 분야에 대한 선제적 기술확보가 중요하다고 인식한 것이다.

이 가운데 자동차는 ICT와 융합한 완전자율주행 분야에서 '4D 센싱용 라이다 모듈', '융합 센서의 통합 신호처리용 AP', 'V2X 통신 반도체 소재' 3개 선도품목을 선정하였다(KISTEP, 2021).

첫 번째는 '4D 센싱용 라이다 모듈'은 3D에 속도 센싱을 합하여 사물, 공간, 위치인식, 위험상황 감지 등을 가능하게 하는 주파수변조방식(FMCW)의 자율주행차용 차세대 라이다 부품소재 기술이다. 주파수 변조방식인 FMCW 라이다는 1세대 ToF(time-of-flight) 방식 라이다의 단점인 차량 간 간섭, 태양 빛 간섭, 근거리 동작, 낮은 해상도 등을 극복할 수 있는 고해상도, 주/야간 동시동작, 장거리 동작은 물론 대상 물체의 속도까지 측정 가능한 최적의 자율주행차용 라이다이며 1,550nm대역 저출력 송신부 레이저 사용으로 인한 eye-safety를 40배 이상 확보할 수 있도록 하는 기술이다. 자율주행 4, 5단계를 만족시키며 1세대 ToF방식 라이다의 문제점들을 해결할 수 있는 대안으로 기술 선진국들은 공격적으로 이 분야에 대한 R&D 투자를 하고 있다(Cho, 2021; Choe, 2017).

두 번째는 '융합 센서의 통합 신호처리용 AP(Application Process)'이다. 자율주행 기술의 발전에 따라 차량에 장착되는 반도체는 영상, 소리 및 라이다(LiDAR), 압력, 온도 등 다양한 센서와 이를 통합 신호로 처리하고 인지 및 제어, 판단할 수 있는 역할의 높은 신뢰성을 요구하고 있다. 이것은 자동차 전자제어 장치(ECU)로 사람의 두뇌 역할을 하며, ECU 개수가 늘어나면 그만큼 신호획득 및 제어의 복잡도가 증가하고, 오류와 고장 가능성도 높아지기 때문에 통합 신호처리와 인지 판단역할, 통합 제어의 역할을 하는 고성능 ECU는 필수적이다(Kim et al., 2019).

세 번째는 'V2X 통신 반도체 소재'이다. 자율주행에서 차량 통신용 반도체 신호 손실 최소화를 위해서 패키징 몰딩/기판용 열경화성 고분자 복합소재 기술이 필요하다. 이는 V2X 통신을 위한 AI 컴퓨팅 기술에 기반을 둔 주파수 대역 사용을 위해서 통신용 반도체, 기판

소재 및 패키징 방식까지 달라져야 하기 때문이다 [Choi and Yoon, 2020; Jeong et al., 2018]. 이와 같은 분야는 정부가 완전 자율주행분야 미래 기술경쟁력 확보를 위해 향후 집중적 R&D를 추진할 것으로 보인다.

3. 분석방법

3.1 자료 수집과 특허현황 분석

자동차와 ICT를 융합한 완전자율주행차 미래 선도 기술품목 3개의 세부 품목키워드는 산업계, 학계, 연구소 전문가로 구성된 자문그룹에서 토론과 검증 과정을 거쳐 아래 <Table 1>과 같이 선정되었다[KISTEP, 2022]. 이를 바탕으로 IP5(미국, 유럽, 일본, 한국, 중국) 중심의 특허를 웹스의 윈텔립스 데이터베이스를 이용하여 수집하였는데, 여기서 1차 검색결과를 출원번호 기준으로 중복을 제거하고, 비연관 특허 노이즈를 제거하여 최종 분석 대상은 4D센싱용 라이다모듈 1885개, 융합 센서의 통합신호처리용 AP 1988개, V2X 통신 반도체 모듈소재 5,321개를 수집하였다.

일반적으로 특정 기술에 대한 평가는 전문가 의견과 수치 중심의 특허를 통해 분석할 수 있다. 특허는 정성적인 방법에 비해서 객관적이고 표준화된 정량적인 기술정보로 기술 권리 내용 그 자체를 검색하여 동향을 파악하고, 통계적 분석을 통해 개별 기업이나 국가의 기술전략 및 국가 과학기술정책 수립에 활용할 수 있다 [KISTEP, 2011; Park et al., 2017].

본 연구는 이를 고려하여 3개 유망기술 품목별 특허를 연도별 출원 추이, 국가별 점유율, 상위출원인, 출원인 국적, 기술유망성 중심으로 비교 분석하였다.

3.2 네트워크 분석

완전자율주행차 분야 기술협력 생태계는 특허 출원인을 중심으로 분석한다. 이는 우리나라가 자율주행 분야에서 선정한 3개 미래핵심유망품목에 대해서 어떤 기업, 기관, 학교 등이 관련 기술을 확보하고 있으며, 출원인의 소속기관이 다른 상태에서 공동으로 특허를 출원하거나 등록하여 협력 관계를 형성하고 핵심적 혁신 주체로서의 역할을 하는지를 파악하는 것이다. 다시 말해 특정 특허를 출원(등록)하는데 있어서 출원인의 구성이 동일한 기관이 아닌 상이한 기관이 있을 경우 이를 네트워크 분석 대상 특허로 구별한다.

여기서 사용하는 네트워크 분석은 그래프(Graph) 이론에 기반을 두고 있다. 세부적으로 노드(Node, 행위자)와 에지(Edge, 관계)를 생성하고, 노드 간 관련성을 파악하는 것이다. 이때 밀도(Density)는 발생 가능한 링크 중 존재하는 링크의 비율 즉 노드 간 연결 정도 수준을 의미한다. 거리(Distance)는 네트워크 상에서 두 노드가 연결될 수 있는 경로(Path) 중 가장 짧은 경로(Shortest Path or Geodesic Path)를 의미하며, 경로의 거리는 거쳐야 하는 링크의 개수로 측정한다[Cho and Kim, 2014].

각각의 노드를 개별적으로 분석하는 1모드 네트워크는 행렬 형태로 만들 때 행과 열에 같은 노드가 배열되지만 2모드 네트워크는 행과 열에 서로 다른 개체가 배열된다. 이때 관계의 유무에 따라서 0과 1로 표현이 가능한데, 예를 들어 연구기관과 그곳에서 보유한 특허가 있다고 하면 2모드 네트워크에서는 연구기관이 특정 특허를 보유하면 1, 보유하고 있지 않으면 0으로 표시한다. 이때 연구기관-특허 매트릭스에서 연구기관 간에는 직접적인 상호작용 관계가 존재하지 않더라도, 그 관계를 인위적으

<Table 1> Detailed Keywords by Item

Lidar module for 4D sensing	AP for integrated signal processing of fusion sensors	V2X communication semiconductor material
<ul style="list-style-type: none"> - FMCW(Frequency Modulated Continuous Wave) - LiDAR(Light Detection and Ranging) - 4D sensing - Autonomous driving - class-1(eye-safety) 1550nm - photonic integrated circuits - SWIR(Short-Wave Infrared) 	<ul style="list-style-type: none"> - ADAS(Advanced Driving Assistant System) - ECU(Electric Control Unit) - Vehicle Dynamic Control System - Electronic Stability Control System - Smart Cruise Control - Autonomous Driving Vehicle - ASIL:(Automotive Safety Integrity Level) 	<ul style="list-style-type: none"> - 5G - Terahertz - Autonomous driving - Smart mobility - Connected car - LiDar - Radar - mmWave

로 설정하여 연구기관과 특허 사이의 관계를 네트워크로 구성하면 준연결망(Quasi Network) 구성이 가능해진다. 즉, 2모드 네트워크 분석은 준연결망을 통해 직접적인 관계가 없어 보이는 두 네트워크 사이에서 관계를 도출한다(Yoon and Kim, 2021). 이를 바탕으로 특허의 출원인 중심 노드를 구성하고 노드가 연결망 내에서 얼마나 중심적 위치에 있는지 중심성(Centrality)을 파악한다(Kim and Geum, 2019).

4. 분석결과

4.1 기술현황

완전자율주행과 관련한 3개 미래유망선도품목의 특허는 2011년 이후부터 증가하다가 자율주행자동차 개발이 활성화되는 2015~2016년부터 급격히 빠르게 증가하였다. 연평균 특허 출원이 가장 크게 증가한 품목은 4D 센싱용 라이다 모듈로 2001년 5건에서 2019년 359건으로 연평균 45.23% 증가하였다(전체 1,885건). 다음 융합 센서의 통합 신호처리용 AP는 2001년 39건을 시작으로 2019년 163건으로 연평균 10.49% 증가하였다(전체 1,988건). 마지막 V2X 통신 반도체 소재는 2001년 49건에서 2019년 447건으로 연평균 9.39% 증가하였다(전체 5,321건)(Figure 1) 참조.

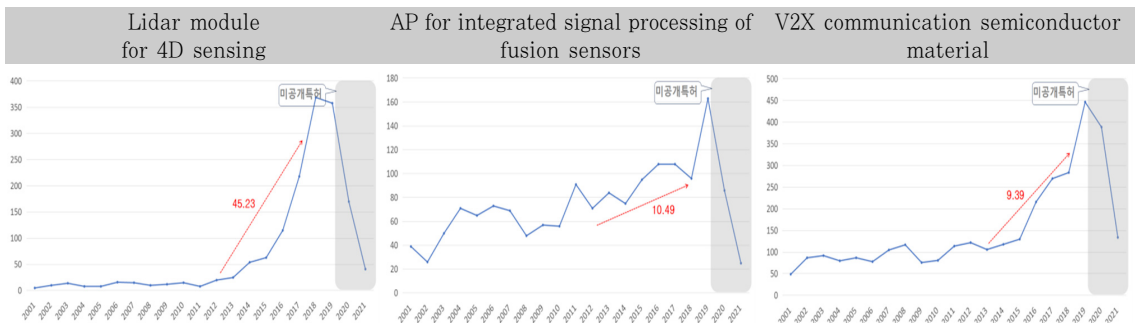
추가로 상위 출원인의 국적과 출원건수를 파악해 보면 4D 센싱용 라이다 모듈은 미국(US)이 총 693건으로 36.74%를 차지하는 가운데 독일(DE), 일본(JP),

중국(CN), 한국(KR) 순으로 나타났으며, 융합 센서의 통합 신호처리용 AP는 일본이 총 752건으로 37.83%를 차지하는 가운데 한국, 중국, 미국, 독일 순으로 분포되었다. V2X 통신 반도체 소재는 중국이 총 1,747건으로 32.83%를 차지하는 가운데 일본, 한국, 미국, 독일 순으로 나타났다.

이렇게 보면 자율주행 분야 특허는 4D 센싱용 라이다 모듈 증가율이 가장 높게 나타나는 가운데, 미국(4D 융합 센서의 통합 신호처리용 AP), 일본(융합 센서의 통합 신호처리용 AP), 중국(V2X 통신 반도체 소재)이 각각 선도하는 품목이 있는 상황이며, 독일, 한국이 추격하는 양상이다.

특히 우리나라는 융합 센서의 통합 신호처리용 AP가 상대적으로 특허출원 비중(21.23%)이 높게 나타난 반면 4D 융합 센서의 통합 신호처리용 AP 9.86%, V2X 통신 반도체 소재 9.34%로 경쟁국 일본에 비해서 전반적으로 특허 비중이 열세에 있는 것으로 나타났다(Figure 2) 참조.

자율주행자동차 개발이 활성화되기 시작한 2015년부터 5년('15~'19)의 연평균증가율(CAGR: Compound Annual Growth Rate)(A)과 그 이전 과거 10년('05~'14)의 연평균증가율(CAGR)(B)의 차이를 통해 3개 품목별 기술의 유망성을 파악하였다. 먼저 4D 센싱용 라이다 모듈의 최근 5년간 연평균 성장률은 47.93%로 이전 10년의 성장률에 비해 21.27%p 대폭 상승(Significant increase in rise)하였다. 다음 융합 센서의 통합 신호처리용 AP는 최근 5년 연평균 성장률



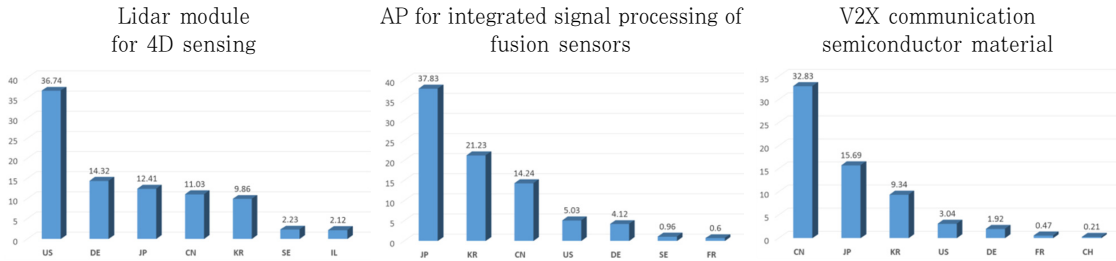
(Figure 1) Patent Applications by Year²⁾

2) <Figure 1> 미공개특허(회색부분)는 특허 출원 후 18개월 경과 후 관련 정보가 공개되는 특성 때문에 나타난 결과

이 8.11%로 이전 10년의 성장률(6.59%) 대비 1.52%p 소폭 증가(Slight increase in rise)한 것으로 나타났다. V2X 통신 반도체 소재는 최근 5년간 7.65%의 연평균 성장률을 보였으나, 전체 10년의 성장률(14.96%) 대비 최근 성장폭이 -7.31%p 감소

(decrease in rise)한 것으로 나타났다. 이렇게 볼 때 상승폭 기준으로는 4D 센싱용 라이다 모듈이 가장 높은 수치로 기술 유망성이 높은 것으로 나타났다((Table 2) 참조).

각 기술별 상위 출원인은 4D 센싱용 라이다 모듈은



<Figure 2> Percentage of Patent Applications by Country

<Table 2> Technology Promises

Item	CAGR(Compound Annual Growth Rate)			previous comparison
	'05~'14(A)	'15~'19(B)	GAP(B-A)	
Lidar module for 4D sensing	26.66%	47.93%	21.27%p increase	Significant increase in rise
AP for integrated signal processing of fusion sensors	6.59% (A)	8.11% (B)	1.52%p increase	Slight increase in rise
V2X communication semiconductor material	14.96% (A)	7.65% (B)	-7.31%p decrease	decrease in rise

<Table 3> Number of Applications by Country

Ranking	Lidar module for 4D sensing			AP for integrated signal processing of fusion sensors			V2X communication semiconductor material		
	Name	Country	Num	Name	Country	Num	Name	Country	Num
1	BOSCH GMBH ROBERT	DE	154	DENSO	JP	182	DENSO	JP	107
2	WAYMO	US	100	TOYOTA MOTOR	JP	107	TOYOTA MOTOR	JP	95
3	GM GLOBAL TECH OPERATIONS	US	78	HITACHI	JP	68	HITACHI	JP	95
4	DENSO	JP	40	HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS	JP	53	Hyundai Motor	KR	61
5	APTIV TECH	US	38	Hyundai Motor	KR	46	UNIV JILIN	CN	53
6	BLACKMORE SENSORS ANALYTICS	US	33	HONDA MOTOR	JP	41	CHERY AUTOMOBILE	CN	43
7	TOYOTA MOTOR	JP	30	MITSUBISHI ELECTRIC CO	JP	38	HONDA MOTOR	JP	38
8	BAIDU USA	US	28	Mando	KR	32	MITSUBISHI ELECTRIC CO	JP	31
9	KOITO	JP	27	Hyundai Mobis	KR	31	NISSAN MOTOR	JP	30
10	VALEO SCHALTER SENSOREN	DE	24	AUTO NETWORK GIJUTSU KENKYUSHO	JP	31	PANASONIC CO	JP	26

독일 Bosch, 융합 센서의 통합 신호처리용 AP와 V2X 통신 반도체 소재는 일본 Denso의 특허 출원이 가장 많은 것으로 나타났다. 이외 우리나라 기업으로는 현대자동차, 만도, 현대모비스가 10위 권 안에 있는 것으로 파악되었다(〈Table 3〉 참조).

4.2 협력 네트워크 분석

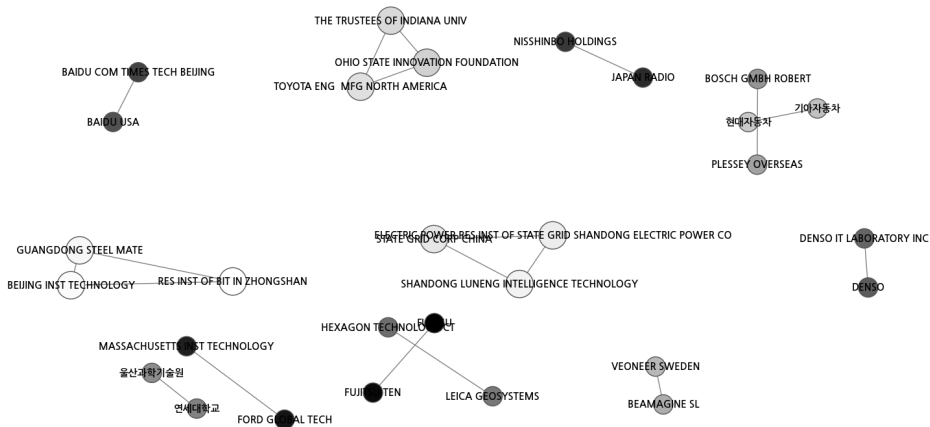
완전자율주행 미래선도품목에 대해 어떤 기업이나 기관, 학교 등이 관련 기술을 공동으로 보유하고 있는지 특허 중심의 협력 네트워크를 분석하였다. 먼저 이들의 중심성 지수를 통해 기술협력 수준을 파악해보면 전반적으로 지표값이 0.0003~0.0714 수준으로 작게 나타났다(〈Table 4〉 참조). 이는 전체 특허 출원 건수 대비 공동출원 특허가 각 분야별로 많지 않다는 의미가

다. 다시 말해 유망기술품목별 협력생태계가 충분히 구축되어 있지는 않다고 볼 수 있는데, 대체로 중국과 일본이 협력 네트워크를 가지고 있는 상황에서 우리나라는 4D 센싱용 라이다 모듈, 융합 센서의 통합 신호처리용 AP 에서 현대차와 기아차가 순위권 내에서 협력 관계를 가지는 정도로 파악되었다. 실제로 공동출원 특허는 4D센싱용 라이다모듈이 110개(전체 1,885개), 융합 센서의 통합신호처리용 AP 175개(전체 1988개), V2X 통신 반도체 모듈소재 424개(5,321개) 수준으로 큰 비중을 나타내고 있지는 않다.

이들 세부 특성을 파악하기 위해 4D 센싱용 라이다 모듈 특허 110개 사례를 분석하여 기술협력 횟수가 2회 이상 있는 기관들만을 시각화해 보면 그림 〈Figure 3〉과 같이 나타났다. 이들의 협력 형태는 계열사 내부(현대차-기아차), 자회사간(Denso-Denso IT labortary,

〈Table 4〉 Centrality Index Ranking

	Lidar module for 4D sensing		AP for integrated signal processing of fusion sensors		V2X communication semiconductor material	
	Name	Indicator value	Name	Indicator value	Name	Indicator value
1	BEIJING INST TECHNOLOGY	0.029851	TOYOTA MOTOR	0.071429	STATE GRID CORP CHINA	0.001072
2	STATE GRID CORP CHINA	0.029851	Hyundai motor	0.053571	TOYOTA MOTOR	0.000773
3	Hyundai motor	0.022388	Kia Motors	0.047619	CLARION	0.000518
4	Kia Motors	0.022388	SUMITOMO WIRING SYSTEMS	0.035714	HITACHI	0.000504
5	RES INST OF BIT IN ZHONGSHAN	0.022388	SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES	0.035714	DENSO	0.000397



〈Figure 3〉 Lidar Module for 4D Sensing - Technical Cooperation Network (more than 2 times of cooperation)

Fujisu-Fujisuten, BAIDU com- BAIDU USA 등)이 대부분이며, 2개 이상의 기관 간 협력 관계가 있는 네트워크는 BEIJING INST TECHNOLOGY와 STATE GRID CORP CHINA 정도인 것으로 확인된다. 우리나라의 경우 현대-기아차, 연세대-울산과학기술원의 기술협력이 있는데 현대 기아차가 18건으로 확인되었다.

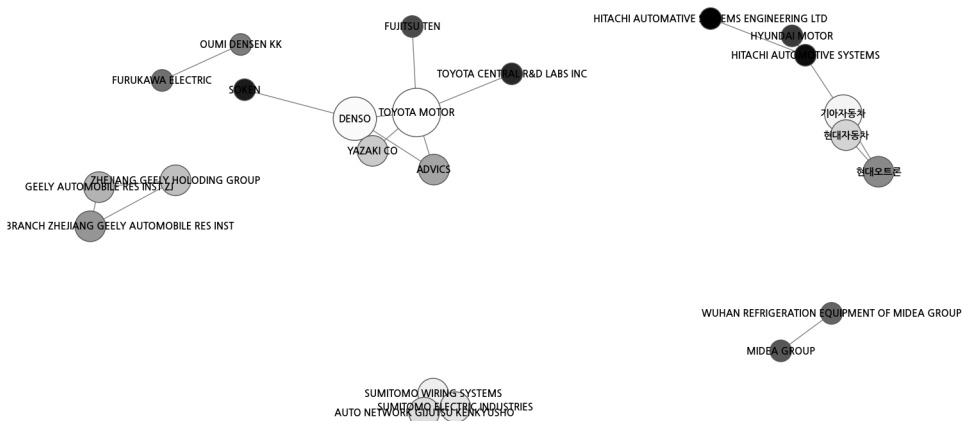
다음으로 융합 센서의 통합 신호처리용 AP는 특히 175개 사례를 분석하여 기술협력 횟수가 2회 이상 있는 기관들이 <Figure 4>와 같이 나타났다.

먼저 TOYOTA와 현대, 기아자동차 중심의 네트워크가 존재하는 가운데 TOYOTA의 연구기관 협력은 단일 기관으로는 DENSO 8건, 이외 12개 기업과의 연구협력을 진행한 것을 확인하였다. 그리고 우리나라는 현대자동차와 기아자동차가 26건의 연구협력을 진행한 것으로

파악되었다. 가장 많은 연구협력은 SUMITOMO WIRING SYSTEMS, SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, AUTO NETWORK GIJUTSU KENKYUSHO 3사간 총 33건이 나타났다.

마지막으로 V2X 통신반도체 소재의 경우 특히 424개 사례를 분석하여 기술협력 횟수 2회 이상 기관들만을 시각화해 보면 <Figure 5>와 같이 나타났다.

공동연구 건수가 상대적으로 많은 만큼 중국(STATE GRID CORP CHINA, Geely Holding Group)과 일본(TOYOTA Motor, HITACHI) 등을 중심으로 다수의 연구 협력관계가 있는 것을 확인하였다. 그 가운데 SUMITOMO WIRING SYSTEMS, SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, AUTO NETWORK GIJUTSU KENKYUSHO 3사간 연구협력 횟수는



<Figure 4> AP for INTEGRATED SIGNAL PROCESSING of Fusion Sensors - Technical Cooperation Network (more than 2 times of cooperation)



<Figure 5> V2X Communication Semi Conductor Material - Technical Cooperation Network (more than 2 times of cooperation)

총 18건으로 가장 많았다. 우리나라는 현대자동차와 기아자동차의 연구협력 횟수가 총 29건으로 확인되었다.

5. 결론 및 시사점

5.1 연구요약

자율주행시대가 서서히 가까워지고 있다. 자율주행은 자동차라는 이동수단을 넘어 운전 방법과 소유방식의 변화, 교통의 플랫폼화, 사람의 부주의, 졸음 등으로 인한 사고 감소, 법적 책임 소재 발생 가능성 등 여러 가지 영향을 줄 것이다. 무엇보다 자동차 생산량 세계 5위인 우리나라는 국가 기간 산업일 만큼 연관 효과가 크다는 점에서 자율주행차 경쟁에서 밀려날 경우 경제에 심각한 타격을 받을 수도 있다. 따라서 선진국에 비해 늦게 기술개발에 착수한 자율주행차 분야에 대해 중장기적 관점에서 우위를 확보하기 위한 선제적 R&D와 인프라 확충 등 법정부적 지원을 강화하고 있다.

이 과정에서 정부는 향후 5년 장기적 관점에서 완전 자율주행 분야 글로벌 위상을 확보하기 위해 미래핵심 유망 품목 3개 세부기술(4D 센싱용 라이다 모듈, 융합 센서의 통합 신호처리용 AP, V2X 통신 반도체 소재)을 선정하였고, 본 연구에 이를 중심으로 특허현황과 협력생태계를 분석하였다.

분석결과 3개 세부 유망기술의 성장세는 2015년 이후 강화되는 추세이며, 주요국에서 핵심원천기술을 선점한 상황에서 출원기관 또는 기업 간 긴밀한 협력생태계는 아직 본격적으로 형성되지는 않은 것을 본 연구의 분석을 통해 확인하였다. 구체적으로 기술주도권은 미국과 일본이 가진 가운데, 중국이 급격히 부상하는 양상을 나타내고 있으며, 우리나라는 후발주자로 추격하는 상황이다. 이는 해당 기술에 대한 특허출원 건수가 아직 글로벌 시장에서 확산되지는 않았기 때문에 중장기적인 관점에서 연구개발을 통한 기술확보 가능성은 있다는 것을 보여주고 있다.

5.2 시사점 및 향후 연구

완전 자율주행분야 미래선도품목에 대한 관심이 높아지는 가운데 본 연구를 통해 제시하는 중장기적 관점의 시사점은 다음과 같다.

첫 번째, 우리나라는 기술적 한계 및 어려움을 극복할 핵심원천기술 R&D 및 인프라 구축강화를 위한 기술협력을 적극적으로 검토해야 한다. 왜냐하면 이미 주요 품목에서 미국, 일본, 중국 등 주요국들은 핵심원천기술을 선점한 상황이기 때문에, 특히 회피 전략을 포함한 IP기반 R&D기획을 적극적으로 추진해야 한다. 이 과정에서 산·학·연 협력 네트워크 동향을 면밀히 모니터링하여 유망기업, 기관, 학교 등과의 전략적 협력방안을 모색하고 주요 품목별 다양한 국제공동연구를 추진함으로써 꾸준히 역량을 결집할 필요가 있다. 특히 원천기술뿐만 아니라 다양한 응용분야에 대한 차별적 기술개발을 추진하는 것이 필요한데, 우리나라는 자율주행차의 성과에 중요한 영향을 미칠 것으로 예상되는 해외 협력에서 상대적으로 열세에 있는 유럽의 우수 기업, 대학, 연구기관과의 다양한 파트너십이 필요하다.

두 번째, 유망품목과 관련한 기존의 국가사업(예, 자율주행 기술개발 혁신사업, 초고난도 자율주행모빌리티 인지예측센서 기술개발사업, 차세대 지능형반도체 기술개발 사업, 차세대자율주행 차량통신기술개발사업 등) 및 인력양성 사업을 중심으로 산업계 특성에 맞춤형 연구개발 인력 양성 및 산학협력교육을 강화하고 해외우수인재유치도 지속적으로 추진해야겠다. 지금까지 자율주행 기술은 주요완성차 업체, 부품사가 주도하였지만, 최근에는 구글 알파벳의 자회사 웨이모(Waymo), 테슬라, 애플 등 빅테크 기업들 역시 활발한 기술 상용화 움직임을 나타내고 있다. 이외에도 국내외 대학, 연구소, 스타트업들도 경쟁적으로 자율주행 기술을 확보하고 다양한 형태(마케팅, 기술시연 등)로 홍보를 하고 있다. 이들은 특허 기반의 협력 네트워크 분석에서는 주도적 역할을 하는 기관으로 나타나지는 않았지만, 최근 시장에서 높은 관심을 받는 만큼 이들 역시 기술협력의 대상으로 지속적인 모니터링이 필요하다.

세 번째, 본 연구에서 진행한 특허 출원기관 중심의 네트워크 분석에서 정확한 분석을 위해 데이터 수집 과정에서 다양한 점검이 필요하다. 구체적으로 실제로 같은 회사라고 하더라도 특허 상에서 표기명이 다른 경우, 특허 출원을 4~5개 이상 기관이 공동으로 진행한 경우 이 특허로 협력 네트워크 중심성 결과가 왜곡될 가능성, 특정 기술 분야에서 상대적으로 공동출원 빈도가 낮은 경우 수치상의 협력이 과대평가될 가능성 등을

종합적으로 판단하여 기술협력 생태계 분석을 진행해야겠다.

향후 본 연구는 특허뿐만 아니라 논문 데이터까지 활용하여 기술협력 생태계를 통합적으로 분석하고 상대적으로 중심성이 높은 기관을 중심으로 하위 네트워크에서 기술협력 이슈를 발굴함으로써 유망 혁신 R&D 발굴, 신규과제 기획, 정부연구소-민간기업 등의 공급망 진단 등에 실무적 활용을 높이는 방안을 고민해야 하겠다. 특히 특허와 논문을 통합적으로 활용한 생태계 분석결과를 쉽고 직관적으로 제시할 수 있는 시각화 역시 후속 연구로서 필요한 부분이다.

References

- [1] Bank of Korea, Ripple Effect of Accelerating Big Blur: Focusing on Automobile Industry, June 14, 2021.
- [2] Baek, S. I. and Kim, S. B., "Network Approach of Autonomous Car's Industry Structure: An Analysis of Patents and Alliances", *International Management Review*, Vol. 21, No. 3, 2017, pp. 39-68.
- [3] Cho, B. R., Seon, S. G., and Lee, J. M., "A study on the implementation of FMCW LiDAR for small unmanned aerial vehicle detection", *Journal of the Korean Society for Information Technology*, Vol. 19, No. 1, 2021, pp. 99-106.
- [4] Cho, Y. R. and Kim, E. S., "Research on corporate technology convergence strategy through patent network and strategic indicator analysis", *Intellectual Property Research*, Vol. 9, No. 4, 2013, pp. 191-221.
- [5] Choe, H. Y., "LiDAR sensor technology and industry trends", *Electric World*, Vol. 66, No. 9, 2017, pp. 12-17.
- [6] Choi, J. C. and Yoon, S. H., "Self-driving cars and system semiconductors seen through international standards", *Autojournal*, Vol. 42, No. 2, 2020, pp. 33-37.
- [7] Hwang, J. H., "Sensor technology trends for autonomous driving", *Autojournal*, Vol. 42, No. 4, 2020, pp. 18-21.
- [8] Hwnag, J. R., Ahn, J. G., and Kang, Y. S., "erification of self-driving car location recognition method through comparison of 3D lidar sensor and road environment map", *Journal of Control Robot Systems Society*, Vol. 25, No. 6, 2019, pp. 557-564.
- [9] IITP, 2019 ICT Technology Level Survey and Competitiveness Analysis, 2020.
- [10] Jang, P. S., Baek, S. I., and Choi, B. S., "Issues and policy tasks for commercialization of autonomous vehicles", *Trends and Issues*, Vol. 49, 2018, pp. 1-31.
- [11] Jeong, I. Y., "A Study on the Risks of Autonomous Vehicles and Counter measures ", *Journal of the Korean Contents Association*, Vol. 20, No. 6, 2020, pp. 90-98.
- [12] Jung, S. I., Lee, D. G., and Kim, J. H., "C-V2X standardization trend for autonomous driving", *Journal of the Korean Association for Telecommunications*, Vol. 35, No. 3, 2018, pp. 18-25.
- [13] Kim, B. N. and Lee, J.W., "Autonomous Vehicle & Artificial Intelligence (AI) Patent Status", *Autojournal*, Vol. 40, No. 12, 2018, pp. 59-62.
- [14] Kim, H. J., Jin H. B., Yeom, W. S., Kim, Y. K., and Park, K. H., "Intelligent sensor technology trend for smart IT convergence platform", *Electronics and Telecommunications Trends*, Vol. 34, No. 5, 2019, pp. 14-25.
- [15] Kim, H. J., and Kim, B. G., "A study on the effect of technology alliance motivation on technology alliance partner selection criteria, governance and performance of high-tech companies: Focusing on the integrated view of transaction cost

- theory and resource-based theory”, *Technology Innovation Research*, Vol. 21, No. 2, 2013, pp. 225-254.
- [16] Kim, J. H., and Geum, Y. J., “Exploring promising manufacturing-service convergence technologies using network analysis and patent indicators: Focusing on autonomous vehicles”, *Journal of the Korean Society of Management Engineering*, Vol. 24, No. 4, 2019, pp. 15-37.
- [17] KISTEP, Development and application of technology level evaluation research methodology using patent indicators, 2011.
- [18] KISTEP, Policies and tasks for fostering future leading items for materials, parts and equipment in new industries, February, 2022.
- [19] Lee, B. Y., “Domestic and foreign autonomous vehicle technology development trends and prospects”, *Information & Communications Magazine*, Vol. 33, No. 4, 2013, pp. 10-16.
- [20] Lim, H. G., Kim, B. G., and Eui, E. S., “Technology cooperation network analysis through automobile autonomous driving technology patent analysis”, *Journal of the Korean Society for Industry-Academic Technology*, Vol. 21, No. 12, 2020, pp. 688-701.
- [21] Ministry of Trade, Industry and Energy, “Future Automobile Expansion and Market Preoccupation Strategy”, March 2020.
- [22] Nam, D. K. and Choi, K. H., “Automotive semiconductor technology trend analysis through topic model and patent analysis”, *Journal of Technology Innovation*, Vol. 21, No. 3, 2018, pp. 1155-1178.
- [23] Park, J. H., “autonomous vehicle policy trends and implications”, *Homeland*, pp. 47-51.
- [24] Park, J. S., Hong, S. G., and Kim, J. W., “A study on science technology trend and prediction using topic modeling”, *Journal of the Korea Industrial Information Systems Research*, Vol. 22, No. 4, 2017, pp. 19-28.
- [25] Yun, H. Y. and Kim, D. K., “A study on the discovery of regional innovation clusters using 2-mode network analysis: Focusing on the R&D network of regional innovation institutions”, *Journal of Technology Innovation*, Vol. 24, No. 1, 2021, pp. 17-40.

■ 저자소개



이정환

현재 충북대학교 경영정보학과 부교수로 재직 중이다. 한국과학기술원에서 기술경영공학 박사학위를 취득하였으며, 주요 관심 분야는 자율주행, 모바일 비즈니스, 데이터사이언스 등이다.



조지혁

현재 국가과학기술연구회 평가사업 부장으로 재직 중이다. 고려대학교에서 기술경영학 박사학위를 취득하였으며, 주요 관심 분야는 과학기술정책, 연구지원체계, 출연연 기관평가 등이다.



김진웅

현재 한국과학기술기획평가원 연구위원으로 재직 중이다. 한국과학기술원에서 기술경영공학 박사학위를 취득하였으며, 주요 관심 분야는 미래성장동력, 소재부품장비, 기술표준예측 등이다.



김형석

현재 충북대학교 빅데이터협동과정 재학 중이다. 주요 관심 분야는 텍스트마이닝, 자율주행자동차, 프로그래밍 등이다.