

RESEARCH ARTICLE

Quantitative identification and characterization of technological trends in the electric vehicle industry

Wonjun Choi¹, Hyunseok Park²

¹Undergraduate Student, Department of Information System, Hanyang University, Republic of Korea

²Associate Professor, Department of Information System, Hanyang University, Republic of Korea

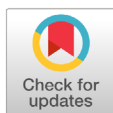
*Corresponding Author: Hyunseok Park (hp@hanyang.ac.kr)

ABSTRACT

With growing attention being paid to electric vehicle (EV) technology as a response to climate change, researchers have been actively investigating the classification and trajectory trends of EV technology. This study aims to understand and characterize EV technological trends by combining EV patent citation and text data. The analysis of EV patent data was conducted using knowledge-persistence-based main path analysis and the latest topic modeling methodology, BERTopic, yielding a detailed showcase of technological trajectories according to a classification considering specific technologies. The analysis identified a core technological trajectory comprising 200 patents, which falls into three topics: "Propulsion & Control," "Charging & Battery," and "Circuit Thermal Management & Autonomous Driving." The study reveals interactions and concerted developments between "Propulsion & Control" and "Charging & Battery" technologies; the importance of hybrid vehicles and wireless charging technologies; advancements in circuit thermal management technologies; the emergence of autonomous driving technologies. Using quantitative patent data, this study delivers technological insights for stakeholders in the EV industry, contributing to the identification and classification of EV technological trajectory trends.

KEYWORDS

electric vehicle, patent data analysis, main path analysis, BERTopic, technological trajectory



Open Access

Citation: Choi W & Park H. 2024. Quantitative identification and characterization of technological trends in the electric vehicle industry. The Journal of Intellectual Property 19(1), 131-157.

DOI: <https://doi.org/10.34122/jip.2024.19.1.131>

Received: December 07, 2023

Revised: January 22, 2024

Accepted: February 29, 2024

Published: March 30, 2024

Copyright: © 2024 Korea Institute of Intellectual Property

Funding: This research was supported by a National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korean government (MSIT) (No. 2023R1A2C2006962). The author received manuscript fees for this article from Korea Institute of Intellectual Property.

Conflict of interest: No potential conflict of interest relevant to this article was reported.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>) which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided that the article is properly cited, the use is non-commercial and no modifications or adaptations are made.

원저

전기자동차 분야 기술 궤적의 정량적 식별과 특성화*

최원준¹, 박현석²

¹한양대학교 정보시스템학과 학부생, ²한양대학교 정보시스템학과 부교수

*교신저자: 박현석(hp@hanyang.ac.kr)

차례

- 서론
- 전기자동차 기술
- 방법론
 - 지식 지속성 기반의 주경로 분석
 - BERTopic 기반의 토픽 모델링
 - 데이터 수집
- 분석 결과
 - 데이터 분석 결과 및 토픽 분류
 - 기술 궤적 확인 및 유망기술 판단
- 결론

국문초록

기후 변화에 대한 대응으로 전기자동차 기술이 각광받음에 따라, 전기자동차 기술 분류와 기술 궤적에 대한 연구도 활발하게 전개되었다. 본 연구는 전기자동차 특허의 인용 데이터와 텍스트 데이터를 결합하여 기술 동향을 파악하고 특성화를 추구한다. 전기자동차 특허 데이터를 기반으로 지식 지속성 기반 주경로 분석과 최신의 토픽 모델링 방법론인 BERTopic 분석하여 세부 기술로 분류된 기술 궤적을 도출한다. 분석 결과 200개의 특허로 이루어진 핵심 기술 궤적이 구성 되었으며 '전기자동차 및 하이브리드 차량의 추진 및 제어', '충전 및 배터리', '회로 열관리 및 자율주행 등'분류의 세 토픽으로 확인된다. 또한 기술 궤적에 대한 분석 결과 추진 및 제어 토픽과 충전 및 배터리 기술의 상호작용과 발전, 전동모터와 내연기관을 동시에 사용하는 하이브리드 차량 발전의 형태, 무선 충전 기술의 중요성, 회로 열관리 기술의 발전, 자율주행 차량의 기술 태동을 확인할 수 있었다. 이런 결과는 전기자동차 산업 이해관계자들에게 기술 정보를 제공하며, 동시에 정량적 데이터 기반의 연구에 정량적 데이터 기반의 기술 궤적 식별과 기술 분류에 기여할 수 있다.

주제어

전기자동차, 특허 데이터, 주경로 분석, BERTopic, 기술 궤적

1. 서론

본 연구는 전기자동차의 특허 인용 네트워크를 분석하여 기술 궤적(Technological Trajectory)을 찾고, 토픽 모델링 기법 기법과 결합하여 전기자동차 기술의 내재적 발전에 대해 논의하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 1900년 1월 1일 이후부터 2023년 7월 13일까지의 미국 특허청에 등록된 관련 특허를 수집하였으며, 분석 방법으로 지식 지속성(Knowledge Persistence) 기반 주경로 분석 탐색법과 BERTopic 토픽 모델링 방법을 사용하였다.

전기자동차란 ‘동력의 일부분이나 전부를 배터리로부터 얻을 수 있고, 주전력망에 직접 플러그를 꽂아 충전할 수 있는 차량’을 의미한다¹⁾. 전기자동차는 교통 분야에서 탄소배출을 저감할 수 있어 기후변화에 대한 기존 내연 기관 차량의 대안으로 여겨진다. 글로벌 전기자동차 시장 규모는 2021년 5.9%에서 2022년 9.9%로 크게 상승했으며²⁾, 이러한 시장 활성화로 전기자동차 기술을 이해하고자 하는 이해관계자들의 요구도 늘어나고 있다.

전기자동차 기술에 대한 기존 연구들은 기술의 내적 논리에 대한 정성적 분석³⁾ 위주이나, 특허 데이터를 기반으로 기술 확산⁴⁾, 기술 간 교류⁵⁾, 기술 성숙도⁶⁾, 기술 궤적⁷⁾을 확인하려는 정량적 연구도 계속되고 있다. 특허 데이터에 기반한 정량적인 분석은 유용한 기술분석 방안으로 여겨지는데⁸⁾, 상세하고 실용적인 비즈니스, 법률, 기술 정보의 풍부한 원천일 뿐만 아니라 인용 데이터에 지식의 확산에 대한 정보가 담기기 때문에⁹⁾ 특허데이터 기반 연구는 다양한 기술적 영역에 대한 경험적 증거로 여겨진다.

전기자동차 분야에 대한 특허데이터 기반 기술 궤적 분석은 의미를 갖는다. 경제학자 Solow¹⁰⁾가 경제 발전에서 기술의 중요성을 탐구한 이래 기술과 경제 성장, 기술과 산업 발전에 대한 연

* 본 연구는 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2023R1A2C2006962)

- 1) Tom Denton. "Electric vehicles introduction", Edited by Tom Denton, Electric and Hybrid Vehicles, Second Edition, Routledge, 2020, pp. 1-4.
- 2) 양재완, "2022년 글로벌 전기차 판매 실적 분석", 한국자동차연구원, 2023, 2면.
- 3) 전기자동차에 대한 정성 분석 연구로는 Ching Chan, "The State of the Art of Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles", *Proceedings of the IEEE*, Vol. 95 No. 4(2007), pp. 704-718. 그리고 Ahmed Abd El Baset Abd El Halim et al., "Electric Vehicles: A Review of Their Components and Technologies", *International Journal of Power Electronics and Drive Systems (IJPEDS)*, Vol. 13 No. 4(2022), p. 2041-2061.
- 4) Xiaodong Yuan & Xiaotao Li, "Mapping the Technology Diffusion of Battery Electric Vehicle Based on Patent Analysis: A Perspective of Global Innovation Systems." *Energy*, Vol. 222(2021), pp. 1-13.
- 5) Mekyung Lee, "An Analysis of the Effects of Artificial Intelligence on Electric Vehicle Technology Innovation Using Patent Data", *World Patent Information*, Vol. 63(2020), 102002.
- 6) Xiaodong Yuan & Yuchen Cai, "Forecasting the development trend of low emission vehicle technologies: Based on patent data", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 166(2021), pp. 1-15.
- 7) Sida Feng & Christopher L. Magee, "Technological development of key domains in electric vehicles: Improvement rates, technology trajectories and key assignees", *Applied Energy*, Vol. 260(2020), pp. 1-17.
- 8) 특허 데이터 기반의 정량분석 논문으로 Zhenfeng Liu et al., "Tracing evolutionary trajectory of charging technologies in electric vehicles: patent citation network analysis." *Environment, Development and Sustainability*, (2023), pp. 1-25; Eleonora Pantano & Pizzi Gabriele, "Forecasting artificial intelligence on online customer assistance: Evidence from chatbot patents analysis.", *Journal of Retailing and Consumer Services*, Vol. 55(2020), 102096; Hyunseok Park & Christopher L. Magee, "Tracing technological development trajectories: A genetic knowledge persistence-based main path approach", *PloS ONE*, Vol. 12(2017), e0170895 등이 있다.
- 9) Bart Verspagen, "Mapping technological trajectories as patent citation networks: A study on the history of fuel cell research", *Advances in Complex Systems*, Vol. 10 No. 1(2007), pp.93-115.
- 10) Robert M. Solow, "A contribution to the theory of economic growth", *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 70 No. 1(1956), pp. 65-94.

구가 이어졌다. 신습페터계열 기술경제학자 Dosi¹¹⁾는 패러다임 개념을 기술 발전에 접목해서 기술 궤적과 기술 패러다임 개념으로 내적 발전 과정을 설명하려 하였으며, 이는 Verspagen¹²⁾의 연료 전지 분야 연구 같은 특허 인용 데이터 기반의 주경로 분석(Main Path Analysis) 방법론으로 이어졌다. 전기자동차 분야는 1888년 독일의 사륜 전기자동차 최초 개발에서 시작해, 1899년에는 미국에 등록된 전기자동차 수가 내연기관 자동차 수보다 1.5배 많았을 정도로 오랜 역사를 가진 기술인만큼¹³⁾, 기술 궤적을 통해 그 내적 논리를 분석하는 것이 의미를 갖는다. 전기자동차 기술 영역 전체¹⁴⁾나 추진, 충전, 배터리 등 특정 세부분야¹⁵⁾에 대한 특허 데이터 기반 주경로 분석 연구가 이루어졌다. 또한 전기자동차 특허 데이터의 토픽 모델링을 활용하려는 기존의 연구는 다수 있었다. 그러나 이러한 텍스트 분류가 기술적 지식을 잘 반영하는지는 정성 분석에 의존¹⁶⁾하거나 기존에 주어진 특허 기술 분류 데이터를 활용하는 것에 그치는 등¹⁷⁾, 정량화된 기준으로 주요 기술을 식별하고 그 기술 궤적을 분석하는 데에는 한계를 보였다. 이에 본 연구에서는 특허 인용 데이터 기반 주경로 분석에 토픽 모델링 기법을 결합해 기술의 발전 과정을 상세하게 분석함으로써 전기자동차 기술의 내적 발전 논리에 대한 이해에 기여하고자 한다.

2. 전기자동차 기술¹⁸⁾

전기자동차란 ‘동력의 일부분이나 전부를 배터리로부터 얻을 수 있고, 주전력망에 직접 플러그를 꽂아 충전할 수 있는 차량’을 의미한다. 이들은 전기자동차 이외에도 전기 충전식 차량(Electrically Chargeable Vehicle)로도 불린다. 이들은 배터리를 동력으로 하는 순수 전기자동차(Pure-Electric Vehicle), 내연 기관으로 구동되지만 배터리로도 운행할 수 있는 하이브리드 전기자동차(Hybrid Electric Vehicle)으로 세분될 수도 있다.

전기자동차는 교통 분야의 탄소 배출을 줄일 수 있기에 미래 산업으로 각광받는다. 탄소 배출은 이산화탄소를 포함하여 탄소 원자를 함유한 모든 화합물의 대기 중 방출을 가리키며, 이산화탄소 배출이 그 주요 형태로 간주된다. 기존의 내연 기관 차량이 이산화탄소를 다량 배출하는 반면, 전기자동차는 이러한 배출을 현저히 줄일 수 있다고 여겨진다.

- 11) Giovanni Dosi, “Technological Paradigms and Technological Trajectories”, *Research Policy*, Vol. 11(1982), pp. 146-162.
- 12) Bart Verspagen, 앞의 논문, pp.93-115.
- 13) Tom Denton, 앞의 책, pp. 1-4.
- 14) 전기자동차 분야에 대한 주경로 분석 논문으로는 Shao-Chao Ma et al., “Characteristics and key trends of global electric vehicle technology development: A multi-method patent analysis”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 338(2022), 130502; Fei Yuan & Kumiko Miyazaki, “Trajectory identification as proxies for discerning the dynamic nature of technological change-The case of electric vehicles industry”, *International Journal of Innovation and Technology Management*, Vol. 14 No. 01(2017), 1740006; Andrea Ferloni, “Transitions as a coevolutionary process: The urban emergence of electric vehicle inventions”, *Environmental Innovation and Societal Transitions*, Vol. 44(2022), pp. 205-225; Sida Feng & Christopher L. Magee, 앞의 논문, pp. 1-17.
- 15) 전기자동차 하위 기술분야 주경로 분석 논문으로는 Zhenfeng Liu et al., 앞의 논문, pp. 1-25; Alex Fabianne de Paulo et al., “Emerging green technologies for vehicle propulsion systems”, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 159(2020), 120054; Duanwu Yan et al., “Evolution of Global EV Battery Technology Based on the Main Path of Patent Citation”, *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 1955 No. 1(2021), 012096.
- 16) Sooji Ha et al., “Topic classification of electric vehicle consumer experiences with transformer-based deep learning”, *Patterns*, Vol. 2 Issue 2(2021), pp. 1-11.
- 17) Djavan De Clercq et al., “Multi-label classification and interactive NLP-based visualization of electric vehicle patent data”, *World Patent Information*, Vol. 58(2019), 101903.
- 18) 해당 장은 Tom Denton, 앞의 책, pp. 1-4; Ching Chan, 앞의 논문, pp. 704-718; Ahmed Abd El Baset Abd El Halim et al., 앞의 논문, pp. 2041-2061을 참고하여 서술하였다.

그러나 전기자동차는 기술적으로도, 상업적으로도 완전히 새로운 분야는 아니다. 전기자동차는 1800년대에 최초의 형태라고 할 수 있는 것들이 개발되었으며, 1850년대에는 상업용 전기자동차들이 소비자들에게 큰 관심을 받았다. 그러나 1900년에 판매 대수가 정점을 찍었지만, 가솔린 엔진 자동차가 빠르게 전기자동차를 대체하며 1910년대에 3만대 이상의 전 세계 재고량이 관찰되고, 1930년에 전기자동차 대수는 0에 가깝게 떨어졌다. 기후변화로 인한 요구에 맞춰 캘리포니아의 배기가스 무배출 자동차 요건을 만족하기 위한 1996년 GM의 EV1 생산이나 2014년 오토파일럿을 장착한 테슬라의 모델S 발매등으로 수많은 사회적, 경영적, 기술적 도전 끝에 시장 점유율을 늘려가고 있다.

전기자동차 기술 분야는 여러 하위 시스템 혹은 하위 기술이 각자 기능을 발휘하고 또 상호작용하며 발전하는 시스템으로 이해할 수 있다. 전기자동차의 대표적인 하위 시스템은 아래와 같다.¹⁹⁾

추진 시스템: 전기 모터, 전원 변환기, 변속기, 구동 바퀴 등으로 구성된다. 추진 시스템은 전기 모터를 중심으로 한 핵심 시스템이다. 자기장의 상호 작용으로 작동하여 전기 에너지를 운동 에너지로 전환한다. 자기장은 영구 자석 또는 전자석에 의해 생성될 수 있으며, 직류(DC) 또는 교류(AC)에 의해 구동될 수 있다. 기술에 대한 주요 요구 사항으로 높은 토크, 높은 출력, 높은 효율, 속도, 제어 용이성, 저소음 등이 요구된다. 전기 모터의 종류로써 저비용, 고신뢰의 인덕션 모터와 고효율, 고효율을 특징으로 하는 영구 자석이 유효하다. 추진 시스템이 순수 전기모터만이 아니라 내연 기관과 함께 구동될 경우 하이브리드 차량이라 불린다. 하이브리드 차량은 오랜 기간 동안 전기차의 과도적인 대체제로 여겨지며, 관련 기술 문헌들은 전기자동차의 추진 시스템을 분석할 때 이 둘을 함께 언급하는 경우가 많다.

충전 시스템: 충전 시스템에는 에너지 공급, 충전, 에너지 관리 및 저장 시스템들이 포함된다. 전기자동차 충전 또한 직류, 교류, 혹은 무선 충전 방식으로 의해 이루어질 수 있다. 교류 충전은 레벨이 높아질수록 공급 전압이 120.0V에서 600.0V 이상으로 강해질 수 있으며, 최대 전류 역시 12.0A에서 400.0A로 늘어날 수 있다. 이 때 빠른 충전기는 전기자동차를 30분 이내에 충전시킬 수 있다. 직류시스템은 일반적으로 교류 시스템보다 더 많은 전력 소비를 요구하고, 더 빠른 충전을 제공한다.

이 밖에도 전자 제어 시스템, 모니터링 시스템, 보조 시스템 등을 별도 시스템으로 보기도 하며, 배터리를 하위 시스템으로 추가하기도 하지만 일반적인 전기자동차 발전과는 별도의 기술 궤적을 그린다. 또한 자율주행 기반 시스템처럼 시대 흐름에 따라 추가되는 시스템도 존재하며 미래의 패러다임을 좌우할 수 있다고 여겨진다.

3. 방법론

3.1. 지식 지속성 기반의 주경로분석

특허 인용 데이터는 인용과정을 통해 선행 특허의 지식 흐름을 반영하는 것으로 여겨진다²⁰⁾. 특허 출원인이 선행 기술자료를 제출하면, 이는 심사관에 의해 검토되어 특허문서에 기재된다. 결국 이러한 인용 정보는 지식 흐름을 반영하게 된다.

19) 추진시스템과 충전 시스템은 Tom Denton, 앞의 책, pp. 1-4; Ahmed Abd El Baset Abd El Halim et al., 앞의 논문, pp. 2041-2061; Sida Feng & Christopher L. Magee, 앞의 논문, pp. 1-17 등에서 함께 언급되고 있다. 전기자동차는 전동모터로 동작된다는 점에서 내연기관과 근본적으로 구분되며, 전기자동차 연료를 보충하는 충전 시스템 역시 핵심 기술에 해당한다.

20) Hyunseok Park & Christopher L. Magee, 앞의 논문.

본 연구에서는 전기자동차의 특허 인용 네트워크에서 기술 궤적을 식별하기 위해 주경로 분석(Main Path Analysis) 방법론을 사용한다. 주경로분석은 학술 문헌 및 특허 인용 네트워크에서 주요 경로를 식별할 수 있게 하며, Hummon and Doreian²¹⁾에 의해 초기 아이디어와 방법론이 제안되었으며, Verspagen²²⁾을 비롯한 연구자들이 특허 데이터를 기반으로 기술 분석에 활용하였다.

본 연구에서는 다양한 주경로 분석 방법론 가운데서도 지식 지속성(Knowledge Persistence) 지표에 근거한 역방향-순방향 탐색 방법론을 사용한다²³⁾. 기존의 분석 방법론들은 주요한 특허를 간과할 수 있다는 한계가 지적되어 왔고²⁴⁾, 기술 경로가 여러 갈래로 나뉘어지는 경로를 식별하기도 어려워²⁵⁾ 전기자동차 기술 궤적 탐색에 적절하지 않을 수 있다. Park and Magee²⁶⁾가 제안한 지식 지속성 기반 역방향-순방향 탐색 방법은 경로가 아닌 특허 자체에 가중치를 계산해서 주요 특허를 우선 식별하고 이를 기준으로 인용 경로를 앞뒤로 탐색한다. 이 방법은 인용 데이터에 지식 흐름이 담겨 있다는 것을 근거로, 해당 특허가 기술 영역에 끼친 직간접적 영향을 수치화한 것이다. 기존의 방법론과 달리 특허 하나하나에 기술 지식 기여도에 따른 가중치를 매길 수 있다는 점에서 노이즈 제거에 탁월하다.

<그림1>은 지식 지속성 지표의 계산 방법을 보여주는 예시이다. 각 점은 특허를, 선은 인용 관계를 가리키며, 화살표가 도착하는 점이 출발하는 점을 인용하는 것으로 이해할 수 있다. 지식의 관점에서 본다면 화살표를 따라서 지식이 후대로 이어지는 것으로 여겨진다.

이러한 과정은 수식으로 정리될 수 있다.

$$KP_A = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \prod_{k=1}^{l_j-1} \frac{1}{BWDCit(P_{ijk})}$$

이 때 좌변의 KP_A 는 P_A (특허 A)의 지식 지속성 값을 의미한다. 우변에서는 합연산과 곱연산이 정의되어 있다. n 은 P_A 와 직접, 간접적으로 연결된 마지막 레이어의 특허 수, m_i 는 P_i 부터 P_A 사이의 모든 가능한 역방향의 경로의 숫자를, l_j 는 P_i 부터 P_A 까지 가는 역방향 경로상의 특허 숫자를 의미한다. 결국, P_{ijk} 는 P_i 에서 P_A 까지 역방향 경로상의 k 번째 특허를 의미하며, $BWDCit(P_{ijk})$ 는 P_{ijk} 가 인용하는 특허의 개수이다.

21) Norman P. Hummon & Patrick Doreian, "Some dynamics of social balance processes: bringing Heider back into balance theory", *Social networks*, Vol.25 No.1(2003), pp. 17-49.

22) Bart Verspagen, 앞의 논문, pp. 17-49.

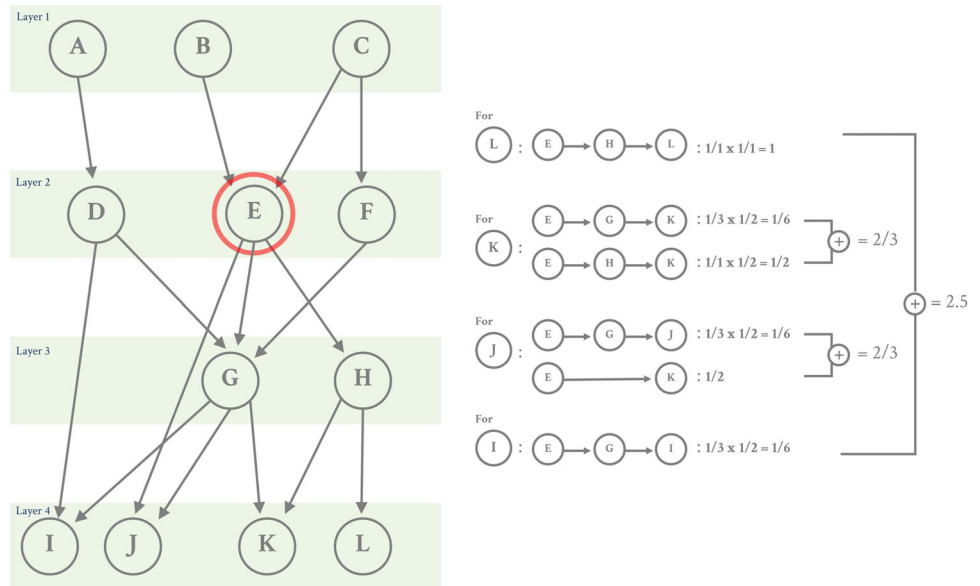
23) Hyunseok Park & Christopher L. Magee, 앞의 논문.

24) Roberto Fontana et al., "Mapping technological trajectories as patent citation networks. An application to data communication standards", *Economics of Innovation and New Technology*, Vol. 18 No. 4(2009), pp. 311-336.

25) John S. Liu & Louis YY Lu, "An integrated approach for main path analysis: Development of the Hirsch index as an example", *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, Vol. 63 No. 3(2012), pp. 528-542.

26) 이하 지식 지속성 개념과 이를 기반으로 한 주경로 분석 방법은 Hyunseok Park & Christopher L. Magee, 앞의 논문을 따른다.

<그림1 지식 지속성 계산 방법>



이후 모든 노드(특허)에 부여된 지식 지속성 값을 기준으로 주요 특허를 식별하고, 주경로를 탐색할 수 있다. 표준화된 지식 지속성 값이 역치값을 넘길 경우 HPP(High-Persistence Patent)라 한다. 지식 지속성 값은 노드를 중심으로 가중치를 계산하고 주요 특허를 우선 식별할 수 있으며 이는 엣지를 중심으로 가중치가 계산되는 이전의 방식들과 비교해서 주요 특허 식별에 장점을 가진다.

이들 HPP는 전체 네트워크에서 지식 지속성값이 가장 높은 값으로 표준화한 GP(Global Persistence)값 및 지식의 세대를 의미하는 레이어 기준으로 가장 높은 지식 지속성 값으로 표준화한 LP(Local Persistence)값이 연구자가 정의한 역치값 이상인 경우로 정의된다. 이들은 주경로를 찾는 주요한 기준점이 되는데, 선행 연구를 참조한 후 실험했을 때 LP 값 0.7 GP 값 0.3이 가장 적절하였다.

HPP가 식별된 이후 이들을 중심으로 역방향-순방향 경로 탐색을 통해 주경로를 파악한다. 이 검색은 선택된 특허에서 시작하여 직접 연결된 인용/인용된 특허를 앞뒤로 확장하며 진행된다. 복잡한 네트워크에서도 주요 지식 경로들을 효과적으로 식별할 수 있도록 역방향 및 순방향 검색 기술이 사용된다.

3.2. BERTopic 기반의 토픽 모델링

주경로분석만으로는 하부 기술의 동향을 알기 어려워 추가적인 분석이 필요하며²⁷⁾, 서로 다른 기술 기반의 하부기술시스템들이 긴밀하게 상호작용 하는 전기자동차의 특성상²⁸⁾ 이러한 분석은 필수적이다. 주경로분석은 수 만 개가 넘는 특허 데이터에 기술적으로 중요하지 않은 노이즈를 제거하는 효과가 있으며²⁹⁾, 이런 압축된 데이터에서 정확한 기술 분류를 수행할 수 있는 방법론의 필요성이 증가된다. 본 연구에서는 사전 훈련된 언어 모델 기반의 토픽 모델링을 통해

27) Sejun Yoon et al., "Hierarchical main path analysis to identify compositional multi-knowledge trajectories", *Journal of Knowledge Management*, Vol. 25 No. 2(2021), pp. 454-476.

28) Tom Denton, 앞의 책, pp. 1-4.

29) Hyunseok Park & Christopher L. Magee, 앞의 논문.

주경로의 하부기술을 확인한다.

토픽모델링은 텍스트 데이터에서 숨겨진 주제를 찾아내는 통계적 모델링기법의 일환이다. 텍스트 데이터를 기반으로 군집분석을 수행하는 이러한 토픽모델링 방법은 언어 모델링 발달과 함께 꾸준히 연구되어오며 성능 개선을 이루었다. 특히, 단어 분포를 통해 각 토픽을 설명하는 잠재 디리클레 할당(Latent Dirichlet Allocation, LDA), Top2Vec, Doc2Vec 등의 방법론은 전기자동차 특허 데이터 분석에도 활용된 바 있다³⁰⁾(Zhang et al., 2022; Feng et al., 2020; Song et al., 2022).

전기자동차 연구에서 토픽 모델링은 소셜 미디어 데이터를 통한 고객 요구(needs) 파악의 목적으로 사용되거나, 기술적 분석을 위해 특허 데이터 기반분석이 사용되었다. Jeong 등(2022)은 친환경차에 관련된 특허의 텍스트 데이터를 비지도학습으로 토픽 모델링하여 수량, 비율 등 추이를 보았다³¹⁾. De Clercq 등(2019)은 텍스트 데이터와 출원 정보 등을 학습시켜 특허의 기술 분류 코드를 예측하도록 하였다³²⁾. Zhang 등(2019)은 구조적 토픽 모델 방법론을 이용해 법적인 가치가 있는 특허와 그렇지 못한 특허간의 특성을 비교하였다³³⁾. Ha 등(2021)은 Transformer 모델 기반의 토픽 분류 모델을 진행하여, 전문가 평가와 성능을 비교하였다³⁴⁾. 이러한 연구들은 텍스트 데이터로 토픽을 분류하고, 그 정확성과 추이를 살핀다는 점에서 전기자동차 정량 연구에 기여한다. 하지만 기술의 내적 논리를 분석하기보다 전문가의 정성 분류에 해당하는 데이터(전문가 평정, 특허 분류)에 의존해 정확성을 확인하는 데에 그쳐 한계를 보인다. 인용데이터에 기반한 주경로 분석은 정량적으로 주요 특허 식별에 도움을 줄 수 있으나 특허 데이터 규모가 축소되어³⁵⁾, 작은 데이터 규모로도 정확한 식별을 할 수 있는 방법론이 요구된다.

본 연구에서는 구글이 제공하는 사전 훈련된 BERT(Bidirectional Encoder Representations from Transformers) 언어 모델을 기반으로 한 토픽 모델링 모형인 BERTopic을 사용한다. 전통적으로 토픽 모델링에 사용되는 LDA는 단어의 통계적 분포를 고려하지만, 단어 간 의미론적 관계를 반영하는 데는 한계가 있다³⁶⁾. 반면, BERTopic은 최신 자연어 처리 기술을 활용한 토픽 모델링 도구로 BERT embedding된 사전 학습된 단어를 기반으로 언어 맥락을 고려한 처리를 보여줄 뿐만 아니라, c-TF-IDF(클래스 기반의 Term Frequency-Inverse Document Frequency)를 활용하여 주제 설명과 키워드 인식에 탁월한 성능을 보인다. 이런 성능에 힘입어 2022년을 전후로 공개된 핵심 알고리즘이 개발자 커뮤니티 github에 2천 개 이상의 추천을 받기도 하였다³⁷⁾.

일반적인 텍스트 데이터³⁸⁾의 전처리³⁹⁾ 이후, BERTopic의 분석 단계는 세 단계로 나뉘질 수 있

30) 토픽 모델링 기반의 최근의 특허 데이터 분석 연구로는 Weiya Zhang et al., "Analysis of electric vehicle technology development based on patent big data: a topic analysis of structured topic model (STM)", *5th International Conference on Computer Information Science and Application Technology (CISAT 2022)*, Vol. 12451(2022), 124512H; Sida Feng et al., "The technology convergence of electric vehicles: Exploring promising and potential technology convergence relationships and topics", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 260(2020), 120992; 송경태 외 2인, "특허 정보를 이용한 유망기술 발굴 프로세스 연구-요인분석과 텍스트마이닝 기법의 결합 접근-", 「지식재산연구」, 제17권 제1호(2022), 169-204면이 있다.

31) Renjie Hu et al., "Technology topic identification and trend prediction of new energy vehicle using LDA modeling," *Complexity*, Vol. 2022(2022), 9373911.

32) Djavan De Clercq et al., 앞의 논문.

33) Weiya Zhang et al., 앞의 논문.

34) Sooji Ha et al., 앞의 논문.

35) Hyunseok Park & Christopher L. Magee, 앞의 논문.

36) Maarten Grootendorst, "BERTopic: Neural topic modeling with a class-based TF-IDF procedure", *arXiv*, 2203.05794(2022).

37) 유원준·안상준, 「딥 러닝을 이용한 자연어 처리 입문」, 유원준·안상준(전자책), 2023.

다. BERTopic 처리의 첫 번째 단계는 전처리 된 텍스트 데이터를 임베딩 벡터 형태로 변환하는 것이다. 이 과정에서 SBERT(Sentence BERT)라고 하는 문장이나 단락을 고차원 공간에 임베딩하는 특수한 BERT를 사용한다.

다음 단계로, UMAP(Uniform Mainifold Approximation and Projection)알고리즘을 사용하여 임베딩 벡터의 차원을 줄인다. 이러한 차원 축소는 많은 정보를 가진 복잡한 데이터를 더 간단하고 다루기 쉬운 형태로 변환한다. 그 후, HDBSCAN(Hierarchical Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) 알고리즘을 통해 이 단순화된 데이터를 군집화한다. 이는 비슷한 주제를 가진 문서들이 가까이 위치하도록 하여, 의미적으로 유사한 문서들이 같은 그룹에 속하게 만든다.

마지막 단계에서는 c-TF-IDF를 사용하여 각 클러스터의 토픽을 추출한다. 전통적인 TF-IDF는 문서 전체 집합에서 각 단어의 빈도와 중요도를 측정하는 반면, c-TF-IDF는 이 개념을 토픽 별로 좁혀 주제 안에서 점수를 매기는 개념이다. c-TF-IDF는 각 클러스터 내에서 중요한 단어를 찾아내어 주제를 나타내는 키워드로 사용한다. 이를 통해, 각 주제가 무엇에 관한 것인지를 명확하게 이해할 수 있다.

3.3. 데이터 수집

본 연구는 WIPSON 서비스에서 1900년 1월 1일부터 2023년 3월 15일까지 등록번호가 부여된 60,155건의 미국 등록 특허 데이터를 추출하였다. 검색 조건에는 Feloni⁴⁰⁾와 Yan et al.⁴¹⁾의 방법을 참조하여 CPC(Cooperative Patent Classification)의 B60L 분류 코드를 사용했다. 단, 기존 연구에서 사용하던 IPC(International Patent Classification) 코드 대신, 미국 특허청과 유럽 특허청이 공동 개발하여 IPC를 기반으로 심화 발전시킨 CPC 코드를 사용하였다. B60L 코드는 전기자동차와 관련된 제반사항이 가장 폭 넓게 정의된 코드로써 전기자동차, 하이브리드 차량, 연료전지 차량 등의 전기 추진 시스템, 전기 제어, 에너지 관리, 에너지 공급, 배터리 전력 및 열 관리 등의 측면을 포괄한다.

이때 분석 대상은 미국 특허로 한정하였는데, 미국이 단일시장으로는 규모가 크고 기술적으로 앞서 있으며⁴²⁾, 수입시장으로써도 세계 최대 규모를 차지해⁴³⁾ 기술이 모일 개연성이 높으며, 미국에서는 특허 출원 시 선행기술의 제시가 발명자의 의무 사항으로 규정되어 위반 시 높은 수준의 제재가 부과되어 특허 인용 정보에 대한 신뢰가 상대적으로 높기 때문⁴⁴⁾이다.

본 연구에서는 파이썬(Python) 프로그래밍 언어로 제작된 networkx 패키지를 이용하여 특허 데이터의 네트워크를 구현하였다. 특허의 인용관계로 구현되는 이는 방향성그래프의 일종으로써 특허는 노드(node), 특허 사이의 인용 관계는 출발점과 끝점이 있는 엣지(edge)로써 구성된다. 본 연구에서는 60,155건의 노드와 148,144건의 엣지를 포함한 네트워크가 형성되었다. 주

38) 본 연구의 경우 추출된 전기자동차 특허의 제목 및 초록 데이터

39) 토근화, 불용어 제거, 표제어 정리

40) Andrea Ferloni, 앞의 논문, pp. 205-225.

41) Duanwu Yan et al., 앞의 논문.

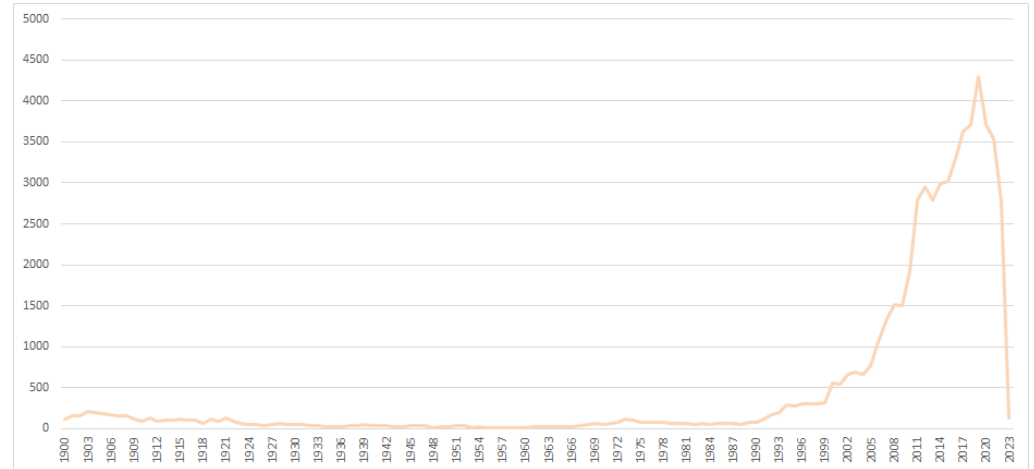
42) 윤민호, “특허 데이터를 이용한 연료전지의 기술궤적 분석과 산업의 진화”, 『지식재산연구』, 제15권 제3호 (2020), 255-292면.

43) 예를 들어, 2003년부터 2022년까지 큰 20년 간의 수입시장 기록을 ITC (International Trade Centre), “Trade Map”, <https://www.trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=1%7c%7c%7c%7c%7cTOTAL%7c%7c%7c2%7c1%7c1%7c1%7c2%7c1%7c2%7c1%7c1%7c1>, 검색일: 2024. 2. 1.에서 확인할 수 있으며 단일 국가 단위로 1위를 차지하고 있음을 확인할 수 있다.

44) 주시형, “특허인용의 등록유지 기간에의 영향-한국특허 인용 정보를 활용한 분석”, 『지식재산연구』, 제15권 제4호(2020), 301-338면.

경로분석에는 인용 데이터를 사용하였고, 토픽 모델링 분석에서는 초록(Abstract)과 제목(Title)의 텍스트 데이터를 결합 사용하였다.

<그림2 전기자동차 분야 특허 출원 추이>



<그림2>는 1900년부터 2023년까지 전기자동차 기술 특허 출원수를 보여준다. 1900년부터 1920년에는 100 ~ 200건의 출원이 있었지만, 이후 1990년까지는 대부분 100건을 넘지 않았다. 1990년 이후로는 출원수가 증가했고, 2019년에 정점을 찍은 후 감소하였다. 하지만 이 감소는 특허 출원과 등록 시점의 차이로 인한 것이므로, 실제 출원 수 감소로 보기는 어렵다. 이 그래프는 전기자동차 시장의 변화를 반영하며, 특허 출원 수의 증가는 전기자동차 개발 급증기와 시장 팽창의 급증기(wave)⁴⁵⁾를 나타내는 것으로 볼 수 있다.

4. 분석 결과

4.1. 주경로 분석 결과 및 토픽 분류

<표1 주경로 분석 및 토픽 모델링 주요 결과>

토픽 번호 ⁴⁶⁾	토픽 이름	특허 개수	HPP 개수
0	전기자동차 및 하이브리드 차량의 추진 및 제어	115	51
1	충전 및 배터리	66	32
-1	회로 열관리·자율주행 등	19	4
합계		200	87

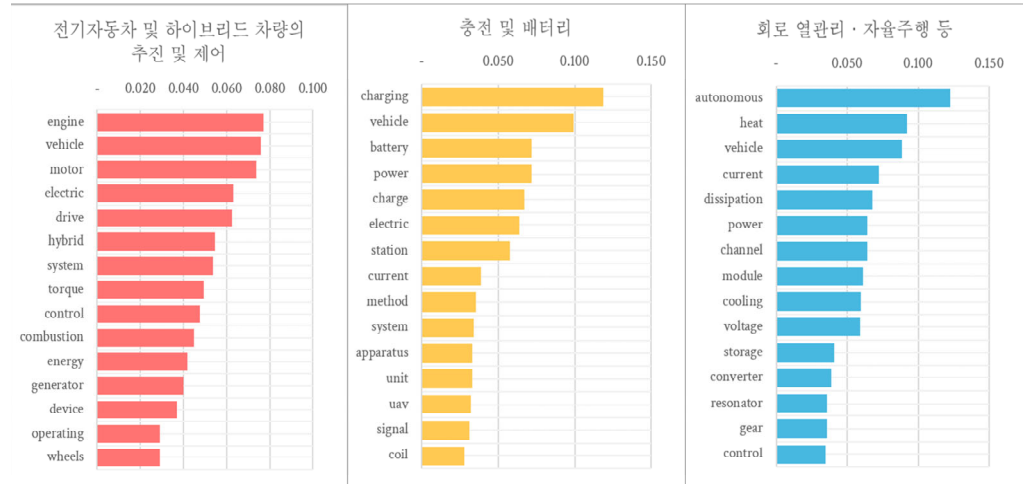
상단의 <표1>은 주경로 분석 및 토픽 분류의 결과 나타난 주경로의 등록 특허 개수를 나타낸다.

45) Jeori Wesseling et al., "How competitive forces sustain electric vehicle development", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 81(2014), pp. 154-164. 저자가 여기에서 말하는 급증기(wave)는 원문의 'wave'라는 말처럼 개발에 많은 투자와 기술 연구가 이루어졌다가 다시 정체되는 1990년대 이후의 네 번의 시기를 말했다.

46) 토픽 번호는 0번부터 순서대로 자동 부여되며, -1 토픽은 군집화되지 않은 문서들에 해당

특허 인용 네트워크를 기반으로 지식 지속성 점수가 계산되어 HPP를 식별할 수 있는데 LP 값 기준 0.7 이상, GP 값 기준 0.3 이상을 기준으로 87건의 HPP가 식별되었다. 이후 역방향-순방향 탐색으로 200개의 노드와 224개의 엣지로 구성된 기술 궤적이 확인되며, 이 200개의 노드에 해당하는 특허는 하단의 <표3>에 나타난 것처럼 BERTopic를 통해 0, 1, -1의 토픽으로 자동으로 분류되었다. 전체 토픽 개수는 BERTopic에 포함되는 HDBSCAN 알고리즘에 따라 데이터 밀도에 따른 클러스터(즉, 토픽) 수가 자동으로 결정되었다.

<그림3 토픽별 주요 키워드와 c-TF-IDF 점수>



<그림3>은 결정된 각 토픽별로 c-TF-IDF 점수가 높게 나타난 단어 순위를 나타낸다. 이는 개념적으로 해당 토픽 안에서 다른 토픽과 구분되는 특징을 가진 키워드가 무엇이며, 각각의 키워드가 해당 토픽에서 얼마나 다른 토픽과 구분되는 특징에 해당하는지를 나타낸다.

<표2 토픽별 일반적 키워드>

전기자동차 및 하이브리드 차량의 추진 및 제어의 일반적인 키워드		
Engine	Vehicle	Motor
Electric	Drive	Hybrid
System	Torque	Control
Combustion	Energy	Generator
Device	Operating	Wheels
충전 및 배터리의 일반적인 키워드		
Charging	Vehicle	Battery
Power	Charge	Electric
Station	Current	Method
System	Apparatus	Unit
UAV	Signal	Coil
회로 열관리·자율주행 등의 일반적인 키워드		
Autonomous	Heat	Vehicle
Current	Dissipation	Power
Channel	Module	Cooling

Voltage	Storage	Converter
Resonator	Gear	Control

<표3 지식 지속성 기반 '전기자동차 및 하이브리드 차량의 추진 및 제어' 분야 상위 7 특허 리스트>

특허 번호	발명의 명칭	출원연도	지식 지속성	전체 피인용수
3923115	Hybrid Drive	1972	301.6	136
4042056	Hybrid powered automobile	1975	234.1	115
3904883	Low or zero pollution hybrid energy converter and transmission unit	1973	211.9	28
3650345	Control system for alternately battery-operated and engine-powered vehicle	1969	201.4	44
5343970	Hybrid electric vehicle	1992	151.9	541
3888325	Motor-driven vehicle with hybrid internal combustion and electrical drive	1974	148.8	72
4533011	Hybrid drive for a vehicle, in particular an automobile	1980	135.7	214

<표4 지식 지속성 기반 '충전 및 배터리' 분야 상위 7 특허 리스트>

특허 번호	발명의 명칭	출원연도	지식 지속성	전체 피인용수
3904947	Automatic Battery Charger	1973	112.9	61
3938018	Hybrid drive	1974	100.0	314
3603860	Vehicle mounted battery charging system for an electric motor vehicle	1969	99.3	17
5157319	Vehicle battery charging apparatus	1991	91.9	150
5341083	Current-type converter apparatus	1992	86.2	334
4532418	Contactless battery charging system	1984	85.1	316
7741734	Charging station for electric vehicles	2006	71.3	983

<표5 지식 지속성 기반 '회로 열관리·자율주행 등' 분야 상위 5 특허 리스트>

특허 번호	발명의 명칭	출원연도	지식 지속성	전체 피인용수
4484130	Battery monitoring systems	1983	117.4	32
4558281	Battery state of charge evaluator	1983	83.8	72
5392873	Structure for securing batteries used in an electric vehicle	1993	43.8	219
5669470	Roadway-powered electric vehicle system	1994	25.1	176
7212407	Electrical power converter method and system employing multiple output converters	2005	13.5	93

<표6 토픽 설명>

토픽	설명	참고
전기자동차 및 하이브리드 차량의 추진 및 제어	전기 모터와 전자 제어 시스템을 통해 차량을 구동하고 제어하는 시스템을 의미한다. 이 기술은 전력을 효율적으로 사용하여 높은 토크와 가속력을 제공하면서, 차량의 성능과 안전을 최적화한다. 하이브리드 시스템에 대한 종합적인 추진, 제어를 포함한다.	Abd El et al.의 Propulsion Subsystem ⁴⁷⁾ , Chan의 Propulsion Motor, Power Converters, Hybrid Control Technology ⁴⁸⁾ , Pilkington et al.의 Power System, Control System ⁴⁹⁾
충전 및 배터리	차량의 주요 전력원인 배터리를 충전하고 관리하는 기술을 말한다. 이 시스템은 충전소에서 전류를 전달받아 배터리를 충전하는 다양한 방법을 포함하며, 전기자동차의 운행 범위와 성능에 결정적인 역할을 한다.	Abd El et al.의 Energy Source ⁵⁰⁾ , Chan의 Battery and Ultracapacitors ⁵¹⁾ , Pilkington et al.의 Charging System, Batteries ⁵²⁾
회로 열관리·자율주행 등 ⁵³⁾	주요 시스템에 의미적으로 거리가 있는 시스템을 말한다. 회로 열관리 등 일부 주변부 시스템과 자율주행 시스템 등을 포함한다.	Abd et al.의 Auxiliary Subsystem ⁵⁴⁾ , Pilkington et al.의 Auxiliary System, Monitoring System ⁵⁵⁾

<표2>와 <그림3>에 나타난 키워드, <표4>, <표5>, <표6>를 비롯한 각 토픽별 지식 지속성 점수 상위 특허들을 분석했으며, 주요 키워드, kp점수 상위 특허, 기존 연구 결과에 근거해 토픽이 명명되었다. <표6>는 각 토픽에 대한 설명과 기존 분석에서 대응되는 개념을 명시하였다. 해당 토픽들은 전통적으로 구동부와 그 제어에 해당하며 하이브리드 차량의 관련 특허도 다수 포함하는 ‘전기자동차 및 하이브리드 차량의 구동 및 제어’, 전기 충전에 관한 ‘전력 및 배터리’ 그리고 일부 세부 토픽과 최신의 자율주행 기술을 포함하는 ‘회로 열관리·자율주행 등’을 포함한다. 이러한 결과는 사전에 지시를 하지 않고 도출된 결과여서 더욱 의미가 있다.

4.2. 기술 궤적 확인 및 유망기술 판단

47) Ahmed Abd El Baset Abd El Halim et al., 앞의 논문, pp. 2041-2061.

48) Ching Chan, 앞의 논문, pp. 704-718.

49) Alan Pilkington et al., “The electric vehicle: Patent data as indicators of technological development”, *World Patent Information*, Vol. 24 No. 1(2002), pp. 5-12.

50) Ahmed Abd El Baset Abd El Halim et al., 앞의 논문, pp. 2041-2061.

51) Ching Chan, 앞의 논문, pp. 704-718.

52) Alan Pilkington et al., 앞의 논문, pp. 5-12.

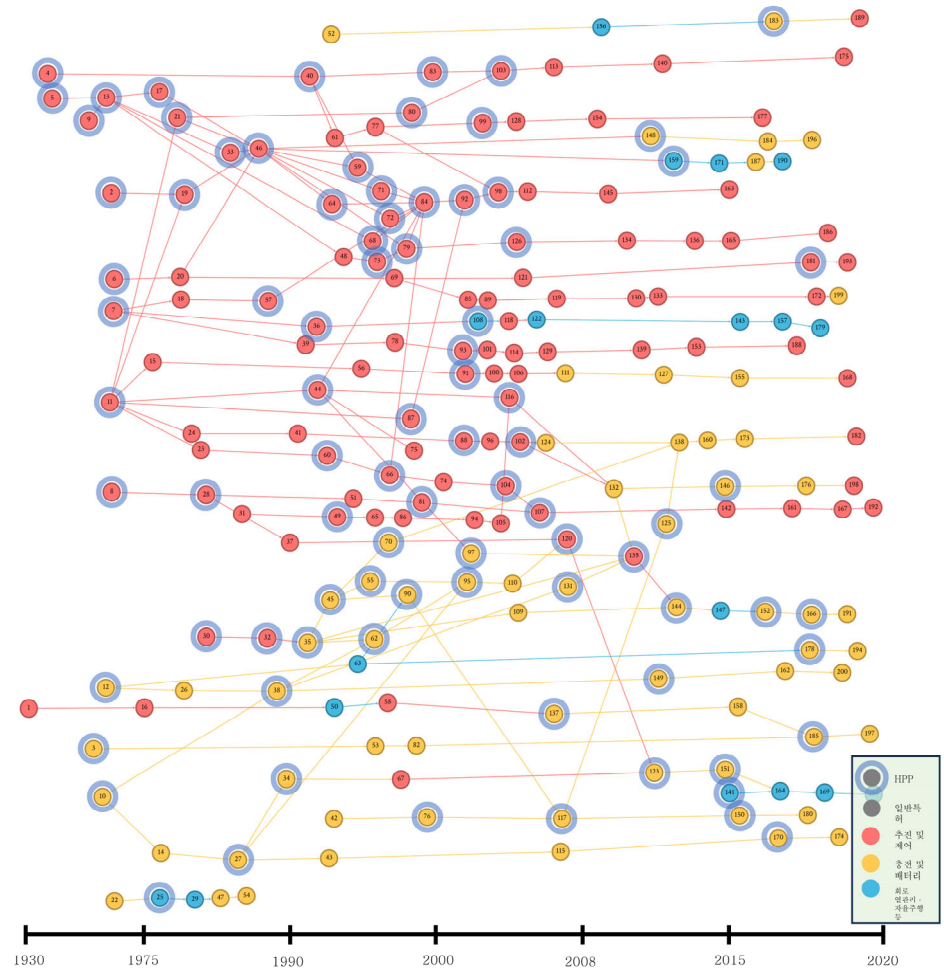
53) ‘회로 열관리·자율주행 등’ 분류는 다른 두 분류에 비해 서로 내적 연관성이 약한 토픽들이 한데 묶여 있다. 이들은 총합 개수가 지나치게 적어(19개) 세부적으로 토픽 분류가 더 나뉘어지지 않았다. 이들 기술은 차후 기술 궤적이 발달하면서 더 많은 특허가 추가됨에 따라 더 세밀한 세부 토픽으로 발전할 여지가 있다.

54) Ahmed Abd El Baset Abd El Halim et al., 앞의 논문, pp. 2041-2061.

55) Alan Pilkington et al., 앞의 논문, pp. 5-12.

<그림4>에 나타난 노드의 색깔은 BERTopic 토픽 모델링으로 분류된 토픽 번호를 의미한다. 노드 번호가 의미하는 특허번호는 [부록]에 설명되어 있다. 붉은색 노드는 ‘전기자동차 및 하이브리드 차량의 추진 및 제어’ 토픽에 속하는 특허들이며, 노랑색 노드는 ‘충전 및 배터리’ 토픽에 속하는 특허들이고, 파랑색 노드는 ‘회로 열관리 및 자율주행 등’ 토픽에 속하는 특허들이다. 큰 노드는 HPP(High Persistence Patent)를 의미한다. 가로 방향은 시간 순서를 표시하는데, 배터리 기관차에 대한 1930년에 출원된 1번 노드(US1843691) 특허 등으로 긴 기간을 가지고 있기에, 시간 순서와 지식 전달 순서에 대한 명료성을 절충하여 x축의 각 급간별로 서로 다른 시간 길이를 채택한다.

<그림4 전기자동차 기술 궤적>



* 157번 특허와 190번 특허는 출원연도가 아닌 공개연도에 표시되었다. 이에 대해서는 <그림9>와 <그림10> 하단에 각각 후술한다.

이때 시각적으로 붉은 색 분류와 노랑 색 분류의 특허들은 두 개의 별개 군집을 이루고 있다. 이는 색깔 분류는 언어 데이터에 기반한 머신러닝 언어 모델을 활용하였으며, 주경로들은 인용 데이터를 기반으로 나타냈는데, 결국 이 두 개의 전혀 다른 두 개의 데이터가 같은 경향을 보이고 있다는 점에서 언어 모델을 이용한 분류의 유용성을 보여준다.

<표7 전기자동차 출원시기별 특허 출원 및 HPP 출원 비중>

출원시기	전기자동차 특허 비중 (%)	HPP 비중 (%)
1970년 이전	9%	5%
1970년대	2%	10%
1980년대	1%	9%
1990년대	5%	33%
2000년대	19%	21%
2010년대	64%	22%
합계	100%	100%

<표7>은 출원시기별 전기자동차 전체 특허 및 HPP의 비중을 나타낸다. 이는 <그림5>에서 보이는 주경로 상의(특히 HPP들의) 시대적 편중성이, 일부는 그 시기에 특허가 많은 것에서 기인하지만(2000년대), 상당수는 원천 기술의 태동기가 한발짝 앞서 있음을 보인다(특히 1970 ~ 1990년대). 이는 기술적 패러다임이 확인되는 데에 시간이 다소 소요된다는 인사이트와도 일치한다.

1960년대 ~ 1974년 사이의 HPP 노드(2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12) 들은 시스템 제어, 충전 시스템, 하이브리드차량, 에너지 변환 등을 다루며 전기자동차의 각 분야를 형성하고는 원천기술로써 후대의 기술 궤적에 영향을 끼친다. 1990년대부터 2000년대에 이르는 폭 넓은 시기에는 기술의 중추가되는 HPP들이 다수 발견된다. 1990년도의 배터리 충방전 마이크로프로세서에서 무선충전에 이르는 충전 및 배터리 토퍼 노드(34, 35, 45, 55, 62, 70, 90) 기술이 태동하는데 이는 GM이 소개한 배터리 전기차 프로토타입 EV1의 시연과 이로 인한 이른바 전기자동차 개발의 “첫 번째 급증기”⁵⁶⁾으로 인한 영향으로 보인다. 1990년대 후반부터 2000년대 중반까지는 하이브리드 차량과 직간접적으로 관련된 HPP들(68, 71, 72, 73, 79, 80, 81, 83, 84, 87, 88, 92, 95, 98, 99, 102, 103, 104)이 주로 전기자동차 및 하이브리드 차량의 추진 및 제어 토퍼에서 발견되는데 도요타(1997)와 혼다(1998)의 하이브리드 차량 출시로 인한 “세 번째 급증기”⁵⁷⁾와 무관하지 않다.

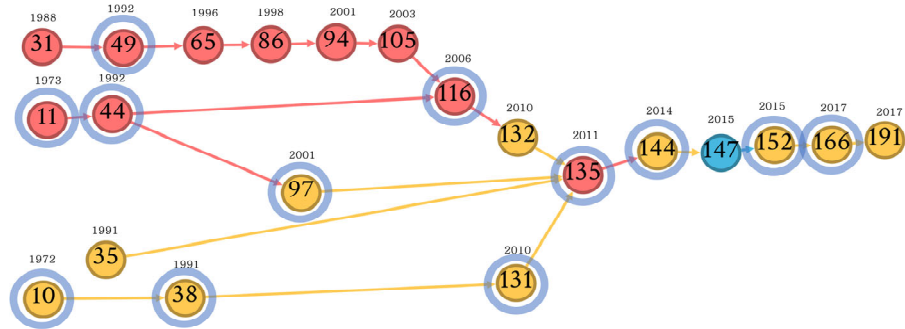
전기자동차의 주경로는 상단의 추진 기술 발전 경로와 하단의 충전 기술 발전 경로에 대한 기술 궤적은 뚜렷하게 가시화되고 있으나, 중앙에 위치한 HPP들은 서로 기술적 영향을 주고받으며 복잡다단한 경로를 그리고 있음을 알 수 있다. 이러한 인사이트는 다양한 하위 시스템들이 하나의 차체 안에서 긴밀하게 상호작용하는 전기자동차 기술의 특성⁵⁸⁾과 일치하나, 기술 궤적에 대한 명료한 이해를 위해 본 연구에서는 주요 궤적을 정성적으로 추려서 상세한 발전을 분석한다.

56) Jeori Wesseling et al., 앞의 논문, pp. 154-164.

57) Jeori Wesseling et al., 앞의 논문, pp. 154-164.

58) Ching Chan, 앞의 논문, pp. 704-718.

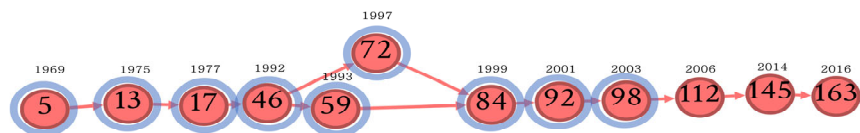
<그림5 제어 기술과 충전 기술의 발전 및 교류를 보여주는 기술 궤적>



<그림5>⁵⁹⁾는 전체 네트워크에서 가장 긴 기술 궤적 경로와 이와 관련된 주요 노드들을 포함한다. 전체 경로 그림에서는 중하단에 위치한 이 경로는 - 31, 49, 65, 86, 94, 105, 116, 132, 135, 144, 147, 152, 166, 191 - 이며, 6개의 HPP(49, 116, 135, 144, 152, 166)을 포함한다. 이 경로는 또한 135번 노드에서 전력 충전과 관련된 다른 주요 HPP들(35, 131, 97)을 만나 무인기에 대한 충전 기술로 이어진다.

이 경로의 시작은 DC 전류를 다른 형태의 전류로 변환하며 다양한 차량 상태를 제어하는 기술을 포함하는 31번 노드(US4787021)에서 시작하며 시스템 최적화에 대한 지식을 후대에 전파한다. 이후 DC 전류를 AC 전류로 바꾸며 시스템을 최적화하는 49번 노드(USUS5373195), 빠른 시간 내에 대량의 전력을 저장하고 방출하는 배터리 관련 기술을 포함하는 65번 노드(US5710699)로 이어진다. 기술 궤적은 이후 모터 관련 기술로 이어져서 모터 구동에 관련된 86번(US6608396), 모터 견인 기술인 94번(US6608396), 구동장치와 그에 대한 제어 시스템을 포함하는 105번(US7099756) 노드들로 이어진다. 여기서 31번 - 49번 - 65번 - 86번 - 94번 - 105번으로 이어지는 흐름은 11번(US3923115) - 44번(US5318142) 두 개의 하이브리드 차량 관련 HPP가 이어지는 경로와 함께 116번(US7740092) 하이브리드 추진의 전력 제어에 관한 기술로 이어진다. 이후 135번 노드(US8725330)는 132번 노드(US8509976)를 사이에 두고 116번 노드의 지식을 받음과 함께 35번(US5157319), 97번 노드(US6673479), 131번 노드(US8473131)의 지식을 결합하여, 기술은 144번 노드(US9139310), 152번 노드(US9434267), 166번 노드(US9950814)의 무인기 충전 관련들로 발전해나간다. 이 주요 기술 경로는 기술이 융합되고, 발전되어 어떻게 최신 수요와 함께 발전하는지 발전상을 여과없이 보인다.

<그림6 전기자동차 및 하이브리드 차량의 주행 기술 궤적>



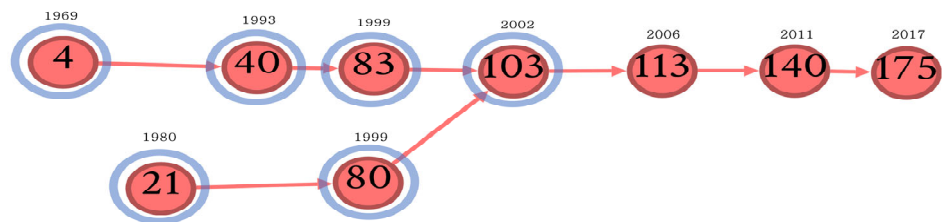
<그림6>은 전기자동차 및 하이브리드 차량의 구동과 관련된 주요 경로 - 5, 13, 17, 46, 59, 72, 84, 92, 98, 112, 145, 163-을 보여준다. 하이브리드 차량은 전통적인 내연 기관과 전기 모터를

59) 이후 <그림5>에서 <그림10>까지 세부 기술 궤적의 상단에 표시된 숫자는 전부 출원년도이다

결합한 자동차로, 연료 효율성을 높이고 배기 가스 배출을 줄이는 것을 목표로 한다(Chan, 2002). 전기자동차는 배터리 기술 발달이 정체로 점유율이 오랜 기간 떨어졌으며, 이로 인한 충전소 인프라 부족이 다시 전기차 보급을 막는 악순환을 오래 이어왔다. 이러한 한계를 극복하기 위한 방안 중 하나가 하이브리드차량이었으며 이러한 상업적 요구는 추진 및 제어 장치에서 내연기관과 전기모터의 동력을 번갈아 사용하기 위한 기술의 발달로 남게 되었다.

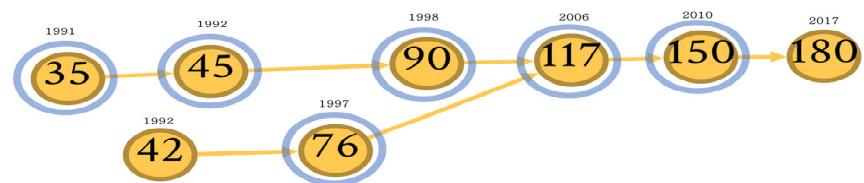
관련 HPP 9개를 가졌다. 이 경로는 하이브리드 구동에 대한 기본 개념을 제안하는 1969년대 등록된 5번 노드(US3650345)를 중심으로 변속기 및 자기력 클러치, 보조 구동, 재생제동, 토크 전달, 토크 컨버터, 드라이브 모드 선택, 트렉션 모터, 터보 차저, 엔진 정지 및 자동 재시작 등에 대한 하이브리드 차량의 발전 양태를 고스란히 담고 있다.

<그림7 하이브리드 차량의 종합 제어에 대한 기술 궤적>



<그림7>은 하이브리드 차량의 전기적 제어에 관련된 기술 궤적들을 보여준다. 이는 9개의 노드 - 4, 21, 40, 80, 83, 103, 113, 140, 175-를 포함하며, 5개의 하이브리드 차량 관련 HPP를 포괄한다. 전기기계식(Electromechanical) 차량 제어에 대한 4번 노드(US3620323)는 효율적인 동력 전달에 대한 전반적 지식 흐름을 후대 특허들에게 전달한다. 하이브리드 차량은 내연기관과 전기 모터를 동시에 사용하기 때문에 이 두개를 고려한 처리(21번 노드: US4335429) 및 센서 시스템(80번 노드: US6026921)이 필수적이며, 내연 기관과 전기 모터를 종합한 토크 제어(40번 노드: US5285111) 및 각 동력 기관에서 비롯된 에너지 효율을 극대화하는 방안(83번 노드: US6176808)이 결합된다. 이들은 하이브리드 차량에서 운전자 요구를 모니터링, 필요성 예측, 효율적인 엔진 관리를 통합하는 HPP인 (103번 노드: US7021409)로 확장된다.

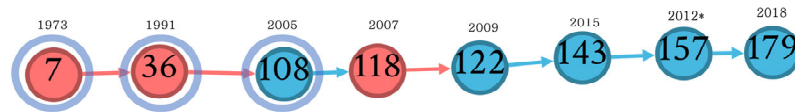
<그림8 무선 충전에 대한 기술 궤적>



<그림8>은 충전 및 배터리 관련 기술 궤적에서도 눈에 띄는 변화가 관찰된다. 다음은 충전 및 배터리 기술만을 포함한 경로 가운데 가장 긴 궤적을 가진 경로 - 35, 45, 90, 117, 150, 180-와 관련된 추가 경로-42, 76-을 포함한 기술 궤적이다. 이들은 고주파수 변환으로 물리적 접촉 없이 충전을 가능하게 하는 35번 노드(US5157319)에서 시작하는데, 이는 코액시얼 와인딩 변압기(Coaxial Winding Transformer)를 통한 고주파수 전력 변환 기술로 발전, 계승되며(45번

노드: US5341083), 이 고주파 전력을 사용 가능한 형태로 변환하는 2차 에너지 변환기 (Secondary Energy Converter)로 90번 노드(US6515878)로 계승, 발전된다. 고주파 변환에 대한 기술인 90번 노드는 주파수 변화를 감지하고 조절하는 주파수 드리프트 보상에 대한 기술인 76번 노드 (76번 노드: US5898579)등과 결합, 융합되어 무선 비방사성 에너지 전송에 대한 효율성을 극대화시킨 117번 노드(US7741734)로 발전된다.

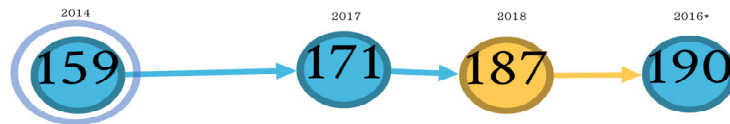
<그림9 회로 열관리 관련 기술 궤적>



* 157번은 출원과 등록 및 공개 사이의 텀이 길며, 심사 과정에서 심사관이 143번 특허를 인용 추가함

<그림9>는 회로 열관리 관련 노드들-7, 36, 108, 118, 122, 143, 157, 179-로 식별된다. 이 궤적의 초반부는 7번 노드(US3837419), 36번 노드(US5172784), 108번 노드(US7212407)의 HPP들로 이어지는데, 7번 노드와 36번 노드는 전기 신호와 회로에 대한 전기 제어에 대한 원천 기술에 해당하며, 108번 노드는 유체 순환을 통해 회로에서 발생하는 열을 제거하는 핵심 기술이다. 이러한 열 관련 제어 기술은 양면 냉각 모듈, 냉각수 부품, 냉각수 흐름 채널 기술로 발전해간다.

<그림10 자율 주행 안전성 관련 기술 궤적>



* 190번은 출원과 등록 및 공개 사이의 텀이 길며, 심사 과정에서 심사관이 187번 특허를 인용 추가함

<그림10>은 2014년 이후에 이어지는 경로-159, 171, 187, 190- 또한 HPP를 포함하는 유의미한 궤도로 식별됨을 보인다. 이들은 자율주행 차량간 무선 통신을 통해 데이터 교환을 하는 핵심 159번 노드(US9697733)는 자율주행 차량의 핵심인 안정성에 대한 핵심 기술을 후대에 제공한다. 이러한 통신 기술은 자율주행 차량의 응급상황을 주변 지역 정보를 활용해 대처하는 171번 노드(US10156848), 충전소 자율 라우팅 및 충전 기술을 포함하는 187번 노드(US10828999), 중앙의 통제를 통해 자율 주행 차량의 일정을 관리하고 충전을 결정하는 190번 노드(US10953759)로 이어진다. 이러한 결과는 자율주행 분류 토픽이 새로운 기술 경향을 반영한다.

<표8 유망 기술의 특허 리스트>

특허 번호	발명의 명칭	출원 연도	토픽 이름	지식 지속성
10156848	Autonomous vehicle routing during emergencies	2017	회로 열관리 및 자율주행 등	3.48

10828999	Autonomous electric vehicle charging	2018	충전 및 배터리	1.67
9851213	System and method for recommending charging station for electric vehicle	2016	충전 및 배터리	1.5
10665992	Actuator	2018	충전 및 배터리	1
10625621	Electric power system provided with a dual-voltage storage assembly for a vehicle	2017	전기자동차 및 하이브리드 차량 추진 및 제어	1
10112728	Drone charging stations	2018	충전 및 배터리	0.52
9932031	System and method for hybrid vehicle engine starts	2016	충전 및 배터리	0.51

<표8>은 주경로 분석에서 나타났던 유망 기술들의 발전 궤적, 그 특성, 그리고 지식의 지속가능성을 통해 종합적으로 판단한 유망 기술을 포함한 특허 목록이다. 자율주행 차량의 핵심 기술 중 하나인 무선 통신 기술은, 긴급 상황 발생 시 라우팅 조작을 통해 차량의 안정성을 확보하는 방향으로 발전하고 있다. 또한, 자율 충전 기술은 배터리 재충전의 임계값에 도달했을 때 충전 위치와 시간을 스스로 결정하게 되는데, 이는 사용자가 최적의 시간에 충전할 수 있도록 설계되거나, 자동으로 충전을 진행하는 핵심 기술로 발전하고 있다. 추진력과 제어 분야에서는 하이브리드 차량에 적용되는 듀얼 전압 교환 기능을 가진 토크 컨버터를 통해, 보다 효율적인 동력 전달 시스템이 작동하게 된다. 이는 차량의 추진력을 더욱 효율적으로 만들어 주는 중요한 기술 진보로 볼 수 있다.

5. 결론

이번 연구는 지식 지속성(Knowledge Persistence) 기반 주요 경로 분석과 BERTopic 기반 토픽 모델링을 결합하여 전기차 기술의 궤적을 파악하였다. 특허 데이터를 활용하여 인용 데이터와 텍스트 데이터를 기반으로 기존 정성 분석에서 확인된 기술 특징들을 재현하였고, 더욱 상세한 특허 목록을 구축하여 유망 특허를 확인하였다.

데이터 분석 결과 전기자동차 및 하이브리드 차량의 추진 및 제어, 충전 및 배터리, 회로 열관리 및 자율주행 등의 세부 기술 특징이 각각의 토픽 키워드로 재현되는 것을 확인하였다. 1960년대 원천기술 형성을 시작으로 각 기술 궤적이 제어 및 충전 기술의 상호작용과 발전, 하이브리드 차량 기술의 발전, 그리고 자율주행 기술의 발전을 포함함을 확인하였다. 이런 결과는 노이즈를 탁월하게 제거하는 주경로분석 방법론으로 기술 궤적을 식별하고, 사전 훈련된 언어모델을 기반으로 한 텍스트 마이닝 도구를 이용하여 세부 분류를 확인한 것으로 해석할 수 있다.

그러나, 이 연구는 분류 과정에서 정성분석 요소를 최소화하였지만, 여전히 그룹의 개수 등 섬세하게 조절해야 하는 파라미터들이 존재하는 한계를 가진다. 특히 ‘회로 및 열관리’와 ‘자율주행’이라는 유망성 높은 토픽이 적은 특허 수에도 기존 분류와 다르게 분류되었으나, 지나치게 적은 특허 양으로 온전히 분리되지 않은 한계를 가진다. 또한 토픽 특성이 식별될 때에도 정성 분석이 필요하다는 한계를 가진다. 이러한 정성분석의 한계를 극복하기 위해 기술 분류, 분류 이름 같은 기술적 요소를 가진 데이터를 학습 체계에 추가하는 연구가 요구된다.

이러한 방법론적 한계에도 이 연구 결과는 제조업체, 연구자, 정책 입안자를 포함한 전기자동차 산업의 이해관계자들에게 기술 분야에 대한 깊은 이해를 제공하며, 이를 통해 전기자동차의 정

량적 기술 분류와 발전을 환기한다. 기업은 유망기술에 근거해 연구 개발 전략을 재조정하거나 기술 소싱 계획을 세울 수 있으며, 정부나 정책 기관은 특정 기술 분야의 성장 가능성을 평가하는 참고 자료로 활용할 수 있다. 또한 해당 방법론은 확장 여부에 따라 반도체, 스마트 제조업, AI 등의 최신 기술 분야에서도 본 연구의 방법론은 정성적인 분석을 보조하거나 검증하는 도구로 활용될 수 있다.

참고 문헌(References)

단행본(국내 및 동양)

유원준·안상준, 「딥 러닝을 이용한 자연어 처리 입문」, 유원준·안상준(전자책), 2023.

단행본(서양)

Tom Denton. "Electric vehicles introduction", Edited by Tom Denton, Electric and Hybrid Vehicles, Second Edition, Routledge, 2020.

학술지(국내 및 동양)

송경태 외 2인, "특허 정보를 이용한 유망기술 발굴 프로세스 연구-요인분석과 텍스트마이닝 기법의 결합 접근-." 「지식재산연구」, 제17권 제1호(2022).

윤민호, "특허 데이터를 이용한 연료전지의 기술궤적 분석과 산업의 진화", 「지식재산연구」, 제15권 제3호(2020).

주시형, "특허인용의 등록유지 기간에의 영향-한국특허 인용 정보를 활용한 분석", 「지식재산연구」, 제15권 제4호(2020).

학위논문(서양)

Ahmed Abd El Baset Abd El Halim et al., "Electric Vehicles: A Review of Their Components and Technologies", *International Journal of Power Electronics and Drive Systems(IJPEDS)*, Vol. 13 No. 4(2022).

Alan Pilkington et al., "The electric vehicle: Patent data as indicators of technological development", *World patent information*, Vol. 24 No. 1(2002).

Alex Fabianne de Paulo et al., "Emerging green technologies for vehicle propulsion systems", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 159(2020).

Andrea Ferloni, "Transitions as a coevolutionary process: The urban emergence of electric vehicle inventions", *Environmental Innovation and Societal Transitions*, Vol. 44(2022).

Bart Verspagen, "Mapping technological trajectories as patent citation networks: A study on the history of fuel cell research", *Advances in Complex Systems*, Vol. 10 No. 1(2007).

Ching Chan, "The State of the Art of Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles", *Proceedings of the IEEE*, Vol. 95 No. 4(2007).

Djavan De Clercq et al., "Multi-label classification and interactive NLP-based visualization of electric vehicle patent data", *World Patent Information*, Vol. 58(2019).

Duanwu Yan et al., "Evolution of Global EV Battery Technology Based on the Main Path of Patent Citation", *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 1955 No. 1(2021).

Eleonora Pantano & Pizzi Gabriele, "Forecasting artificial intelligence on online customer assistance: Evidence from chatbot patents analysis", *Journal of Retailing and Consumer Services*, Vol. 55(2020).

Fei Yuan & Kumiko Miyazaki, "Trajectory identification as proxies for discerning the dynamic nature of technological change-The case of electric vehicles industry", *International Journal of Innovation and Technology Management*, Vol. 14 No. 1(2017).

Giovanni Dosi, "Technological Paradigms and Technological Trajectories", *Research Policy*, Vol. 11(1982).

Hyunseok Park & Christopher L. Magee, "Tracing technological development trajectories: A genetic knowledge persistence-based main path approach", *PloS ONE*, Vol. 12 No. 1(2017).

Jeori Wesseling et al., "How competitive forces sustain electric vehicle development", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 81(2014).

- John S. Liu & Louis YY Lu, "An integrated approach for main path analysis: Development of the Hirsch index as an example", *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, Vol. 63 No. 3(2012).
- Maarten Grootendorst, "BERTopic: Neural topic modeling with a class-based TF-IDF procedure", *arXiv*, 2203.05794(2022).
- Mekyung Lee, "An Analysis of the Effects of Artificial Intelligence on Electric Vehicle Technology Innovation Using Patent Data", *World Patent Information*, Vol. 63(2020).
- Norman P. Hummon & Patrick Doreian, "Some dynamics of social balance processes: bringing Heider back into balance theory", *Social Networks*, Vol. 25 No. 1(2003).
- Renjie Hu et al., "Technology topic identification and trend prediction of new energy vehicle using LDA modeling", *Complexity*, Vol. 2022(2022).
- Robert M. Solow "A contribution to the theory of economic growth", *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 70 No.1(1956).
- Roberto Fontana et al., "Mapping technological trajectories as patent citation networks. An application to data communication standards", *Economics of Innovation and New Technology*, Vol. 18 No. 4(2009).
- Sejun Yoon et al., "Hierarchical main path analysis to identify decompositional multi-knowledge trajectories", *Journal of Knowledge Management*, Vol. 25 No. 2(2021).
- Shao-Chao Ma et al., "Characteristics and key trends of global electric vehicle technology development: A multi-method patent analysis", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 338(2022).
- Sida Feng et al., "The technology convergence of electric vehicles: Exploring promising and potential technology convergence relationships and topics", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 260(2020).
- Sida Feng & Christopher L. Magee, "Technological development of key domains in electric vehicles: Improvement rates, technology trajectories and key assignees", *Applied Energy*, Vol. 260(2020).
- Sooji Ha et al., "Topic classification of electric vehicle consumer experiences with transformer-based deep learning", *Patterns*, Vol. 2 Issue 2(2021).
- Weiya Zhang et al., "Analysis of electric vehicle technology development based on patent big data: a topic analysis of structured topic model (STM)", *5th International Conference on Computer Information Science and Application Technology (CISAT 2022)*, Vol. 12451(2022).
- Xiaodong Yuan & Xiaotao Li, "Mapping the technology diffusion of battery electric vehicle based on patent analysis: A perspective of global innovation systems", *Energy*, Vol. 222(2021).
- Xiaodong Yuan & Yuchen Cai, "Forecasting the development trend of low emission vehicle technologies: Based on patent data", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 166(2021).
- Zhenfeng Liu et al., "Tracing evolutionary trajectory of charging technologies in electric vehicles: patent citation network analysis", *Environment, Development and Sustainability*, (2023).

인터넷 자료

ITC (International Trade Centre), "Trade Map", <https://www.trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=1%7c%7c%7c%7c%7cTOTAL%7c%7c%7c2%7c1%7c1%7c1%7c2%7c1%7c2%7c1%7c1%7c1>, 검색일: 2024. 2. 1.

연구보고서

양재완, "2022년 글로벌 전기차 판매 실적 분석", 한국자동차연구원, 2023.

<부록>

노드 번호	등록번호 (US)	발명의 명칭	출원연도	토픽 분류*	KP	전체 피인용수
1	1843691	Storage battery locomotive	1930	추진 및 제어	68.0	3
2	3503464	CONTROL SYSTEM FOR A BATTERY AND HYDROCARBON POWERED VEHICLE	1968	추진 및 제어	110.4	28
3	3603860	AUTOMATIC BATTERY CHARGER	1969	충전 및 배터리	99.3	17
4	3620323	ELECTROMECHANICAL POWER TRAIN SYSTEM FOR AN AUTOMOTIVE VEHICLE	1969	추진 및 제어	125.1	25
5	3650345	CONTROL SYSTEM FOR ALTERNATELY BATTERY-OPERATED AND ENGINE-POWERED VEHICLE	1969	추진 및 제어	201.4	44
6	3792327	HYBRID ELECTRICAL VEHICLE DRIVE	1972	추진 및 제어	120.4	64
7	3837419	HYBRID ELECTRIC POWER VEHICLE	1973	추진 및 제어	123.2	35
8	3888325	Motor-driven vehicle with hybrid internal combustion and electrical drive	1974	추진 및 제어	148.8	72
9	3904883	LOW OR ZERO POLLUTION HYBRID ENERGY CONVERTER AND TRANSMISSION UNIT	1973	추진 및 제어	211.9	28
10	3904947	VEHICLE MOUNTED BATTERY CHARGING SYSTEM FOR AN ELECTRIC MOTOR VEHICLE	1973	충전 및 배터리	112.9	61
11	3923115	HYBRID DRIVE	1972	추진 및 제어	301.6	136
12	3938018	Induction charging system	1974	충전 및 배터리	100.0	314
13	4042056	Hybrid powered automobile	1975	추진 및 제어	234.1	115
14	4052655	Battery recharging meter	1975	충전 및 배터리	65.8	156
15	4099589	DC electric car with auxiliary power and AC drive motor	1976	추진 및 제어	72.8	51
16	4135593	Electrically driven vehicles	1976	추진 및 제어	68.0	51
17	4180138	Vehicle having auxiliary drive mechanism	1977	추진 및 제어	95.7	72
18	4199037	Electric automobile	1978	추진 및 제어	62.2	111
19	4305254	Control apparatus and method for engine/electric hybrid vehicle	1980	추진 및 제어	96.6	131
20	4306156	Hybrid propulsion and computer controlled systems transition and selection	1980	추진 및 제어	73.3	73
21	4335429	Control apparatus for engine/electric hybrid vehicle	1980	추진 및 제어	116.5	304
22	4394741	Battery monitoring system	1980	충전 및 배터리	66.1	59
23	4405029	Hybrid vehicles	1981	추진 및 제어	55.2	105
24	4470476	Hybrid vehicles	1983	추진 및 제어	73.8	103
25	4484130	Battery monitoring systems	1983	회로 열관리 자율주행 등	117.4	32
26	4496896	Vehicle battery charging apparatus	1983	충전 및 배터리	70.9	106
27	4532418	Microprocessor electric vehicle charging and parking meter system structure and method	1984	충전 및 배터리	85.1	316
28	4533011	Hybrid drive for a vehicle, in particular an automobile	1980	추진 및 제어	135.7	214
29	4558281	Battery state of charge evaluator	1983	회로 열관리 자율주행 등	83.8	72
30	4760891	Wheel motor cover	1987	추진 및 제어	132.5	9
31	4787021	Current-type converter apparatus	1988	추진 및 제어	38.5	19
32	4913258	Electric vehicle	1988	추진 및 제어	132.5	81
33	4923025	Hybrid electric/ice vehicle drive system	1987	추진 및 제어	71.1	74
34	5049802	Charging system for a vehicle	1990	충전 및 배터리	52.7	302
35	5157319	Contactless battery charging system	1991	충전 및 배터리	91.9	150
36	5172784	Hybrid electric propulsion system	1991	추진 및 제어	50.1	162
37	5176213	Driving force distribution system for hybrid vehicles	1990	추진 및 제어	54.4	77
38	5202617	Charging station for electric vehicles	1991	충전 및 배터리	58.9	367
39	5212431	Electric vehicle	1991	추진 및 제어	45.5	96
40	5285111	Integrated hybrid transmission with inertia	1993	추진 및 제어	119.8	145

		assisted launch				
41	5291960	Hybrid electric vehicle regenerative braking energy recovery system	1992	추진 및 제어	42.9	353
42	5293308	Inductive power distribution system	1992	충전 및 배터리	45.4	339
43	5311973	Inductive charging of a moving electric vehicle's battery	1992	충전 및 배터리	23.0	190
44	5318142	Hybrid drive system	1992	추진 및 제어	56.5	182
45	5341083	Contactless battery charging system	1992	충전 및 배터리	86.2	334
46	5343970	Hybrid electric vehicle	1992	추진 및 제어	151.9	541
47	5352982	Method and apparatus for displaying a residual electric charge of a battery for an electrically driven vehicle	1991	충전 및 배터리	56.4	33
48	5359308	Vehicle energy management system using superconducting magnetic energy storage	1993	추진 및 제어	49.0	74
49	5373195	Technique for decoupling the energy storage system voltage from the DC link voltage in AC electric drive systems	1992	추진 및 제어	44.7	248
50	5392873	Structure for securing batteries used in an electric vehicle	1993	회로 열관리·자율주행 등	43.8	219
51	5415603	Hydraulic control system for hybrid vehicle	1993	추진 및 제어	32.0	83
52	5458496	Charge coupling for electric vehicle	1994	충전 및 배터리	15.1	60
53	5462439	Charging batteries of electric vehicles	1993	충전 및 배터리	22.0	178
54	5539399	Display device for electric vehicle	1994	충전 및 배터리	30.3	136
55	5548200	Universal charging station and method for charging electric vehicle batteries	1994	충전 및 배터리	35.4	347
56	5549172	Electric vehicle drive system and drive method	1994	추진 및 제어	16.0	101
57	5550445	Generator controller and controlling method for hybrid vehicle	1994	추진 및 제어	44.5	89
58	5559420	Electricity supply unit trailer for electric vehicles	1994	추진 및 제어	11.2	71
59	5562565	Power transmission system in a hybrid vehicle	1993	추진 및 제어	46.9	114
60	5562566	Distributed differential mixing combined power system	1994	추진 및 제어	40.9	93
61	5577973	Two-mode, split power, electro-mechanical transmission	1995	추진 및 제어	34.0	84
62	5594318	Traction battery charging with inductive coupling	1995	충전 및 배터리	37.1	299
63	5669470	Roadway-powered electric vehicle system	1994	회로 열관리·자율주행 등	25.1	176
64	5697466	Hybrid vehicle	1993	추진 및 제어	36.5	135
65	5710699	Power electronic interface circuits for batteries and ultracapacitors in electric vehicles and battery storage systems	1996	추진 및 제어	27.9	272
66	5713425	Parallel hybrid powertrain for an automotive vehicle	1996	추진 및 제어	40.7	193
67	5790976	Route selection apparatus for a motor vehicle	1996	추진 및 제어	18.9	266
68	5806617	Hybrid vehicle	1996	추진 및 제어	30.9	217
69	5815824	Navigation system for electric automobile	1996	추진 및 제어	25.1	279
70	5821731	Connection system and connection method for an electric automotive vehicle	1997	충전 및 배터리	39.6	499
71	5839533	Apparatus for controlling electric generator of hybrid drive vehicle to control regenerative brake depending upon selected degree of drive source brake application	1997	추진 및 제어	29.7	125
72	5841201	Hybrid vehicle drive system having a drive mode using both engine and electric motor	1997	추진 및 제어	30.5	174
73	5856709	Hybrid vehicle drive system having clutch between engine and synthesizing/distributing mechanism which is operatively connected to motor/generator	1996	추진 및 제어	30.8	245
74	5873426	Hybrid vehicle drive system having means for using at least engine as drive power source in special vehicle operating state, to assure sufficient drive force	1997	추진 및 제어	22.6	62

75	5898282	Control system for a hybrid vehicle	1997	추진 및 제어	27.5	254
76	5898579	Non-contact power distribution system	1997	충전 및 배터리	30.1	316
77	5931757	Two-mode, compound-split electro-mechanical vehicular transmission	1998	추진 및 제어	45.1	366
78	5998885	Propulsion system for a motor vehicle using a bidirectional energy converter	1998	추진 및 제어	10.5	45
79	6018198	Hybrid drive apparatus for vehicle	1998	추진 및 제어	19.2	187
80	6026921	Hybrid vehicle employing parallel hybrid system, using both internal combustion engine and electric motor for propulsion	1999	추진 및 제어	17.5	204
81	6083138	Hybrid drive control system for vehicle	1999	추진 및 제어	22.5	143
82	6157162	Battery charging apparatus for electric vehicles	1999	충전 및 배터리	17.2	170
83	6176808	Hybrid vehicle powertrain and control therefor	1999	추진 및 제어	28.0	151
84	6209672	Hybrid vehicle	1999	추진 및 제어	33.9	288
85	6295487	Hybrid vehicle and method of controlling the travel of the vehicle	2000	추진 및 제어	11.2	86
86	6331365	Traction motor drive system	1998	추진 및 제어	14.0	192
87	6338391	Hybrid vehicles incorporating turbochargers	1999	추진 및 제어	9.0	97
88	6378636	Method and system for providing for vehicle drivability feel after accelerator release in an electric or hybrid electric vehicle	2000	추진 및 제어	9.0	47
89	6428444	Apparatus for controlling a vehicle and a method of controlling the vehicle	2000	추진 및 제어	6.4	67
90	6515878	Method and apparatus for supplying contactless power	1998	충전 및 배터리	32.9	385
91	6549840	Vehicle control apparatus for front and rear drive ratio on the basis of operator's desired vehicle drive force and static and dynamic vehicle states	2000	추진 및 제어	11.4	142
92	6554088	Hybrid vehicles	2001	추진 및 제어	14.5	354
93	6583519	Apparatus for generating and distributing electrical power to loads in a vehicle	2002	추진 및 제어	9.6	79
94	6608396	Electrical motor power management system	2001	추진 및 제어	11.7	302
95	6614204	Charging station for hybrid powered vehicles	2001	충전 및 배터리	25.0	298
96	6629024	Control apparatus for variable-cylinder engine, and control apparatus for vehicle	2001	추진 및 제어	5.7	185
97	6673479	System and method for enabling the real time buying and selling of electricity generated by fuel cell powered vehicles	2001	충전 및 배터리	8.1	137
98	6832148	Automatic engine stop and restart mode for reducing emissions of a hybrid electric vehicle	2003	추진 및 제어	20.5	200
99	6868318	Method for adjusting battery power limits in a hybrid electric vehicle to provide consistent launch characteristics	2003	추진 및 제어	19.3	176
100	6879888	Vehicle drive apparatus, method and computer program	2002	추진 및 제어	3.7	53
101	6917179	Load driver and control method for safely driving DC load and computer-readable recording medium with program recorded thereon for allowing computer to execute the control	2002	추진 및 제어	7.9	59
102	7013205	System and method for minimizing energy consumption in hybrid vehicles	2004	추진 및 제어	15.2	288
103	7021409	Control system for a hybrid electric vehicle to anticipate the need for a mode change	2002	추진 및 제어	22.2	206
104	7090613	Method of providing electric motor torque reserve in a hybrid electric vehicle	2004	추진 및 제어	5.4	169
105	7099756	Motor drive apparatus, hybrid vehicle drive apparatus using the same, and computer readable recording medium recorded with program for causing computer to perform control of motor drive apparatus	2003	추진 및 제어	4.9	54
106	7145788	Electrical power system for vehicles requiring electrical power while the vehicle engine is not in operation	2004	추진 및 제어	2.2	67

107	7154236	Control system for hybrid powertrain	2006	추진 및 제어	16.7	220
108	7212407	Electrical power converter method and system employing multiple output converters	2005	회로 열관리·자율주행 등	13.5	93
109	7398946	Power line sentry charging	2005	충전 및 배터리	9.5	320
110	7402978	System and method for optimizing grid charging of an electric/hybrid vehicle	2006	충전 및 배터리	14.6	234
111	7443049	Bi-directional inverter control for high voltage charge/discharge for automobiles	2005	충전 및 배터리	3.1	29
112	7490000	Fuel economy control system and control strategy	2006	추진 및 제어	2.5	70
113	7644790	Hybrid drive mechanism and method for operation thereof	2006	추진 및 제어	3.1	26
114	7656690	Voltage conversion device and computer-readable recording medium with program recorded thereon for computer to execute control of voltage conversion by voltage conversion device	2005	추진 및 제어	4.8	34
115	7714536	Battery charging arrangement for unmanned aerial vehicle utilizing the electromagnetic field associated with utility power lines to generate power to inductively charge energy supplies	2007	충전 및 배터리	7.2	305
116	7740092	Method and apparatus for power electronics and control of plug-in hybrid propulsion with fast energy storage	2006	추진 및 제어	4.8	206
117	7741734	Wireless non-radiative energy transfer	2006	충전 및 배터리	71.3	983
118	7742303	Electric power converter	2007	추진 및 제어	12.7	113
119	7847495	Hybrid vehicle and method of controlling the same	2006	추진 및 제어	2.5	37
120	7849944	Self-learning control system for plug-in hybrid vehicles	2008	추진 및 제어	9.6	208
121	7933695	Electric vehicle power source selection	2008	추진 및 제어	2.2	67
122	7978471	Electric power conversion apparatus	2009	회로 열관리·자율주행 등	3.6	114
123	7986126	Automated system for determining whether vehicle charge station is publicly accessible	2011	충전 및 배터리	6.6	140
124	7999506	System to automatically recharge vehicles with batteries	2008	충전 및 배터리	10.8	252
125	8035255	Wireless energy transfer using planar capacitively loaded conducting loop resonators	2009	충전 및 배터리	14.7	538
126	8142328	Method for controlling a starting clutch	2008	추진 및 제어	3.2	38
127	8203308	Method and circuit for providing a balancing current in a charge circuit interrupt device	2009	충전 및 배터리	1.1	5
128	8219303	Method for operating an internal combustion engine for a hybrid powertrain system	2008	추진 및 제어	1.7	168
129	8220574	Inverter control device and vehicle	2008	추진 및 제어	3.4	18
130	8441224	Driving apparatus for a vehicle-mounted electric motor	2010	추진 및 제어	4.9	40
131	8473131	Method and system for charging electric vehicles	2010	충전 및 배터리	3.3	267
132	8509976	Electric vehicle equipment for grid-integrated vehicles	2010	충전 및 배터리	10.5	105
133	8612073	Electric vehicle inverter apparatus and protection method therefor	2010	추진 및 제어	2.1	91
134	8712613	Control device	2011	추진 및 제어	2.8	14
135	8725330	Increasing vehicle security	2011	추진 및 제어	6.7	64
136	8852054	Modulating engine torque to synchronize engine speed with motor speed for disconnect clutch engagement in hybrid vehicle	2012	추진 및 제어	0.0	8
137	8890475	Automobile charging and communications station	2011	충전 및 배터리	4.4	44
138	8946938	Safety systems for wireless energy transfer in vehicle applications	2011	충전 및 배터리	8.5	288
139	8950528	Electric automobile	2012	추진 및 제어	0.2	17

140	8989930	Method and apparatus for controlling an engine disconnect clutch in a powertrain system	2011	추진 및 제어	0.6	17
141	9056556	System and method for configuration and management of an energy storage system for a vehicle	2014	회로 열관리·자율주행 등	5.8	44
142	9132736	Methods, systems, and vehicles with electromechanical variable transmission	2014	추진 및 제어	2.0	74
143	9137932	Electric power conversion apparatus	2015	회로 열관리·자율주행 등	1.3	10
144	9139310	Systems and methods for UAV battery exchange	2014	충전 및 배터리	7.5	196
145	9156472	Economic cruise control	2014	추진 및 제어	1.0	8
146	9260024	Distance-based charging for electric vehicles	2014	충전 및 배터리	3.5	16
147	9284062	Multi-zone battery exchange system	2015	회로 열관리·자율주행 등	2.0	123
148	9346365	Methods and systems for electric vehicle (EV) charging, charging unit (CU) interfaces, auxiliary batteries, and remote access and user notifications	2013	충전 및 배터리	5.8	38
149	9348381	Methods and apparatuses for charging of electric vehicles	2012	충전 및 배터리	4.4	264
150	9365104	Parking assist device for vehicle and electrically powered vehicle including the same	2010	충전 및 배터리	3.1	28
151	9371007	Methods and systems for automatic electric vehicle identification and charging via wireless charging pads	2014	충전 및 배터리	7.4	73
152	9434267	Systems and methods for UAV battery power backup	2015	충전 및 배터리	1.4	127
153	9457671	Drive system for a motor vehicle	2014	추진 및 제어	0.4	10
154	9493151	Control apparatus for hybrid vehicle	2011	추진 및 제어	0.2	13
155	9499058	Electric charging apparatus and operation method thereof	2014	충전 및 배터리	0.1	1
156	9537252	Vehicle-side connector	2013	회로 열관리·자율주행 등	1.6	9
157	9578790	Power conversion apparatus	2012	회로 열관리·자율주행 등	1.0	16
158	9592742	Systems, apparatus, and methods of charging electric vehicles	2015	충전 및 배터리	3.3	70
159	9697733	Vehicle-to-vehicle wireless communication for controlling accident avoidance procedures	2014	회로 열관리·자율주행 등	7.3	134
160	9809125	Apparatus for transmitting wireless power for electric car	2014	충전 및 배터리	1.0	22
161	9821789	Vehicle drive and method with electromechanical variable transmission	2016	추진 및 제어	0.1	54
162	9851213	System and method for recommending charging station for electric vehicle	2016	충전 및 배터리	1.5	19
163	9902393	Vehicle control system	2016	추진 및 제어	-	12
164	9909889	Mobile vehicle refueling method	2016	회로 열관리·자율주행 등	1.0	18
165	9932031	System and method for hybrid vehicle engine starts	2016	추진 및 제어	0.5	10
166	9950814	Ground-based mobile maintenance facilities for unmanned aerial vehicles	2017	충전 및 배터리	0.5	14
167	10029555	Multi-mode electromechanical variable transmission	2017	추진 및 제어	0.0	44
168	10046669	Protection device for a vehicle for preventing contact voltages	2014	추진 및 제어	0.0	2
169	10095239	Autonomous vehicle paletization system	2017	회로 열관리·자율주행 등	0.5	91
170	10112728	Drone charging stations	2018	충전 및 배터리	0.5	22
171	10156848	Autonomous vehicle routing during emergencies	2017	회로 열관리·자율주행 등	3.5	173
172	10284193	Semiconductor switch control device	2017	추진 및 제어	0.5	3
173	10336194	Electric vehicle charging device alignment and	2015	충전 및 배터리	0.3	32

		method of use				
174	10336202	Drone assistance apparatus with charging system and method	2017	충전 및 배터리	-	18
175	10377369	Methods and system for predicting driveline disconnect clutch torque	2017	추진 및 제어	-	1
176	10434898	Electrified vehicle with expansion interface mechanism for interfacing with secondary electrical device	2016	충전 및 배터리	0.1	4
177	10457273	Method and system for providing torque-assist	2017	추진 및 제어	-	3
178	10491021	Generating electric power within vicinity of powerlines using electric field and electrical pathway to ground	2018	충전 및 배터리	0.5	6
179	10568235	On-board charger with heat dissipation structure	2018	회로 열관리 자율주행 등	-	0
180	10596918	Power reception apparatus, vehicle, power transmission apparatus, power transmission and reception system, and control method	2017	충전 및 배터리	-	2
181	10625621	Electric power system provided with a dual-voltage storage assembly for a vehicle	2017	추진 및 제어	1.0	5
182	10647220	Conductive tracks elastomeric carrier with rectangular section for ground electric feeding system	2018	추진 및 제어	-	2
183	10665992	Actuator	2018	충전 및 배터리	1.0	3
184	10769555	Performing actions in response to charging events	2016	충전 및 배터리	0.5	7
185	10787092	Mobile charging apparatus and method for charging an electric vehicle	2017	충전 및 배터리	0.5	2
186	10828989	Method for operating a hybrid vehicle	2017	추진 및 제어	-	1
187	10828999	Autonomous electric vehicle charging	2018	충전 및 배터리	1.7	4
188	10916962	Dual energy store and dual charging source vehicle power supply system and vehicle drive system	2017	추진 및 제어	-	3
189	10931160	Actuator	2018	추진 및 제어	-	0
190	10953759	Autonomous vehicle fueling with centralized scheduling	2016	회로 열관리 자율주행 등	-	2
191	10974615	Unmanned flying object, flight control method, and recording medium storing program	2017	충전 및 배터리	-	2
192	10974713	Multi-mode electromechanical variable transmission	2018	추진 및 제어	-	27
193	10988134	Method to control a hybrid drive system for a road vehicle	2018	추진 및 제어	-	1
194	11011923	UAV having electric-field actuated generator for powering electrical load within vicinity of powerlines	2019	충전 및 배터리	-	2
195	11021075	Autonomous vehicle paletization system	2018	회로 열관리 자율주행 등	-	2
196	11052775	Power management system and power management method	2018	충전 및 배터리	-	6
197	11097632	Method and system for coordinating a battery exchange	2019	충전 및 배터리	-	1
198	11135939	System and method for hybrid-electric vehicle battery capacity estimation	2019	추진 및 제어	-	0
199	11163325	Power supply device	2019	충전 및 배터리	-	5
200	11207995	System and method for charging machines	2019	충전 및 배터리	-	4

* 표의 가독성을 위해 '전기자동차 및 하이브리드 차량의 추진 및 제어'는 일괄적으로 추진 및 제어로 표시