

RESEARCH ARTICLE

Trends in Autonomous Vehicle Technology: Hierarchical Clustering Using BERTopic with a Focus on Patent Data Analysis

Soyoung Kim¹, Junsung Park², Chang Geun Lee¹, Joon Woo Yoo², Youngju Cho³, Jun Young Yoo⁴, Hee Jun Park^{5*}

¹Master's Student, Dept. of Industrial Engineering, Yonsei University, Seoul, Republic of Korea

²Postdoctoral Researcher, Dept. of Industrial Engineering, Yonsei University, Seoul, Republic of Korea

³PhD Candidate, Dept. of Industrial Engineering, Yonsei University, Seoul, Republic of Korea

⁴Integrated Master's and Ph.D. Student, Dept. of Industrial Engineering, Yonsei University, Republic of Korea

⁵Professor, Dept. of Industrial Engineering, Yonsei University, Seoul, Republic of Korea

*Corresponding Author: Hee Jun Park (h.park@yonsei.ac.kr)

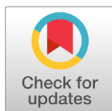
ABSTRACT

This study investigates trends in autonomous vehicle technology by employing hierarchical clustering based on BERTopic. The study analyzes a total of 9,164 patents registered and expired between 1990 and 2024. The analysis identifies key topics and technological components, including sub-technologies that pose challenges for classification within existing patent frameworks. Notably, the study finds a rapid increase in the use of thermal management and cooling system management technology, which is essential for high-performance vehicle design.

The findings indicate that the BERTopic approach is an effective methodology for patent classification, facilitating time and cost savings through automated text analysis. The study also offers insights into the detailed technologies relevant to the evolving patent classification system of the 4th Industrial Revolution. These insights offer valuable guidance for R&D strategy development, patent portfolio management, and strategic decision-making in the autonomous vehicle sector.

KEYWORDS

Patent analysis, Autonomous vehicles, Topic modeling, Hierarchical clustering, Technology trend analysis



Open Access

Citation: Kim S, et al. 2024. Trends in Autonomous Vehicle Technology: Hierarchical Clustering Using BERTopic with a Focus on Patent Data Analysis. The Journal of Intellectual Property 19(4), 183-208.

DOI: <https://doi.org/10.34122/jip.2024.19.4.8>

Received: October 15, 2024

Revised: November 21, 2024

Accepted: December 05, 2024

Published: December 30, 2024

Copyright: © 2024 Korea Institute of Intellectual Property

Funding: 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

BERTopic 기반의 계층적 클러스터링을 활용한 자율주행차량 기술 동향 연구: 특허데이터 분석을 중심으로*

김소영¹, 박준성², 이창근¹, 유준우², 조영주³, 유준영⁴, 박희준^{5*}

¹연세대학교 산업공학과 석사과정생, ²연세대학교 산업공학과 박사후연구원, ³연세대학교 산업공학과 박사과정생,
⁴연세대학교 산업공학과 석박통합과정생, ⁵연세대학교 산업공학과 교수

*교신저자: 박희준(h.park@yonsei.ac.kr)

차례

1. 서론
2. 선행 연구
 - 2.1. 특허 분석에서의 기술 분류 체계
 - 2.2. 특허 분류 코드
 - 2.3. 토픽 모델링
3. 연구 설계
 - 3.1. 연구 방법 및 절차
 - 3.2. 연구 범위 및 데이터
4. 연구 결과
 - 4.1. BERTopic 기반의 계층적 클러스터링
 - 4.2. 기존 특허 분류 기반 기술 요소 내용 분석
 - 4.3. 계층적 클러스터링 기반 동향 분석
5. 결론

국문초록

본 연구는 1990년부터 2024년까지 등록 및 소멸된 자율주행차량 특허 9,164건을 대상으로 BERTopic 기반의 계층적 클러스터링을 통해 자율주행차량 기술 동향을 분석하였다. 분석 결과, 자율주행차량 기술의 주요 토픽들이 추출되었으며, 계층적 클러스터링을 바탕으로 기술 요소를 구분하였다. 특히, 기존의 특허 분류 체계에서 파악하기 어려웠던 자율주행차량의 세부 기술 요소를 확인하였으며, 중분류와 소분류별 기술을 기준으로 자율주행차량 기술의 발전 추이를 분석하고 최근의 기술 동향을 파악하였다. 주요한 분석 내용으로는 '고성능을 위한 열 관리 및 구조 최적화 설계 기술' 중 하위 기술 요소인 '열 관리 및 냉각 시스템 관리 기술'이 연도별 추이를 살펴보았을 때 급격한 증가 추이를 보여 최근의 동향으로써 확인하였다.

따라서, 특허 분석에서 기술 분류 체계 구성에 BERTopic 기법을 하나의 방법론으로 제안할 수 있음을 보여주며, 자동화된 텍스트 분석 기법을 통해 시간과 비용을 절감하고 향후 다른 융합기술 분야에서도 적용 가능하다. 또한, 4차 산업혁명 新특허분류 체계에선 파악하기 어려웠던 세부 기술을 확인하였으며 수정 단계에 있는 해당 체계의 보완에 기초 자료로 활용될 수 있다. 실무적으로는 자율주행차량 기술 분야에서 R&D 전략 수립 및 특허 포트폴리오 관리에 유용한 정보를 제공하며, 기업과 정부 기관이 자율주행차량 기술의 발전 방향을 예측하고 전략적 의사 결정을 내리는 데 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

주제어

특허 분석, 자율주행차량, 토픽모델링, 계층적 클러스터링, 기술동향분석

1. 서론

최근 기술이 빠르게 발전함에 따라 신기술들이 생겨나거나 융·복합되어 새로운 가치를 창출하고 있는데, 이에 기업이 기술에 대한 혁신을 지속하기 위해서는 특허 분석이 필수적이다.¹⁾ 이러한 특허 분석을 통해 기업들은 신기술에 대한 동향을 조사하고 선행기술조사를 진행하고 있다.²⁾ 또한, 국내 특허청에서는 정책 및 기업의 경영전략 수립에 이바지하고자 매해 특허 동향 분석 보고서를 발간하고 있다.³⁾

이러한 특허 분석 시 기술 분류 체계를 활용하는데, 기술 분류 체계가 분석 대상 범위를 나타내는 역할을 한다. 해당 체계를 통해 기술별 출원 동향을 파악하고, 기술 개발의 방향성을 설정할 수 있다. 예를 들어, 특정 기술 분야에서의 출원 동향을 분석함으로써 기술의 발전 추이를 예측하고, 이를 바탕으로 기업과 정부 기관이 전략적인 R&D 방향을 결정에 도움을 줄 수 있다는 연구가 진행된 바 있다.⁴⁾

이때, 특허 분석에 사용하는 기술 분류 체계는 대체로 해당 분야의 선행 연구에서 제시하는 분류 체계나 IPC, CPC 같은 특허 분류 코드를 참고하여 이루어진다. 특허 분류 코드는 다양한 기술을 체계적으로 분류 및 관리하는 데 효율적이기에 특허 분석에서 유용하다.⁵⁾ 그러나 최근 기술의 융·복합이 활발해지면서 이와 같은 기술 분류 체계를 통한 특허 분석에 있어 다음과 같은 문제점이 대두되었다.

먼저, 기술 간의 융·복합으로 인해 특허 분류 코드에 따라 명확히 구분하여 분석하기 어려운 기술 분야가 생겼다. 두 번째로, 이러한 기존 특허 분류 코드의 문제를 해결하고자 ‘4차 산업혁명 관련 新특허분류 체계’가 등장했지만, 해당 체계는 국제표준화 과정 및 개정 과정에서 아직 수정 단계에 있어 특허 분석에 활용하는데 한계점이 존재한다.⁶⁾ 세 번째로, 연구자의 분석 목적과는 다른 기술 분류 체계로 이루어진 경우가 있으며, 선행 연구에 근거한 기술 분류 체계는 모든 분야를 대상으로 존재하지 않기에 특허 분석 시 어려움이 존재한다.

이러한 특허 분석의 어려움이 두드러지는 융합기술 중 대표적인 분야로는 자율주행차량 기술이다. 자율주행차량 기술은 하드웨어와 소프트웨어, 인공지능, 센서 기술 등 다양한 기술이 융합되어 있으며, 빠르게 변화하는 기술 동향을 파악하기 위한 특허 분석이 매우 중요한 연구 분야이다. 자율주행차량 관련 특허 분류 코드를 검토하였을 때, 전통적인 체계를 유지하며 확장해야 한다는 특성으로 인해 산발적으로 분류되어 있어 자율주행차량 기술 동향을 파악하는 데 명확하게 기술 요소를 반영하기 어렵다.⁷⁾ 이러한 문제를 보완하고자 4차 산업혁명 관련 新특허분류 체계에 ‘Z03V 서브클래스’로 자율주행차량 체계가 구성되어 있다.⁸⁾ 하지만 해당 서브클

* 본 논문은 한국지식재산연구원이 주관한 「제19회 대학(원)생 지식재산 우수논문공모전」에서 우수상으로 선정된 논문(을 토대로 수정·보완한 논문)입니다.

- 1) Gabjo Kim & Jinwoo Bae, "A Novel Approach to Forecast Promising Technology Through Patent Analysis", *Technology Forecasting and Social Change*, Vol.117(2016), pp. 228-237.
- 2) Yujin Jeong & Byungun Yoon, "Development of Patent Roadmap Based on Technology Roadmap by Analyzing Patterns of Patent Development", *Technovation*, Vol.39-40(2015), pp. 37-52.
- 3) 특허청, "2023 통계로 보는 특허동향", 특허청, <<https://www.kipo.go.kr/ko/intProperty/kpoIntPropertyPgmMgmt.do?menuCd=SCD0201166&sysCd=SCD02&pgmId=PGM0000051>>, 검색일: 2024. 7. 23.
- 4) 김종찬 외 3인, "특허분석을 이용한 기술전략수립", 『Journal of Korean Institute of Intelligent System s』, 제26권 제2호(2016), 141-146면.
- 5) WIPO, "The WIPO Patent Analytics Handbook: Chapter 5 Patent Classification", GitHub Pages, <<https://wipo-analytics.github.io/handbook/classification.html>>, 검색일: 2024. 7. 23.
- 6) 특허청, "4차 산업혁명 관련 新특허분류 체계", 특허청, <<https://www.kipo.go.kr/ko/kpoContentView.do?menuCd=SCD0200271>>, 검색일: 2024. 7. 23.
- 7) 한국특허기술진흥원, "특허분류 연계정보. 자율주행차", IP분류본부, <<https://cls.kipro.or.kr/classification/linkedTable/search>>, 검색일: 2024. 7. 23.
- 8) 특허청, "4차 산업혁명 관련 新특허분류 체계. 자율주행차 분야의 분류표", 특허청, <<https://www.kipo.g>

래스 하위에 메인 그룹 3개, 서브그룹 6개로 이루어진 기술 분류 체계는 특허 분석에 활용하기에 아직 세부적 분류가 부족하며 현재 확정적인 분류 코드가 아니다. 이는 자율주행차량의 기술 동향을 파악하는 특허 분석에 어려움을 초래하며, 결과적으로 기술 개발과 혁신의 효율성을 저해할 수 있다.

이를 극복하기 위해서, 연구 목적에 맞춘 자율주행차량 특허 9,164건 데이터를 대상으로 BERTopic을 기반한 계층적 클러스터링을 적용하고 세부 기술의 토픽을 분석하는 방법으로 자율주행차량의 기술 동향을 제시하는 것이 목표이다. BERTopic은 특허 데이터와 같은 대규모 텍스트 데이터를 기반으로 하여 주요 주제를 추출하고, 이를 체계적으로 분석할 수 있는 능력이 검증된 기법이다.⁹⁾ 이를 활용한 계층적 클러스터링을 기반으로 기술 동향을 분석하면, 산발적으로 분류된 기존 특허 분류 코드의 한계를 극복하고 수정 단계에 있는 4차 산업혁명 관련 新특허분류 체계에 기초 자료로써 활용할 수 있다. 또한, 특허 분석에서 기술 동향을 파악하기 위한 기술 분류 체계가 연구자의 목적과 다른 경우나 선행 연구가 부족한 경우에도 분석 대상 데이터를 기반으로 기술 분류 체계를 구축하기에 연구 목적에 맞는 기술 동향을 효과적으로 분석할 수 있다. 이와 더불어 자동화된 텍스트 분석 기법을 통해 시간과 비용을 절감할 뿐만 아니라, 분석의 확장으로 나아갈 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 자율주행차량 특허 데이터를 대상으로 BERTopic기법을 기반한 계층적 클러스터를 수행하여 자율주행차량 기술 동향을 분석하고자 한다. 본 연구를 통해 해당 기술의 체계적인 관리와 분석의 기초 연구자료로써 활용할 수 있으며, 자율주행차량처럼 빠르게 발전하는 융·복합 기술에 대해 체계적으로 관리하고 분석할 수 있는 관점을 제안하여 관련 산업의 발전과 혁신을 촉진할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 선행 연구

본 연구에서는 자율주행차량 특허 데이터를 대상으로 기술 동향 분석을 진행하고자 하는데, 기존의 특허 분석 시 활용되는 기술 분류 체계와 특허 분류 코드를 통해 자율주행차량 기술 동향 분석을 수행하는데 한계가 있다. 이에 선행 연구에서는 기존의 특허 분석 시 활용되는 기술 분류 체계와 특허 분류 코드 설명 및 한계를 제시한 뒤, 본 연구에서 적용하고자 하는 토픽 모델링 중 하나인 BERTopic에 대해 설명하고자 한다.

2.1. 특허 분석에서의 기술 분류 체계

2.1.1. 기술 분류 체계

기술 분류 체계는 기술을 체계적으로 분류하고 관리하기 위한 구조화된 프레임워크이다. 이는 기술의 발전 동향을 파악하고, 연구개발(R&D) 전략을 수립하는 데 중요한 도구로 사용된다. 일반적으로 기술 분류 체계는 기술의 특성과 기능, 응용 분야 등으로 기준으로 분류되며, 이를 통해 기술 요소를 명확히 파악할 수 있다.

o.kr/ko/kpoContentView.do?menuCd=SCD0200271>, 검색일: 2024. 7. 23.

9) Maarten Grootendorst, "BERTopic: Neural topic modeling with a class-based TF-IDF procedure", arXiv preprint, arXiv:2203.05794, 2022, pp. 1-10.

<표1 근거리 이동 환경 자율주행차량(AV) 그룹통신 단말 플랫폼 기술 분류 체계 예시>

대분류	중분류	소분류
근거리 이동 환경 AV 그룹 통신 단말 플랫폼 기술	운영체제 기술	실시간 태스크 스케줄링 기술
		멀티미디어 지원 에너지 절감형 커널 관리 기술
	미들웨어 기술	애드혹 네트워크 그룹 관리 기술
		스트리밍 데이터 라우팅 기술
		이중 애드혹 네트워크 구성 기술
	단말기 기술	애드혹 AV 그룹 통신 단말기 설계 기술

예를 들어, 자율주행차량의 기술 분야 중 하나인 ‘근거리 이동 환경 AV 그룹통신 단말 플랫폼’에 대한 특허 동향 보고서¹⁰⁾에서는 분석 대상 기술 분류를 <표1>과 같이 핵심 기술 요소에 따라 대분류, 중분류, 소분류로 구분하였다.

따라서 본 연구에서도 이와 같이, 특허 분석에서 사용되는 기술 분류 체계의 선행 연구에 근거하여 자율주행차량 기술에 대해 대분류, 중분류, 소분류로 구성하고자 한다.

2.1.2. 기술 분류 체계 관련 선행 연구 검토

기존의 연구들은 특허 분석 시 기술 분류 체계를 활용하여 수행되었다. 여기서 주의할 점은 본 연구는 특허 분석에 활용되는 기술 분류를 제시하는 방법에 대해서만 초점을 맞추었다는 것이다.

기술 분류 체계 수립 관련 선행 연구를 분석한 결과, 특허 분석에서 활용하는 기술 분류 체계는 대체로 해당 분야의 전문가 또는 선행 연구에서 제시하는 분류 체계나 특허 분류 코드를 참고하여 이루어진다는 것을 확인하였다.

<표2 기술 분류 체계 수립 관련 선행 연구 정리>

정보	연구 내용	기술 분류 체계 제시 방법
특허청 (2005~현재)	특허 기술 동향 조사 사업 ¹¹⁾	기술전문가와 특허 전문가의 분석
채수현·김장원 (2018)	CPC의 상세 분류 체계를 이용하여 특허에 포함된 기술 분류 분석 모델을 제안 ¹²⁾	특허 분류 코드 활용
심재륜 (2019)	4차 산업혁명 ICT 기반기술의 핵심인 사물인터넷 특허의 CPC 코드 기반 기술 연관성 규칙 분석 ¹³⁾	
유정원·변나향 (2020)	IPC 코드를 통해 Scan-to-BIM 관련 기술 동향을 파악하여 한국 기술의 올바른 방향을 모색 ¹⁴⁾	

10) 한국특허정보원, “근거리 이동 환경 AV 그룹통신 단말 플랫폼”, 특허기술동향조사 보고서, 2009년 11월, 한국특허정보원, 2009.

11) 한국특허전략개발원, “특허동향보고서”, e특허나라, <<https://biz.kista.re.kr/patentmap/front/repo.do?method=m07L>>, 검색일: 2024. 7. 23.

12) 채수현·김장원, “CPC 기반 특허 기술 분류 분석 모델”, 「한국콘텐츠학회논문지」, 제18권 제10호(2018), 443-452면

13) 심재륜, “CPC 코드 기반 사물인터넷 (IoT) 특허의 기술 연관성 규칙 분석”, 「한국정보전자통신기술학회 논문지」, 제12권 제5호(2019), 493-498면

14) 유정원·변나향, “Scan-to-BIM 관련기술 특허동향 분석연구”, 「한국산학기술학회 논문지」, 제21권 제12호(2020), 107-114면

하지만, 특허 분석 시 연구자의 분석 목적과는 다른 기술 분류 체계로 이루어진 경우가 있으며, 전문가의 선행 연구를 통해 이루어진 분류 체계는 일부 분야를 대상으로는 부족하여 특허 분석 시 어려움이 존재한다. 예를 들어, 두 특허 동향 보고서는 자율주행차량 관련 기술 분류 체계를 제시한다는 공통점을 가지지만 각 체계를 구성하는 기술 요소가 분석 목적과 대상에 따라 차이를 보인다.¹⁵⁾¹⁶⁾ 이는 해당 연구 목적과 분석 대상이 선행 연구와 다른 경우, 특허 분석에 활용하기 어렵다는 문제점이 있다.

따라서, 특허 분석에서 활용하는 기술 분류 체계에 대한 추가적인 분석 및 연구가 필요한 실정이다.

2.2. 특허 분류 코드

WIPO(세계지식재산권기구, World Intellectual Property Organization)에 따르면 매년 200만 개 이상의 특허 정보가 쏟아지고 있고, 각국 특허청은 특허 문헌에 IPC 및 CPC 분류 코드를 부여하여 분류와 검색의 용이성을 높이고 있다.¹⁷⁾ KPC, F1, F-term, USPC, ECLA 등 나라별로 다르게 사용하는 체계들도 있지만, 대표적으로 널리 사용되는 기존 특허 분류시스템에는 IPC와 CPC가 있다.

2.2.1. IPC 코드 및 CPC 코드

IPC(International Patent Classification, 국제특허분류)는 발명의 기술 분야를 나타내는 국제적으로 통일된 특허 분류 체계이다. 국제특허분류의 목적은 특허 문헌을 체계적으로 정리하여 기술 및 권리정보에 용이하게 접근하고, 특허정보를 선택적으로 보급하며, 공지 기술을 조사하고, 기술 발전을 평가하기 위함이다.

이어, CPC(Cooperative Patent Classification, 협력적 특허 분류)는 효율적인 선행기술조사를 위해 미국, 유럽 특허청 주도로 2012년 개발되었는데, 이는 IPC보다 세분화된 특허 분류 체계로서 IPC(7만여 개소)보다 많은 26만여 개의 특허 분류 개소를 갖고 있다.

<표3 IPC 및 CPC 분류 기호의 형태 예시>

구조	섹션	클래스	서브클래스	메인그룹	서브그룹
기호	A,B,...,H	2개의 숫자	A,B,...,Z	숫자	사선(/)과 숫자
A23G 9/04 코드 예시	A	23	G	9	/04

또한, CPC 분류 코드에 대응하는 IPC 분류 코드를 나타내는 표가 있어 CPC 코드에 대해 IPC 코드로 변환할 수 있다. CPC는 IPC와 같은 계층 구조를 가지며, <표3>과 같이 섹션, 클래스, 서브클래스, 메인그룹, 서브그룹으로 이루어져 있다.

15) 한국산업기술진흥원·다래전략사업화센터, “자율주행 스마트자동차용 이상징후 탐지 핵심기술 개발-스마트카 및 디바이스를 위한 Hall Effective 센서 반도체 개발”, 특허기술동향조사 보고서, 2015년 11월, 한국산업기술진흥원·다래전략사업화센터, 2015, 102면.
 16) 한국지식재산전략원·다래전략사업화센터, “스마트카의 자율주행을 위한 실시간 센싱융합처리가 가능한 커넥티드 드라이빙 컴퓨팅 시스템 기술 개발-차량 통신 기반의 광역 주행환경 인지 및 협업주행기술 개발”, 특허기술동향조사 보고서, 2015년 11월, 한국지식재산전략원·다래전략사업화센터, 2015, 23면.
 17) 특허청, “지식재산제도”, 특허청, <https://www.kipo.go.kr/ko/kpoContentView.do?menuCd=SCD_0200269>, 검색일: 2024. 7. 23.

코드의 첫 글자인 섹션은 다음과 같다. A는 생활필수품, B는 처리 조작, 운수, C는 화학, 야금, D는 섬유, 종이, E는 고정구조물, F는 기계공학, 조명, 가열, 무기, 폭발, G는 물리, H는 전기, Y는 새로운 기술 발전의 일반적 태깅, 교차 섹션 기술을 나타낸다.¹⁸⁾ 여기서, IPC 코드와의 두드러지는 차이점 중 하나는 시대가 변함에 따라, 존재하지 않는 기술 주제를 분류하기 위한 Y섹션이 추가되었다는 것이다.

기술 간의 융·복합이 일어나면서 기존의 특허 분류 코드는 전체 분야에 대해 전통적인 체계를 유지하며 확장해야 한다는 특성으로 인해 각 세부 분야의 기술 동향을 파악하는 특허 분석에 있어 효과적이지 않은 경우가 나타났다. 이러한 어려움이 두드러지는 융합기술에는 자율주행차량이 있다.

따라서, 본 연구 범위인 자율주행차량 기술을 나타내는 관련 CPC를 검토하였고, 해당 내용은 <표4>와 같다. 기존의 특허 분류 코드는 전통적인 체계를 유지하며 확장해야 한다는 특성으로 인해 B(처리, 조작, 운수), F(기계공학, 조명, 가열, 무기, 폭발), G(물리)의 섹션별 계층 구조(클래스, 서브클래스, 메인그룹, 서브그룹)의 단이 각각 맞지 않게 산발적으로 분류되어 있음을 확인할 수 있다.¹⁹⁾ 이는 자율주행차량 기술 분류 체계를 효과적으로 반영하지 못하고 있어 효과적인 특허 분석에 어려움을 초래한다.

<표4 자율주행차량 관련 CPC 코드>

섹션	CPC 코드	내용	
B	처리조작, 수송	B60K28/00	추진 장치 제어를 위한 안전 장치, 예. 차량에 특히 적합하거나 배치된 장치 잠재적으로 위험한 상황에서 연료 공급 또는 점화 방지
		B60Q1/507	(B60Q1/50 다른 의도 또는 조건을 표시하기 위한 것, 예. 대기 또는 추위를 위한 요청) (자율주행 차량에 특정된 것)
		B60Q3/731	(B60Q3/00 차량 내부용 조명 장치의 배치; 차량 내부에 특히 적합한 조명 장치) (자율 주행 차량용)
		B60Q2800/10	(B60Q2800/00 달리 분류되지 않는 차량의 특정 유형과 관련된 기능) 자율 주행차
		B60W60/00	(B60W 다양한 유형 또는 다양한 기능의 차량 하위 유닛의 공동 제어; 하이브리드 차량에 특별히 적용된 제어 시스템; 특정 하위 유닛의 제어와 관련되지 않은 목적을 위한 도로 차량 구동 제어 시스템) 자율 주행 차량에 특히 적합한 주행 제어 시스템
	B60W60/0059	{자율 주행 또는 수동 운전과 관련된 위험 추정, 예. 너무 복잡한 상황, 센서 고장 또는 드라이버 역량 부족}	
F	기계공학, (이하 생략)	F05B2240/941	(F05B2240/90 지지 구조물 또는 시스템에 장착) 자율 주행 차량인 것
G	물리	G05D1/00	(G05D 비전기적 변량의 제어 또는 조정을 위한 시스템) 육용, 수용, 공중용 또는 우주용 운행체의 위치, 진로, 고도 또는 자세의 제어, 예. 자동 조종 사용

18) 특허청, “2020년 CPC 매뉴얼”, 특허청, <<https://www.pipc.or.kr/business/cpcService>>, 검색일: 2024. 7. 23.

19) 한국특허기술진흥원, “특허분류 연계정보. 자율주행차”, IP분류본부, <<https://cls.kipro.or.kr/classification/linkedTable/search>>, 검색일: 2024. 7. 23.

2.2.2. 4차 산업혁명 관련 新특허분류 체계²⁰⁾

4차 산업혁명 관련 新특허분류 체계는 4차 산업혁명 기술의 혁신적 특성(초연결·초지능, 융·복합)으로 인해 기존 IPC나 CPC와 같은 기존의 특허 분류 코드로 명확하게 구분할 수 없는 문제점을 해결하기 위하여 구성한 것이다. 해당 체계는 <표5>와 같이 인공지능(AI), 빅데이터, 클라우드컴퓨팅, 차세대통신, 사물인터넷(IoT), 지능형로봇, 자율주행차, 드론, 가상증강현실, 스마트시티, 맞춤형헬스케어, 혁신신약, 지능형반도체, 첨단소재, 신재생에너지, 3D프린팅, 블록체인, 스마트 제조, 차세대 바이오 의약품 19대 기술 분야를 반영하여 수립되었다.

<표5 4차 산업혁명 관련 新특허분류 체계 구성>

클래스	서브클래스	
4차 산업 ICT 기반기술 (Z01)	인공지능 (Z01A)	차세대통신 (Z01T)
	빅데이터 (Z01B)	IoT (Z01I)
	클라우드 컴퓨팅 (Z01C)	블록체인 (Z01L)
융합 서비스 분야 (Z03)	지능형 로봇 (Z03R)	맞춤형 헬스케어 (Z03H)
	자율 주행차 (Z03V)	혁신신약 (Z03M)
	드론(무인기) (Z03D)	스마트 제조 (Z03F)
	가상증강현실 (Z03A)	스마트시티 (Z03C)
산업 기반기술 (Z05)	지능형 반도체 (Z05S)	3D 프린팅 (Z05P)
	첨단소재 (Z05M)	차세대 바이오 의약품 (Z05B)
	신재생 에너지 (Z05E)	-

본 연구 범위인 자율주행차량 분류는 Z03V 서브클래스로 구성되어 있다. 해당 서브클래스 하위에는 <표6>과 같이 메인 그룹 3개 서브그룹 6개로 이루어져 있다. 하지만, 이 기술 분류 체계는 아직 세부적인 분류가 부족하며 현재 해당 체계의 세부 내용은 국제표준화 과정 및 개정 과정에 있어 확정되지 않은 수정 단계에 있어 특허 분석에 활용하기에 한계점이 존재한다는 것을 확인할 수 있었다.

<표6 자율 주행차 관련 4차 산업혁명 관련 新특허분류 코드>

서브클래스	메인그룹	서브그룹
Z03V 자율주행 차	Z03V 10/00 환경의 인식	Z03V 10/10 외부 환경의 인식
		Z03V 10/30 HMI(Human Machine Interface)
	Z03V 30/00 판단	Z03V 30/10 경로 판단
		Z03V 30/30 위험 판단
	Z03V 50/00 제어	Z03V 50/10 차량의 제어
		Z03V 50/30 네트워크 제어

이를 극복하기 위해서, 특허 분석의 목적에 대응하는 데이터를 기반으로 한 토픽 모델링을 활용한다면 산발적으로 분류된 기존 특허 분류 코드의 한계를 극복하고, 수정 단계에 있는 4차 산업혁명 관련 新특허분류 체계를 보완할 수 있는 기초 자료로서 활용할 수 있을 것이다. 또한, 기

20) 한국특허기술진흥원, “특허분류. 4차 산업혁명 관련 新특허분류 체계”, IP분류본부, <<https://cls.kipro.or.kr/fourthIndustrialRevolutionView>>, 검색일: 2024. 7. 23.

술 동향을 파악하기 위한 특허 분석에서 연구자의 목적과 다른 기술 분류 체계나 선행 연구가 부족한 경우에도 분석 대상 특허 데이터를 기반으로 한 기술 분류 체계를 활용하여 연구 목적에 맞는 기술 동향을 효과적으로 분석할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 토픽 모델링을 통한 자율주행차량 기술의 세부 토픽을 분석하는 방법으로 계층적 클러스터링을 제시하고, 이를 통해 자율주행차량의 기술 동향을 파악하고자 한다.

2.3. 토픽 모델링

토픽 모델링(Topic Modeling)은 텍스트 마이닝 기법 중에서 매우 널리 활용되는 기법으로, 다양한 문서 집합에서 내재한 토픽, 즉 주제를 파악하는 데 사용된다. 이는 예측보다는 문서의 내용을 분석하는데 중점을 둔 기법이라 할 수 있다. 토픽 모델링은 단어의 동시 출현 빈도를 기반으로 유사한 단어들을 하나의 주제로 군집화하는 방법이다. 이 과정은 단순히 단어들의 유사도를 기준으로 하는 것이 아니라, 해당 단어가 포함된 문서와 그 단어의 통계적 확률 및 우도를 고려하여 이루어진다. 토픽 모델링은 다양한 연구에서 기술 변화와 동향을 분석하기 위해 사용되며, 단어들의 출현 패턴을 통해 숨겨진 주제를 발견하고 이를 시각화함으로써 복잡한 텍스트 데이터를 효과적으로 이해할 수 있게 해준다.

이러한 토픽모델링 기법은 LDA(Latent Dirichlet Allocation)와 같은 전통적인 기법부터, BERT(Bidirectional Encoder Representations from Transformers)기반의 BERTopic과 같은 최신 기법까지 다양하게 발전해 왔다.

2.3.1. BERTopic

BERTopic은 BERT(Bidirectional Encoder Representations from Transformers) 기반의 토픽 모델링 기법으로, 전통적인 LDA와는 다른 접근 방식을 사용한다. BERT란, 구글이 개발한 자연어 처리 사전 훈련 기술로 2019년 ‘BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding²¹⁾’ 논문에서 공개되었다. 해당 논문의 공개 이후 좋은 성능으로 자연어 처리에서 혁명을 일으켰다는 평가를 받았다.

BERTopic은 BERT 임베딩을 활용하여 문서 간의 유사도를 계산하고, 이를 바탕으로 주제를 클러스터링하는 방식으로 작동한다. BERT는 문장의 문맥을 이해하고, 단어 간의 관계를 파악하는 데 뛰어난 성능을 보인다. 또한, 특허 관련 연구에서 BERT를 활용한 다양한 연구들이 진행되고 있다.²²⁾²³⁾²⁴⁾ BERT는 특허 문서의 자연어 처리를 통해 특허 데이터의 분석 및 활용 효율성을 크게 향상시키는 데 기여하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 특허 데이터와 같은 대규모 텍스트 데이터에 대해 성능이 뛰어난 BERTopic 기법을 활용하고자 한다.

21) Jacob Devlin et al., “BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding”, arXiv print, arXiv:1810.04805, 2018, pp. 1-16.

22) 최원준·박현석, “전기자동차 분야 기술 궤적의 정량적 식별과 특성화,” 「지식재산연구」, 제19권 제1호(2024), 131-158면.

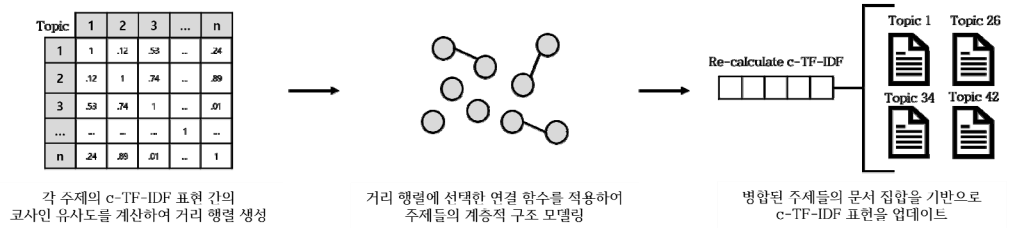
23) 노동훈 외 2인, “특허상당 자동분류의 성능 향상 방안 연구: 트랜스포머 기반 인공지능 모델 버트(BERT)를 활용,” 「지식재산연구」, 제19권 제1호(2024), 159-177면.

24) 박진우 외 4인, “한국어 특허 문장 기반 CPC 자동분류 연구 -인공지능 언어모델 KorPatBERT를 활용한 딥러닝 기법 접근-,” 「지식재산연구」, 제17권 제3호(2022), 209-256면.

2.3.2. Hierarchical Topic Modeling²⁵⁾

계층적 토픽 모델링(Hierarchical Topic Modeling)은 토픽 간의 유사성을 기반으로 이들을 계층적으로 구성하는 기법으로, 대규모 텍스트 데이터에서 혼재된 다양한 주제를 더욱 세밀하게 분석할 수 있게 한다. 이 방법은 토픽의 수를 조정하면서 서로 유사한 주제를 결합하거나 분리하는 과정에서 효과적으로 활용된다. 일부 토픽은 합쳐질 수 있으며, 그 효과를 이해하는 것은 어떤 토픽을 합칠 것인지 아닌지를 이해하는 데 도움이 된다. 이를 통해 데이터에 존재할 수 있는 하위 주제들에 대한 통찰을 얻을 데 유용하다.

<그림1 계층적 토픽 모델링 과정>



BERTopic에서 계층적 토픽 모델링을 구현하기 위해 c-TF-IDF 행렬을 사용한다. 이 행렬은 각 토픽의 단어 중요도를 수치화한 것으로, 두 토픽 간의 유사도를 계산하는 데 중요한 역할을 한다. c-TF-IDF 표현 간의 거리가 가까울수록 해당 토픽들이 유사하다고 판단한다. 이 정보를 바탕으로 scipy의 계층적 클러스터링 기능을 사용하여 유사한 토픽들을 결합한다. 이러한 계층적 토픽 모델링은 토픽들 간의 관계를 시각적으로 트리 구조로 표현할 수 있어, 상위 주제와 하위 주제를 명확하게 구분하고 이해할 수 있도록 한다.

이러한 방법을 통해 특허 데이터에 존재하는 하위 주제를 탐색하고, 이를 바탕으로 데이터를 기반한 계층적 클러스터링을 수립할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 자율주행차량 특허 데이터를 대상으로 학습한 BERTopic 기반의 계층적 클러스터링을 통해 자율주행차량 기술 동향 분석을 수행하고자 한다.

3. 연구 설계

3.1. 연구 방법 및 절차

본 연구는 토픽 모델링 방법론인 BERTopic을 통해 자율주행차량 기술의 계층적 클러스터링을 수행하고 주요 기술에 따른 동향을 분석하는 것을 목표로 한다.

연구 절차는 <표7>과 같이 구성된다. 1단계는 검색식을 통해 자율주행차량 기술과 관련된 특허 데이터를 워즈 온(WIPS ON)을 통해 수집하였고 유효 특허 선별 과정을 진행하였다. 2단계는 사전에 널리 학습되어 있는 BERT의 Topic Modeling tool인 BERTopic을 수행한다. 3단계는 추출된 토픽과 계층적 클러스터링을 바탕으로 자율주행차량 기술의 계층 구조를 분석한다. 4단계는 구축된 자율주행차량 계층적 클러스터링을 기반으로 기술의 발전 추이와 주요 기술 동향을 도출한다.

25) Maarten Grootendorst, "Hierarchical Topics with BERTopic", GitHub, <https://maartengr.github.io/BERTopic/getting_started/hierarchicaltopics/hierarchicaltopics.html>, 검색일: 2024. 7. 23.

<표7 연구 절차>

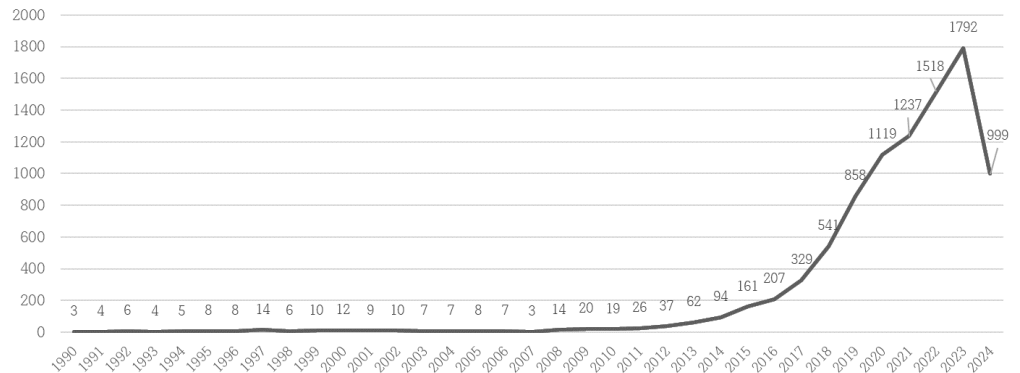
Step 1.	데이터 수집 및 전처리	- 자율주행차량 검색식 설계 - 자율주행차량 분야 특허 데이터 수집 - 노이즈 제거 및 유효 특허 선별 과정 수행
	↓	
Step 2.	BERTopic 수행	- 토픽 추출 후 최적 토픽 개수 결정 - 토픽 모델을 통한 계층적 클러스터링 구성
	↓	
Step 3.	토픽 및 계층 구조 분석	- 토픽 속 키워드 해석 - 계층적 클러스터링 구조 분석
	↓	
Step 4.	동향 분석	- 구축된 계층적 클러스터링에 기반한 분석 - 기술의 발전 추이 및 주요 동향 제시

3.2. 연구 범위 및 데이터

여러 융합기술 중 자율주행차량은 하드웨어와 소프트웨어, 인공지능, 센서 기술 등 다양한 기술이 융합되어 있으며, 빠르게 변화하는 기술 동향 파악을 위해 특허 분석이 중요하여 이를 연구 범위로 설정하였다.

본 연구의 자율주행차량 동향 분석 기간 설정을 위해 자율주행차량의 등록 특허 수 추이 및 중요한 사건을 분석하였다. 분석 범위의 시작 기준은 1990년을 전후로 컴퓨터 판단 기술 분야가 급속도로 발전하면서 자율주행차량의 연구가 본격적으로 시작되었다는 점을 참고하였다.²⁶⁾ 1990년대는 자율주행차량의 초기 연구와 실험이 활발히 이루어진 카네기 멜런 대학의 Navlab 프로젝트가 있다.²⁷⁾ 또한, <그림2>에서 확인한 결과, 등록 특허 수의 추이가 두드러지는 구간을 전년 대비 2016년, 2021년에 급격한 증가 추이를 보였다. 따라서, 본 연구에서는 1990년부터 2024년 현재까지 자율주행차량의 특허 데이터의 등록 현황에 기반하여 자율주행차량 동향 분석의 세 개의 시기별 기준을 설정하였다. 이에 자율주행차량 동향 분석의 세 구간은 <표8>에서 확인할 수 있듯이 1990년부터 2015년을 기간1로, 2016년부터 2020년을 기간2로, 2021년부터 2024년을 기간3으로 구분하였다.

<그림2 자율주행차량 특허 데이터 연도별 등록 현황>



26) 권영민 외 4인, “미래 모빌리티 체계 변화 예측 및 서비스 방향 연구”, 「한국ITS학회논문지」, 제19권 제3호(2020), 100-115면.

27) Todd Jochem et al., “PANS: A Portable Navigation Platform”, The Robotics Institute, Carnegie Mellon University, 1995, pp. 107-112.

<표8 자율주행차량 동향 분석 구간>

전체 분석 구간(기간)	기간 1	기간 2	기간 3
1990.01.01. ~ 2024.07.31.	1990년~2015년	2016년~2020년	2021년~2024년

해당 범위의 특허 데이터 텍스트 마이닝을 위하여, 특허 DB인 웹스 온(WIPS ON)을 이용하였다. 이에 따라 등록일에 대해 1990년 1월 1일부터 2024년 7월 31일까지 미국의 등록 및 소멸 특허 중 명칭, 요약, 대표청구항에 일치하는 키워드를 검색하였다. <표9>와 같이 설계된 검색식을 활용해 데이터를 추출하였으며, 본 연구 범위에 해당하는 자율주행차량의 정의에 따라 공중, 수중전용은 제외하고 육상 자율주행차량 특허 데이터를 많이 포함할 수 있는 검색식을 설계하였다.

검색된 특허 수는 등록 8,801건·소멸 416건으로 총 9,217건으로, 초기 수집 데이터는 ‘요약’, ‘발명의 명칭’, ‘등록번호’, ‘등록일’, ‘상태정보’, ‘Current CPC Main’, ‘Current CPC ALL’, ‘Current IPC Main’, ‘Current IPC ALL’ 등의 서지사항을 포함하여 구축하였다.

<표9 자율주행차량 특허 검색식 설계>

자율주행차량 정의 ²⁸⁾	- 컴퓨터 하드웨어 및 소프트웨어를 사용하여 환경 조건 (예. 교통, 도로 또는 기상 조건)을 기반으로 의사 결정 프로세스를 실시간으로 실행하여 자동 운전 모드에서 인간의 개입 없이 동적 주행 작업의 모든 측면을 제어하는 기술 - 육상 주행 차량 이외의 공중, 수중전용 기술은 포함하지 않음		
검색식 골격	(자율주행) AND (차량) NOT (불용어) AND (CPC 코드)		
구분	검색 키워드	사용 연산자	키워드 개수
자율주행	auto driving, self driving, ..., self control	" " , OR	10 (개)
차량	car, motorcar, ..., vehicle	" " , OR	11 (개)
불용어	aerial, drone, underwater, undersea, bike, shipment, universe, ..., wheelchair	* , OR	75 (개)
CPC 코드	B60Q, B60K, B60R, B60W, B60Y, B62D, G01C, G01S, G05D, G05Q, G06T, G06V, G06K, G06N, G08G, H04L, H04W, F05B, F16C	* , OR	19 (개)
특허 수	9,217 (건)		

초기 특허 데이터 구축 후 <표10>과 같이 자율주행차량의 정의 및 본 연구 범위를 기준으로 대응하는 유효 특허 추출을 위해 발명의 명칭, 대표청구항, 요약 등을 수동 검토하여 노이즈 특허 53건을 제거하였다. 노이즈 제거 과정을 거친 유효 특허 데이터 9,164건의 ‘발명의 명칭’을 BERT 모델에 학습하였다.

<표10 BERTopic 모델 학습 데이터 범위>

국가	검색 DB	분석 구간(기간)	자료 구분	특허 수
미국	웹스 온 (WIPS ON)	1990.01.01. ~ 2024.07.31.	등록	8,756 (건)
			소멸	408 (건)
유효 특허 수				9,164 (건)

28) 특허청, “4차 산업혁명 관련 新특허분류 체계. 기술설명 다운로드 자료. 41p”, 특허청, <<https://www.kipo.go.kr/ko/kpoContentView.do?menuCd=SCD0200271>>, 검색일: 2024. 7. 23.

4. 연구 결과

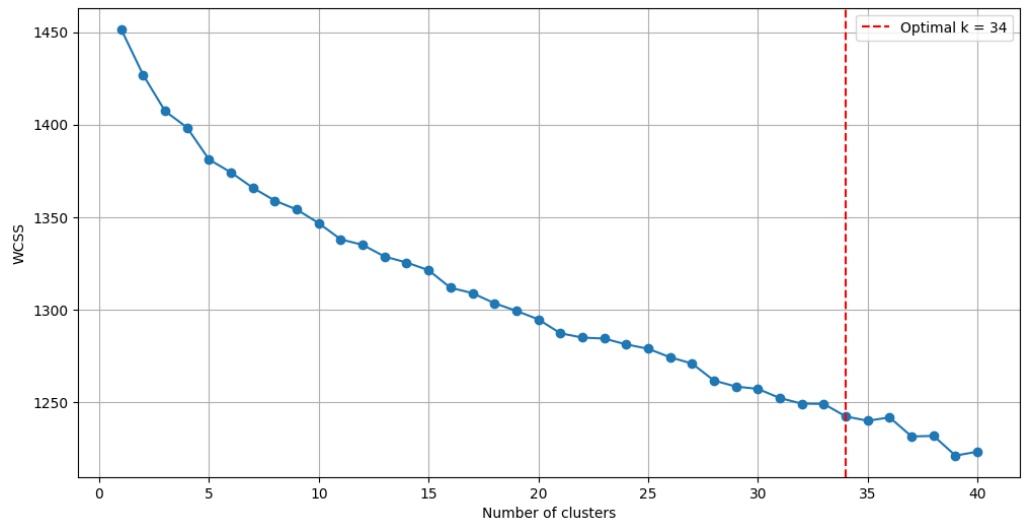
4.1. BERTopic 기반의 계층적 클러스터링

4.1.1. 최적의 클러스터 개수 선정

특히 데이터를 기반으로 계층적 클러스터링을 수립하기에 앞서 최적의 클러스터 개수를 선정하기 위해, '발명의 명칭' 데이터를 추출하여 텍스트 전처리 및 클러스터링을 수행하였다. 먼저, 명칭 데이터를 TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency) 방식으로 벡터화하여 수치 데이터로 변환하였다. 데이터의 처리 효율성을 높이기 위해 샘플링을 진행하였고, 해당 데이터를 바탕으로 K-means 클러스터링을 실행했다.

클러스터의 최적 개수를 결정하기 위해, 클러스터 개수를 1부터 40까지 변동시키며 각 경우에 대한 클러스터 내 오차 제곱합(WCSS: Within-Cluster Sum of Squares)을 계산하였다. 이후 엘보우 방법을 사용하여 WCSS의 변화를 분석하였으며, 첫 번째 및 두 번째 미분을 통해 최적의 클러스터 개수를 자동으로 감지하였다. 최종적으로, WCSS 값이 급격히 감소하다가 완만해지는 지점(엘보우 포인트)을 기준으로 최적의 클러스터를 도출했다. 엘보우 방법을 활용하여 <그림3>에서 보는 바와 같이 $k=34$, 클러스터 개수를 34개로 설정하였다. 여기서 클러스터 개수는 소분류 개수, 즉 토픽의 개수 선정에 활용하였다.

<그림3 최적의 클러스터 개수 선정>



4.1.2. 토픽 분석

자율주행차량 분야 특허를 기반으로 자율주행차량 기술 토픽을 추출하고 계층적 클러스터링을 수립하기 위해 BERT 기반의 BERTopic 알고리즘을 활용하여 토픽 모델링을 수행하였다. 최적의 클러스터 개수로 선정된 34개를 바탕으로, 유의미한 토픽을 식별하고자 34개의 토픽을 추출하였으며, 이 과정에서 모든 문서를 포함하는 일반적인 '-1번' 토픽을 포함하여 총 35개의 토픽을 생성하였다. 토픽 모델링 결과 예시는 <표11>과 같으며, 각 토픽은 자율주행 기술의 주요 영역을 대표함을 다음 표의 해석에서 분석 내용을 확인할 수 있다.

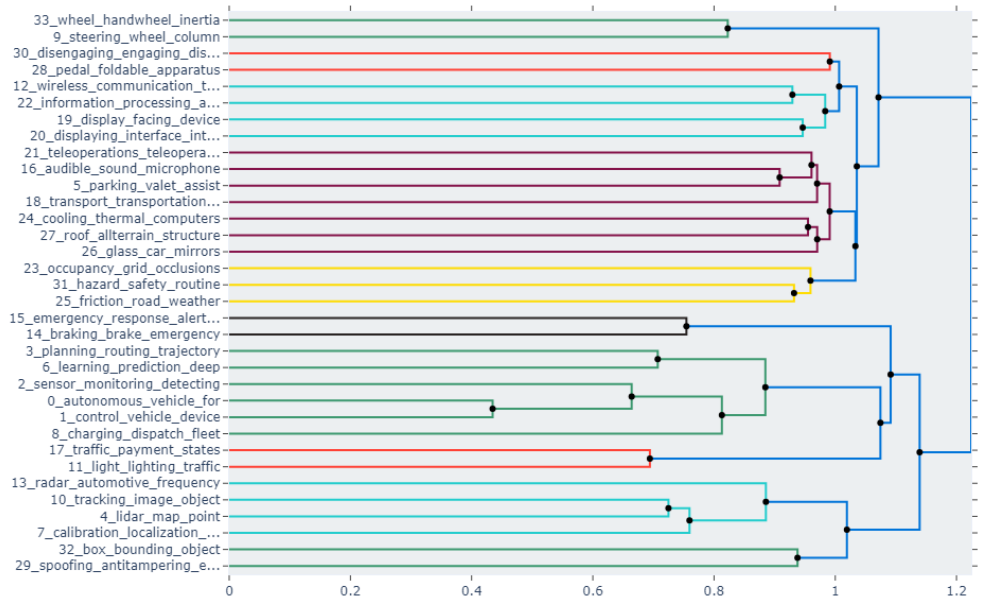
<표11 BERTopic 분석 결과 (소분류)>

구분	해석	토픽	이름 및 근거 키워드
1	자율주행차량의 조향 휠 및 관성 보상과 관련된 기술로 주로 핸들 조작과 관련된 전기적 제어 및 토크 보상 시스템에 관한 것	33	'wheel', 'handwheel', 'inertia', 'electric', 'obstruction', 'torque', 'actuator', 'compensation'
2	자율주행차량의 조향 시스템, 특히 핸들과 관련된 기술로, 차량의 핸들 조향 기구 및 조작에 관한 것	9	'steering', 'wheel', 'column', 'assembly', 'power', 'control'
3	자율주행차량의 시스템 제어와 관련된 기술로, 특히 운전자가 개입해야 하는 상황에서 시스템이 어떻게 반응하는지에 관한 것	30	'disengaging', 'engaging', 'disengagement', 'riskbased', 'engagement', 'driverinitiated', 'collision', 'controls'
4	자율주행차량의 접이식 페달 장치 및 차량 조작과 관련된 기술로, 주로 가속 페달과 브레이크와 같은 주요 조작 장치에 관한 것	28	'pedal', 'foldable', 'apparatus', 'driveon', 'accelerator', 'lifts', 'vehicle', 'brake'
...생략...			
31	자율주행차량의 라이다(LiDAR) 기술을 통해 생성된 지도와 포인트 클라우드 데이터에 관한 것으로, 차량이 주변 환경을 고해상도로 감지하고 분석하는 데 사용하는 데에 관한 것	4	'lidar', 'map', 'point', 'data', 'maps', 'definition', 'detection'
32	자율주행차량의 위치를 정확히 파악하기 위한 센서의 보정과 위치 추정 기술로, 자율주행차량이 정확한 위치 정보를 얻는 데에 관한 것	7	'calibration', 'localization', 'position', 'sensor', 'positioning', 'location', 'calibrating'
33	자율주행차량의 객체 추적 및 경계 상자 추정과 관련된 기술로, 3D 객체 인식 및 경계 설정을 통해 차량의 시각적 인식을 향상시키는 데에 관한 것	32	'box', 'bounding', 'object', 'estimation', 'embedding', 'pseudo3d', 'contours', 'selection'
34	자율주행차량의 보안과 관련된 기술로, 특히 차량의 데이터를 위조하거나 훼손하려는 시도를 방지하는 데에 관한 것	29	'spoofing', 'antitampering', 'enclosures', 'theft', 'antispoofing', 'attacks', 'detection'

4.1.3. 계층적 클러스터링 분석

자율주행차량 분야 특허를 기반으로 자율주행차량 기술 토픽을 추출한 후 계층적 클러스터링을 수립하기 위해 계층적 토픽 모델링 방법을 사용하였다. 계층적 클러스터링 수행 결과는 <그림4>와 같다.

<그림4 BERTopic 기반의 계층적 클러스터링 덴드로그램>



이때, 계층적 클러스터링의 덴드로그램에서 클러스터 간의 병합 거리를 기준으로 특정 계층을 추출하였는데, 구체적으로, 클러스터 간의 병합 거리가 0.7에서 1.0 사이에 해당하는 지점을 기준으로 주요 기술 주제 그룹을 정의하였다. 이 범위는 클러스터 간의 비교적 낮은 유사성을 나타낸다. 해당하는 지점을 기준으로 중분류를 설정한 것은 각 그룹 간의 독립성과 기술적 구분 가능성을 확보하기 위함이다. 해당 기준은 클러스터링 과정에서 병합 거리의 급격한 변화가 발생하는 구간을 고려하여 설정되었으며, 이는 Grootendorst(2022)의 BERTopic 연구에서 활용된 병합 거리 설정 방법을 검토하여 데이터의 분포 및 연구의 목적에 따라 설정된 경험적 기준이다.²⁹⁾

이를 통해 각 그룹은 상호 독립적이고 구분되는 기술 분야로서 해석될 수 있다. 해석된 기술 분야는 본 연구에서 중분류를 수립하는 데 활용하였다.

29) Maarten Grootendorst, "BERTopic: Neural topic modeling with a class-based TF-IDF procedure", arXiv print, arXiv:2203.05794, 2022, pp. 1-10.

<표12 계층적 클러스터링 분석 결과 (중분류)>

그룹	해석	이름 및 근거 키워드	토픽
1	자율주행차량의 조향 시스템 및 핸들 조작과 관련된 기술	'occupancy', 'grid', 'occlusions', 'occlusion', 'handling'	33
			9
2	자율주행차량의 조작 시스템, 특히 페달과 브레이크와 같은 주요 제어 장치와 관련된 기술	'display', 'facing', 'device', 'occupant', 'screen'	30
			28
3	자율주행차량의 무선 통신, 신호 전송, 그리고 내부 사용자 인터페이스와 관련된 기술	'displaying', 'interface', 'internal', 'user', 'state'	12
			22
			19
			20
4	자율주행차량의 탑승자 편의성과 주행 경험을 향상과 관련된 기술	'cooling', 'thermal', 'computers', 'runway', 'electric', 'parking', 'audible', 'interactions'	21
			16
			5
			18
5	자율주행차량의 고성능을 위한 열 관리 및 구조 최적화 설계와 관련된 기술	'glass', 'car', 'mirrors', 'pod', 'mirror', 'cooling', 'computers', 'temperature', 'structure', 'frame'	24
			27
			26
6	자율주행차량의 도로 상태, 마찰력, 날씨 조건 감지와 관련된 기술	'friction', 'road', 'weather', 'conditions', 'surface'	23
			31
			25
7	자율주행차량의 비상 제동 시스템과 관련된 기술	'traffic', 'payment', 'states', 'prioritization', 'their'	15
			14
8	자율주행차량의 경로 계획, 이동 궤적 설정, 그리고 예측과 관련된 기술	'vehicle', 'autonomous', 'and', 'for', 'control'	3
			6
9	자율주행차량의 센서 시스템과 자율 주행을 위해 관련된 기술	'charging', 'dispatch', 'fleet', 'power', 'energy'	2
			0
			1
			8
10	자율주행차량의 교통 신호 및 조명 인식과 관련된 기술	'traffic', 'light', 'lighting', 'lights', 'visionbased'	17
			11
11	자율주행차량의 레이더와 라이다(LiDAR)를 활용한 환경 감지 및 차량 위치 추적과 관련된 기술	'box', 'bounding', 'object', 'estimation', 'embedding'	13
			10
			4
			7
12	자율주행차량의 보안과 데이터 보호와 관련된 기술	'spoofing', 'antitampering', 'enclosures', 'theft', 'tamper'	32
			29

BERTopic을 통해 <표11>에서 해석한 기술 토픽은 소분류로, 계층적 클러스터링을 바탕으로 <표12>에서 해석한 기술 토픽은 중분류를 수립하는 데 활용하였다.

결과적으로, 자율주행차량 기술의 계층적 클러스터링 결과는 <표13>과 같다. 해당 계층적 클러스터링 결과는 등록 및 소멸된 특허 데이터 9,164건을 대상으로 자율주행차량 기술에 대해 대응하여 나타내었다.

<표13 BERTopic을 통한 자율주행차량 기술의 계층적 클러스터링 결과>

대분류	중분류	소분류
자율주행 차량	조향 및 핸들 제어 관련 기술	차량의 조향 휠 및 관성 보상 기술
		차량의 핸들 조향 기구 및 관련 시스템
	차량 조작 및 제어 시스템	운전자 개입 관련 차량의 시스템 제어 기술
		가속 페달 및 브레이크와 관련된 제어 기술
	차량의 통신 및 정보 처리 기술	차량의 무선 통신과 신호 전송 기술
		정보 처리 및 그에 관련된 장치와 기술
		차량 내 디스플레이 시스템과 관련된 기술
		내부의 사용자 인터페이스와 관련된 기술
	승객 경험 및 차량 서비스 기술	원격 운영 및 제어 기술
		오디오 및 마이크 시스템과 관련된 기술
		자동 발렛 주차와 관련된 기술
		탑승자 위한 차량 서비스 및 맞춤형 기술
	고성능을 위한 열 관리 및 구조 최적화 설계 기술	열 관리 및 냉각 시스템 관리 관련된 기술
		차량의 루프 및 구조 설계 기술
		차량의 유리 및 거울 구조 관련된 기술
	환경 및 도로 상태 감지 기술	공간 점유 및 시야 가림 문제 해결 기술
		안전 관리 및 위험 요소를 다루는 기술
		날씨 조건 및 도로 상태 감지와 관련된 기술
	비상 제동 및 차량 제어 기술	차량의 비상 상황 제어 기술
		비상 제동 시스템
	경로 계획 및 예측 기술	경로 계획 및 이동 궤적 설정 기술
		딤러닝 기반 예측 기술
	센서 및 자율 주행 시스템	객체나 상황을 감지하는 센서 시스템 기술
		주행 관련 운행 시스템
		차량 제어 장치와 방법을 위한 기술
		전력 관리와 관련된 기술
	교통 신호 및 조명 인식 기술	교통 신호 인식 기술
		조명 및 상태 감지 기술
레이더 및 환경 감지 기술	레이더 기반 위치 추적 기술	
	객체 추적 및 이미지 인식 기술	
	라이다 기반 지도와 포인트 클라우드 데이터 기술	
	차량 위치 파악 센서 보정 및 위치 추정 기술	
보안 및 데이터 보호 기술	객체 경계 설정 및 인식 기술	
	데이터 위조 방지 및 보안 강화 기술	

4.2. 기존 특허 분류 기반 기술 요소 내용 분석

토픽 모델링 결과의 부합성을 확인하고자 CPC 코드와 4차 산업혁명 관련 新특허분류 체계를 기반으로 본 연구의 BERTopic을 통해 도출된 계층적 클러스터링 결과를 분석하였다. 이를 통해 계층적 클러스터링 분석 결과가 기존 특허 분류의 자율주행차량 기술 요소와 부합함을 검토하였고, 기존 분류에서 파악하기 어려웠던 새로운 기술 요소를 확인할 수 있었다.

우선, 기존의 특허 분류 코드 체계인 CPC 코드와 BERTopic을 통해 도출된 계층적 클러스터

링 결과를 분석하였을 때, 기술 분류 체계가 대체로 기존 CPC 코드와 연결되는 것으로 나타났다. 예를 들어, B60K28/00 코드는 “운전자 개입 관련 차량의 시스템 제어 기술”과 매칭되었으며, B60Q1/507 코드는 “경로 계획 및 이동 궤적 설정 기술”로 매칭되었다. 이처럼, 자율주행차량 관련 CPC 코드와 부합하여 주요한 기술들이 적절히 대응되었다.

그러나 일부 기술 분류 체계 28개의 소분류는 기존 CPC 코드와 직접적으로 연결되기 어려운 요소였다. 이는 일반화된 모든 분야의 전통적인 체계를 유지하며 확장해야 한다는 특성이 있는 기존의 특허 분류 코드의 체계의 한계점이 나타난 것일 수 있으며, 이러한 한계점을 극복할 수 있는 BERTopic 기반의 계층적 클러스터링을 통해 새로운 기술 요인들을 확인할 수 있다.

<표14 CPC 코드와의 비교>

CPC 코드		BERTopic을 통한 토픽 요약 결과	
섹션	전체 코드	소분류	
B	처리조작;	B60K28/00	운전자 개입 관련 차량의 시스템 제어 기술
		B60Q1/507	경로 계획 및 이동 궤적 설정 기술
		B60Q3/731	차량 내 디스플레이 시스템과 관련된 기술
		B60Q2800/10	전반적인 기술에 해당하여 매칭하지 않음
		B60W60/00	주행 관련 운행 시스템
		B60W60/0059	안전 관리 및 위험 요소를 다루는 기술
F	기계공학;	F05B2240/941	전반적인 기술에 해당하여 매칭하지 않음
G	물리	G05D1/00	차량 제어 장치와 방법을 위한 기술
특허 분류 코드와 연결되기 어려운 기술 요소		이외의 28개의 소분류	

또한, 4차 산업혁명 관련 新특허분류 체계와 BERTopic 기반의 계층적 클러스터링 결과를 분석하였을 때, 대부분의 기술이 기존 체계와 연결되는 것으로 나타났다. 예를 들어, Z03V 10/10에 해당하는 “외부 환경의 인식” 기술은 “환경 및 도로 상태 감지 기술”, “교통 신호 및 조명 인식 기술” 등 4개의 중분류와 대응되었고, Z03V 10/30의 “HMI” 관련 기술은 “승객 경험 및 차량 서비스 기술”로 연결되었다. 이는 자율주행차량 기술 내용에 부합하여 나타내고 있음을 보여준다.

그러나, <표15>와 같이 “고성능을 위한 열 관리 및 구조 최적화 설계 기술”은 新특허분류 체계와 연결되기 어려운 기술 요소이다. 이 기술은 자율주행차량의 고성능을 위해 관리와 구조적 설계와 관련한 최신 기술로, 해당 기술 분류에 속한 특허의 예시를 <표16>에서 확인할 수 있다. 또한, 해당 특허는 모두 최근 10년 안에 등록된 것이다. 이는 해당 기술이 상대적으로 새로운 기술 발전에 따른 것이라 할 수 있다.

<표15 4차 산업혁명 관련 新특허분류 체계와의 비교>

4차 산업혁명 관련 新특허분류 체계		BERTopic을 통한 토픽 요약 결과
메인그룹	서브그룹	중분류
Z03V 10/00 환경의 인식	Z03V 10/10 외부 환경의 인식	환경 및 도로 상태 감지 기술
		레이더 및 환경 감지 기술
		센서 및 자율 주행 시스템
		교통 신호 및 조명 인식 기술
	Z03V 10/30 HMI	승객 경험 및 차량 서비스 기술
Z03V 30/00 판단	Z03V 30/10 경로 판단	경로 계획 및 예측 기술
	Z03V 30/30 위험 판단	비상 제동 및 차량 제어 기술
Z03V 50/00 제어	Z03V 50/10 차량의 제어	조향 및 핸들 제어 관련 기술
		차량 조작 및 제어 시스템
	Z03V 50/30 네트워크 제어	차량의 통신 및 정보 처리 기술
		보안 및 데이터 보호 기술
4차 산업혁명 관련 新특허분류 체계와 연결되기 어려운 기술 요소		고성능을 위한 열 관리 및 구조 최적화 설계 기술

<표16 고성능을 위한 열 관리 및 구조 최적화 설계 기술 특허 예시>

기술 요소		고성능을 위한 열 관리 및 구조 최적화 설계 기술						
소분류		Topic	등록번호					
열 관리 및 냉각 시스템 관리 관련된 기술		24	11801733, 12041714, 11970082, 11947050, 11904678 등					
차량의 루프 및 구조 설계 기술		27	11851106, 12037022, 11964616, 11922920, 11878637 등					
차량의 유리 및 거울 구조 관련된 기술		26	11822011, 11878637, 11827561, 11807574, 11654935 등					
고성능을 위한 열 관리 및 구조 최적화 설계 기술 특허 등록년도 정보								
2014	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
1	3	4	7	11	8	12	19	11

4. 3. 계층적 클러스터링 기반 동향 분석

본 연구에서는 자율주행차량 기술의 최근 동향을 분석하기 위해 BERTopic을 기반으로 도출된 계층적 클러스터링을 활용하였다. 자율주행차량 기술은 매우 다양한 하위 기술로 구성되어 있으며, 이를 효과적으로 이해하기 중분류와 소분류로 나누어 분석할 필요가 있다. 따라서, 각 계층적 클러스터링의 중분류와 소분류별 특허 수를 분석하고, 자율주행차량 관련 기술의 발전 경향을 파악하였다. 주요한 분석 결과는 다음과 같다.

<표17 중분류 기준 자율주행차량 동향 분석>

BERTopic 결과의 중분류	그룹	특허 수 (건)		
		기간 1	기간 2	기간 3
조향 및 핸들 제어 관련 기술	1	21	76	82
차량 조작 및 제어 시스템	2	3	8	20
차량의 통신 및 정보 처리 기술	3	20	47	153
승객 경험 및 차량 서비스 기술	4	18	145	240
고성능을 위한 열 관리 및 구조 최적화 설계 기술	5	1	25	50
환경 및 도로 상태 감지 기술	6	2	16	56
비상 제동 및 차량 제어 기술	7	9	55	73
경로 계획 및 예측 기술	8	15	147	327
센서 및 자율 주행 시스템	9	295	1534	2651
교통 신호 및 조명 인식 기술	10	7	78	90
레이더 및 환경 감지 기술	11	27	207	457
보안 및 데이터 보호 기술	12	2	7	18

센서 및 자율 주행 시스템 관련 기술(그룹 9)은 자율주행차량 분야에서 가장 활발한 연구가 이루어지고 있는 영역으로 나타났다. 특히, 기간 3에서 총 2,651건의 특허가 등록되었으며, 이는 다른 기술 그룹에 비해 압도적으로 높은 수치이다. 이러한 결과는 자율주행차량의 핵심기술로서 센서와 주행 시스템의 중요성을 반영한다. 해당 중분류에는 ‘객체나 상황을 감지하는 센서 시스템 기술’, ‘주행 관련 운행 시스템’ 등과 같은 기술 요소들이 포함된다.

<표18 소분류 기준 자율주행차량 동향 분석 (그룹 9)>

그룹	BERTopic 결과의 소분류	Topic no.	특허 수 (건)		
			기간 1	기간 2	기간 3
9	객체나 상황을 감지하는 센서 시스템 기술	2	17	99	188
	주행 관련 운행 시스템	0	213	1171	1894
	차량 제어 장치와 방법을 위한 기술	1	58	204	461
	전력 관리와 관련된 기술	8	7	60	108

다음으로, 고성능을 위한 열 관리 및 구조 최적화 설계 기술(그룹 5)은 4차 산업혁명 관련 新 특허분류 체계에서는 확인하기 어려웠던 기술로, BERTopic 기반의 계층적 클러스터링에 대해 유효성을 확인하고 최근 기술 동향을 파악하고자 하였다. 해당 기술 요소는 총 76건의 특허가 등록되었으며, 연도별 증가 추이를 보이고 있기에 이는 자율주행차량의 성능 개선에 있어 중요한 최신 기술로 볼 수 있다.

<표18 소분류 기준 자율주행차량 동향 분석(그룹 5) 및 특허 등록 연도 정보>

BERTopic 결과의 소분류	열 관리 및 냉각 시스템 관리 기술	차량의 유리 및 거울 구조 관련된 기술	차량의 루프 및 구조 설계 기술	-
구분	Topic 24	Topic 26	Topic 27	총합계
2014	0	0	1	1
2017	2	0	1	3
2018	1	2	1	4
2019	1	3	3	7
2020	3	1	7	11
2021	3	4	1	8
2022	5	7	0	12
2023	8	6	5	19
2024	6	1	4	11

<표18>를 살펴보면, 고성능을 위한 열 관리 및 구조 최적화 설계 기술(그룹 5)은 2022년 이후 특허 등록이 급증했으며, 특히 2023년과 2024년은 특허 등록이 최고치를 기록했다. 이는 최근 자율주행차량의 고성능 기술에 대한 시장의 요구와 개발의 중요성이 대두된 시기로 해석할 수 있다. (그룹 5)에는 ‘열 관리 및 냉각 시스템 관리 관련된 기술’, ‘차량의 루프 및 구조 설계 기술’, ‘차량의 유리 및 거울 구조 관련된 기술’로 구분된다. 해당 소분류에 속하는 기술의 특허 예시인 <표19>에서 각 기술은 자율주행차량의 고성능을 위한 관리 시스템과 구조적인 요소 설계를 포함하는 것을 알 수 있다.

<표19 고성능을 위한 열 관리 및 구조 최적화 설계 기술 특허 예시>

BERTopic 결과의 소분류	등록번호	등록일	발명의 명칭
열 관리 및 냉각 시스템 관리 관련된 기술	11801733	2023-10-31	가혹한 차량 환경에서 고성능 프로세서를 위한 액체 냉각 루프 설계
차량의 루프 및 구조 설계 기술	11851106	2023-12-26	자율 주행하는 자동차 센서 시스템을 가진 루프 모듈, 루프 개방 시스템 및/또는 고정 루프 요소를 포함하는 것
차량의 유리 및 거울 구조 관련된 기술	11822011	2023-11-21	자율 주행 차량에서 센서 시야를 확장시키는 거울

세 개의 소분류 중 열 관리 및 냉각 시스템 관리 기술(Topic 24)은 자율주행차량의 안정적인 동작으로 위해 차량의 전자 장치나 시스템의 과열을 방지하는 데 필수적이다. 해당 기술의 2023년부터 이어 2024년에 급격한 증가 추이를 보였다. 이에, 2024년 등록된 특허들을 최신 기술의 동향을 파악하기에 좋은 지표로써 활용하고자 하였다. <표20>에서 확인할 수 있듯이 해당 특허들은 자율주행차량 시스템에서의 열을 효과적으로 관리하는 기술이다.

예를 들어, ‘자율주행차량 센서의 방열 특성’ 특허는 차량의 센서 시스템에서 발생하는 열을 효율적으로 방출하여 센서의 성능을 유지하는 기술을 포함하고 있으며, ‘전기 자동차에 대한 열 폭주 검출 및 완화’ 특허는 배터리 시스템에서 발생할 수 있는 열 폭주를 조기에 감지하고 완화하는 기술을 설명하고 있다. 또한, ‘열 재순환을 통한 온도 제어’ 특허는 과도한 열이 발생하는 요소를 효과적으로 관리하여 자율주행차량의 안정적인 동작을 보장하는 시스템을 포함하고 있다.

이는 자율주행차량에서 인공지능(AI) 기술을 활용한 고성능 컴퓨팅이 필수적인데, 다중 센서 데이터 처리, 실시간 객체 인식, 경로 계획 및 차량 제어를 위해 막대한 연산 자원을 요구하는 기술의 특징을 나타낸다. 이러한 컴퓨팅 파워는 대규모 열 발생을 동반하기 때문에 효과적인 열 관리가 자율주행차의 안정성과 성능 유지에 필수적이다. 이는 자율주행차량의 고성능 연산 장치에서 열 관리가 어떻게 중요한 역할을 하는지 뒷받침한다. 이러한 최신 특허들은 자율주행차량의 안정성을 높이는 데 중요한 역할을 하며, 특히 자율주행차량인 동시에 전기 자동차에 대해서도 열 관리 시스템 기술이 최근 동향으로써 파악할 수 있었다. 이는 향후 기술 개발의 방향성을 제시하는 데 있어서 중요한 참고 자료가 될 수 있다.

<표20 열 관리 및 냉각 시스템 관리 기술(Topic 24)의 2024년 등록 특허 예시>

구분	대표 도면	등록번호	등록일	발명의 명칭
1		12041714	2024-07-16	자율주행 차량 센서의 방열 특성
2		11970082	2024-04-30	전기 자동차에 대한 열 폭주 검출 및 완화
3		11947050	2024-04-02	열 재순환을 통한 온도 제어
4		11904678	2024-02-20	전기 자동차 냉각 시스템
5		11904679	2024-02-20	전기 자동차 냉각 시스템
6		11897509	2024-02-13	부품 과열을 방지하기 위한 열 모델

5. 결론

본 연구에서는 자율주행차량 기술의 특허 9,164건을 대상으로 BERTopic을 기반한 계층적 클러스터링을 활용하여 자율주행차량 기술 동향을 분석하였다. 이 과정을 통해 자율주행차량 기술 분류 요소 및 동향을 특허 데이터에 근거하여 파악하고자 하였다. BERTopic 기법을 통해 자율주행차량 기술의 주요 토픽을 계층적으로 추출하고, 이를 기반으로 계층적 클러스터링을 수립할 수 있었다. 자율주행차량과 같은 융합기술의 복잡한 기술적 특징을 특허 등록 현황에 기반하여 기술 요소를 반영할 수 있는 토픽을 분석하였다. 이는 기술 동향을 파악하기 위한 특허 분석 시 기술 요소를 세부적으로 분석할 수 있는 장점을 제공한다.

연구 결과를 요약하면 첫째, 자율주행차량 특허 데이터 9,164건을 대상으로 BERTopic 기법

을 활용하여 자율주행차량 기술의 주요 토픽을 도출하고 이를 기반으로 계층적 클러스터링을 분석하였다. 둘째, 토픽 결과의 부합성을 확인하고자 기존 특허 분류 코드에 기반하여 내용 분석을 진행한 결과, 기존 특허 분류의 기술 요소와 부합함을 확인하였다. 특히, 4차 산업혁명 新특허 분류 체계에서 파악하기 어려웠던 기술 요소인 ‘고성능을 위한 열 관리 및 구조 최적화 설계 기술’을 확인함으로써 BERTopic 기반의 계층적 클러스터링이 자율주행차량 기술을 넓은 영역의 요소로 반영할 수 있었다. 셋째, 계층적 클러스터링의 중분류와 소분류별 기술을 기준으로 자율주행차량 기술의 발전 추이를 살펴보았으며, 최근의 동향을 파악하였다. 주요한 분석 내용으로는 다음과 같다, ‘고성능을 위한 열 관리 및 구조 최적화 설계 기술(그룹 5)’ 중 하위 기술 요소인 ‘열 관리 및 냉각 시스템 관리 기술(Topic 24)’이 연도별 추이를 살펴보았을 때 급격한 증가 추이를 보였고, 이에 2024년 등록 특허를 분석한 결과 자율주행차량이며 전기 자동차를 위한 기술이 개발되고 있는 최근의 동향으로써 자율주행차량과 전기 자동차의 기술 개발이 함께 이루어지고 있음을 파악하였다는 것이다.

본 연구의 결과는 자율주행차량 기술 분석 및 관리에 기초 자료로 활용할 수 있으며, 특히 다음과 같은 이론적 및 실무적 시사점을 제시한다. 이론적 시사점으로는 본 연구는 특허 분석에서 기술 분류 체계 구성에 BERTopic 기법을 하나의 방법론으로 제안할 수 있음을 보여주며, 자동화된 텍스트 분석 기법을 통해 시간과 비용을 절감하고 분석의 확장이 가능하다. 이는 향후 다른 융합기술 분야에서도 적용 가능성을 시사한다. 또한, 4차 산업혁명 新특허 분류 체계에서 파악하기 어려웠던 기술 토픽을 확인함으로써 아직 수정 단계에 있는 체계에 참고 자료로써 활용될 수 있다. 실무적 시사점으로는 본 연구의 결과는 자율주행차량 기술 분야에서 R&D 전략 수립 및 특허 포트폴리오 관리에 유용한 정보를 제공할 수 있다. 특히, 기업과 정부 기관이 자율주행차량 기술의 발전 방향을 예측하고, 이에 맞는 전략적 의사 결정을 내리는 데 도움을 줄 수 있다.

본 연구는 자율주행차량 기술의 특허 데이터에 기반한 분석을 통해 유의미한 결과를 도출하였으나, 다음과 같은 한계점을 가지고 있다. 데이터의 한계로 본 연구는 1990년부터 2024년까지의 등록된 특허 데이터를 대상으로 하였으나, 향후에는 더 최신 데이터 및 다양한 국가의 특허 데이터를 포함하여 분석 범위를 확장할 필요가 있다. 기술적 한계로 BERTopic 기법을 활용한 분석 방법은 텍스트 데이터의 특성상 일부 정보가 누락되거나 왜곡될 가능성이 있다. 본 분석 과정에서 나타난 이러한 토픽 모델링의 한계점은 추가적인 전문가 해석과 사례 기반 검토를 통해 보완될 수 있다. 따라서 추후 연구에서는 다양한 분석 기법을 병행하여 보다 정확한 결과를 도출할 필요가 있다.

향후 연구에서는 이러한 한계점을 보완하고, 추후 최신의 분석 기법과 다양한 데이터를 활용하여 자율주행차량 기술의 동향을 지속적으로 모니터링하고 분석할 예정이다. 이를 통해 자율주행차량뿐만 아니라 다른 융합기술 분야에서도 효과적인 특허 분석 및 기술 동향 파악이 가능하도록 연구를 확장할 계획이다. 결론적으로, 본 연구는 자율주행차량 기술의 체계적인 기술 요소 분류와 분석을 위한 새로운 관점을 제시하였으며, 이는 관련 산업의 발전과 혁신을 촉진하는데 기여할 것으로 기대된다.

참고문헌

학술지(국내 및 동양)

- 권영민 외 4인, “미래 모빌리티 체계 변화 예측 및 서비스 방향 연구”, 『한국ITS학회논문지』, 제19권 제3호(2020).
- 김종찬 외 3인, “특허분석을 이용한 기술전략수립”, 『Journal of Korean Institute of Intelligent Systems』, 제26권 제2호(2016).
- 노동훈 외 2인, “특허상당 자동분류의 성능 향상 방안 연구: 트랜스포머 기반 인공지능 모델 버트(BERT)를 활용”, 『지식재산연구』, 제19권 제1호(2024).
- 박진우 외 4인 “한국어 특허 문장 기반 CPC 자동분류 연구 -인공지능 언어모델 KorPatBERT를 활용한 딥러닝 기법 접근-”, 『지식재산연구』, 제17권 제3호(2022).
- 심재륜, “CPC 코드 기반 사물인터넷(IoT) 특허의 기술 연관성 규칙 분석”, 『한국정보전자통신기술학회 논문지』, 제12권 제5호(2019).
- 유정원·변나향, “Scan-to-BIM 관련기술 특허동향 분석연구”, 『한국산학기술학회 논문지』, 제 21권 제12호(2020).
- 채수현·김장원, “CPC 기반 특허 기술 분류 분석 모델”, 『한국콘텐츠학회논문지』, 제18권 제10호(2018).
- 최원준·박현석, “전기자동차 분야 기술 궤적의 정량적 식별과 특성화”, 『지식재산연구』, 제19권 제1호(2024).

학술지(서양)

- Gabjo Kim & Jinwoo Bae, “A Novel Approach to Forecast Promising Technology Through Patent Analysis”, *Technology Forecasting and Social Change*, Vol. 117(2016).
- Yujin Jeong & Byungun Yoon, “Development of Patent Roadmap Based on Technology Roadmap by Analyzing Patterns of Patent Development”, *Technovation*, Vol.39-40(2015).

인터넷 자료

- 특허청, “2020년 CPC 매뉴얼”, 특허청, <<https://www.pipc.or.kr/business/cpcService>>, 검색일: 2024. 7. 23.
- 특허청, “2023 통계로 보는 특허동향”, 특허청, <<https://www.kipo.go.kr/ko/intProperty/kpoIntPropertyPgmMgmt.do?menuCd=SCD0201166&sysCd=SCD02&pgmId=PGM0000051>>, 검색일: 2024. 7. 23.
- 특허청, “4차 산업혁명 관련 新특허분류 체계”, 특허청, <<https://www.kipo.go.kr/ko/kpoContentView.do?menuCd=SCD0200271>>, 검색일: 2024. 7. 23.
- 특허청, “4차 산업혁명 관련 新특허분류 체계. 기술설명 다운로드 자료. 41p”, 특허청, <<https://www.kipo.go.kr/ko/kpoContentView.do?menuCd=SCD0200271>>, 검색일: 2024. 7. 23.
- 특허청, “4차 산업혁명 관련 新특허분류 체계 자율 주행차 분야의 분류표”, 특허청, <<https://www.kipo.go.kr/ko/kpoContentView.do?menuCd=SCD0200271>>, 검색일: 2024. 7. 23.
- 특허청, “지식재산제도”, 특허청, <<https://www.kipo.go.kr/ko/kpoContentView.do?menuCd=SCD0200269>>, 검색일: 2024. 7. 23.
- 한국특허기술진흥원, “특허분류. 4차 산업혁명 관련 新특허분류 체계”, IP분류본부, <<https://cls.kipro.or.kr/fourthIndustrialRevolutionView>>, 검색일: 2024. 7. 23.
- 한국특허기술진흥원, “특허분류 연계정보. 자율주행차”, IP분류본부, <<https://cls.kipro.or.kr/classification/linkedTable/search>>, 검색일: 2024. 7. 23.
- 한국특허전략개발원, “특허동향보고서”, e특허나라, <<https://biz.kista.re.kr/patentmap/front/repo.do?method=m07L>>, 검색일: 2024. 7. 23.
- Maarten Grootendorst, “Hierarchical Topics with BERTopic”, GitHub Pages, <https://maartengr.github.io/BERTopic/getting_started/hierarchicaltopics/hierarchicaltopics.html>, 검색일: 2024. 7. 23.

WIPO, "The WIPO Patent Analytics Handbook: Chapter 5 Patent Classification", GitHub Pages, <<http://wipo-analytics.github.io/handbook/classification.html>>, 검색일: 2024. 7. 23.

연구보고서

한국산업기술진흥원·다래전략사업화센터, "자율주행 스마트자동차용 이상징후 탐지 핵심기술 개발-스마트 카 및 디바이스를 위한 Hall Effective 센서 반도체 개발", 특허기술동향조사 보고서, 2015년 11월, 한국산업기술진흥원·다래전략사업화센터, 2015.

한국지식재산전략원·다래전략사업화센터, "스마트카의 자율주행을 위한 실시간 센싱융합처리가 가능한 커넥티드 드라이빙 컴퓨팅 시스템 기술 개발-차량 통신 기반의 광역 주행환경 인지 및 협업주행기술 개발", 특허기술동향조사 보고서, 2015년 11월, 한국지식재산전략원·다래전략사업화센터, 2015.

한국특허정보원, "근거리 이동 환경 AV 그룹통신 단말 플랫폼", 특허기술동향조사 보고서, 2009년 11월, 한국특허정보원, 2009.

기타 자료

Jacob Devlin et al., "BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding", arXiv print, arXiv:1810.04805, 2018.

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

Todd Jochem et al., "PANS: A Portable Navigation Platform", The Robotics Institute, Carnegie Mellon University, 1995.