



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학 석사학위 논문

내연기관차와 신에너지 자동차의
기술 융합 네트워크 분석
: 신에너지 자동차 기술은 어떻게 발전하는가

The Technology Convergence of Internal Combustion Engine
Vehicle (ICEV) and New Energy Vehicles (NEVs)
: A Social Network Analysis approach

2023 년 8 월

서울대학교 대학원

협동과정 기술경영경제정책전공

이 푸 른

내연기관차와 신에너지 자동차의 기술 융합 네트워크 분석

: 신에너지 자동차 기술은 어떻게 발전하는가

The Technology Convergence of Internal Combustion Engine

Vehicle (ICEV) and New Energy Vehicles (NEVs)

: A Social Network Analysis Approach

지도교수 황준석

이 논문을 공학석사학위 논문으로 제출함

2023 년 7 월

서울대학교 대학원

협동과정 기술경영경제정책전공

이 푸 른

이푸른의 공학석사학위 논문을 인준함

2023 년 7 월

위 원 장 _____ 이 정 동 _____ (인)

부위원장 _____ 황 준 석 _____ (인)

위 원 _____ 이 울 립 _____ (인)

초 록

배터리 전기차, 하이브리드차 및 연료전지차는 내연기관차를 대체할 수 있는 잠재적 대안으로 떠오르고 있으며 이러한 신에너지 자동차는 기술 융합의 전형적인 사례로, 이들의 기술 융합을 분석하는 것은 새로운 기술 혁신을 발생시킬 수 있는 중요한 요인이다. 그러나, 현재 연구들은 신에너지 자동차만을 대상으로 기술 융합을 분석하여 자동차 산업의 발전 흐름에 대한 세부적인 고려가 부족하기 때문에 본 연구는 내연기관차에서 신에너지 자동차로의 자동차 산업 흐름을 고려하여 이들의 기술 융합 패턴의 특성을 비교 분석하고, 더 나아가 융합에 주도적인 역할을 하는 기술들에 대해 연구하였다. 분석을 위해 특허데이터를 사용하였으며 특허 동시분류와 네트워크 분석을 진행하였다. 분석 결과, 전반적으로, 각 자동차 산업별 기술 융합 패턴이 유사하여도, 융합 과정에서의 핵심 기술과 그 역할은 점차적으로 변화하는 것으로 관찰되었다. 이를 통해 기술 재조합의 관점에서 신에너지 자동차가 기존 내연기관차의 기술 조합과 다른 신에너지 자동차들의 기술 조합으로부터 필요한 기술들을 채택하여 재조합 함에 따라 기술 혁신이 발생한다는 것을 실증하였다. 더 나아가 본 연구는 내연기관차 및 신에너지 자동차의 기술평가에 관심이 있는 이해관계자들에게 정보를 제공하고, 보다 환경적이고 효율적인 자동차 기술 개발과 관련하여 기업의 기술 융합 전략에 대한 방향성을 제시한다.

주요어 : 기술 융합, 기술 재조합, 특히 동시분류 분석, 네트워크 분석,
신에너지 자동차, 내연기관차

학 번 : 2021-21084

목 차

초 록	iii
목 차	v
표 목차	vii
그림 목차.....	viii
1. 서론.....	1
2. 문헌 고찰	5
2.1 기술 융합에 의한 기술 혁신	5
2.1.1 기술 융합 이론	5
2.1.2 기술 융합 특허 동시분류 분석	6
2.2 재조합 이론	8
2.3 자동차 산업 기술 융합 연구	9
3. 연구 방법	12
3.1 연구 자료.....	12
3.1.1 특허 데이터	12
3.1.2 데이터 전처리	14
3.2 방법론	15
3.2.1 네트워크 구성	15
3.2.2 네트워크 지표	16
4. 연구 결과	18

4.1	자동차 산업 특허 동향.....	18
4.2	자동차 산업 네트워크 분석.....	21
4.2.1	네트워크 구조적 특성.....	21
4.2.2	네트워크 시각화.....	25
4.3	자동차 산업 기술 재조합.....	30
4.3.1	내연기관차, 배터리 전기차 분석.....	30
4.3.2	내연기관차, 하이브리드차 분석.....	34
4.3.3	내연기관차, 연료전지차 분석.....	37
4.3.4	배터리전기차, 하이브리드차, 연료전지차 분석.....	39
5.	논의.....	42
5.1	연구의 시사점.....	42
5.2	연구의 한계.....	44
6.	결론.....	45
	부록 1 : 임계값에 따른 네트워크 시각화.....	51
	부록 2 : IPC 서브클래스 및 세부 IPC 설명.....	55
	Abstract.....	58

표 목차

[표 1] IPC 코드 계층구조.....	7
[표 2] Espacenet 에서 특허 수집을 위한 search query.....	13
[표 3] 기간별 각 자동차 산업의 특허 출원 결과.....	20
[표 4] 2000-2004 년의 각 자동차 산업 네트워크 속성.....	23
[표 5] 2005-2009 년의 각 자동차 산업 네트워크 속성.....	24
[표 6] 2010-2014 년의 각 자동차 산업 네트워크 속성.....	24
[표 7] 2015-2019 년의 각 자동차 산업 네트워크 속성.....	24
[표 8] 내연기관차 중심 기술.....	33
[표 9] 배터리 전기차 중심 기술	34
[표 10] 하이브리드차 중심 기술	37
[표 11] 연료전지차 중심 기술.....	39

그림 목차

[그림 1] Multiplex 네트워크 구조.....	16
[그림 2] 연도별 전체 자동차 산업 특허 출원 결과	20
[그림 3] 내연기관차 기술 융합 네트워크.....	26
[그림 4] 배터리 전기차 기술 융합 네트워크.....	27
[그림 5] 하이브리드차 기술 융합 네트워크	28
[그림 6] 연료전지차 기술 융합 네트워크.....	29
[그림 7] 내연기관차 기술 융합 패턴.....	32
[그림 8] 배터리 전기차 기술 융합 패턴	33
[그림 9] 하이브리드차 기술 융합 패턴	36
[그림 10] 연료전지차 기술 융합 패턴.....	38

1. 서론

기존 기계기술 중심의 자동차 산업이 ICT 첨단기술을 중심으로 융복합화가 진행되어 자동차 시장 및 산업구조가 확장되고, 전 세계적으로 기후 변화의 심각성에 대한 인식이 높아지면서 기존 디젤 혹은 가솔린 기반의 내연기관차를 새로운 신에너지 자동차로 이전하는 것이 사회적 과제로 떠오르고 있다. 신에너지 자동차는 에너지 소비량과 배출 가스가 상대적으로 적기 때문에 세계 각국은 이산화탄소 배출 저감과 기후변화에 선제 대응하기 위하여 친환경 에너지의 생산과 보급에 전력을 기울이고 있다. (Sun, Geng, Hu, Shi & Xu, 2018) 또한, 글로벌 자동차 회사들은 이산화탄소 배출의 주된 요소인 내연기관의 배출을 기정사실화하고 있고 친환경차의 기술 개발과 생산에 전력을 기울이고 있으며, 한국 정부도 2050 년 탄소중립이라는 목표 달성을 위하여 기업들과 공동으로 탄소중립을 위한 노력을 하고 있다. (박오영, 2023) 특히, 배터리 전기차, 하이브리드차 및 연료전지차는 내연기관차를 대체할 수 있는 잠재적 대안으로 떠오르고 있으며, 자동차 산업 경쟁력의 핵심은 이들의 기술 혁신에 좌우되고 있다. (Sinigaglia, Martins & Siluk, 2022)

이러한 기술 혁신의 중요한 형태 중 하나는 기술 융합으로서, Kodama (1990)에 의하면 기술혁신 형태에 대한 종래의 패러다임은 주로 특정 기술만을 중심으로 하는 획기적 기술 돌파였으나, 최근의 기술혁신은 이중 기술이 상호 융합함으로써 파생한다. (정진화, 남장근, 정은미 & 최윤희, 2004) 기술 융합에 대해 Spohrer and Engelbart (2004)는 복수의 기술

분야에 걸쳐 진행되는 일종의 공진화적 진보라 일컫는다. 그리고 Kim, Cho and Kim (2014)는 기술 융합은 두 개 이상의 분야에서 얻은 지식을 바탕으로 새로운 기술이 발명되는 현상이며, 융합 현상을 이해하기 위해서는 결합을 이루는 데에 활용된 요소 기술들과 이들을 결합하는 결정적 역할을 한 기술들이 무엇인지 파악하여야 한다고 언급한다. 신에너지 자동차는 이러한 기술 융합의 전형적인 사례로, 전통적인 내연기관 자동차의 기술 영역과 새로운 전자 기술 영역이 결합된 자동차이다. (Feng, An, Li, Qi, Wans, Guan, Li, & Qi, 2020) 따라서 신에너지 자동차의 기술 융합을 분석하는 것은 새로운 기술 혁신을 발생시킬 수 있는 중요한 요인이며, 과거 발전 궤적은 기술의 추가적인 발전을 이끌 수 있기 때문에 “과연 배터리 전기차, 하이브리드차, 연료전지차와 같은 신에너지 자동차가 내연기관차를 완전히 대체할 수 있는 새로운 기술의 형태로 발전하였는가” 와 같은 질문은 자동차 산업 연구에 핵심적이다. 그러나, 현재 연구들은 신에너지 자동차만을 대상으로 기술 융합을 분석하여 내연기관차에서 신에너지 자동차로의 발전 흐름에 대한 세부적인 고려가 부족하다. 뿐만 아니라 기술 융합 패턴의 추세만을 분석하거나 주요 기술의 역할만을 보여주는 연구들이 대부분이기 때문에 자동차 산업의 기술 융합 패턴의 특성과 융합 과정에 있어서 주도적인 역할을 하는 기술들에 대한 연구가 부족하다. 따라서, 본 연구는 신에너지 자동차 기술이 어떻게 발전하는가에 대해 초점을 두어 기술 융합 패턴에 있어서 신에너지 자동차와 내연기관차의 차이를 살펴보고, 더 나아가 신에너지 자동차의 핵심 기술이 과연 내연기관차의 핵심 기술 요소를 대체하는지, 각

신에너지 자동차 산업이 동일한 대체 양상을 보이는지에 대해 확인하고자 한다. 이에 따라 내연기관차에서 신에너지 자동차로의 자동차 산업 흐름을 고려하여 이들의 기술 융합 패턴의 특성을 비교 분석하고, 융합에 주도적인 영향력을 미치는 기술들에 대해 분석하여 기술의 재조합에 의한 혁신을 실증하도록 한다. 연구 자료는 특허데이터를 사용하여 특허 동시분류 분석과 네트워크 분석을 수행하였다. 특허 데이터는 기술 혁신 동향, 서로 다른 기술 간의 상호작용, 전체 네트워크에서 중심 기술의 위치 등을 분석하는 데 유용하며, 특허 동시분류 분석은 서로 다른 산업 기술 분야 간의 융합을 직접적으로 표현할 수 있다. 또한, 네트워크 분석은 네트워크 그림과 지표를 통해 기술 간 관계성을 정량적으로 표현할 수 있어 기술 융합 특허 동시분류 분석에 널리 사용되는 방법이다. 본 연구는 분석 결과를 토대로 내연기관차 및 신에너지 자동차의 기술평가에 관심이 있는 이해관계자들에게 정보를 제공하고, 보다 환경적이고 효율적인 자동차 기술 개발과 관련하여 기업의 기술 융합 전략에 대한 방향성을 제시한다.

연구의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 기술 융합 이론과 재조합 이론에 관한 이론적 배경과, 자동차 산업의 기술 융합에 대한 선행 연구들을 기술하였다. 3 장은 본 연구의 연구 자료인 특허 데이터와, 연구 방법론인 네트워크 분석의 구성 방식 및 분석에 사용할 지표로 구성되어 있다. 구체적으로, 수집한 특허 데이터에 대한 결과와 구성한 네트워크의 구조적 특성은 4 장에 명시하였으며, 내연기관차와 신에너지 자동차의 기술 융합 패턴의 변화와 융합에 대한 핵심 기술의 변화 분석도 함께 설명하였다. 5 장은

본 연구의 시사점과 한계에 대해 논의하였으며, 마지막 6 장에는 결론을 수록하였다.

2. 문헌 고찰

2.1 기술 융합에 의한 기술 혁신

2.1.1 기술 융합 이론

Arthur (2009)에 의하면, 기술은 어떠한 목적에 맞게 구성요소들을 결합하고 조립하는 것으로, 기술 융합에 관한 주제는 Kodama (1992)의 연구 이후 많은 관심을 받았으며, 다양한 산업 및 학문 분야의 혁신에 관해 많은 연구가 이루어져왔다. (Caviggioli, 2016) Curran and Leker (2011)에 따르면, 기술 융합은 기술, 시장, 산업 등에서 두 개 이상의 분야들이 지식과 기술 기반을 공유하고 결합하는 과정이며, Karvonen and Kassi (2013)에 의하면 다양한 분야의 지식 교환 및 지식 결합은 새로운 기술을 발전시키곤 한다. 이러한 기술 융합은 기술 간 경계의 교차점에서 이루어지고, 이는 산업 내에서 새로운 혁신을 발생시키는 핵심 요인으로 간주되어 왔다. (Lee, Han & Sohn, 2015) 특히, 다양한 산업 기술 분야 간의 정보 교환이 증가하는 정보화 시대에서 기술 융합은 중요한 패러다임이며, 실제로 현재 많은 과학적, 기술적 혁신은 이러한 패러다임에 기반하여 발생하고 있다. (Martin, 2012)

기술 융합은 일반적으로 두 개의 개념으로 이해된다. 첫 번째 개념은 Technology Convergence 로, 두 개 이상의 서로 다른 분야가 상호작용을 하여 하나의 새로운 도메인을 만드는 것을 의미한다. (Curran & Leker, 2011; Song, Elvers, & Leker, 2017) 반면, 두 번째 개념인 Technology Fusion 은 하나의 분야가 다른 분야의 도메인으로 병합되는 구조로, 새로운 도메인을

형성하지 않는다. (Curran & Leker, 2011; Song et al., 2017) 일례로, 기능성 식품의 경우 기존의 식품 영역을 대체하지 않기 때문에 이는 Technology Convergence 로 설명할 수 있고, 스마트폰의 경우는 휴대용 컴퓨터 등을 대체하는 Technology Fusion 으로 이해할 수 있다. (Curran & Leker, 2011; 박은영, 고명주 & 조근태, 2018) 본 연구는 내연기관차와 신에너지 자동차를 대상으로 하고 있기 때문에, Technology Convergence 으로 정의되는 기술 융합을 채택하였다.

2.1.2 기술 융합 특허 동시분류 분석

특허 데이터는 기술 융합을 측정하기 위한 객관적인 데이터로 일반적으로 가장 널리 활용된다. 이는 기술에 대한 체계적인 분석을 수행할 수 있을 뿐만 아니라, 기술 동향을 제시하고 기술 혁신의 지표로 사용될 수 있다. (Lee et al., 2015) 또한, 특허 정보는 상대적으로 표준화된 형식을 지니고 있기 때문에 연구자 혹은 전문가가 특정 기술 분야에서 기술을 분석하는 데 도움이 된다. (Aaldering, Leker & Song, C., 2019) 특허 데이터를 활용한 기술 융합의 분석은 크게 특허 인용 분석과 특허 동시분류 분석으로 나누어진다. 특허 인용 분석은 기술 융합의 발전 경로를 추적하는 데에는 적합하지만, 새로운 융합의 의의를 분명히 고려할 수 없는 반면, 특허 동시분류 분석은 특허 분류 코드의 공존을 활용하여 기술이 어떻게 상호 연결되는지 설명할 수 있다.

(Aaldering et al., 2019) 또한, 특허 동시분류 분석은 특허에 국제 특허분류코드인 IPC 코드가 두 개 이상 나타난다면 해당 특허에 두 분야 이상의 기술이 포함되어 있다고 해석 가능하다. 이는 서로 다른 산업 기술 분야 간의 융합을 직접적으로 표현할 수 있으므로, 본 연구에서는 특허 동시분류 분석을 활용하였다.

이때, IPC 코드는 국제적으로 통일된 분류체계의 필요에 따라 만들어진 것으로, 모든 특허는 심사관이 기술적 특성을 고려하여 분류하며 일반적으로 하나 이상의 분류 코드로 분류된다. (박은영 외, 2018) IPC 코드는 섹션, 클래스, 서브클래스, 메인그룹 혹은 서브그룹의 계층구조로 구성되어 있으며, 예시는 표 [1]과 같다. 본 연구는 특허 동시분류 분석을 통해 자동차 산업 내 기술 융합 패턴과 중심 기술의 변화에 대해 분석을 실시하므로, IPC 서브클래스는 해당 기술의 주요 영역 또는 관련 분야를 나타내기 때문에 전반적인 기술 융합 관계를 살펴볼 때에 적합하며, 세부 IPC 코드는 기술 융합 패턴에서 구체적으로 중요한 위치에 있는 기술의 IPC 코드에 대한 분석에 적합하다.

분류기호	F	02	D	41/00	41/20
계층구조	Section	Class	Subclass	Main group	Subgroup
설명	기계공학	연소기관	제어	전자제어	출력회로

[표 1] IPC 코드 계층구조

2.2 재조합 이론

기술 융합은 기존 지식 요소를 축적하고 결합하는 과정을 기반으로 하는 문제 해결 메커니즘에서 비롯된다. (Aaldering et al., 2019) 이에 기술 융합 이론을 좀 더 파악하기 위해서는 재조합 이론을 함께 살펴볼 필요가 있다. Schumpeter (1934)는 혁신은 새로운 방식으로 구성요소를 결합하는 것이며, 이는 오래된 조합으로부터 생산의 필요 수단을 끄집어내는 과정이라고 정의하였다. (정세환, 2014; Fleming, 2001) Arthur (2009)는 기술 진화의 관점에서 새로운 기술은 기존의 기술에서 파생되며, 이들이 마치 모듈 방식으로 결합하면서 각자 중심 기능, 하위 기능, 지원 기능 등을 하며 새로운 조합의 기술이 생겨난다고 언급하였다. 또한, 그는 기술의 기본적인 요소에 이르기까지 기술 내에 기술이 계속해서 구성되어 있으며, 결국 기술은 반복적인 패턴을 지니고 있다고 하였다. 마찬가지로, Fleming (2001)은 새로운 발명은 이전 구성요소들 간의 새로운 조합 또는 결합에 의한 새로운 관계로 정의할 수 있다고 하였다. 기존 기술을 재결합할 수 있는 역량에서 기술 혁신이 발생한다면, 기술 지식 상호작용 궤적을 추적하고 예측함에 따라 향후 R&D 활동을 제시하는 데 도움이 될 수 있다. (Aaldering et al., 2019)

그러나, 새로운 혁신을 이끌어내는 요인으로서 기업 관점에서 재조합에 대한 논의는 많이 이루어졌지만, 기술 산업 관점에서의 실증 연구는 부족하다. 이에 본 연구는 각 자동차 산업별 기술 융합 패턴을 해석한 후, 재조합 관점에서 신에너지 자동차 산업 혁신이 기존 내연기관차 혹은 다른

신에너지 자동차의 기술 간 재조합에 의해 발생하였는지에 대해 실증 분석하였다.

2.3 자동차 산업 기술 융합 연구

많은 연구자들이 특허자료를 활용하여 신에너지 자동차 산업의 혁신을 분석해왔다. Aaldering et al. (2019)은 배터리 전기차, 하이브리드차, 연료전지차와 같은 서로 다른 신에너지 자동차들이 어떻게 서로 경쟁하고 공존하며 진화해 응집력 있는 기술 생태계를 형성했는지에 대한 종합적인 개요를 제공하였다. 이들은 특허 동시분류 분석을 통해 네트워크 내 상호 작용하는 기술 지식 영역 간의 연결을 정량화하고 시각화한 후, 링크 예측 기법으로 서로 다른 기술 지식 영역 간의 상호 관계 변화 뿐만 아니라 미래 지향적 관점에서 새롭게 부상하고 쇠퇴하는 링크를 예측하였고, 신에너지 자동차들이 기술 융합을 기반으로 한 성장 전략을 채택하고 있음을 발견하였다. 또한, Sun. et al. (2018)은 특허 인용분석을 통해 중국 내 신에너지 자동차의 기술의 혁신 추세와 기업의 협력 네트워크를 분석하여 중국의 신에너지 자동차 산업이 2001 년 이후 급속도로 성장했으며, 이는 특허권자들 간의 협력 활동이 증가했기 때문임을 발견하였고 중국 내 신에너지 자동차 산업의 발전을 촉진하기 위해 수직적, 수평적 협력 모델이

함께 지원되어야 한다는 정책을 제시하였다. Yuan & Li (2021)는 국가 간 배터리 전기차 기술 확산의 진화적 패턴과 기술 확산 과정에서 수혜국이 될 가능성이 높은 국가에 대해 분석하였으며, 국가 간 기술 확산을 매핑하여 정책 입안자가 미래 배터리 전기차 기술의 추세를 이해할 수 있도록 기여하였다. 이러한 자동차 산업에 관한 연구는 기술 혁신 이해에 기여를 하였으나, 내연기관차에서 신에너지 자동차로의 자동차 산업 혁신 흐름을 고려하지는 못하였다는 데 한계가 존재한다.

자동차 기술 혁신의 중요한 형태 중 하나인 기술 융합에 집중한 연구들 또한 이루어져 왔는데, 대표적으로 Feng et al. (2020)은 전기차의 현재 존재하는 기술 융합과 미래에 출현할 잠재적인 기술 융합을 제시하였다. 이를 통해 기업과 연구기관이 연구 대상을 선택할 때 상세한 기술 융합 기회를 발견할 수 있도록 정량적, 정성적 프레임 모두 제안하였으나, 일반적으로 기술 융합 분석에 사용되는 서브클래스 수준의 IPC 코드만 사용하여 IPC의 다양한 수준을 고려하지 못하였다. 박은영 외 (2018)은 자동차 분야의 기술 융합 네트워크의 구조적 특징을 파악하고, 주요 기업들의 관심 기술의 변화를 분석하며 기술과 기업 레벨 모두에서 기술 융합 패턴을 분석하였지만, 세부 IPC 코드 수준을 고려하지 못하여 기술 융합 패턴만을 발견하고 융합에 핵심인 세부 기술은 파악하지 못하였다. 임호근, 김병근 & 정의섭 (2020) 또한 전세계 주요 자동차 기업들의 자율주행 관련 특허로 기술 융합 네트워크의 구조를 분석하고 기업 간의 수평적이며 보완적인 기술 융합 형태가 증가하며 자율주행 기술 분야의 참가자가 많아지면서 네트워크가

복잡해짐을 확인하였으나, 세부 IPC 코드를 고려하지 않아 구체적인 결과를 제시하지 못하였다는 한계가 존재한다.

다양한 신에너지 자동차의 발전에 있어서, 산업 전반에 중추적인 역할을 해온 내연기관차의 기술은 사양화되기보다 이를 지키고 발전시켜 갔을 것이며, 이에 신에너지 자동차는 전통적인 자동차 산업 기술 영역과 전자 기술 영역이 융합된 산업생태계를 형성했을 것이고, 내연기관차와 신에너지 자동차 간의 기술 융합 의존도는 높을 것이다. (박오영, 2023; Feng et al., 2020) 또한, 과거 발전 궤적이 기술의 추가적인 발전을 이끌 수 있기 때문에, 기술 지식의 생태계 관점을 기반으로 기술지식 간 상호작용을 분석하여 기존의 지식구조와 새로운 지식구조가 어떻게 형성되고 서로 어떠한 영향을 미치는지에 대해 분석하는 것은 중요하다. (Aaldering et al., 2019) 이에 특허 데이터를 이용하여 기술 융합에 대한 이해에 기여한 연구들이 많았으나, 자동차 산업 분야에 대한 세부적인 연구는 부족하며, 특히 내연기관차에서 신에너지 자동차의 발전 흐름에 초점을 둔 기술 융합 연구는 부족하다. 그리고 현재 대부분의 연구들은 기술 융합 패턴의 추세만을 분석하거나 주요 기술의 역할만을 보여주는 데 그쳤다. 따라서, 본 연구는 내연기관차에서 신에너지 자동차로의 자동차 산업 흐름을 고려하여 이들의 기술 융합 패턴과 융합을 이루는 데 활용된 중심 기술을 모두 규명하고자 한다.

3. 연구 방법

3.1 연구 자료

3.1.1 특허 데이터

본 연구에서는 내연기관차와 신에너지 자동차들의 기술 융합 네트워크 분석을 위해 2000 년부터 2019 년간 출원된 특허들에 대해서 분석하였다. 이는 내연기관차 및 배터리 전기차, 하이브리드차, 연료전지차가 공통적으로 특허 출원이 증가한 시기가 2000 년 이후이며, 일반적으로 특허 출원 공개까지 18 개월이 걸리기 때문에 2000 년 1 월 1 일부터 2019 년 12 월 31 일까지의 특허를 대상으로 하였다. 특허는 기술 혁신의 직접적인 산출물 중 하나로, 최신 기술 동향을 반영하기 때문에 혁신활동과 지식의 상호작용을 측정하는 데 매우 유용하다. (H, Sun. et al., 2018; 임호근 외, 2020) 이때, 기술의 동향이나 기술의 신뢰성 등에 대해서 분석하고자 할 경우에는 등록된 특허만 적용하는 것이 일반적이지만, 본 연구는 기술 융합에 대한 분석을 목적으로 하기 때문에 출원 및 등록된 모든 특허를 연구 대상으로 하였다. (임호근 외, 2020)

분석을 위해 사용된 특허는 유럽특허청(EPO)에서 제공하는 특허검색엔진인 Espacenet 에서 수집하였다. Espacenet 은 다른 특허검색엔진에 비해 상대적으로 높은 신뢰성과 많은 데이터베이스를 가지고 있다. 특허 수집을 위해 특허를 검색할 때에는 일반적으로 국제 특허분류코드인 IPC 코드 검색방법, 키워드 검색방법, 두가지를 모두 결합한 검색 방법을 사용한다.

그러나 IPC 검색방법은 분류 번호 결정에 논란의 여지가 있기 때문에 특허의 누락 원인이 될 수 있다. 또한, 키워드 검색방법은 특정 키워드가 특허 문서의 제목, 요약, 청구항 등에 등장해야만 해당 특허를 찾을 수 있기 때문에 특허 내용이나 기술적인 세부사항을 포함하지 않은 특허나 검색어와 일치하지 않은 특허를 놓칠 가능성이 있다. 따라서 본 연구는 IPC 코드와 키워드를 조합하여 search query 를 구성하였고, 이는 표 [2]과 같다. 이렇게 추출된 내연기관차, 배터리 전기차, 하이브리드차, 연료전지차의 특허는 총 4,9170 개로, 특허동시분류분석을 수행하여 자동차산업별 multiplex network 를 구성하였다.

자동차 산업	Search Query
내연기관차 (ICEV)	((ta all "internal combustion engine" OR ta all "ic engine" OR ta all "diesel engine") AND (ta all "vehicle*" OR ta all "car" OR ta all "automobile*")) AND (ipc any "F02B" OR ipc any "F02D" OR ipc any "F02F" OR ipc any "F02M" OR ipc any "F02N" OR ipc any "F02D")
배터리전기차 (BEV)	(ta all "battery" AND ta all "electric" AND (ta all "vehicle*" OR ta all "car" OR ta all "automobile*")) AND (ipc any "B60L11" OR ipc any "B60L3" OR ipc any "B60L15" OR ipc any "B60K1" OR ipc any "B60W10/08" OR ipc any "B60W10/24" OR ipc any "B60W10/26")
하이브리드차 (HEV)	(ta all "hybrid" AND ta all "electric" AND (ta all "vehicle*" OR ta all "car" OR ta all "automobile*")) AND (ipc any "B60K6" OR ipc any "B60W20" OR ipc any "B60L7/20")
연료전지차 (FCEV)	(ta all "fuel cell*" AND (ta all "vehicle*" OR ta all "car" OR ta all "automobile*")) AND (ipc any "B60W10/28" OR ipc any "B60L11/18" OR ipc any "H01M8")

[표 2] Espacenet 에서 특허 수집을 위한 search query

3.1.2 데이터 전처리

수집한 특허로 특허동시분류분석을 수행하여 자동차산업별 multiplex network 를 나타내기 위해, 데이터 전처리를 수행하였다. 먼저, 본 연구는 내연기관차에서 신에너지 자동차로의 자동차 산업 흐름에 따른 기술 융합 네트워크를 분석하고자 하기 때문에, 2000년부터 2019년의 기간을 각각 5년 단위로 나누었다. 각 연도 구간은 2000년부터 2004년까지를 기간 1, 2005년부터 2009년까지를 기간 2, 2010년부터 2014년까지를 기간 3, 2015년부터 2019년까지를 기간 4로 특정하였다. 기간별로 특허를 구분한 후, 오픈소스 기반의 시각화 및 네트워크 분석 소프트웨어인 ‘Gephi 10.0’를 사용하여 각 4개의 기간별 내연기관차, 배터리 전기차, 하이브리드차, 연료전지차의 특허동시분류 multiplex 네트워크를 그리기 위해 4개의 노드 리스트와 16개의 엣지 리스트를 형성하였다. 형성된 노드는 기간별 자동차 산업 특허에 출현한 IPC 코드들로, 기간별로 자동차 산업들의 노드는 동일하다. 이때, 네트워크 내에 중복된 IPC 코드들이 있는 경우 중복값들을 제거하여 한 개의 IPC 코드가 한 개의 노드가 되도록 해주었다. 엣지는 IPC 코드들이 특허에 동시 출현한 경우에 형성되도록 하였고, 가중치는 빈도수로 설정하여 엣지 리스트를 생성했다.

3.2 방법론

3.2.1 네트워크 구성

네트워크 분석에는 시각화 및 네트워크 분석 소프트웨어인 ‘Gephi 10.0’을 사용하였다. 기술 간의 상호작용은 네트워크 구조를 형성하기 때문에 여러 주체들 간의 관계를 더 잘 이해하기 위해 소셜 네트워크 분석의 지표와 개념을 이용하는 것은 효과적이다. (Aaldering et al., 2019) 특히, 최근 특허 정보 간 관계를 파악하기 위해 네트워크 방법론이 널리 사용되고 있다. 본 연구는 특허 데이터를 사용하여 내연기관차 및 신에너지 자동차 네트워크 내 핵심 기술융합과 기술의 동향을 분석하고, 그 역할과 관계성의 변화를 살펴보고 하기 때문에 네트워크 분석은 적합한 분석방법이라 할 수 있다.

3.1.2 에서 언급했듯이, 각 4 개의 기간별 내연기관차, 배터리 전기차, 하이브리드차, 연료전지차의 특허 동시분류 multiplex 네트워크를 구현하여 총 16 개의 네트워크를 분석하였다. Multiplex 네트워크는 각 층마다 동일한 노드가 포함되지만 서로 다른 링크를 가지는 네트워크로, 밀접한 연관이 있는 분야들 간 네트워크를 비교할 때 많이 분석된다. 본 연구의 경우, 같은 자동차 산업 내 세부 산업들을 비교 분석하므로, multiplex 네트워크를 사용하였다. 본 연구의 네트워크는 각 기간별로 자동차 산업 네트워크들의 노드가 동일하며, 해당 기간의 모든 자동차 산업 특허에 나타난 IPC 코드들이 노드에 할당된다. 옛지는 IPC 코드들이 각 내연기관차와 신에너지 자동차들에 상응하는 특허에 동시분류되었을 경우에 동시분류 빈도수로 가중치를 두어 각 산업별로 다르게 형성하도록 하였으며 층별로 링크는 없다. 구축한 multiplex

네트워크의 구조는 그림 [1]과 같다. 네트워크를 시각화 할 때, 직관적인 이해를 위하여 링크가 많이 형성된 노드일수록 크기가 크고 가중치가 큰 링크일수록 두께를 넓게 해주었으며, 각 자동차 산업별로 색깔을 다르게 해주었다.



[그림 1] Multiplex 네트워크 구조

3.2.2 네트워크 지표

네트워크 분석은 네트워크 요소들 간의 위상적 관계를 분석하여 네트워크의 주체(node)들 사이의 상호관계(edges)를 시각화 할 수 있고, 네트워크 밀도, 중심성 지수 등의 다양한 지표를 활용하여 전체 네트워크의 구조적 특성과 각 노드들의 상대적 속성을 정량적으로 산출할 수 있다. (박은영 외, 2018) 따라서 본 연구는 구조적 특성 지표와 중심성 지표를 활용하여 연결된 링크의 패턴을 식별하고 영향력 있는 노드를 찾아 네트워크 동향을 분석하였다.

기간별 각 자동차 산업의 전체적인 기술 융합의 변화를 비교 분석하기 위해 구조적 특성 지표인 링크 수, 평균 연결정도, 네트워크 밀도, 노드 간 평균 거리를 활용하였다. 링크 수는 노드들을 연결하고 있는 엣지의 수이며, 기술 간 얼마나 융합이 되어있는지를 의미한다. 평균 연결정도는 평균적으로 한 개의 노드에 연결되어 있는 링크의 수이고 네트워크 밀도는 전체 네트워크 내 노드 간에 얼마나 연결이 많이 되어있는지를 계산한 지표로, 이들이 높을수록 기술 간 교류가 활발하다는 것을 의미한다. 마지막으로, 노드 간 평균 거리는 각 노드 쌍 간의 최단 거리의 평균으로 계산하며, 평균 거리가 클수록 기술 간 거리가 멀다는 것으로 해석할 수 있다.

중심성 지표는 네트워크 상에서 어떤 노드가 가장 중요한지를 알 수 있는 척도로, 본 연구에서는 연결 중심성을 활용하여 기간별 각 자동차 산업 기술 융합에 있어서 중요한 역할을 하는 기술에 대하여 분석하였다. 연결 중심성은 한 노드에 직접 연결된 노드들의 수로, 어떠한 기술이 기술 융합에 빈번하게 나타났는지를 살펴볼 수 있는 척도이다. 본 연구에서는 네트워크의 크기들이 모두 다르기 때문에, 공정한 비교를 위해 중심성을 0 에서 1 사이의 값으로 정규화 하여 표현하였다.

4. 연구 결과

4.1 자동차 산업 특허 동향

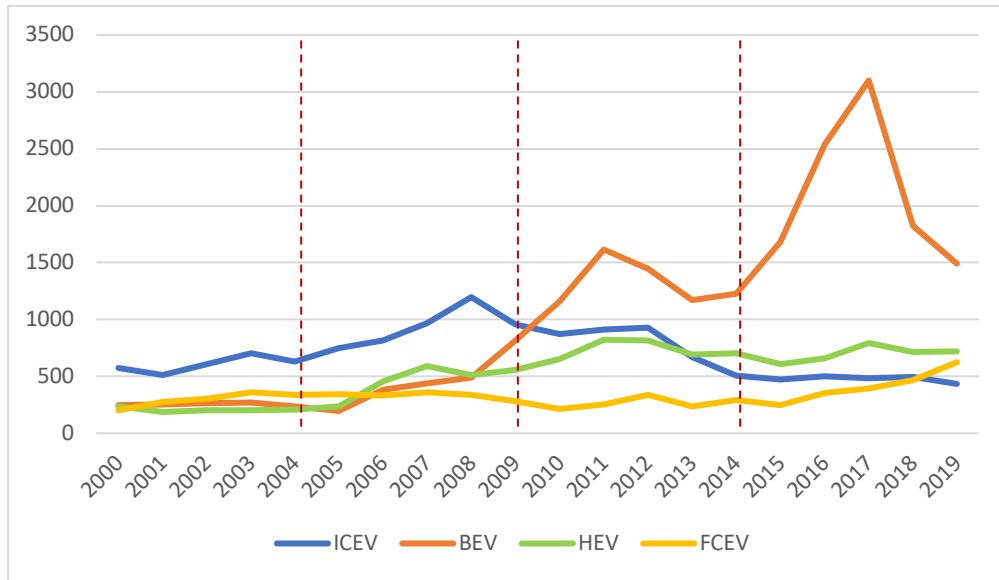
유럽특허청(EPO)에서 제공하는 특허검색엔진인 Espacenet 에서 전 세계 국가를 대상으로 2000 년 이후에 출원된 특허들을 수집하였다. 이렇게 수집된 특허는 총 49,170 건으로, 본 연구는 내연기관차(ICEV)와 신에너지 자동차인 배터리 전기차(BEV), 하이브리드차(HEV), 연료전지차(FCEV)를 분석 대상으로 하여 이들 기술융합 네트워크의 변화를 분석하고자 하기 때문에, 이를 용이하게 하기 위하여 5 년 단위로 기간을 나누었다. 연도 구간은 2000 년부터 2004 년까지를 기간 1, 2005 년부터 2009 년까지를 기간 2, 2010 년부터 2014 년까지를 기간 3, 2015 년부터 2019 년까지를 기간 4 로 특정하여 4 개의 기간으로 나누었다. 전 기간에 걸친 특허 출원 결과는 그림 [2]과 같고, 기간별 출원 특허를 구체적으로 그룹별로 정리한 결과는 표 [3]에 나타나 있다. 그룹별 특허 수를 모두 합산한 특허 수는 51,955 건으로, 총 특허 수인 49,170 건과 차이가 발생하는 이유는 2 개 이상의 그룹에 공동으로 분류된 중복 특허가 존재하기 때문이다.

그림 [2]과 표 [3]에서 보이는 바와 같이, 내연기관차와 신에너지 자동차 산업의 전체 특허 수는 각 기간마다 6316 건, 10,396 건, 14,636 건, 17,822 건으로 전 기간에 걸쳐 꾸준히 증가하였다. 특히, 자동차 산업 중 배터리 전기차의 특허 수가 1277 건, 2318 건, 6626 건, 10,634 건으로 눈에 띄게 증가하였으며, 2010 년 이후 급격히 증가한 것을 알 수 있다. 반면,

내연기관차의 특허 수는 2010 년 이전까지 증가하였지만 2010 년 이후에는 감소한 것으로 보인다. 이는 2010 년 이전까지는 내연기관차의 강하고 지배적 디자인을 지속해온 자동차 산업이 배터리 전기차로의 전환을 겪는 과정에서 기존 기술 및 시스템에 대한 변화가 쉽지 않았다는 것을 의미한다. 하이브리드차의 특허 수는 계속해서 증가하다가 2015 년 이후 감소하였는데, 이는 순수 전기차인 배터리 전기차로의 이전에는 과도기적 해결과제와 시간이 필요하기 때문에 하이브리드차가 그 대체체로서 역할을 하였지만, 2015 년 이후 배터리 전기차의 기술 및 인프라가 안정화되며 대체체로서 역할이 감소한 것으로 보인다. (박오영, 2023) 그리고 연료전지차는 전 기간에 걸쳐 특허 수의 증가와 감속을 반복하였으나 그 추이는 크지 않다.

한편, 2000 년대 초반과 후반에는 전체 자동차 산업 중 내연기관차의 특허 수가 전체 특허 수의 각각 44%, 42%로 가장 많지만, 2010 년대 초반과 후반에는 배터리 전기차의 특허 수가 각각 42%, 57%를 차지하며 가장 많다. 또한, 2000 년대 초반에는 신에너지 자동차 중 연료전지차의 특허 수가 가장 많은 반면, 2000 년대 후반에는 하이브리드차의 특허 수가 가장 많았다. 정리하자면, 내연기관차에서 신에너지 자동차로의 혁신에 있어서 2000 년대 초반에는 대체 파워트레인 중 연료전지 기술이 가장 유망하였고 자동차 산업의 대다수는 연료 전지를 채택하여 연구 개발 활동을 진행해 온 것으로 보인다. 그러나 연료전지차의 배기 가스 배출 수준은 내연기관차보다 크게 낮지 않았고 배터리 전기차는 금액과 수명에 한계점이 존재하였기에 과도기적 대체체로 2000 년대 후반 하이브리드 자동차가 핵심 기술로 부상하였고, 이후

점차 배터리 기술의 제약 조건에 대한 해결책이 제시되면서 배터리 전기차가 대체 파워트레인 자동차의 주 산업으로 주목되었다고 해석 가능하다.



비고: x 축은 연도를, y 축은 출원 특허 수를 나타낸다.

[그림 2] 연도별 전체 자동차 산업 특허 출원 결과

	2000-2004 (기간 1)	2005-2009 (기간 2)	2010-2014 (기간 3)	2015-2019 (기간 4)
ICEV	3029	4689	3886	2384
BEV	1277	2318	6626	10,634
HEV	1031	2348	3692	3490
FCEV	1474	1647	1338	2092
총 합계	6811	11,022	15,542	18,600

비고: 2023년 4-5월에 수집한 특허

[표 3] 기간별 각 자동차 산업의 특허 출원 결과

4.2 자동차 산업 네트워크 분석

자동차 산업 그룹별 기술 융합 정도의 변화를 살펴보기 위해 기간별 네트워크의 구조적 특성을 분석하였다. 본 연구의 네트워크는 multiplex network 로 각 기간별 내연기관차와 신에너지 자동차들의 노드는 동일하다. 이때, 각 노드는 해당 기간별 자동차 산업 특허에 나타난 IPC 코드를 의미하고, 링크는 patent co-classification 에 의해 형성된다. IPC 코드를 이용한 특허 동시분류 분석은 기술 간 상호 연결 관계를 파악하는 데 유용하기 때문에, 기술 융합 연구에 적합한 방법이다. 기간 1, 2, 3, 4 의 자동차 산업별 특허 동시분류 네트워크의 기본 속성을 분석한 결과는 차례대로 표 [4], [5], [6], [7]와 같다.

4.2.1 네트워크 구조적 특성

먼저, 기간 1 에서 기술 간의 융합을 나타내는 링크 수가 가장 높은 자동차 산업은 내연기관차, 하이브리드차, 배터리 전기차, 연료전지차 순이다. 평균 연결정도(Average Degree)와 밀도(Network Density) 또한 링크 수와 유사한 순으로, 평균 밀도의 값이 높을수록 네트워크 내 기술 간 상호작용 정도가 높다는 것을 의미한다. 반면, 노드간 평균 거리(Average Distance)는 내연기관차, 연료전지차, 배터리 전기차, 하이브리드차 순으로 높다. 이는 내연기관차가 2000년대 초반 지배적인 산업이었고 다른 신에너지 자동차들에 비해 기술 간 융합 수는 많았으나, 기술 간 거리는 높다는 것을 의미한다. 또한, 신에너지 자동차들 중 가장 각광 받았던 연료전지차는 기술 간

상호작용 정도가 낮은 것으로 보아 기술 혁신의 가능성이 낮았던 것으로 보인다.

기간 2 는 기간 1 과 마찬가지로 링크 수와 평균 연결정도는 내연기관차, 하이브리드차, 배터리 전기차, 연료전지차 순으로 높고, 노드간 평균 거리는 내연기관차, 연료전지차, 배터리 전기차, 하이브리드차 순으로 높다. 하지만, 기간 1 과 다르게 네트워크 밀도가 연료전지차는 0 에 수렴하며, 연료전지차를 제외한 나머지 자동차 산업은 모두 0.002 로 같다. 즉, 기간 1 에서 가장 높은 기술 혁신의 기회를 가지고 있던 내연기관차가 시간이 지나면서 배터리 전기차, 하이브리드차와 그 정도가 비슷해진 것을 알 수 있으며, 연료전지차는 기술 혁신이 점차 감소한 것을 살펴볼 수 있다.

한편, 이전 기간들과 다르게 기간 3, 4 에서는 링크 수와 평균 연결정도가 배터리 전기차에서 가장 높은 것으로 보아, 배터리 전기차의 기술 융합 수가 시간이 지날수록 높아졌다는 것을 알 수 있다. 또한, 네트워크 밀도가 기간 3 에서는 여전히 기간 2 와 같은 양상을 보이지만, 기간 4 가 되면서 배터리 전기차가 0.003 으로 가장 큰 값을 가지고, 이를 제외한 나머지 내연기관차, 하이브리드차, 연료전지차는 0.001 의 값을 가지는 것으로 보아, 최근 배터리 전기차 내 기술 간 교류가 가장 활발하며, 연료전지차 또한 기술 간 교류가 증가하고 있는 데 반해, 내연기관차와 하이브리드차는 감소하는 추세를 해석할 수 있다.

전체적으로, 시간이 지나면서 내연기관차에서 배터리 전기차로 평균 연결정도 및 네트워크 밀도가 높아지는 양상을 보인다. 반면에

하이브리드차는 최근 네트워크 밀도가 감소하였고 연료전지차는 증가하였다. 따라서, 2000 년대에는 내연기관차에서의 기술 간 융합이 가장 높음에 따라 기술 혁신 또한 많았으나, 시간이 지나면서 내연기관차의 융합은 감소하고 배터리 전기차에서 기술들이 더 복잡하고 강하게 융합이 이루어졌다는 것을 분석할 수 있다. 또한, 하이브리드차는 계속해서 비슷한 양상으로 기술 융합을 이루다가 2010 년대 후반부터 기술 혁신의 기회가 감소하였지만, 연료전지차는 증가와 감소가 반복하는 추세를 보인다. 이는 최근 배터리 전기차가 신에너지 자동차 중 주요 산업으로 부각되며 지속적인 발전을 이루고 있고 그 뒤를 연료전지차와 하이브리드차가 이루고 있다고 이해할 수 있다.

	ICEV 1	BEV 1	HEV 1	FCEV 1
# of Nodes	3414	3414	3414	3414
# of Links	22,909	10,074	12,025	6361
Average Degree	13.421	5.902	7.045	3.726
Network Density	0.004	0.002	0.002	0.001
Average Distance	3.212	2.741	2.514	2.907

비고: 각 자동차 산업 뒤에 오는 숫자 1 은 기간 1 을 의미한다.

[표 4] 2000-2004 년의 각 자동차 산업 네트워크 속성

	ICEV 2	BEV 2	HEV 2	FCEV 2
# of Nodes	3313	3313	3313	3313
# of Links	12,338	8958	9349	2569
Average Degree	7.448	5.408	5.644	1.551
Network Density	0.002	0.002	0.002	0
Average Distance	3.261	2.755	2.493	2.764

비고: 각 자동차 산업 뒤에 오는 숫자 2 은 기간 2 을 의미한다.

[표 5] 2005-2009 년의 각 자동차 산업 네트워크 속성

	ICEV 3	BEV 3	HEV 3	FCEV 3
# of Nodes	3892	3892	3892	3892
# of Links	12,023	17,028	11,734	3102
Average Degree	6.178	8.748	6.028	1.594
Network Density	0.002	0.002	0.002	0
Average Distance	3.21	2.643	2.521	2.833

비고: 각 자동차 산업 뒤에 오는 숫자 3 은 기간 3 을 의미한다.

[표 6] 2010-2014 년의 각 자동차 산업 네트워크 속성

	ICEV 4	BEV 4	HEV 4	FCEV 4
# of Nodes	4170	4170	4170	4170
# of Links	11,561	22,691	21,954	6798
Average Degree	5.545	10.88	6.213	3.26
Network Density	0.001	0.003	0.001	0.001
Average Distance	3.1555	2.74	2.624	2.885

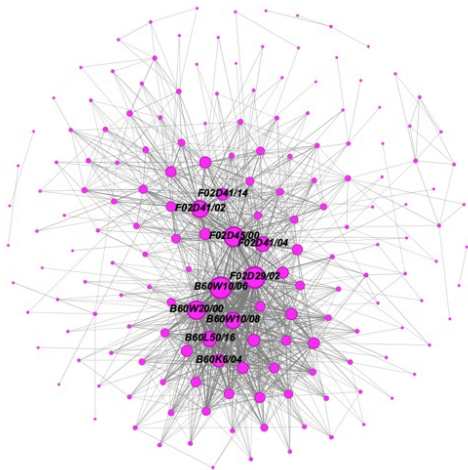
비고: 각 자동차 산업 뒤에 오는 숫자 4 은 기간 4 을 의미한다.

[표 7] 2015-2019 년의 각 자동차 산업 네트워크 속성

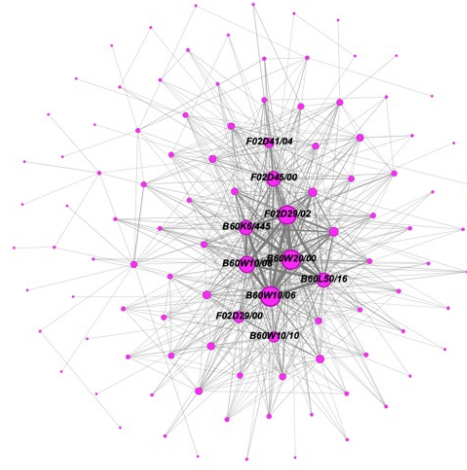
4.2.2 네트워크 시각화

자동차 산업의 네트워크 변화를 시각적으로 나타내어 보다 직관적으로 분석하기 위해 ‘Gephi 10.0’를 사용하여 각 기간별 내연기관차와 신에너지 자동차들의 기술 융합 네트워크의 상위 5% 구조를 표현하였다. 그림 [3], [4], [5], [6]의 네트워크를 살펴보면, 시간이 지나면서 내연기관차의 네트워크는 단순해지고, 반대로 배터리 전기차의 네트워크는 노드와 링크가 증가하며 복잡해지는 것을 알 수 있다. 반면, 하이브리드차는 노드가 점차 증가함에 비해 네트워크는 단조로우며, 연료전지차의 네트워크는 기술 융합이 감소하였다가 최근 다시 증가하고 있는 것으로 보인다. 이는 4.2.1의 분석 결과와 일치하게, 전체 자동차 산업에서 점차 내연기관차의 기술 간 융합이 감소하고 있는 데 반해 배터리 전기차 내 기술 융합은 증가하고 있다는 것을 의미하며, 연료전지차는 기술 간 융합이 줄어들었으나 최근 다시 활발해지고 있고 하이브리드차는 기술 요소는 늘었으나 기술 간 링크가 증가하지는 않았음을 의미한다.

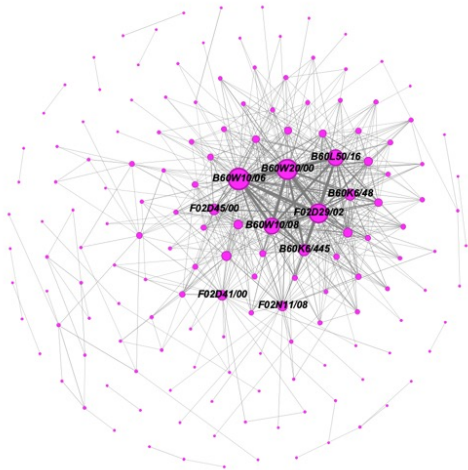
또한, 해당 노드에 연결된 링크의 정도를 나타내는 노드의 크기를 비교한 결과, 내연기관차의 경우 기간이 흐름에 따라 상대적으로 크기가 뚜렷하게 큰 노드들이 줄어들지만, 배터리 전기차는 증가한다. 이로 보아, 내연기관차의 기술 간 융합이 점차 감소함에 따라 융합에 관계하는 기술들이 특정되고 융합의 형태가 단조로워지고 있지만, 내연기관차와 반대로 배터리 전기차는 기술 간 융합이 증가함에 따라 융합에 속하는 주요한 기술들이 다양해지고 동시에 융합의 형태가 다양하게 발전되고 있음을 알 수 있다.



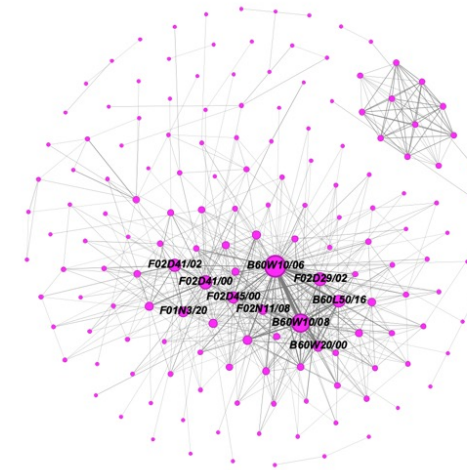
<기간 1>



<기간 2>



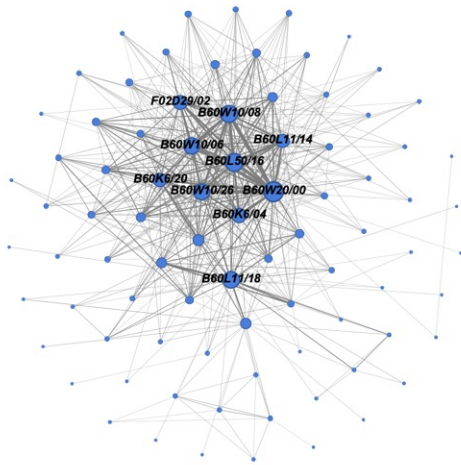
<기간 3>



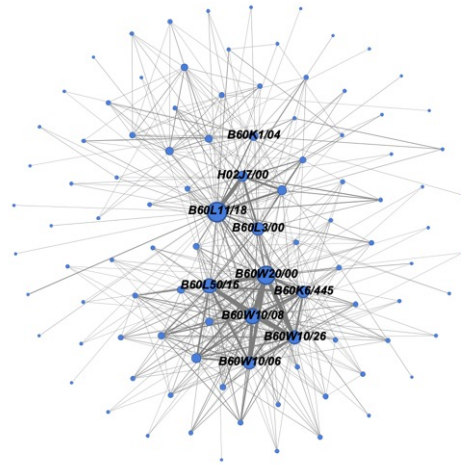
<기간 4>

비고: Degree 가 0 인 노드 제외

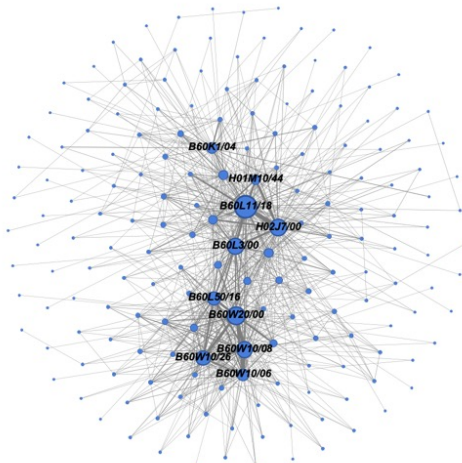
[그림 3] 내연기관차 기술 융합 네트워크



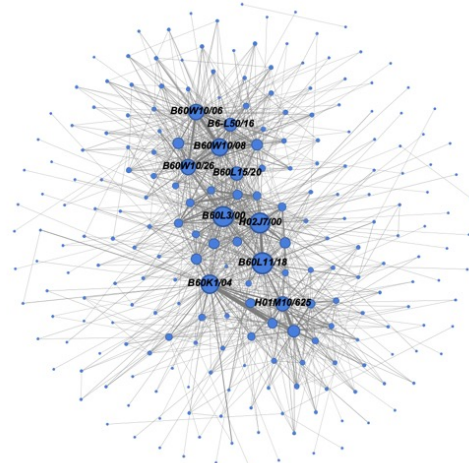
<기간 1>



<기간 2>



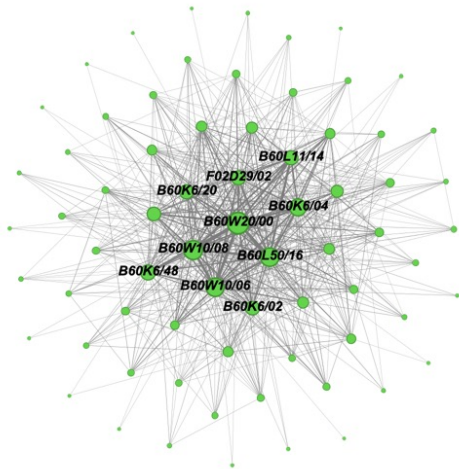
<기간 3>



<기간 4>

비고: Degree 가 0 인 노드 제외

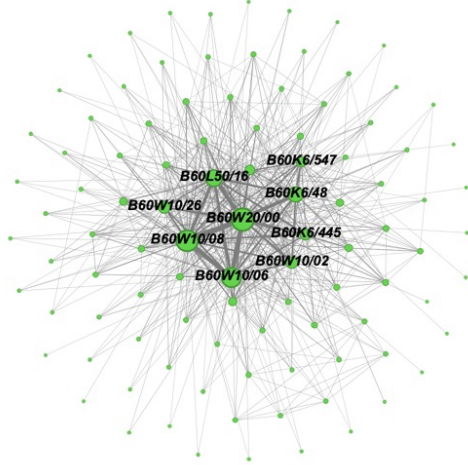
[그림 4] 배터리 전기차 기술 융합 네트워크



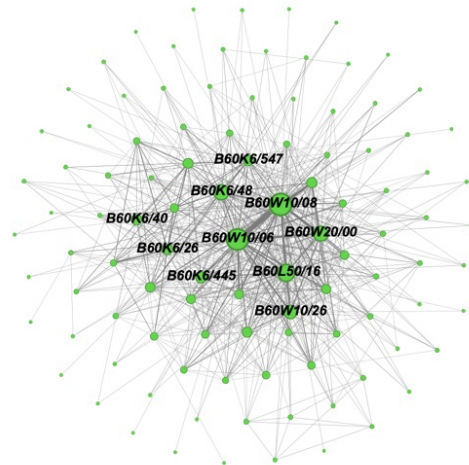
<기간 1>



<기간 2>



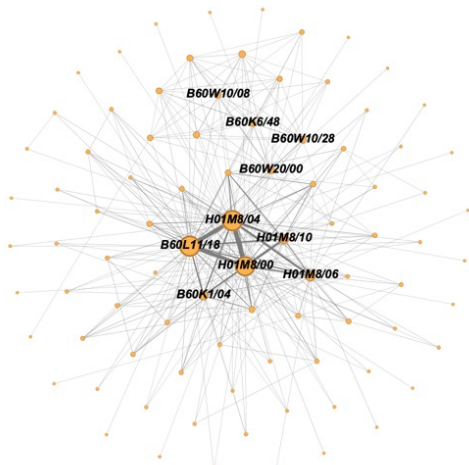
<기간 3>



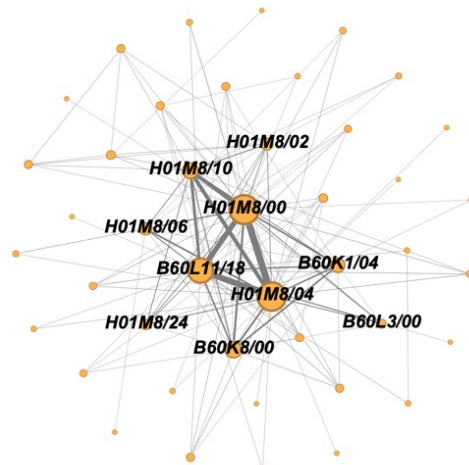
<기간 4>

비고: Degree 가 0 인 노드 제외

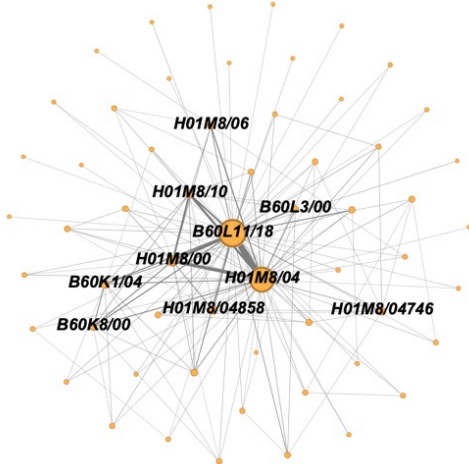
[그림 5] 하이브리드차 기술 융합 네트워크



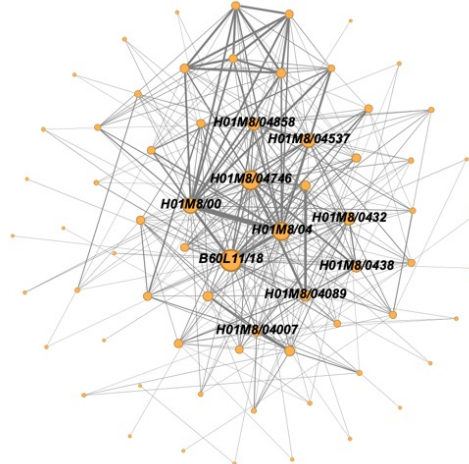
<기간 1>



<기간 2>



<기간 3>



<기간 4>

비고: Degree 가 0 인 노드 제외

[그림 6] 연료전지차 기술 융합 네트워크

4.3 자동차 산업 기술 재조합

구축한 네트워크로 자동차 산업별 기술 융합 패턴을 파악하고, 융합 과정에 주도적인 역할을 하는 기술들을 비교 분석하였다. 중심 기술을 분석한 데에는 기술 융합에 있어서 가장 많은 연결이 되어있다는 의미의 연결 중심성 (Degree Centrality)을 이용하였으며, 내연기관차와 신에너지 자동차를 비교하여 분석한 후, 신에너지 자동차들을 분석하였다.

4.3.1 내연기관차, 배터리 전기차 분석

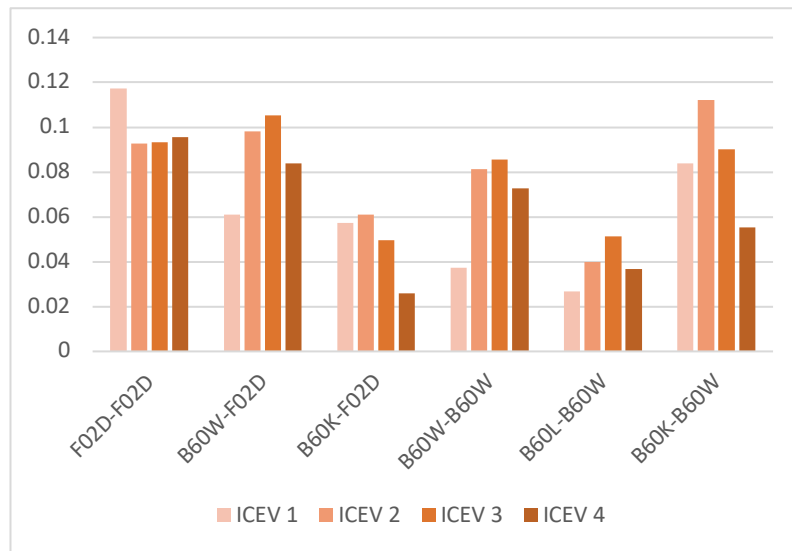
먼저, 신에너지 자동차 중 배터리 전기차와 내연기관차의 기술 융합 패턴과 융합에 중심인 기술 요소를 분석하였다. 두 산업의 기술 융합 패턴을 나타낸 그림 [7]과 [8]을 보면, F02D-F02D(연소기관의 제어)와 B60W-F02D(차량 운전 제어 시스템-연소기관의 제어)와 같은 연소기관의 제어에 관한 기술융합은 내연기관차에서 전기간에 빈번한 패턴으로 나타나지만, 배터리 전기차에서는 거의 나타나지 않았다. 한편, 차량 운전 제어 시스템 기술과 관련한 융합인 B60W-B60W(차량 운전 제어 시스템), B60L-B60W(전기 추진차량의 추진-차량 운전 제어 시스템), B60K-B60W(차량의 추진 기관-차량 운전 제어 시스템)는 내연기관차와 배터리 전기차 모두에 나타나며, 그 추이 또한 유사하다.

이렇게 공통적으로 나타난 융합 패턴들에서 각 산업별로 주도적인 기술은 무엇인지 알아보기 위해 표 [8]와 [9]를 보면, B60L-B60W, B60K-B60W 등의 융합 패턴에서 전동기나 발전기와 같은 전기 추진 장치의 제어 기술인

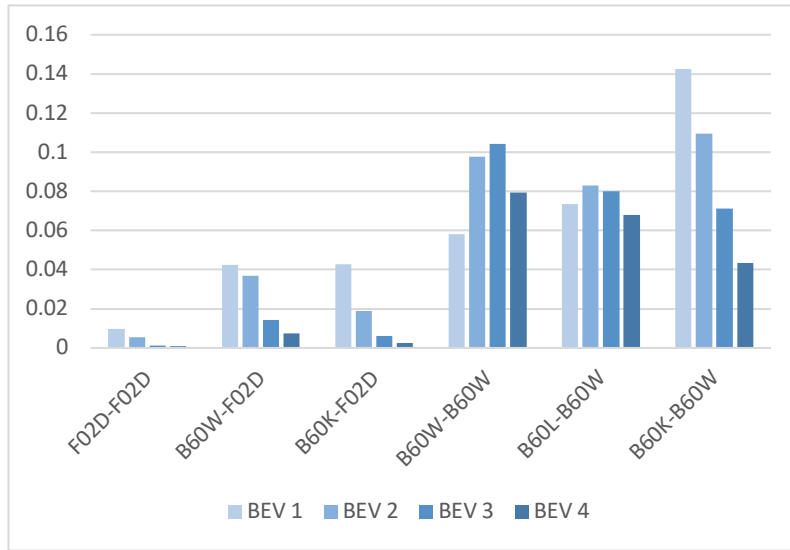
B60W10/08(전기 추진 장치의 제어 기술)은 내연기관차와 배터리 전기차에서 모두 주요 기술로 나타난 데에 반해, B60W10/06(연소 기관의 제어를 포함하는 것)과 B60W20/00(하이브리드 차량에 특히 적합한 제어시스템)은 내연기관차에서는 지속적으로 핵심으로 존재하지만 배터리 전기차에서는 점차 그 역할이 감소하였다. 즉, 배터리 전기차가 내연기관차와 2000년대 초반에는 전기 추진 장치의 제어 기술들이 운전제어기술 융합 패턴에 공통적으로 주 역할을 하며 기술 재조합의 양상이 비슷했지만, 시간이 지나면서 점차 다른 조합을 형성한 것으로 보인다. 마찬가지로, B60L-B60W 등의 운전 제어 기술과 전기 추진 기술의 융합에서는 B60L11/18(일차전지, 이차전지 또는 연료전지로부터 동력을 공급되는 것)이 배터리 전기차에서 주요 기술이지만 내연기관차에서는 보이지 않았다. 그리고 기계적으로 추진하는 설비기술인 B60L50/16(기계적으로 추진하는 설비기술)이 내연기관차에서는 지속적인 핵심기술이지만, 배터리 전기차에서는 점차 그 역할이 감소하면서 B60L3/00(전기적 추진차량 안전 목적의 전기적 장치)이 핵심 기술로 부상하며 조합의 양상이 달라진 것을 보였다.

즉, 2000년대 초반에는 내연기관차와 배터리 전기차의 핵심 기술이 비슷했지만, 시간이 지남에 따라 배터리 전기차는 전기 에너지 저장과 관련한 기술이 중요해지면서 다른 조합을 형성했다는 것을 알 수 있다. 이는 배터리 전기차가 2000년대 초반에는 기술적 한계로 장거리 주행을 포함한 일부 주행에서 내연기관차의 직접적인 대안으로 간주되지 않았었고, 내연기관차와 유사한 기술 조합으로 혁신을 시도하였었지만, 최근 기존 자동차 산업과

전기전자 산업 기술의 재조합을 통해 전과 다른 혁신의 방향성을 지니고 있다고 해석할 수 있다. 이를 4.2의 네트워크 구조 분석 결과와 조합해보자면, 배터리 전기차가 내연기관차와 유사한 기술조합을 하였던 2000년대 초반은 기술 혁신이 크게 이루어지지 않았으나, 이후 재조합을 하며 내연기관차와 달리 획기적인 혁신이 이루어졌음을 해석할 수 있다.



[그림 7] 내연기관차 기술 융합 패턴



[그림 8] 배터리 전기차 기술 융합 패턴

ICEV 1	ICEV 2	ICEV 3	ICEV 4
F02D45/00	B60W10/06	F02D29/02	B60W10/06
F02D29/02	F02D29/02	B60W10/06	F02D41/00
B60W10/06	B60W20/00	B60W20/00	B60W10/08
F02D41/02	F02D45/00	B60W10/08	F02D45/00
F02D41/04	B60W10/08	B60L50/16	F02N11/08
B60W20/00	B60L50/16	F02D41/00	F02D41/02
B60W10/08	B60K6/445	F02D45/00	F02D29/02
F02M25/07	F02M25/07	F02N11/08	B60W20/00
F02D41/00	F02D41/04	F02M25/07	F01N3/20
B60L50/16	F02D41/00	B60K6/48	F02D41/14

[표 8] 내연기관차 중심 기술

BEV 1	BEV 2	BEV 3	BEV 4
B60L11/18	B60L11/18	B60L11/18	B60L11/18
B60W20/00	B60W20/00	B60L3/00	B60L3/00
B60L50/16	B60W10/08	H02J7/00	B60K1/04
B60K1/04	B60W10/26	B60L50/16	H02J7/00
B60W10/08	B60L50/16	B60K1/04	B60L15/20
B60W10/26	B60L3/00	B60W20/00	B60L50/60
B60W10/06	H02J7/00	B60L15/20	B60K1/00
B60K6/20	B60W10/06	B60L1/00	B60W10/08
B60L11/14	B60K1/04	B60W10/08	B60L50/50
B60K6/04	B60K6/445	B60W10/26	H01M10/48

[표 9] 배터리 전기차 중심 기술

4.3.2 내연기관차, 하이브리드차 분석

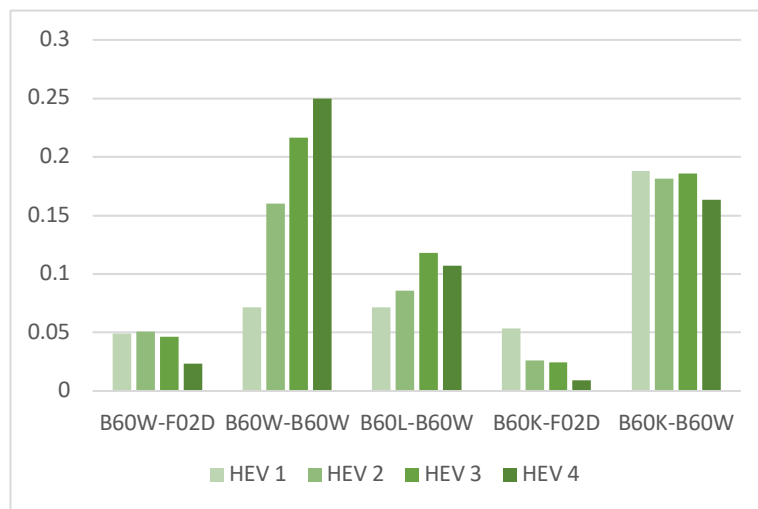
다음으로, 신에너지 자동차 중 하이브리드차와 내연기관차의 기술 융합 패턴과 융합에 중심인 기술 요소를 분석하였다. 그림 [7], [9]에서 연소기관의 제어 기술이 속한 B60W-F02D(차량 운전 제어 시스템-연소기관의 제어), B60K-F02D(차량의 추진 기관-연소기관의 제어)와 같은 융합은 하이브리드차와 내연기관차 모두에서 나타나지만 내연기관차에서 특히 주요한 패턴을 지닌다. 한편, 운전제어기술에 관련한 B60W-B60W(차량 운전 제어 시스템), B60L-B60W(전기 추진차량의 추진-차량 운전 제어 시스템), B60K-B60W(차량의 추진 기관-차량 운전 제어 시스템) 융합 또한, 두 산업 모두에서 빈번하게 보이는데, B60W-B60W는 하이브리드차에서 특히 점차 혁신을 이루는 융합으로 증가추세를 보이고, B60K-B60W는 내연기관차에서 점차 감소 추세를 보

인다.

표 [8], [10]의 중심기술을 살펴보면, B60W-F02D, B60K-F02D 등의 연소기관의 제어 기술 융합에서 F02D29/02(가변피치의 프로펠러를 구동하는 기관에 특징이 있는 것)가 기간 1,2 동안 두 산업에서 핵심 기술이었으나, 내연기관차에서 F02D41/00(연소가능한 혼합기 또는 그 성분의 공급의 전기적 제어)이 점차 중심으로 부각되고 있는 것으로 보아, 연소가능한 혼합기의 전기적 제어기술이 내연기관차에서만 핵심 기술이 되어가고 있는 것으로 보인다. 또한, B60W-B60W, B60L-B60W, B60K-B60W 등의 B60W에 관한 융합에서는 B60W20/00(하이브리드 차량에 특히 적합한 제어시스템), B60W10/06(연소 기관의 제어를 포함하는 것), B60W10/08(전기 추진 장치의 제어 기술) 등과 같이 내연기관차와 하이브리드차에 공통으로 나타나는 핵심기술들이 꾸준히 존재하긴 하지만, B60W10/26(전기 에너지를 저장하는 것), B60W10/02(구동계의 클러치의 제어를 포함하는 것) 등과 같이 최근 내연기관차에는 핵심으로 나타나지 않은 기술들이 하이브리드차에서는 핵심으로 출현하며 기술 간 재조합을 보이고 있다.

즉, 하이브리드차는 내연기관차와 가장 유사한 기술 융합 패턴과 핵심 기술을 보였었지만, 최근 들어 기술 간 차이를 크게 보이고 있다. 다시 말해 최근 하이브리드차는 전과 달리 기존 기술에 대한 재조합이 활발한 것으로 보이는데, 이는 앞서 네트워크 구조의 결과 하이브리드차가 일반적으로 내연기관차의 전환 기술로 간주되며 인프라 및 시스템이 내연기관차와 모두 호환된다는 특징이 있기 때문에, 계속해서 내연기관차 기술 조합을 활용해

왔었지만, 근래 새로운 조합으로 혁신을 시도하고 있는 것을 알 수 있다. 이는 4.2의 네트워크 구조 분석을 보면, 하이브리드차가 내연기관차와 유사한 기술 조합을 보이므로 두 산업이 모두 점차 시간의 흐름에 따라 기술 혁신의 기회가 떨어졌으며, 하이브리드차가 새로운 기술 혁신의 기회를 만들기 위하여 내연기관차와 다른 재조합을 시도하고 있다는 해석이 가능하다.



[그림 9] 하이브리드차 기술 융합 패턴

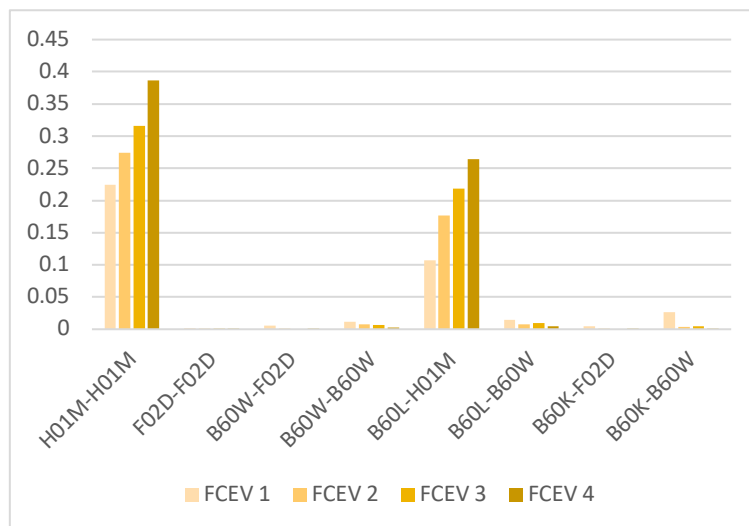
HEV 1	HEV 2	HEV 3	HEV 4
B60W20/00	B60W20/00	B60W20/00	B60W10/08
B60L50/16	B60L50/16	B60W10/08	B60W10/06
B60W10/08	B60W10/08	B60K6/48	B60W20/00
B60K6/04	B60W10/06	B60L50/16	B60K6/48
B60W10/06	B60K6/48	B60W10/06	B60L50/16
B60K6/48	B60K6/445	B60K6/445	B60K6/26
B60K6/20	B60W10/26	B60W10/02	B60W10/26
B60L11/14	F02D29/02	B60W10/26	B60K6/40
B60K6/54	B60W10/02	B60K6/547	B60W20/10
F02D29/02	B60W10/10	B60L11/18	B60K6/387

[표 10] 하이브리드차 중심 기술

4.3.3 내연기관차, 연료전지차 분석

마지막으로, 신에너지 자동차 중 연료전지차와 내연기관차의 기술 융합 패턴과 융합에 중심인 기술 요소를 분석하였다. 그림 [7]과 [10]의 융합 패턴을 살펴보면, 화학에너지를 전기에너지로 직접 변환하기 위한 기술인 H01M 이 포함된 H01M-H01M(화학에너지를 전기에너지로 직접 변환하기 위한 방법), B60L-H01M(전기 추진차량의 추진-화학에너지를 전기에너지로 직접 변환하기 위한 방법) 기술 융합은 오직 연료전지차에서만 부각되는 반면, 연소기관이나 운전 제어 기술에 관한 B60W-F02D(차량 운전 제어 시스템-연소기관의 제어), B60W-B60W(차량 운전 제어 시스템), B60K-B60W(차량의 추진 기관-차량 운전 제어 시스템) 등의 기술 융합은 내연기관차에서만 부각된다.

이렇게 내연기관차와 연료전지차의 혁신을 이루는 융합 패턴이 서로 다른 양상을 보이기 때문에, 융합에 주도적인 역할을 하는 세부 기술 또한 상이한 것으로 나타났다. 표 [8]과 [11]에서 연료전지차는 배터리 전기차나 하이브리드차 같은 다른 신에너지 자동차에 비해 내연기관차와 가장 상이한 기술 융합과 주요 기술 요소를 가지고 있으며, 이는 내연기관차와 연관성이 상대적으로 떨어진다는 것을 의미한다.



[그림 10] 연료전지차 기술 융합 패턴

FCEV 1	FCEV 2	FCEV 3	FCEV 4
H01M8/04	H01M8/04	B60L11/18	B60L11/18
H01M8/00	B60L11/18	H01M8/04	H01M8/04
B60L11/18	H01M8/00	H01M8/00	H01M8/04089
H01M8/06	H01M8/10	B60L3/00	H01M8/00
H01M8/10	H01M8/06	H01M8/10	H01M8/04746
B60K1/04	B60K8/00	H01M8/04089	H01M8/04082
H01M16/00	B60K1/04	B60L1/00	H01M8/04007
H01M8/02	H01M8/02	H01M8/06	B60L3/00
B60K1/00	B60L3/00	B60K1/04	H01M8/04029
B60K8/00	H01M16/00	H01M8/04082	H01M8/04858

[표 11] 연료전지차 중심 기술

4.3.4 배터리전기차, 하이브리드차, 연료전지차 분석

내연기관차와 신에너지 자동차들을 비교 분석한 후, 신에너지 자동차들끼리 비교 분석하였다. 그 결과, 그림 [8], [9], [10]에서 화학에너지를 전기에너지로 직접 변환하기 위한 기술 융합인 H01M-H01M(화학에너지를 전기에너지로 직접 변환하기 위한 방법), B60L-H01M(전기 추진차량의 추진-화학에너지를 전기에너지로 직접 변환하기 위한 방법)은 하이브리드차를 제외한 배터리 전기차와 연료전지차에 주요하게 보였고, 운전제어기술에 관한 융합인 B60W-B60W(차량 운전 제어 시스템), B60L-B60W(전기 추진차량의 추진-차량 운전 제어 시스템), B60K-B60W(차량의 추진 기관-차량 운전 제어 시스템)은 연료전지차를 제외한 배터리 전기차와 하이브리드차에 주요하게 나타났다. 또한, 전기 추진차량의 추진에 관한 융합 패턴인 B60L-H02J(전기 추진차량

의 추진-전기에너지를 저장하기 위한 시스템), B60L-B60L(전기 추진차량의 추진)은 배터리 전기차에서만 빈번히 보이는 것을 알 수 있다.

표 [9], [11]에 따르면 H01M-H01M, B60L-H01M 등의 전기에너지로 직접 변환하는 융합 패턴에 관해서는 B60L11/18(일차전지, 이차전지 또는 연료 전지로부터 동력을 공급되는 것), B60L3/00(전기적 추진차량의 안전 목적의 전기적 장치)이 배터리 전기차와 연료전지차에 지속적으로 핵심으로 나타났지만 각각 서로에게 주요하게 나타나지 않은 핵심 기술들이 상당히 존재하는 것으로 보였다. 즉, 전지로부터 동력을 공급받는 기술이나 전기적 추진차량 안전 목적의 장치는 두 산업에서 모두 중요한 기술이지만, 이외에는 기술 조합에 사용된 기술이 거의 다르다는 것을 의미한다.

한편, 표 [9], [10]에서 B60W-B60W, B60L-B60W, B60K-B60W 등의 운전제어기술 융합에는 하이브리드차와 배터리전기차에 전기 추진 장치의 제어 기술인 B60W10/08(전기 추진 장치의 제어 기술)이 공통적으로 주요 기술이지만, B60W10/06(연소 기관의 제어를 포함하는 것)과 B60W20/00(하이브리드 차량에 특히 적합한 제어시스템)은 하이브리드차에서는 지속적으로 핵심으로 존재하지만, 배터리 전기차에서는 점차 그 역할이 감소하고 배터리 전기차에는 핵심으로 나타나지 않은 기술들이 점차 하이브리드차에서는 주요하게 출현하면서 기술 조합에 차이가 벌어지는 것을 알 수 있다.

이는 신에너지 자동차들도 기술 융합에는 유사한 형태를 띄어도, 요소 기술에는 차이가 있으며, 특히 연료전지차에 가장 큰 차이가 존재한다는 것을 시사한다. 결과를 정리해보자면, 전반적으로 자동차 산업 간 기술 융합이

비슷하더라도 주도적인 역할을 하는 세부 기술에는 차이가 존재했다. 이를 통해, 내연기관차와 신에너지 자동차들이 기술 융합 내에서 각자 필요한 기술들을 채택하여 서로 다른 조합으로 재조합하여 혁신을 이루고 있다는 결론을 도출할 수 있다.

5. 논의

5.1 연구의 시사점

본 연구는 자동차 산업의 내연기관차에서 신에너지 자동차로의 흐름을 고려하여 기술 네트워크를 정량적으로 분석하였다. 이는 이전 연구들과 달리 내연기관차에서 신에너지 자동차의 혁신 흐름을 고려한 기술 융합 연구이며, 기술 융합 패턴의 추세만을 분석하거나 주요 기술의 역할만을 보여주는 데 그치지 않았다. 본 연구는 네트워크 구조 분석을 통해 2000 년대에는 내연기관차와 하이브리드차에서의 기술 간 융합이 높음에 따라 기술 혁신 또한 많았으나, 점차 배터리 전기차에서 기술들이 더 복잡하고 강하게 융합이 이루어지고 있는 최신 기술 동향을 발견하였으며 융합 패턴과 중심 기술 분석의 결과, 신에너지 자동차들이 내연기관차에 대해 모두 다른 대체 양상을 보이고 있음을 발견하였다. 또한, 본 연구는 다른 연구들과 달리 H01M-H01M 과 같은 동일한 IPC 서브클래스의 패턴을 융합에 포함시킴으로써 융합 패턴의 누락을 감소하였다. 동일 서브클래스의 융합은 큰 범주의 기술은 같더라도, 세부기술 내용에는 차이가 있기 때문에 이들 간 기술 융합에 따라 새로운 혁신이 이루어질 가능성이 충분하다. 그리고 IPC 코드의 서브클래스 뿐만 아니라 세부 클래스까지 고려하여 중심기술을 분석하였기 때문에 다른 연구들에 비해 다양한 수준의 IPC 를 분석하였다. 즉, 본 연구는 자동차 산업의 네트워크 구조를 파악하고, 기술 융합 패턴과 융합 과정에 주 역할을 하는 기술들을 함께 확인하여 기술 융합의 재조합을 실증 분석하였고, 주로

기업 레벨에서 이루어졌던 재조합 이론에 관한 연구를 기업 레벨에서 규명한 데에 이론적 시사점이 있다.

이러한 재조합의 관점은 기업이 경쟁력 있는 기술 전략을 도출하는 데 기여할 수 있는 숨겨진 동향을 발견할 수 있게 한다. 본 연구는 신에너지 자동차들의 기술 융합이 내연기관차와 유사한 패턴임을 발견하고, 신에너지 자동차의 기술이 내연기관차의 기술과 완전히 다른 것이 아님을 발견하였다. 따라서 자동차 산업의 솔루션 개발과 관련한 기술의 경쟁 및 협력에 대한 이해를 높이는 데에 기여할 수 있다는 점에서 기업에게 어떠한 기술 전략을 두어야 할지 제시해줄 수 있다. 자동차 산업이 효율적으로 발전하기 위해서는 각 엔진 기술의 성능, 효율 및 가격 등의 측면에서 여러 차원을 결합해야 하며, 내연기관차의 지식을 지속적으로 개선하여 새로운 기술의 점진적인 경로를 구축하고 혁신을 촉진해야 한다. 또한, 재조합 구성이 제공하는 유연성을 통해 자동차 제조업체는 다양한 기술 간의 시너지 효과를 탐색할 수 있는 능력을 길러야 하며, 기술적 보완성을 활용할 수 있어야 한다.

마지막으로, 본 연구는 신에너지 자동차와 내연기관차가 서로 독립적으로 발전하는 것이 아니라, 각자 필요한 기술을 재조합 하여 발전함을 발견하였기에 정책입안자에게 기술 혁신을 촉진하기 위한 정책적 함의를 제시할 수 있다. 정책 입안자는 각 산업을 독립적인 분야로 간주해서 기술 융합 기회의 잠재력이 무시되는 경우를 방지하여야 하고, 지속가능한 발전을 할 수 있도록 내연기관차의 폐지와 전기차의 발전 방향에 대해 검토할 필요성이 있다.

5.2 연구의 한계

본 연구에는 크게 두 가지 한계점이 존재한다. 첫째로, 현재 존재하는 기술 융합만을 분석하였다는 데 그 한계점이 있다. 미래 나타날 가능성이 높은 잠재적인 기술 융합 패턴과 기술의 재조합을 함께 고려하면, 기업에게 어떠한 기술적 부분을 보완하여야 할지, 어떠한 기술을 지닌 기업에게 투자 협력해야 하는지에 대한 기술적 경영전략을 보다 구체적으로 제시해줄 수 있을 것이므로, link prediction 과 같은 기법으로 소급적 관점과 미래지향적 관점 모두를 채택하여 추후 연구를 진행하고자 한다. 이러한 분석 프레임워크는 전문가들이 새로운 기술 기회를 찾는 데 도움이 될 수 있고, 기술 지식 생태계의 특성을 더 잘 이해하기 위해 다른 영역의 지속 가능성 연구에도 적용될 수 있을 것이다.

둘째로, 본 연구는 각 자동차 산업이 가지는 고유한 기술 융합 패턴과 세부 기술들에 대해서는 구체적인 해석이 부족하다. 고유 기술들의 차이를 비교하면, 각 자동차 산업의 고유한 특성들을 보다 상세하게 조사할 수 있을 것이다. 하지만, 본 연구는 기술 융합과 재조합의 관점을 중심으로 분석을 실시하였기 때문에, 자동차 산업들 간 관계성에 더 집중하였다.

6. 결론

배터리 전기차, 하이브리드차 및 연료전지차는 내연기관차를 대체할 수 있는 잠재적 대안으로 떠오르고 있으며 다양한 신에너지 자동차의 발전에 있어서, 산업 전반에 중추적인 역할을 해온 내연기관차의 기술은 사양화되기보다 이를 지키고 발전시켜 갔을 것이다. 신에너지 자동차는 전통적인 자동차 산업 기술 영역과 전자 기술 영역이 융합된 산업생태계를 형성했을 것이고, 기술 진화의 관점에서 기술 속성의 변화와 산업의 핵심 경쟁력을 파악하는 것은 중요하다. 이에 기술 지식의 생태계 관점을 기반으로 기술지식 간 상호작용의 발전 궤적을 분석하여 기존의 지식구조와 새로운 지식구조가 어떻게 형성되고 서로 어떠한 영향을 미치는지에 대해 분석하는 것이 필요하다. ((박오영, 2023; Feng et al., 2020; Aaldering et al., 2019) 이전 연구들은 특히 데이터를 이용하여 기술 융합에 대한 이해에 기여하였으나 자동차 산업 분야에 대한 세부적인 연구는 부족하며, 특히 내연기관차에서 신에너지 자동차의 흐름을 고려한 기술 융합 연구는 부족하다. 그리고 대부분의 연구들은 기술 융합 패턴의 추세만을 분석하거나 주요 기술의 역할만을 보여주는 데 그쳤다. 따라서, 본 연구는 내연기관차에서 신에너지 자동차로의 자동차 산업 흐름을 고려하여 이들의 기술 융합 패턴을 비교 분석하고, 더 나아가 이들 융합에 영향력을 미치는 중심 기술을 살펴보았다.

분석 결과, 신에너지 자동차의 기술 융합 양상은 내연기관차와 유사하며, 기술 요소 또한 내연기관차와 완전히 상이하지 않고, 기술 간 재조합으로 자동차 산업의 핵심 경쟁력을 보이는 기술을 유지하고 있음을 발견하였다.

신에너지 자동차는 내연기관차 및 다른 신에너지 자동차에 대한 기술을 점진적으로 채택하여 점점 다양한 기술을 재조합 할 수 있으며, 이는 기존 기술의 지속적인 개선을 입증한다. 따라서, 오랜 기간 동안 기술을 축적하여 온 내연기관차의 전면 폐지가 가져오는 산업 전반에 미치는 영향에 대하여 고려해볼 필요가 있으며, 각광 받는 전기차의 방향에 대하여 검토할 필요가 있다. (박오영, 2023) 전기차의 에너지 충족에 대한 부정적인 영향과 경제 안보에 대한 확실한 보장이 결여된 상황에서 내연기관차의 개발과 생산을 중단하는 것은 위험한 발상이며, 제조사들은 전기차의 개발과 판매에 의존하지 않도록 해야 한다. (박오영, 2023)

본 연구는 기술 융합의 재조합에 따라 기술 혁신이 발생한다는 것을 실증하였으며, 더 나아가 내연기관차 및 신에너지 자동차의 기술평가에 관심이 있는 이해관계자들에게 정보를 제공하고, 환경적이고 효율적인 자동차 기술 개발과 관련하여 기업의 기술 융합 전략에 대한 방향성을 제시하는 데 그 시사점이 있다.

참고문헌

- 문진희, 권의준 & 김영정. (2017). 특허 동시분류분석과 텍스트마이닝을 활용한 사물인터넷 기술융합 분석. 기술혁신연구, 제 25 권, 제 3 호, pp.1-24.
- 박오영. (2023). 내연기관차의 대체를 위한 전기차의 해결과제. 인문사회 21, 제 14 권, 제 1 호, pp.193-208.
- 박은영, 고명주 & 조근태. (2018). 소셜네트워크분석을 이용한 자동차 기업 융합특허의 동태적 변화 분석. 기술혁신연구, 제 26 권, 제 3 호, pp.1-36.
- 백현미 & 김명숙. (2013). 특허 네트워크 분석을 통한 융합 기술 트렌드 분석: 한국, 미국, 유럽, 일본의 특허데이터를 중심으로. 벤처창업연구, 제 8 권, 제 2 호, pp.11-19.
- 임호근, 김병근 & 정의섭. (2020). 자동차 자율주행 기술 특허분석을 통한 기술협력 네트워크 분석. 한국산학기술학회논문지. 제 21 권, 제 12 호, pp.681-701.
- 정세환. (2014). 기술 패러다임 변화에 의한 지배적 디자인 변화 및 그에 따른 후발 기업의 추격 성공요인 - 주요 기술융합 산업 사례들을 중심으로 (박사학위논문). Avail from 서울대학교 중앙도서관.
- 정진화, 남장근, 정은미 & 최윤희. (2004). 신기술 융합화에 따른 산업패러다임 변화와 우리의 대응, 산업연구원.
- 조미경 & 강명구. (2020). 지역 산업생태계의 동태적 변화 분석: 자동차 기업 네트워크 특성을 중심으로. 한국지역개발학회지, 제 32 권, 제 4 호, pp.43-66.
- 조용래 & 김의석. (2014). 특허 네트워크와 전략지표 분석을 통한 기업 기술융합 전략 연구. 지식재산연구, 제 9 권, 제 4 호, pp.191-221.

Aaldering, L.J, Leker, J., & Song, C.H. (2019). Competition or collaboration? – Analysis of technological knowledge ecosystem within the field of alternative powertrain systems: A patent-based approach. *Journal of Cleaner Production*, 212, 362–371.

Arthur, W.B. (2009). *The Nature of Technology: What it is and how it evolves*. Simon and Schuster.

Borgstedt, P., Neyer, B., & Schewe, G. (2017). Paving the road to electric vehicles e A patent analysis of the automotive supply industry. *Journal of Cleaner Production*, 167, 75–87.

Caviggioli, F. (2016). Technology fusion: Identification and analysis of the drivers of technology convergence using patent data. *Technovation*, 55–56, 22–32.

Feng, S., An, H., Li, H., Qi, Y., Wans, Z., Guan, Q., Li, Y., & Qi, Y. (2020) The technology convergence of electric vehicles: Exploring promising and potential technology convergence relationships and topics. *Journal of Cleaner Production*, 260, 120992.

Fleming, L. (2001). Recombinant Uncertainty in Technology Search. *Management Science*, 47, 117–132.

Gomez, S., Diaz-Guilera, A., Gomez-Gardenes, J., Perez-Vicente, C.J., Moreno, Y., & Arenas, A. (2013). Diffusion Dynamics on Multiplex Network. *Physical Review Letters*, 110, 028701.

Hoed, R. (2005). Commitment to fuel cell technology? How to interpret carmakers' efforts in this radical technology. *Journal of Power Sources*, 141, 265–271.

Jeon, J., & Suh, Y. (2019). Multiple patent network analysis for identifying safety technology convergence. *Data Technologies and Applications*, 53, 269–285.

Kanawati, R. (2015). Multiplex Network Mining: A Brief Survey. *IEEE Intelligent Informatics Bulletin*, 16, 24–27.

Kim, E., Cho, Y., & Kim, W. (2014). Dynamic patterns of technological convergence in printed electronics technologies: patent citation network. *Scientometrics*, 98, 975–998.

Lee, K.M., Mina, B., and Goh, K.I. (2015). Towards real-world complexity: an introduction to multiplex networks. *The European Physical Journal*, 88, 48.

Lee, M. (2020). An analysis of the effects of artificial intelligence on electric vehicle technology innovation using patent data. *World Patent Information*, 63, 102002.

Lee, W.S., Han, E.J., & Sohn, S.Y. (2015). Predicting the pattern of technology convergence using big-data technology on large-scale triadic patents. *Technological Forecasting & Social Change*, 100, 317–329.

Mihail C. R., & William S.B. (2003). *Converging Technologies for Improving Human Performance*, Springer Dordrecht.

Oltra, V., & Jean, M.S. (2009). Variety of technological trajectories in low emission vehicles (LEVs): A patent data analysis. *Journal of Cleaner Production*, 17, 201–213.

Phirouzabadi, A.M., Savage, D., Juniper, J., & Blackmore, K. (2020). Dataset on the global patent networks within and between vehicle

powertrain technologies and Cases of ICEV, HEV, and BEV. Data in brief, 28, 105017.

Sick, N., Nienaber, A., Liesenkotter, B., Stein, N., Schewe, G., & Leker, J. (2016). The legend about sailing ship effects: Is it true or false? The example of cleaner propulsion technologies diffusion in the automotive industry. *Journal of Cleaner Production*, 137, 405–413.

Sinigaglia, T., Martins, M.E.S, & Siluk, J.C.M (2022). Technological forecasting for fuel cell electric vehicle: A comparison with electric vehicles and internal combustion engine vehicles. *World Patent Information*, 71, 102152.

Song, C.H., Elvers, D., & Leker, J. (2017). Anticipation of converging technology areas — A refined approach for the identification of attractive fields of innovation. *Technological Forecasting & Social Change*, 116, 98–115.

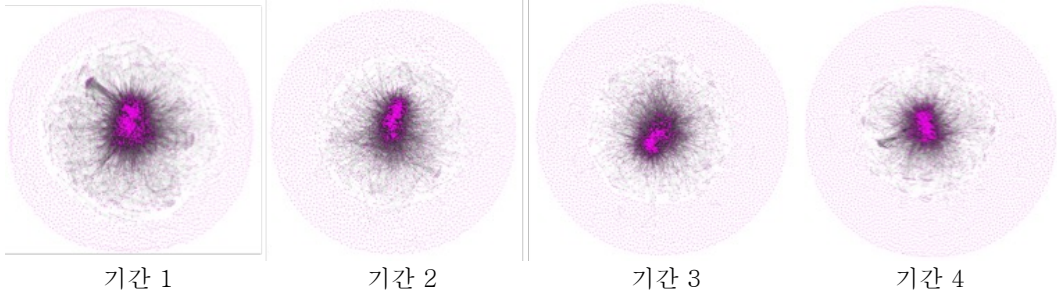
Sun, H., Geng, Y., Hu, L., Shi, L., & Xu, T. (2018). Measuring China's new energy vehicle patents: A social network analysis approach. *Energy*, 153, 695–693.

Yuan, X., & Li, X. (2021). Mapping the technology diffusion of battery electric vehicle based on patent analysis: A perspective of global innovation systems. *Energy*, 222, 119897.

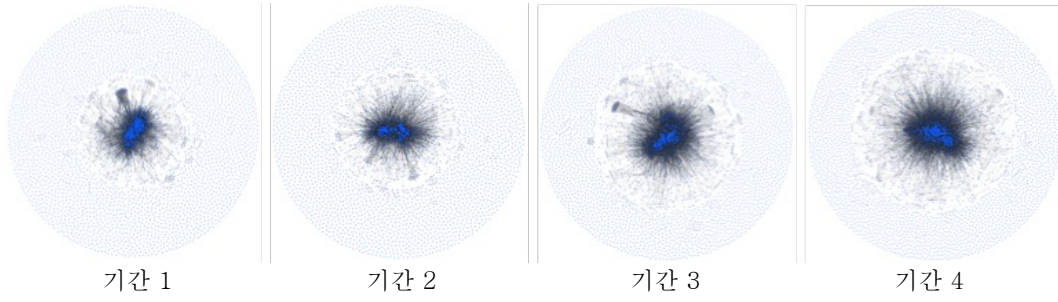
Kipris. Retrieved June 2, 2023, from http://www.kipris.or.kr/kpat/remocon/frame.jsp?kind=2&start=IPC&IPC_CODE=undefined.

부록 1 : 임계값에 따른 네트워크 시각화

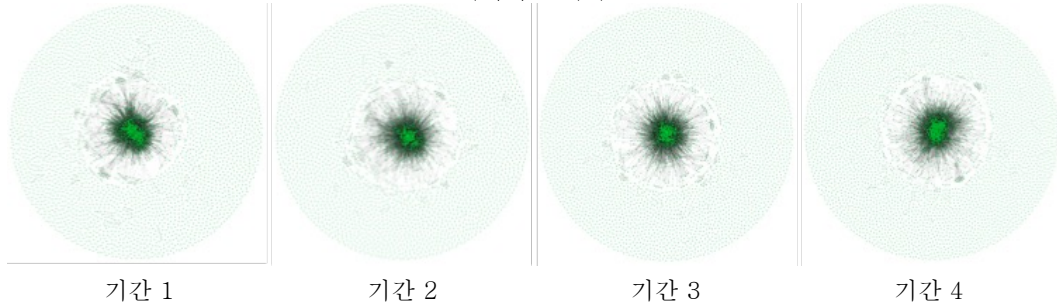
[1] 전체 네트워크



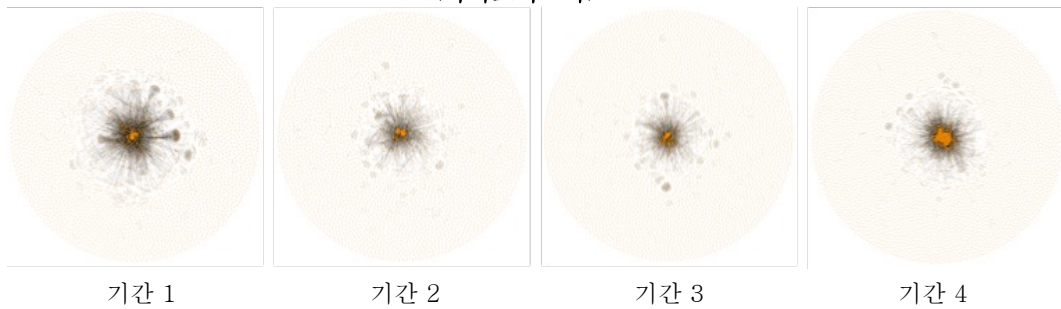
<내연기관차>



<배터리 전기차>

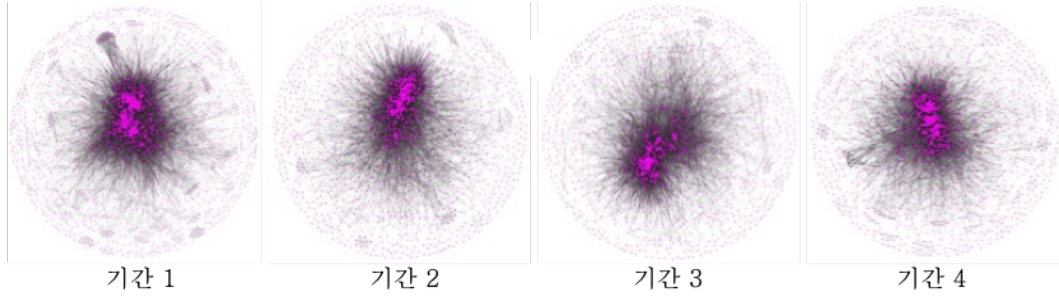


<하이브리드차>

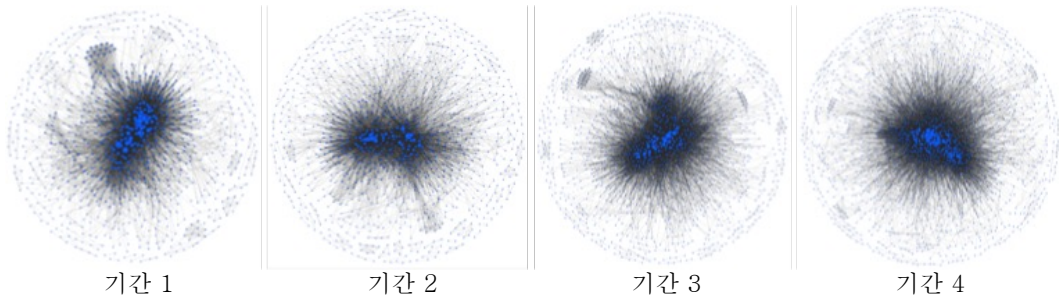


<연료전지차>

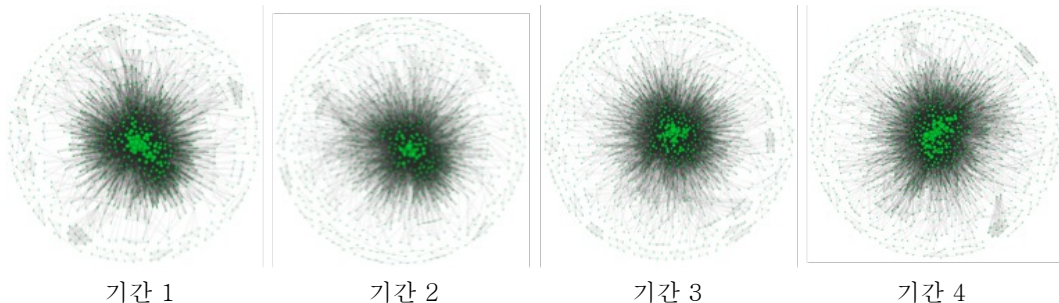
[2] 전체 네트워크 (Degree 가 0 인 노드 제외)



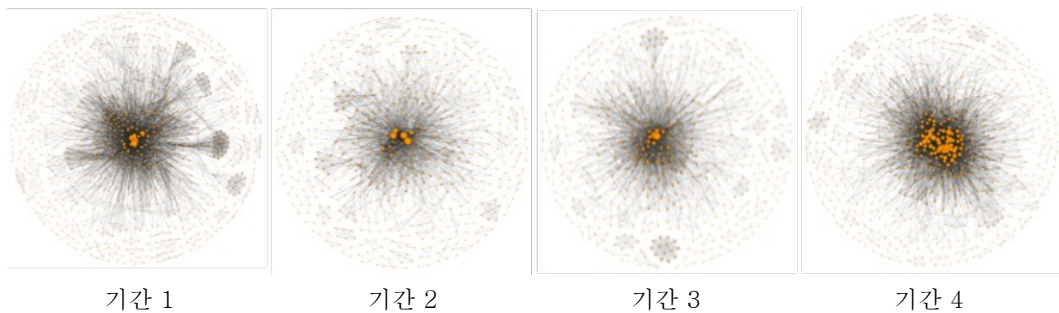
<내연기관차>



<배터리 전기차>

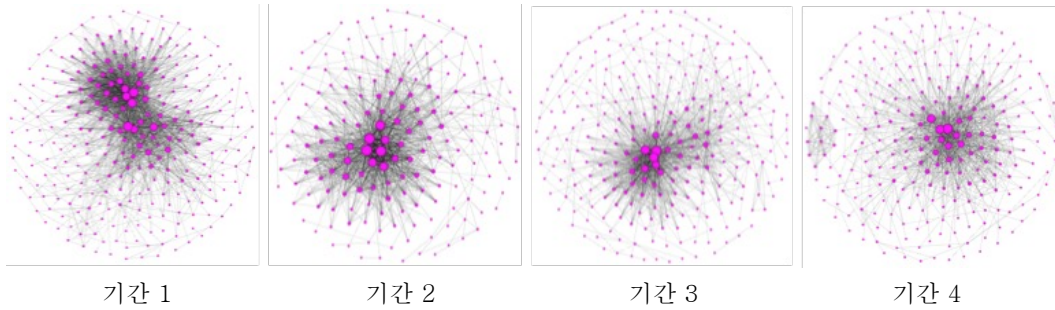


<하이브리드차>

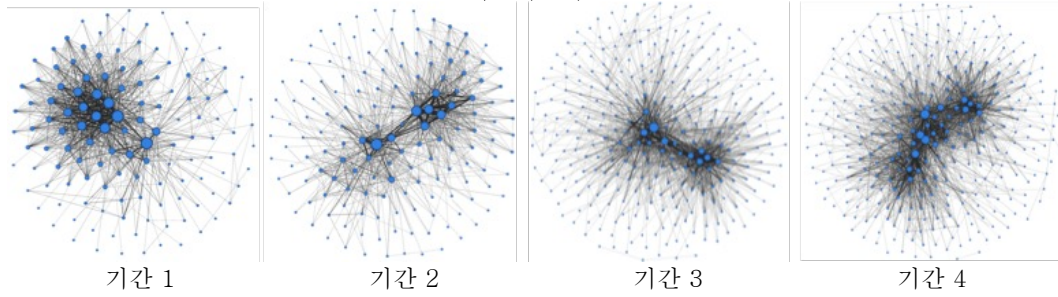


<연료전지차>

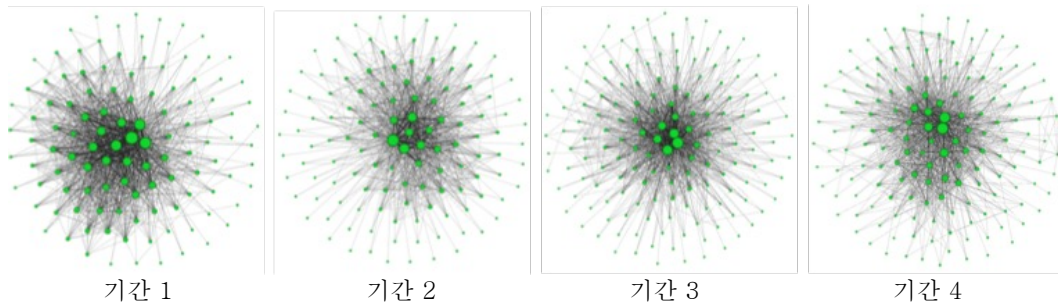
[3] 임계값을 10%로 설정한 네트워크 (Degree 가 0인 노드 제외)



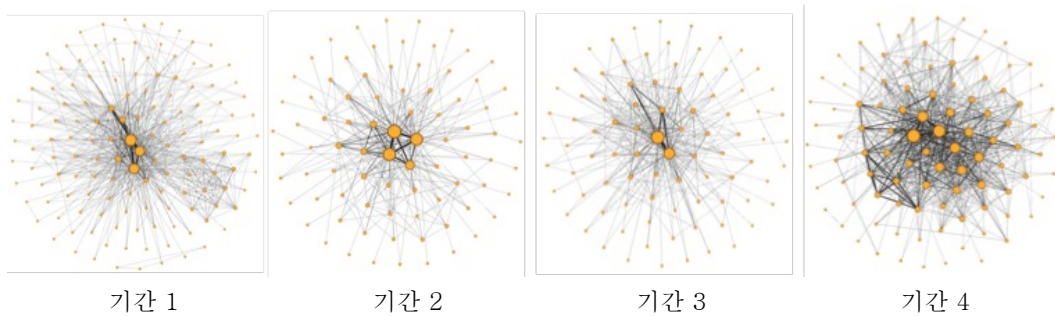
<내연기관차>



<배터리 전기차>

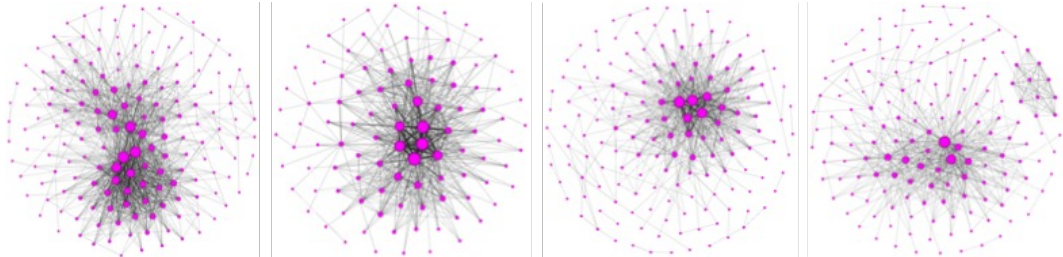


<하이브리드차>



<연료전지차>

[4] 임계값을 5%로 설정한 네트워크 (Degree 가 0 인 노드 제외)



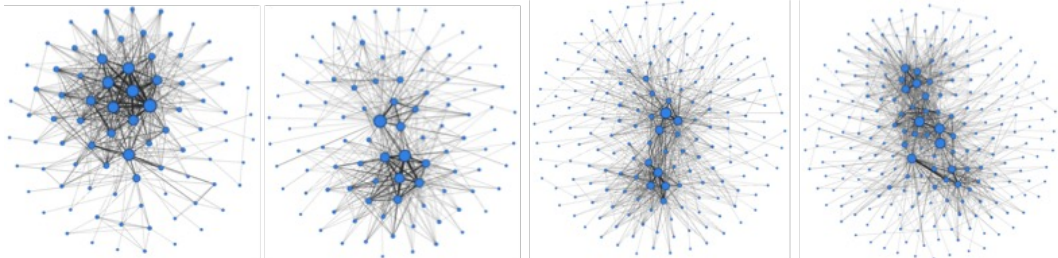
기간 1

기간 2

기간 3

기간 4

<내연기관차>



기간 1

기간 2

기간 3

기간 4

<배터리 전기차>



기간 1

기간 2

기간 3

기간 4

<하이브리드차>



기간 1

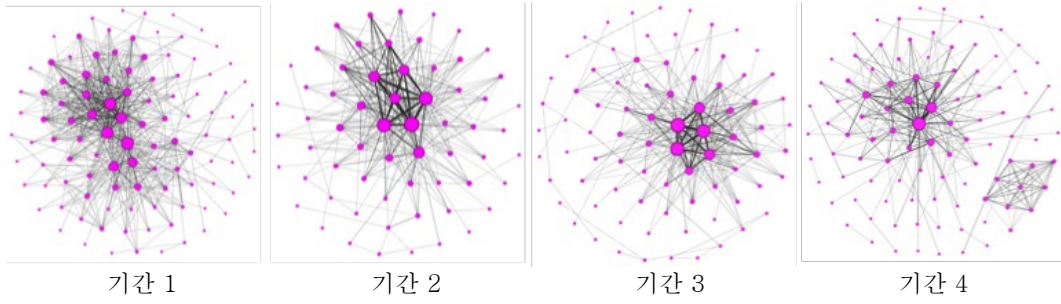
기간 2

기간 3

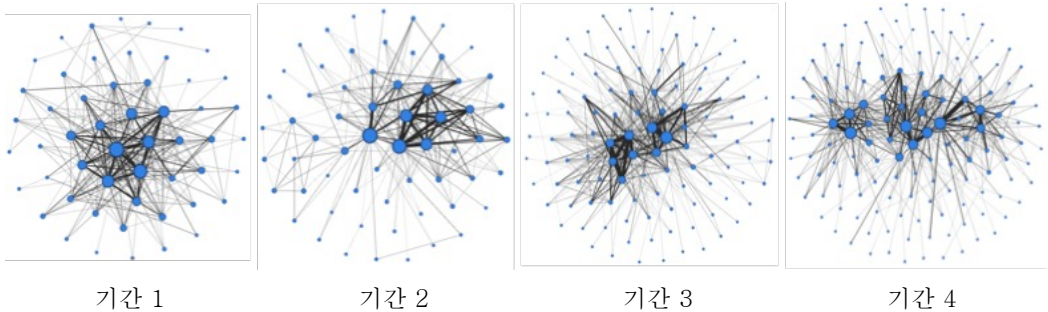
기간 4

<연료전지차>

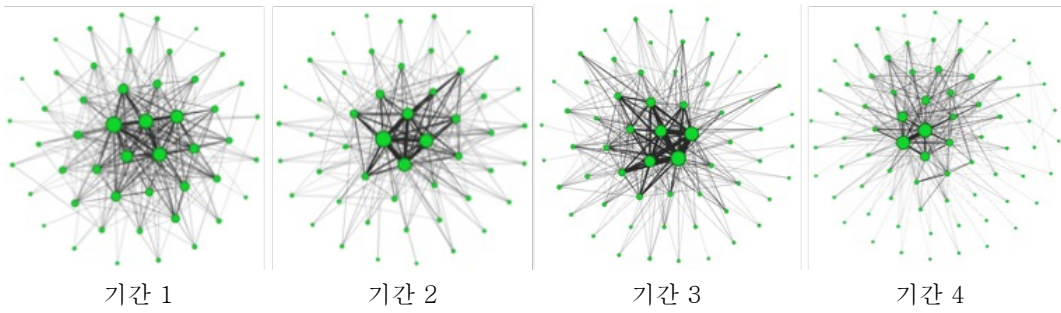
[5] 임계값을 2.5%로 설정한 네트워크 (Degree 가 0인 노드 제외)



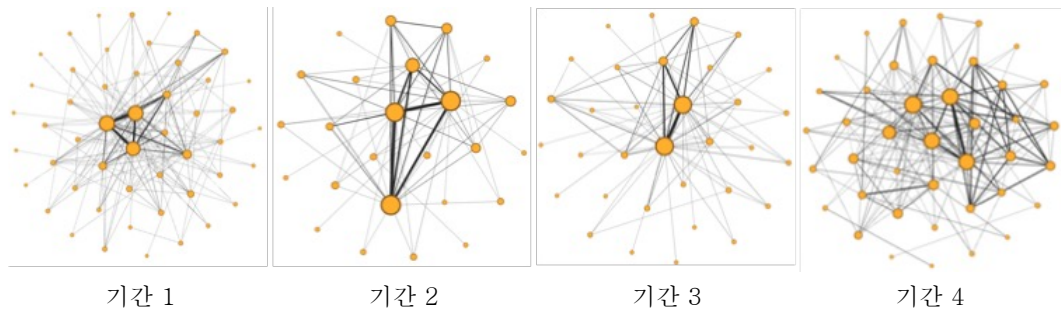
<내연기관차>



<배터리 전기차>



<하이브리드차>



<연료전지차>

부록 2 : IPC 서브클래스 및 세부 IPC 설명

[1] IPC 서브클래스 설명

IPC 코드	내용 설명
B01J	화학적 또는 물리적 방법, 예. 촉매 또는 콜로이드 화학; 그들의 관련 장치
B60H	특히 차량의 객실 또는 화물실의 난방, 냉방, 환기 또는 다른 공기처리수단에 관한 장치
B60K	차량의 추진 기관 또는 변속기(트랜스미션, transmission)의 배치 또는 설치; 복수의 다양한 원동기의 배치 또는 설치; 차량용 보조 구동장치; 차량용 계기 또는 계기관; 차량의 추진 장치의 냉각, 흡기, 배기 또는 연료 공급에 관한 배치
B60L	전기 추진차량의 추진
B60W	다른 종류 또는 다른 기능의 차량용 부품의 관련 제어; 하이브리드 차량에 특별히 적합한 제어 시스템; 특정의 단일의 부품의 제어에 관한 것은 아닌, 특정의 목적을 위한 도로상의 차량의 운전 제어 시스템
B62J	자전거용 안장 또는 시트; 자전거에 특별히 적합한 부가적인 장치 또는 부속품 및 달리 분류되지 않는 것, 예. 자전거용의 화물대 또는 자전거용의 보호장치
C01B	비금속 원소; 그 화합물
F01N	기계 또는 기관을 위한 가스유 소음기 또는 배기장치 일반
F02B	내연식 피스톤기관
F02D	연소 기관의 제어
F02M	일반 연소기관에의 가연혼합물 또는 그의 성분의 공급
F04B	액체용 용적형 기계
F16H	전동장치
F17C	압축, 액화 또는 고화(固化)가스의 수용 또는 저장용 용기
H01M	화학에너지를 전기에너지로 직접 변환하기 위한 방법 또는 수단, 예. 배터리
H02J	전력급전 또는 전력배전을 위한 회로 장치 또는 시스템; 전기에너지를 저장하기 위한 시스템

[2] 세부 IPC 설명

IPC 코드	내용 설명
B60K1/04	추진용 축전장치를 갖는 것
B60K6/02	전기적 또는 내연기관을 포함하는 원동기
B60K6/04	에너지 저장수단을 갖는 것
B60K6/20	전기 원동기와 내연 엔진으로 구성된 원동기, 예. 하이브리드차량
B60K6/26	모터 또는 발전기에 특징이 있는 것
B60K6/40	조립체 또는 부품의 상대적 배치에 특징이 있는 것
B60K6/48	병렬형
B60K6/445	차동기어분배(differential gearing distribution)형, 예. 유성기어 사용
B60K6/547	유단 변속
B60K8/00	메인 그룹 B60K 1/00으로부터 B60K 7/00의 하나에 분류되지 않는 추진 장치의 배치 또는 설치
B60L3/00	전기적 추진차량의 안전 목적의 전기적 장치; 동작변수 모니터링, 예. 속도, 감속 또는 에너지 소비
B60L11/14	직접 기계적으로 추진하는 설비를 가진 것
B60L11/18	일차전지, 이차전지 또는 연료전지로부터 동력을 공급되는 것을 사용하는 것
B60L15/20	속도, 토크, 목표된 속도 변화 등의 목표 수행을 위한 차량 또는 구동모터의 제어
B60L50/16	분리된 직접 기계적으로 추진하는 설비를 가진 것
B60W10/02	구동계의 클러치의 제어를 포함하는 것
B60W10/06	연소 기관의 제어를 포함하는 것
B60W10/08	전기 추진 장치의 제어를 포함하는 것, 예. 전동기, 발전기
B60W10/10	변속 전동장치의 제어를 포함하는 것
B60W10/26	전기 에너지를 저장하는 것, 예. 배터리, 캐패시터
B60W10/28	연료 전지의 제어를 포함하는 것
B60W20/00	하이브리드 차량에 특히 적합한 제어시스템
F02D29/00	기관의 작동에 불가결한 부품 또는 보조기 이외의 장치이고 기관에 의해 구동되는 것에 특유한 제어, 예. 기관 외부로부터의 신호에 의한 기관의 제어
F02D29/02	차량용 기관에 특징이 있는 것; 가변피치의 프로펠러를 구동하는 기관에 특징이 있는 것
F02D41/00	연소가능한 혼합기 또는 그 성분의 공급의 전기적 제어
F02D41/02	제어신호를 발생하는 회로장치
F02D41/04	특정의 운전상태에 대응하는 보정의 도입

F02D41/14	폐루프보정(closed-loop corrections)을 도입하는 것
F02D45/00	그룹 F02D 41/00 ~ F02D 43/00에 달리 분류되지 않는 전기적 제어
F01N3/20	특히 촉매에 의하는 변환에 적용되는 것
F02N11/08	기관의 시동에 특히 적용되는 회로
H01M8/00	연료전지; 그의 제조
H01M8/02	세부(발전요소 이외부분의 구조의 세부 2/00, 전극의 세부 4/00)
H01M8/04	보조 수단, 예. 압력의 제어를 위한 것, 또는 유체 순환을 위한 것
H01M8/06	반응물질의 제조 또는 잔여물의 처리를 위한 장치와 연료전지와와의 결합
H01M8/10	고체 전해질이 있는 연료 전지
H01M8/24	연료전지의 그룹화 예. 연료전지의 적층
H01M8/0432	온도; 주변 온도
H01M8/0438	압력; 주위 압력; 흐름
H01M8/04007	열교환기에 관련된
H01M8/04089	기체 반응물질의 것
H01M8/04537	전기적 변수
H01M8/04746	압력; 흐름
H01M8/04858	전기적 변수
H01M10/44	충전 또는 방전을 위한 방법
H01M10/625	차량
H02J7/00	축전지의 충전 또는 감극 또는 축전지로부터 부하에의 전력급전을 위한 회로장치

Abstract

The new energy vehicles (NEVs) are typical examples of technology convergence, and analyzing their technology convergence is an important factor that can lead to new automotive innovation. However, previous studies have analyzed technology convergence only for NEVs, so there is a lack of detailed consideration of the development flow of the automobile industry. Therefore, this study analyzed the characteristics of technology convergence patterns comparing the internal combustion engine vehicle (ICEV) and NEVs, and further studied key technologies that play a leading role in convergence. The findings show that the overall technology convergence pattern for each automobile industry is similar, but the core technology and its role in the convergence are gradually changing. Through this, it explains that NEVs adopt and recombine technologies from the existing technology convergence of ICEV and NEVs. In conclusion, this study provides information to stakeholders interested in the technology evaluation of ICEV and NEVs, and suggests the technology convergence strategies in relation to the development of more environmental and efficient automotive technologies.

Keywords: Technology convergence, Recombinant perspective,
Patent co-classification, Social network analysis, New energy vehicle,
Internal combustion engine vehicle

Student Number: 2021-21084