



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

기업들의 완전자율주행 기술 개발 전략

- 자체개발과 아웃소싱 전략을 중심으로 -

Firms' Strategies for Developing Fully Autonomous Driving
System
: Focusing on Make-or-Buy Decisions

2023년 8월

서울대학교 대학원

협동과정 기술경영경제정책전공

강 동 우

기업들의 완전자율주행 기술 개발 전략
: 자체개발과 아웃소싱 전략을 중심으로

Firms' Strategies for Developing Fully Autonomous Driving System
: Focusing on Make-or-Buy Decision

지도교수 김연배

이 논문을 공학석사학위 논문으로 제출함

2023년 8월

서울대학교 대학원
협동과정 기술경영경제정책전공
강 동 우

강동우의 공학석사학위 논문을 인준함

2023년 8월

위원장 _____ 황준석 _____ (인)

부위원장 _____ 김연배 _____ (인)

위원 _____ 송창현 _____ (인)

초 록

완전자율주행은 미래 자동차산업의 구조를 완전히 바꾸어놓을 수 있는 혁신적인 기술로 평가받고 있다. 완전자율주행을 구현하기 위해서는 여러 기술 요소들의 유기적인 통합이 필요하며, 어떤 기술 요소를 자체적으로 개발하고 어떤 기술 요소를 아웃소싱할 것인지에 따라 기업의 완전자율주행 사업화 가능성과 사업화 시점이 결정될 수 있다. 본 연구에서는 기업들의 특허 출원 데이터와 2차 문헌 수집을 통하여 완전자율주행 인공지능, 인공지능 컴퓨팅 반도체, 센서, 차량 관련 기술 요소를 완전자율주행의 핵심적인 기술 요소로 식별하였다. 그 중에서도 가장 중요한 기술 요소라고 할 수 있는 완전자율주행 인공지능은 완전자율주행을 개발하는 모든 기업들에서 자체적으로 개발하고 있고, 자체 개발을 위한 기술적 지식이 부족한 기업의 경우에는 기업 인수나 지분투자, 합작법인 설립을 통하여 관련 지식을 내재화하고 있다. 인공지능 컴퓨팅 반도체와 센서의 경우, 기업들이 자체개발보다는 아웃소싱을 통해 획득하고 있지만 몇몇 기업들은 성능 향상과 단가 절감을 목적으로 자체개발을 선

택하기도 하였다. 비자동차기업들의 경우 주로 자동차기업들과의 협력을 통하여 차량 관련 기술 요소들에 접근하고 있으며, 협력을 통해 개발과정에서 마주하는 차량 관련 문제들을 해결할 수 있다. 완전자율주행 인공지능을 개발하는 접근방식에는 현재의 3단계 이하 자율주행을 지속적으로 발전시켜 완전자율주행을 구현하려는 연속적 접근방식과, 4단계 이상의 완전자율주행을 위한 시스템을 처음부터 다시 만들고자 하는 불연속적 접근방식이 존재한다. 완전자율주행 인공지능의 성능 향상을 위하여 주행 데이터를 확보하는 것 역시 중요하며, 완전자율주행 인공지능의 성능을 평가할 기준이 정립되어 있지 않은 현재에는 긴 주행거리를 통해 많은 주행 데이터를 확보하는 것이 완전자율주행 사업화 허가에 중요한 역할을 하는 것으로 보인다.

주요어 : 완전자율주행, 제조 또는 구매 결정, 기술 개발 전략

학 번 : 2020-29109

목 차

초 목	iii
목 차	v
표 목차	vii
1. 서론	1
1.1 연구배경 및 목적	1
2. 문헌 고찰 및 전반적 기업 전략 현황	4
2.1 신기술의 개발 경쟁과 기술의 연속성	4
2.2 기술 개발에서의 제조 또는 구매 의사결정	6
2.2.1 거래비용과 기술 개발	8
2.2.2 불확실성	10
2.2.3 보완자산과 제조 또는 구매 의사결정	13
3. 완전자율주행 기술 요소의 식별	16
3.1 특허 분석을 통한 핵심 기술 요소 식별	16
3.2 2차 문헌을 통한 핵심 기술 요소 식별	21
4. 기술 요소별 기업 전략	24
4.1 완전자율주행 인공지능	24
4.1.1 완전자율주행 인공지능 기술 지식의 내재화	24
4.1.2 완전자율주행 인공지능의 두 가지 개발 전략	26
4.1.3 완전자율주행 인공지능과 주행 데이터	32

4.2	인공지능 컴퓨팅 반도체	35
4.3	센서.....	37
4.4	차량 관련 기술 요소.....	39
5.	결론.....	42
참 고 문 헌	45
Abstract	72

표 목차

[표 1] 특허 분류코드 추출을 위해 선정한 기업.....	18
[표 2] 특허 출원데이터에서 추출한 완전자율주행 관련 특허 분류코드	19
[표 3] 기업들의 완전자율주행 인공지능 기술 지식 내재화 주요 사례	25
[표 4] 기업들의 완전자율주행 핵심 기술 요소별 주된 개발 전략.....	41

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

자율주행은 미래 모빌리티 기술의 한 축을 담당하고 있는 기술로 자동차의 자동화 정도를 나타내는 미국자동차공업회(Society of Automotive Engineers, SAE)의 분류체계(SAE International, 2018)을 빌려 표현하자면, 3단계 이하의 운전자를 보조하기 위한 자율주행과 4단계 이상의 운전자라는 개념이 존재하지 않는 완전자율주행(fully autonomous driving)으로 구분할 수 있다. 완전자율주행은 미래 자동차산업의 구조를 완전히 바꾸어놓을 수 있는 혁신적인 기술로 평가받으며, 이에 기존의 자동차산업의 여러 기업들 뿐만 아니라 다른 분야의 많은 기업들이 완전자율주행이 가져올 거대한 이익을 노리고 완전자율주행 개발에 뛰어들고 있다(Templeton, 2021b; Leon & Aoyama, 2022).

2010년 중반부터 기업들의 완전자율주행 기술에 대한 본격적인 투자가 시작되면서 당시에는 머지 않은 미래에 완전자율주행이 상용화될 것으로 전망되었지만(Holley, 2017; Prodhon & Taylor, 2017), 예상과 달리 현재까지도 완전자율주행의 상용화에는 여러 장애물들이 남아있는 상황이다. 우선 완전자

율주행을 구현하기 위해서는 자동차에 다양한 분야의 첨단기술들이 접목되어야 할 뿐만 아니라, 자동차와 인공지능, 센서 등 여러 기술 요소들이 유기적으로 통합되어야 하는 만큼 기술 개발의 난이도가 무척 높다. 뿐만 아니라 기업이 완전자율주행 기술을 가지고 있다 하더라도, 자동차와 관련된 사업은 정부에 의해 규제되기 때문에 정부의 사업허가라는 관문을 통과해야 하며, 대부분의 국가들에서 아직 완전자율주행 관련 법과 제도가 정비가 필요하다(이중기, 2020)는 점도 사업화의 장애물로 작용한다.

지금까지 완전자율주행에 관한 연구들은 주로 자율주행에 대한 소비자 선호(Gurumurthy & Kockelman, 2020; Saeed et al., 2020; Deichmann et al., 2023), 완전자율주행이 불러 올 사회적·정치적 영향(Milakis et al., 2017; Hussain & Zeadally, 2018; Othman, 2022), 비즈니스모델(Wells et al., 2020; Leminen et al., 2022) 등에 대해 다루었으나, 기업들이 완전자율주행의 개발에 필요한 다양한 기술 요소들에 대해 기업의 외부에서 얻고자 하는지 아니면 자체적으로 개발을 택하는지와 관련한 전략에 대해서는 주목하지 않고 있다. 하지만 기술 요소들에 한 제조 또는 구매 결정(make-or-buy decision)은 기업의 경쟁력에 영향을 주는 중요한 전략이며(Fine & Whitney,

2002; Rogers et al., 2004), 나아가 어떤 기술 요소를 자체적으로 개발하고 어떤 기술 요소를 아웃소싱하느냐에 따라 기업의 완전자율주행 사업화 여부와 사업화 시점이 결정될 수 있다.

본 연구에서는 완전자율주행을 개발하는 기업들의 특허 포트폴리오 분석과 각종 기사와 칼럼 등의 2차 문헌의 수집을 통해, 완전자율주행에 중요한 기술 요소들을 식별하고, 핵심 기술 요소에 대한 기업들의 기술 개발 현황과 전략을 파악하고, 나아가 다양한 기술 요소와 관련된 완전자율주행 개발 전략의 내재된 메커니즘을 분석하고자 한다. 이 논문에서는 완전자율주행의 다양한 영역 중에서도 개인 교통수단으로서의 완전자율주행에 대해서만을 다루며, 자율주행 트럭을 포함한 화물 운송이나 자율주행 셔틀과 같은 대중교통을 위한 완전자율주행에 대해서는 다루지 않는다.

2. 문헌 고찰 및 전반적 기업 전략 현황

2.1 신기술의 개발 경쟁과 기술의 연속성

혁신 기술의 출현이 새로운 기회의 창을 열어젖힐 때 관련 기술들의 개발 경쟁이 치열해진다. 개발 경쟁의 양상은 지배적인 디자인(dominant design)이 기술 개발을 끌고 갈 수도 있고, 반대로 다양한 기술이 공존하는 방향으로 흘러갈 수도 있다(Suarez & Utterback, 1995; Cecere et al., 2015). 혁신 기술의 개발 초기에는 특정 기업이 새로운 아이디어에 기반하여 기술 개발을 선도하는 모습을 보이기도 하지만, 기술 경쟁에서 특정 아이디어를 구현하는 방식은 한 가지 방법만이 존재하는 것이 아닌데다 많은 경우 기존 기술에 기반하여 추가적인 기술 개발이 계속적으로 이루어지게 된다. 따라서 어느 시점에서 기술 개발을 선도하는 기업이 미래에도 반드시 살아남는다고 확언할 수는 없으며 후발기업들에게도 선도기업을 추격하고 나아가 추월할 수 있는 기회가 제공된다고 볼 수 있다.

새로운 혁신 기술이 기존 기술과 기술적으로 연속적인지의 여부에 따라 기술 경쟁의 양상이 달라질 수 있다. 기존 기술과의 연속성이 강하다면 관련 기술적 지식을 가지고 있는 기존기업이 기술개발을 선도할 것으로 예상할 수 있

다(Bei, 2019). 기존 기술과의 연속성이 약하여 기존기업의 경쟁력이 약화되는 경우에는, 신기술의 사업화에서 기존기업이 가지고 있는 보완자산이 가지는 가치에 따라 다른 양상을 보인다. 만약 기존기업의 보완자산이 여전히 중요한 경우 새로운 기술적 지식이 필요한 기존기업과 그 보완자산이 필요한 진입기업 사이에 협력이 이루어지게 되고, 기존기업의 보완자산마저 가치를 잃게 될 경우 파괴적 혁신에 의해 진입기업이 기존기업을 추월하기 수월한 환경이 조성된다(Gans & Stern, 2003; Cozzolino & Rothaermel, 2018).

완전자율주행 기술은 자동차산업의 역학구조를 크게 바꾸어놓을 뿐 아니라 기업에게 엄청난 이익을 가져다줄 것으로 예상되는 만큼(Deichmann et al., 2023), 많은 기업들이 완전자율주행이 불러올 기회를 포착하고 완전자율주행 기술과 관련 기술 개발에 뛰어들고 있다. 완전자율주행 기술의 개발 초기에는 구글의 자회사인 웨이모가 딥러닝을 바탕으로 하여 완전자율주행 인공지능을 개발하면서 기술 개발을 주도하였다. 하지만 완전자율주행 기술의 발전 속도가 예상보다 더디었고 그 사이 GM을 포함한 후발기업들이 어느 정도 추격에 성공하였다.

기술의 연속성과 관련하여, 2~3단계로 평가되는 현재의 자율주행기술, 즉

첨단운전자보조시스템(Advanced Driving Assistance System, 이하 ADAS)으로서의 자율주행과 완전자율주행 사이에는 분명 연속적인 성격이 존재한다. 하지만 완전자율주행에서는 현재의 자율주행과 달리, 운전자의 개념이 사라지고 완전자율주행차가 주변 상황인지부터 주행 판단과 차량 운전 및 제어까지 온전히 맡을 수 있어야 하는 만큼 기술적으로 큰 도약이 필요하다. 이에 완전자율주행 기술에 있어 자율주행 인공지능이 가장 중요한 기술 요소로 새롭게 떠오르게 되었으며, 기존의 자율주행에서는 사용되지 않는 라이다 센서를 필요로 하는 등 기존의 ADAS 자율주행과의 연속성이 강하지 않다고 할 수 있다. 하지만 생산역량과 브랜드파워 등 기존기업들이 가진 여러 보완자산들이 여전히 완전자율주행 사업화에 필요한 만큼 기존기업과 진입기업 간의 협력이 활발하게 이루어지고 있다.

2.2 기술 개발에서의 제조 또는 구매 의사결정

레벨 4 이상의 완전자율주행을 구현하기 위해서는 완전자율주행 인공지능을 포함한 다양한 분야의 기술 요소들이 긴밀하게 통합되어야 한다. 하지만 하나의 기업이 완전자율주행에 필요한 모든 기술 지식들을 가지고 모든 기술

요소들을 전부 개발하고 생산한다는 것은 불가능에 가깝고, 이는 자율주행 기업들이 각 기술 요소들에 대하여 제조 또는 구매 의사결정의 문제에 직면한다는 것을 의미한다.

기업들이 어떤 기술 요소를 직접 제조하고 어떤 기술 요소를 구매할 것인지에 대한 선택은 기업의 경쟁력과 직결될 뿐만 아니라 혁신기술의 사업화 가능성을 결정짓는 중요한 전략적 결정이다(Fine & Whitney, 2002; Rogers et al., 2004). 기업들은 제조 또는 구매의 이분법적인 구분이 아니라 다양한 종류의 기업 간 협력이나 기술 요소를 구매하되 기술지식은 내재화하는 유사구매(pseudo-make)와 같은, 제조와 구매 사이에 있는 다양한 선택지들을 가진다(Mudambi & Tallman, 2010; Park & Ro, 2011).

제조 또는 구매 의사결정은 기본적으로 기업의 생산활동을 내부적으로 혹은 외부적으로 진행할 것인지에 대한 결정이지만, 연구들마다 기업의 어떤 활동에 중점을 두느냐에 따라 아웃소싱 결정, 수직계열화 혹은 내부화 결정 등으로 표현되기도 한다. 이 연구에서는 완전자율주행의 기술 요소들에 대한 기술 개발 전략을 중점적으로 다루는 만큼, 제조 또는 구매 결정을 기술 요소에 대한 기업의 자체 개발과 기업 외부에서 개발하는 아웃소싱에 관한 결정으로 표

현하도록 한다.

2.2.1 거래비용과 기술 개발

제조 또는 구매 의사결정에 관한 연구는 크게 거래비용이론과 자원기반이론의 관점에서 이루어졌으며, 두 관점의 연구들은 기업들의 전략적 결정들을 상호보완적으로 설명해주고 있다(고성필 외, 2014). 이 연구에서는 자원기반이론보다는 거래비용이론에 기반하여 완전자율주행 기업들의 제조 또는 구매 의사결정에 대하여 설명한다.

거래비용이론의 관점에서 기업들은 거래에서 발생하는 탐색비용, 감시비용, 측정비용 등의 거래비용을 포함한 전체 비용을 감소시키는 방향으로 기술 요소의 제조 또는 구매를 선택한다(Santos & Eisenhardt, 2005). 자산특화성(asset specificity)은 거래비용을 상승시키는 대표적인 원인으로, 자산특화성이 높은 자산은 특정 거래관계를 벗어날 경우 가치의 손실이 발생하여 해당 자산의 재배치가 일어날 경우 거래비용을 상승시키는 원인이 된다(Williamson, 1981). 따라서 기업에게 자산특화성이 높은 투자가 필요할 경우에는 해당 자산을 내부화하는 것이 효율적이라고 할 수 있다(McVlor,

2009).

기술 요소의 제조 또는 구매 의사결정은 기술 요소의 모듈성에 따라서도 달라질 수 있다. 기술의 모듈성이란 기술 요소가 시스템 내에서 다른 기술 요소들과 얼마나 쉽게 분리될 수 있는지를 의미하며, 거래의 측면에서 모듈성이 낮은 기술은 시스템 내의 다른 기술 요소들과 긴밀하게 통합되어 있어 높은 거래비용이 상승하는 반면 모듈성이 높은 기술은 다른 기술 요소들과 상호의존성이 낮아 거래가 용이하다(Fine & Whitney, 2002). 따라서 모듈성이 낮은 기술 요소일수록 해당 기술 요소들을 내부화할 가능성이 높다고 할 수 있다(Salonen and Jaakkola, 2015).

완전자율주행 기업들의 제조 또는 구매 의사결정에 대해 거래비용이론의 관점에서 살펴보면 완전자율주행 기술에 사용되는 차량용 반도체나 센서 등 다양한 기술 요소들은, 완전자율주행을 위해 조정을 거치기는 하지만 기존의 자동차산업이나 다른 산업들에서 활용되는 제품들인 만큼 자산특화성이 낮은 기술 요소들이라고 할 수 있다. 따라서 완전자율주행을 개발하는 기업들은 대부분의 기술 요소들에 대하여 전체적으로 자체 개발보다는 아웃소싱을 선택하고 있다.

하지만 완전자율주행을 구현하기 위해서는 핵심적인 기술 요소들의 긴밀한 통합이 필요한 만큼, 핵심 기술 요소들의 모듈성이 낮은 경우가 많다. 완전자율주행 인공지능은 기술 요소 간 통합의 핵심이 되는 모듈성이 무척 낮은 기술 요소로, 완전자율주행의 사업화를 준비하는 대부분의 기업들은 인수 등을 통해 관련 기술 지식들을 내부화하고 완전자율주행 인공지능을 기업 내부에서 개발하고 있다. 뿐만 아니라 다른 핵심적인 기술 요소들에 대해서도 해당 기술 요소와 관련된 지식을 가진 기업과의 협력이나 기업 인수를 통해 기술 지식을 내재화하는 유사구매를 통해 기술 요소에 접근(access)하는 사례를 쉽게 찾아볼 수 있다.

2.2.2 불확실성

거래비용을 증가시키는 대표적인 원인 중 하나인 불확실성은 행태적 불확실성과 환경적 불확실성으로 구분된다(Williamson, 1981). 행태적 불확실성이란 정보의 비대칭성 등으로 인해 거래 상대방의 기회주의적인 행동이 발생하거나 혹은 발생할 것을 염려하여 계약을 충실하게 이행하는지 확인하기 어려운 정도를 의미하며, 행태적 불확실성이 높은 거래에서는 측정비용, 정보비용,

감시비용 등 여러 측면에서 거래비용이 상승하므로 해당 기술 요소를 구매하는 것보다 제조하는 것이 효율적이다(Steensma & Corley, 2001). 환경적 불확실성이란 거래 시 불확실한 환경에서 발생하는 총체적인 불확실성을 의미하며 가장 대표적으로는 기술적 불확실성이 존재한다. 기술적 불확실성이란 기술의 상용화나 사업화를 포함하여 기술의 연구개발을 통해 얻고자 하는 목표의 성취에 대한 불확실성을 의미하며, 기술적 불확실성이 높은 환경에서는 내재화에 대한 리스크가 크기 때문에 기술 요소의 제조보다는 구매를 선택하는 경우가 많다(Santos & Eisenhardt, 2005; McIvor, 2009).

완전자율주행 기술의 경우 다양한 분야의 기술들이 필요한 만큼 기술적 거리가 먼 기업들과의 거래가 빈번하게 요구되고, 그 과정에서 기업 간 정보의 비대칭성이 발생하여 행태적 불확실성이 높다. 기술적 불확실성의 측면에서도 아직까지 완전자율주행 기술을 선도하고 있다고 평가받는 기업들의 완전자율주행차량들이 문제를 일으키는 사례들이 계속해서 나오는 것으로 보아(Kolodny, 2023; Horowitz, 2023), 완전자율주행은 아직까지 기술적 불확실성이 높은 기술이라고 할 수 있다. 뿐만 아니라 사업화에 있어서 자동차 관련 사업들을 시작하기 위해서는 정부에서 허가가 이루어져야 하는 데다, 아직

완전자율주행 사업을 위한 제도적인 준비가 되어있지 않아 현재로서는 사업화를 위한 환경적 불확실성이 무척 높다고 할 수 있다.

이처럼 완전자율주행은 많은 측면에서 불확실성이 높은 기술임이 자명하며, 그 중에서도 행태적 불확실성보다 환경적 불확실성이 더욱 클 것으로 생각된다. 이는 완전자율주행이 가져올 것으로 예상되는 이익이 무척 크면서도 아직은 사업화가 어려운 만큼, 기업들에게 있어서 기회주의적인 행동을 선택하기 보다는 사업화를 위한 장애물들을 제거해나가기 위해 공동의 협력을 선택할 동기부여가 더욱 큰 상황이기 때문이다. 실제로도 기업들은 완전자율주행을 개발하기 위해 필요한 기술 요소들에 대하여 전반적으로 자체 개발보다는 아웃소싱을 선택하는 경우가 많음을 확인할 수 있다.

이처럼 불확실성이 높은 상황에서 기업들에게는 R&D 투자 뿐만 아니라 지속적으로 실증을 거쳐야하기 때문에 많은 비용부담이 발생하며, 이는 특히나 후발기업의 입장에서는 큰 부담으로 작용하고 있다. 2022년 완전자율주행 기술 개발을 선도하고 있다고 평가받는 기업 중 하나인 아르고 AI의 폐업은 (Ohnsman, 2022), 완전자율주행이 갖는 높은 불확실성과 많은 비용 부담을 단적으로 보여주는 사례라고 할 수 있다. 이처럼 사업화에 대한 불확실성이

높아 수익 창출 시점이 언제인지 알 수 없음에도 지속적으로 높은 투자 비용이 발생하는 상황이다보니, 사업화를 위한 투자에 박차를 가하고 있는 몇몇 선도기업들을 제외한 후발기업들은 완전자율주행에 대한 투자 규모를 축소하거나 나아가 자체 개발을 포기하는 사례도 발생하고 있다(Wayland, 2022b).

2.2.3 보완자산과 제조 또는 구매 의사결정

보완자산이란 기술혁신의 성공적인 사업화와 수익창출을 위하여 반드시 필요한 자산이나 역량으로, 대표적으로 보완기술, 제조역량, 마케팅 역량 등을 꼽을 수 있다(Teece, 1986). 진입기업들의 입장에서 보자면, 기존기업들이 핵심적인 보완자산을 보유하고 있을 경우에는 진입기업이 해당 기술을 공급하는 업체로 남을 가능성이 높으며, 반대의 경우 진입기업들에게도 산업의 중심으로 자리잡을 기회가 열려 있다고 할 수 있다(Arora & Ceccagnoli, 2006; Bei, 2019).

보완자산에는 기술혁신과 보완자산의 혁신 사이의 관계에 따라 일반자산(generic asset), 특화자산(specialized asset), 공동특화자산(cospecialized asset)으로 분류할 수 있다. 일반자산의 경우 기업들은 해당 자산을 내재화하

고자하는 동기부여가 약한 반면, 보완자산의 혁신이 기술혁신에 밀접한 특허 자산이나 공동특허자산의 경우 해당 자산을 내재화하고자 하는 경향이 있다 (Arora & Ceccagnoli, 2006; Ceccagnoli et al., 2010).

완전자율주행을 구현하기 위해서는 완전자율주행 인공지능, 인공지능 컴퓨팅 반도체, 센서, 차량 등 수많은 기술 요소들이 필요하다. 완전자율주행 기술에 요구되는 다양한 기술 요소들 중 완전자율주행 인공지능이 완전자율주행의 가장 핵심적인 기술 요소라고 할 수 있으며, 그 외의 기술 요소들은 완전자율주행 인공지능의 보완기술로써 바라볼 수 있다. 따라서 일종의 보완자산으로 간주할 수 있고, 이에 각 기술 요소들의 자체 개발 또는 아웃소싱에 대한 의사결정은 해당 기술 요소가 특허된 자산인지에 영향을 받는다.

이외에도 기업의 다양한 역량들이 보완자산으로써 역할할 수 있다. 예를 들어 기업들이 갖는 브랜드파워가 완전자율주행 기술의 사업화에 중요한 요소로 작용할 수 있으며, 특히 완전자율주행차 판매 비즈니스 모델에서는 자동차기업들의 브랜드파워가 수익창출에 굉장히 중요한 역할을 할 것으로 예상된다. 자동차기업들의 생산역량 및 설비나 기존 자동차산업에서 다양한 부품들을 조립(assembly)하면서 가지고 있는 시스템을 통합시키는 역량이나 로보택시

사업을 진행하기 위해 필요한 플릿 매니지먼트 역량 등 다양한 역량이 보완
자산으로 역할할 수 있다.

3. 완전자율주행 기술 요소의 식별

완전자율주행 기술에 필요한 다양한 기술 요소들 중 핵심적인 기술 요소의 식별과 기업들의 기술 요소별 기술 개발 전략 분석을 위하여, 완전자율주행을 개발하는 기업들에 대하여 출원한 특허의 분류코드를 바탕으로 특허 포트폴리오 분석을 실시하였다. 이러한 접근은 핵심적인 기술 요소일수록 기업들이 자체 개발을 선택하는 경우가 더 많을 것이라는 것을 전제로 한다. 그러나 특허 분석을 통해서만 완전자율주행 기술에 있어 핵심적인 역할을 하는 기술요소이나 기업들이 자체 개발을 선택하지는 않는 기술 요소들에 대해서는 식별할 수 없다는 한계가 있다. 따라서 우선적으로 특허 분석의 결과를 통하여 핵심 기술 요소를 식별한 뒤, 기사와 칼럼 등 2차 문헌들을 보조적으로 활용하여 특허 분석을 통해 식별되기 어려운 핵심 요소들을 파악하고자 하였다.

3.1 특허 분석을 통한 핵심 기술 요소 식별

완전자율주행의 핵심적인 기술 요소들을 식별하는데 활용할 특허 분류코드들을 추출하고자 완전자율주행과 관련된 다양한 분야의 주요 기업들을 선정하고, 해당 기업들이 2017년부터 2022년까지 출원한 특허들의 분류코드를 수

집하여, 기업들이 가장 많이 출원한 특허 분류코드들을 파악하였다.

본 연구에서는 완전자율주행 시스템을 개발하는 기업들, 보다 분명하게는 다양한 기술 요소들을 통합하여 완전자율주행을 구현하는 전체적인 시스템을 개발하는 기업들의 전략들을 중점적으로 다루고 있으나, 특허 분류코드를 수집하는 과정에서는 특정 기술 요소만을 개발하고 전체적인 시스템을 개발하지 않는 기업들까지 포함시켰다. 그 이유는 만약 소수의 기업만이 특정 기술 요소를 자체적으로 개발할 경우에 이를 인식하기 위하여, 기술 요소별로 많이 출원되는 특허 분류코드를 파악하기 위함이다.

또한 ADAS 자율주행을 개발하고 있는 기존기업과 관련하여, 본 연구에서는 ADAS 자율주행이 아닌 완전자율주행만을 연구의 대상으로 하고 있으나 특허 분류코드를 통해서는 완전자율주행에 사용되는 기술과 ADAS 자율주행에 사용되는 기술, 양 쪽에 모두 사용되는 기술의 구분이 어렵다는 한계가 있다. 따라서 이를 최대한 보완하기 위하여 완전자율주행 관련 특허 분류코드를 추출하는 단계에서는 ADAS 자율주행을 개발하고 있는 기존기업을 우선 제외하고, 대신 기존기업 중 자회사를 통하여 완전자율주행을 개발하고 있는 기업들의 자회사에서 출원한 특허 데이터를 포함하였다.

특허 출원 데이터는 미국 특허청(USTPO)의 데이터를 사용하였으며, 특허 분류코드 추출을 위하여 선정한 기업들의 명단과, 선정된 기업들로부터 추출한 주요 특허 분류코드는 각각 아래의 [표 1]과 [표 2]에서 확인할 수 있다.

[표 1] 특허 분류코드 추출을 위해 선정한 기업

기업명*	출원 특허 수 (2017 ~ 2022)	비고
웨이모 (Waymo)	1074	
크루즈(Cruise) [GM]	375	
바이두(Baidu)	876	미국 특허청에 등록된 특허데이터만 활용
족스(Zoox)	453	
아르고 AI(Argo Ai) [포드, 폭스바겐]**	220	2022년 10월 폐업
모셔널(Motional) [현대자동차, 애플티브]	150	현대자동차와 애플티브의 합작법인
포니 AI(Pony.ai)	50	

* 기존기업의 자회사의 경우, 괄호 [] 안에 모회사를 함께 작성함

** 자회사가 아닌 지분투자의 형태이며, 괄호 [] 안에 투자회사를 작성함

[표 2] 특허 출원데이터에서 추출한 완전자율주행 관련 특허 분류코드

특허 분류코드	설명	출원 특허 수* (2017 ~ 2022)
G05D1/02	차량 위치 및 진로 제어	544
B60W60/00	자율주행차의 주행 제어 시스템	235
G01S7/481	센서 설계 관련 특허	203
B60W30/095	진로 및 충돌 경로 예측	195
G06K9/00	문자 및 패턴 인식	185
G01C21/34	경로 탐색 및 안내	130
G01S17/89	라이다를 활용한 3D 이미징	118
G08G1/16	충돌 방지 시스템	95
G06T7/70	피사체의 동작 및 위치 인식	93
B60W50/06	제어 시스템 개선	70

* [표 1]에서 선정한 기업들이 해당 특허 분류코드에 출원한 특허의 수만을 표기

추출한 특허 분류코드들을 바탕으로 식별할 수 있는 핵심 기술 요소들은 완전자율주행 인공지능(G05D1/02, B60W60/00, B60W30/095, G06K9/00,

G01C21/34, G08G1/16, G06T7/70), 차량 제어 기술(G05D1/02, B60W60/00, G08G1/16, B60W50/06), 센서(G01S7/481, G01S17/89)이다. 특히 이 중에서도 완전자율주행 인공지능과 관련된 특허 분류코드가 추출한 특허 분류코드의 대부분을 차지하는 것을 확인할 수 있다.

완전자율주행 인공지능은 전통적인 인간 운전자를 대신하여 주변 상황을 인지하고 주행과 관련된 판단을 내리고 그 판단에 따라 차량을 제어하게 되며, 자율주행의 ‘인지-판단-제어’의 모든 영역에서 핵심적인 역할을 수행하는 기술이라고 할 수 있다. 그 모든 과정에서 완전자율주행 인공지능은 수많은 기술 요소들과 연결되어 상호작용하는 중추역할을 하는 만큼 완전자율주행의 가장 중요한 기술 요소라고 할 수 있다.

센서(Varghese, 2015; Yeong, 2021)는 완전자율주행의 인지영역에서 가장 중요한 기술 요소이며, 주변 상황 인지를 위해 라이다, 카메라, 적외선, 초음파 등 다양한 센서들을 함께 사용하여 각 센서들의 한계를 보완하고 있다. 정확한 주변 상황 인지를 위해서는 여러 센서들에서 얻어지는 데이터를 통합하는 센서 퓨전 기술과 완전자율주행 인공지능 및 인공지능 컴퓨팅 반도체와 센서 사이의 긴밀한 통합이 요구된다. 하지만 결국 센서를 통해서 얻어지는

정보의 양에도 한계가 있는 만큼 정밀지도 제작과 정밀 측위 기술 등 다양한 방법을 통해 센서의 한계를 보완하고 있다.

제어 영역에서 핵심적인 기술 요소는 특히 분류코드에서 나타난 차량제어 기술을 포함하여 차량에 들어가는 수많은 기계부품과 전장부품, 차량을 조립하는 기술 등 전통적인 자동차와 관련된 총체적인 기술 요소이며, 본 연구에서는 이를 차량 관련 기술 요소라고 부르기로 한다. 차량 관련 기술 요소는 기존 자동차산업에서 가장 중요한 기술 요소였으나, 완전자율주행에 있어서는 완전자율주행 인공지능의 명령을 성공적으로 수행하는 몸체의 역할을 하게 된다.

3.2 2차 문헌을 통한 핵심 기술 요소 식별

위의 특허 분류코드를 활용한 접근법이 가지는 한계를 보완하기 위하여, 각종 기사 및 칼럼 등을 포함한 2차 문헌을 수집하고 취합하여 보조적으로 활용하고자 하였다. 그 결과, 특허 분류코드를 통하여 핵심 기술 요소로 식별된 3개의 기술 요소 외에도 주로 인공지능 컴퓨팅 반도체, V2X 기술, 클라우드 컴퓨팅 기술이 여러 2차 문헌에서 완전자율주행의 중요한 기술로 다루어지는

것을 확인하였다.

짧은 시간에 빠르고 정확한 판단을 내리는 완전자율주행 인공지능을 구동하기 위해서는 뛰어난 연산처리 성능을 가진 컴퓨팅 칩을 필요로 한다. 인공지능 컴퓨팅 반도체는 완전자율주행의 기능을 직접적으로 구현하는 기술 요소는 아니지만, 완전자율주행 인공지능의 구동에 필수적인 하드웨어로써 빠른 연산 처리속도와 여러 기술 요소들과의 설계 수준에서의 통합을 통해 완전자율주행을 구현하는 데 기여한다(석정희 & 여준기, 2018; Liu, Lu et al., 2020). 특히 분류코드를 수집한 결과에서 알 수 있듯이 대부분의 기업들은 인공지능 컴퓨팅 반도체를 자체적으로 개발하지 않고 있으나, 테슬라와 GM이 인공지능 컴퓨팅 반도체의 자체 개발을 발표하였다(Wiggers, 2019a; Lee & Jin, 2022). 본 연구에서는 인공지능 컴퓨팅 반도체가 완전자율주행 인공지능과 센서를 포함한 다른 기술 요소들을 물리적으로 연결하고 통합한다는 점과 완전자율주행에 존재감이 뚜렷한 두 기업이 자체 개발을 결정했다는 점에서, 본 연구에서 인공지능 컴퓨팅 반도체 역시 핵심적인 기술 요소로 판단하였다.

완전자율주행차는 매 초마다 방대한 양의 데이터가 생산되며 이를 저장하고 실시간으로 처리하기 위해서는 클라우드 컴퓨팅의 도움을 필요로 한다(Eliot,

2021; Seredynski, 2021). 이에 많은 완전자율주행 기업들이 클라우드 컴퓨팅 기업의 서비스를 이용하고 있지만, 완전자율주행의 기능에 직접적으로 큰 영향을 미치지 않는 만큼 관련 지식을 내부화하고자 하는 사례는 거의 찾아볼 수 없다.

센서의 한계를 보완하기 위한 또 하나의 아이디어는 V2X 기술이다. V2X 기술은 통신 기술을 통해 자동차와 다른 자동차(V2V), 교통 인프라(V2I), 보행자(V2P) 등과 연결하여 도로 상황과 같은 다양한 정보를 실시간으로 주고받는 기술로, 이를 통해 완전자율주행 인공지능의 주변 상황 인지와 주행 판단을 보조할 수 있다(Anderson et al., 2014; 백서인, 2017). 그러나 현재로서는 통신기업과 커넥티비티 솔루션을 개발하는 애플티브 정도를 제외하면, 기업들이 V2X 기술을 내부화하는데 적극적이지 않은 것으로 보인다.

따라서 본 연구에서는 특허 출원 데이터를 토대로 완전자율주행 인공지능, 센서, 차량 관련 기술 요소를, 2차 문헌 수집을 통하여 인공지능 컴퓨팅 반도체를 완전자율주행의 핵심적인 기술 요소로 식별하였다.

4. 기술 요소별 기업 전략

4.1 완전자율주행 인공지능

4.1.1 완전자율주행 인공지능 기술 지식의 내재화

완전자율주행 인공지능은 완전자율주행을 구현하는 데 있어 가장 핵심적인 기술 요소로 수많은 다른 기술 요소들과 상호작용하여 완전자율주행의 ‘인지-판단-제어’에 이르는 모든 영역에 영향을 미친다. 완전자율주행 인공지능은 기본적으로 딥러닝을 기반으로 개발되고 있으며, 바이두, 엔비디아 등 몇몇 기업들은 기업이나 연구기관에서 완전자율주행을 개발할 수 있는 플랫폼을 제공하고 있다.

거래비용의 측면에서 완전자율주행 인공지능은 다양한 영역에 적용 가능한 범용 인공지능이 아닌 특수 목적용 인공지능으로(Liu, Jiang et al., 2020) 자산특수성이 높고, 완전자율주행 시스템의 다른 기술 요소들과 긴밀하게 통합되어 모듈성이 낮은 기술 요소이다. 더욱이 완전자율주행 인공지능이 갖는 중요성으로 인해 완전자율주행 기술을 개발하는 모든 기업들은 완전자율주행 인공지능을 자체개발하려는 모습을 보이고 있다.

하지만 모든 기업이 완전자율주행 인공지능을 개발하는 데 필요한 지식기반

을 갖추고 있는 것은 아니다. 기존의 자동차기업의 경우 ADAS의 영역에 위치하는 3단계 이하의 자율주행에 관한 기술적 지식을 가지고 있긴 하지만, 4단계 이상의 완전자율주행을 구현하기 위한 추가적인 기술적 지식의 습득이 필요하다. 따라서 관련 지식기반을 갖추고 있지 않은 기업들은 기업 인수(Thielman, 2016; Palmer & Levy, 2020; Taylor, 2022; Flak, 2022) , 지분투자(Isaac & Boudette, 2017; Lienert, 2019), 합작법인 설립(Hawkins, 2020) 등 완전자율주행을 개발하기 위한 기술 지식을 내재화하기 위한 기업 행동을 취하고 있다.

[표 3] 기업들의 완전자율주행 인공지능 기술 지식 내재화 주요 사례

인수/투자기업	피인수/피투자기업	분류
GM	크루즈(Cruise)	기업 인수(2016)
스텔란티스(Stellantis)	에이아이모티브(aiMotive)	기업 인수(2022)
보쉬 (Bosch)	파이브에이아이(Five.ai)	기업 인수 (2022)
아마존(Amazon)	죽스(Zoox)	기업 인수(2020)

포드(Ford)	아르고 AI	지분투자(2017 ~ 2022)
폭스바겐(Volkswagen)	(Argo AI)	지분투자(2020 ~ 2022)
현대자동차	모셔널(Motional)	앤티브와 합작법인 설립(2020)

4.1.2 완전자율주행 인공지능의 두 가지 개발 전략

완전자율주행 인공지능을 개발함에 있어 SAE 레벨 기준 2~3단계로 평가 받는 현재의 자율주행 인공지능을 점진적으로 발전시켜 4단계 이상의 완전자율주행 인공지능으로 발전시키고자 하는 연속적 접근법(한상민, 2020; Barry, 2021)과, 현재의 3단계 이하의 자율주행과 구별되는 운전자의 개념이 없는 4단계 이상의 완전자율주행을 위한 인공지능을 처음부터 새롭게 개발하고자 하는 불연속적 접근법(Jiang et al., 2015) 이 두 가지 접근방식이 존재한다.

기업의 완전자율주행 인공지능 개발에 대한 접근방식의 선택은 단순히 기업의 기술 궤적에 대한 예상이 아닌 기업의 전략적 판단에 의해 결정된다. 예를 들어 완전자율주행을 통해 자동차산업에 새롭게 진입하는 기업들은 3단계 이하의 자율주행 인공지능을 개발하고 있지 않았기 때문에 연속적 접근법을 선

택할 동기가 없으므로 대부분의 진입기업 불연속적 접근법을 채택하고 있다. 기존기업 중 자동차기업의 경우 기업의 판단에 따라 연속적 접근법과 불연속적 접근법 중 어느 쪽이든 선택할 동기가 있는 반면, ADAS 솔루션기업의 경우 기존에 3단계 이하의 자율주행을 개발하고 있지만 완전자율주행의 이른 사업화를 통해 자동차산업의 중심으로 자리잡고자 하는 동기가 있어 불연속적 접근법을 채택하고 있다.

4.1.2.1 불연속적 접근법

불연속적 접근법이 갖는 이점은 연속적 접근법에 비해 비교적 이른 시점에 사업화가 가능할 것으로 보인다는 점이다. 특히 몇 년 전부터 웨이모(Sage, 2018), 바이두(Dai, 2019), 모빌아이(Hope, 2023) 등 불연속적 접근법을 택한 완전자율주행 기업들이 각국의 여러 도시들에서 로보택시 서비스를 준비해 왔으며, 웨이모와 GM을 포함한 불연속적 접근법을 택한 기업들은 이미 미국에서 유료 로보택시 서비스에 대한 허가를 받은 상태이다(Shepardson et al., 2022). 예상되었던 것보다 완전자율주행의 사업화 시점이 늦어지게 되면서 불연속적 접근법이 갖는 이점이 다소 퇴색되기는 하였으나, 여전히 불연속적

접근법을 택한 여러 기업들이 완전자율주행 사업화를 꾸준히 진척시키고 있다 (“GM 자율주행”, 2022).

자동차기업들은 완전자율주행이 가져올 산업의 변화에 대비하여 자신들의 지위를 지속하기 위해 완전자율주행을 준비하고 있기는 하지만, 완전자율주행의 사업화 시점이 언제쯤인지 알 수 없는 만큼 현재의 제품들에 우선적으로 집중할 수 밖에 없다. 하지만 불연속적 접근법을 택한 기업들이 여러 도시들에서 로보택시 서비스를 시작하며 완전자율주행 산업을 선점할 것으로 예상되면서, 많은 자동차기업들은 진입기업들에게 뒤쳐지지 않기 위해 불연속적 접근법을 선택할 압력을 느끼게 되었다. 하지만 포드와 폭스바겐의 아르고 AI의 투자중단이 보여주듯이, 완전자율주행의 사업화가 예견되었던 것보다 늦어지고 언제까지도 모를 사업화 시점까지 많은 돈과 자원이 투자되는 만큼 불연속적 접근법을 취했던 기업들도 언젠가 연속적 접근법으로 돌아설 수 있다.

불연속적 접근법을 선택한 자동차 기업들은 기술 지식을 내재화하기 위해 인수나 지분투자한 기업 혹은 설립한 합작법인에 자율성을 부여하여 완전자율주행을 개발하도록 하는 동시에 자신들은 현재의 제품에 집중하는 투트랙 전략을 사용하고 있다(박성근, 2018).

완전자율주행을 개발하는 대표적인 자동차기업인 GM 크루즈는 일찍이 자율주행 기업인 크루즈 오토메이션을 인수하여 GM은 ADAS에 집중하고 크루즈는 완전자율주행 시스템을 개발하고 있다. 현대자동차는 2019년 애플티브와의 합작법인 모셔널을 설립하며 애플티브의 완전자율주행 시스템에 관한 지식들을 흡수하고, 모셔널을 활용해 완전자율주행을 준비하고 현대자동차는 ADAS에 집중할 수 있게 되었다.

4.1.2.2 연속적 접근법과 개인용 자율주행차 판매

반면 연속적 접근법이 갖는 이점은 자동차산업의 기존기업인 자동차기업들이 현재의 제품에 보다 집중할 수 있다는 것이다. 분명 완전자율주행이 자동차산업의 구조를 변화시키고 기업들에게 큰 이익을 가져다 줄 것으로 기대되지만, 완전자율주행의 본격적인 사업화 시점이 언제인지 알 수 없는 현재 단계에서 기업들이 현재의 제품을 등한시하고 완전자율주행에 투자를 집중하는 것은 불가능하다. 따라서 현재의 제품과 미래의 사업인 완전자율주행 사이에서 발생하는 자원 할당 문제에 직면하게 되며, 연속적 접근법을 선택하는 것은 이러한 자원 할당의 문제를 다소 완화해줄 수 있다.

자동차기업 중에서도 BMW, 벤츠, 테슬라와 같은 브랜드 파워가 강한 자동차기업일수록 연속적 접근법에 의거하여 완전자율주행을 개발하려는 경향이 있다. 이러한 기업들은 다른 기업들이 완전자율주행을 선점하게 되더라도 자신들이 가진 강한 브랜드 파워를 바탕으로 생존할 수 있을 것으로 보이며, 극단적으로는 다른 기업으로부터 완전자율주행 인공지능을 공급받아 자신들의 브랜드를 내걸고 사업화를 진행할 수도 있을 수도 있다. 따라서 브랜드 파워가 강한 기업들은 그렇지 않은 기업들보다 불연속적 접근법을 선택하게끔 하는 압력을 적게 받게 된다고 할 수 있다.

연속적 접근법의 선택은 개인용 완전자율주행차를 판매하는 비즈니스모델과도 밀접한 관련이 있다. 여러 자동차기업들이 완전자율주행 산업에서 로보택시 서비스를 출시할 것이라고 선언한 바 있지만 여전히 개인용 완전자율주행차를 판매하는 비즈니스모델을 준비하고 있는 것으로 보이며(Doll et al., 2020), GM을 포함한 몇몇 기업들은 이미 개인용 완전자율주행차 출시에 관하여 발표한 바 있다(Wayland, 2022a).

자동차기업들이 완전자율주행차 판매 비즈니스모델을 추구하는 것은 우선 로보택시 비즈니스모델이 자율주행 산업의 대세가 된다고 하더라도 개인용 완

전자율주행차에 대한 수요는 여전히 존재할 것으로 예상되기 때문이고, 무엇보다도 모빌리티 서비스가 아닌 제품으로서의 자동차에 대해서는 비자동차기업이 침투하기 어려운 영역이기 때문이다. 특히 현재의 자동차산업에서 공고한 지위를 확보하고 있는 자동차기업일수록, 로보택시 사업에 비해 개인용 완전전자율주행차 판매 사업에 대해서는 지금 본인들이 가지고 있는 브랜드파워를 십분 활용할 수 있다. 이는 현재 완전전자율주행 기술에서 가장 중요하다고 평가받는 자율주행 AI의 성능이 떨어지더라도 시장에 영향력을 발휘할 수 있고, 자율주행 인공지능을 타 기업으로부터 공급받는다고 하더라도 브랜드파워를 통해 높은 교섭력을 확보할 수 있을 것을 의미한다.

테슬라의 경우 로보택시 서비스 출시 계획을 발표하기는 했지만(Kolodny, 2019), 연속적 접근법을 추구하는 만큼 기본적으로는 개인용 완전전자율주행차 판매를 주된 비즈니스모델로 고려하고 있었다. 특히 테슬라가 가격이 비싼 라이다를 사용하지 않는 카메라 비전 기반의 자율주행 시스템을 개발하게 된 것은(McFarland, 2019), 완전전자율주행차 판매 비즈니스모델에서는 로보택시 비즈니스모델보다 차량 생산단가에 더욱 민감할 수 밖에 없다는 점에 영향을 받은 것으로 보인다.

만드시 브랜드파워가 높은 기업이어야만 개인용 완전자율주행차 판매 비즈니스 모델을 채택할 수 있는 것은 아니다. GM 크루즈의 경우 완전자율주행을 선도하는 기업으로 평가받고 있으며, 다른 기업들보다 이른 사업화를 통해 얻는 명성을 기반으로 개인용 완전자율주행차를 판매하고자 한다. 완전자율주행 개발 초기부터 자율주행 산업에서 로보택시 비즈니스모델을 채택할 것임을 발표하며 개인용 완전자율주행차 판매를 예상하던 많은 사람들에게 놀라움을 안겨주었지만, 2020 CES 에서 단순한 콘셉트카가 아니라 크루즈 오리진이라는 이름의 완전자율주행차 모델을 공개하며 개인용 완전자율주행차의 판매할 것임을 암시하였다. 이후 공식적으로 2020년대 중반까지 개인용 완전자율주행차 판매를 목표로 하고 있음을 밝혔다.

4.1.3 완전자율주행 인공지능과 주행 데이터

완전자율주행 인공지능은 딥러닝을 기반으로 개발되는 만큼 인공지능 훈련을 위한 주행데이터의 양과 질이 완전자율주행의 성능과 밀접하게 연관되어 있다고 할 수 있으며(“Mobileye’s Self-Driving Secret?”, 2022), 기업들에게 있어 완전자율주행 인공지능 학습을 위한 데이터를 획득하는 것이 중요한

과제라고 할 수 있다. 테슬라가 완전자율주행에 있어서 종종 후발주자로 여겨지는 경우가 있지만, 테슬라가 완전자율주행에서 큰 존재감을 보이는 이유 중 하나는 고객들이 제공하는 방대한 주행 데이터에서 오는 테슬라의 잠재력을 무시할 수 없기 때문이다.

인공지능 학습에 사용되는 데이터는 실제 주행 데이터와 시뮬레이션 주행 데이터로 구분할 수 있으며, 기업은 시뮬레이션 주행 데이터를 활용하여 비용 효율적으로 인공지능을 학습할 수 있다는 장점이 있으나 한정된 상황만을 재현할 수 있다는 한계가 있다(Wiggers, 2022). 따라서 완전자율주행 인공지능이 고도화될수록 실제 주행 상황에서 일어날 수 있는 여러 돌발 상황을 학습할 수 있는 실제 주행데이터의 가치가 높아진다. 완전자율주행의 사업화를 고려할 때 그 중에서도 복잡성이 낮은 교외 도로의 주행 데이터보다 차량과 보행자가 많은 혼잡한 상황이 담긴 도심 주행 데이터가 더욱 중요하다고 할 수 있다.

2022년 캘리포니아 자율주행 시스템 해제 보고서에 따르면 구글의 웨이모와 GM 크루즈가 연간 주행거리 1,2위를 기록하고 있으며, 두 기업의 주행거리를 합하면 기업 전체 주행거리의 78%에 육박한다(김우진 & 조준원,

2023). 이러한 주행거리 데이터를 바탕으로 두 기업이 높은 성능의 완전자율주행 인공지능을 보유하고 있을 것으로 예상할 수 있으며, 이를 바탕으로 2022년 GM 크루즈와 웨이모는 캘리포니아 샌프란시스코에서 각각 미국 최초로 두 번째로 안전요원 없는 유료 로보택시 서비스 허가를 받으며 완전자율주행 사업화의 선두주자들임을 보였다.

특히 기업들의 자율주행 성능에 대한 중요한 참고자료로 사용되고 있는 캘리포니아 차량 관리국(Department of Motor Vehicle)에서 발표하는 자율주행 시스템 해제 보고서에 주행거리 데이터가 한 축을 담당하고 있다는 점과, 가장 많은 주행거리를 기록한 두 기업만이 유료 로보택시 서비스에 대한 허가를 얻었다는 점에서 미루어보아, 완전자율주행 사업 허가를 위한 기술적인 기준이 정립되지 않은 현재, 기업이 얼마나 많은 주행거리를 기록하고 있는지가 완전자율주행 사업 허가의 중요한 기준 중 하나로 작용하고 있음을 짐작할 수 있다.

하지만 기업이 인공지능 훈련에 사용할 실제 주행 데이터를 얻기 위해서는 많은 비용을 필요로 한다. 이 과정은 단순히 데이터를 수집할 차량을 운전하는 것에 그치는 것이 아니라 다양한 운전 상황을 포함하는 데이터를 추출하고

이미지 데이터에 주석을 다는 데이터 처리과정을 포함한다. 완전자율주행 개발의 오픈 이노베이션을 위하여 다수의 기업, 연구기관 및 정부기관에서는 완전자율주행 연구를 위한 오픈소스 데이터셋을 공개하였다(Crowe, 2018; Wiggers, 2019b; Walz, 2022).

4.2 인공지능 컴퓨팅 반도체

완전자율주행을 위해서는 짧은 시간 내에 무척이나 많은 정보를 처리해야 하는 만큼 완전자율주행 인공지능을 가동할 수 있는 아주 높은 성능의 연산장치를 필요로 한다. 인공지능 컴퓨팅 반도체는 빠른 연산처리속도와 여러 기술요소들과의 설계 수준에서의 통합을 통해 완전자율주행 인공지능을 보조하는 역할을 한다(석정희 & 여준기, 2018; Liu, Lu et al., 2020). 특히 자율주행과 함께 전기차 기술 역시 미래 모빌리티의 중요한 기술인 만큼, 전기차에서 완전자율주행을 구동하기 위해서는 차량에 탑재되는 컴퓨팅 칩은 빠른 연산처리속도는 물론이고 낮은 전력소모량 역시 중요하다(이나리, 2020; Wang, 2021). 이에 완전자율주행을 위해 낮은 전력으로도 좋은 성능을 낼 수 있도록 설계된 컴퓨팅 칩이 사용되고 있다.

인공지능 컴퓨팅 반도체는 완전자율주행을 위해 맞춤 설계되는 만큼 자산특화성이 비교적 높고, 여러 기술 요소들과 설계적으로 통합되어 있으므로 모듈성이 낮은 기술 요소이다. 또한 보완자산의 관점에서 인공지능 컴퓨팅 반도체의 혁신이 완전자율주행 인공지능의 성능 향상과 혁신으로 이어질 수 있으므로 인공지능 컴퓨팅 반도체는 특화된 자산으로 볼 수 있다. 이에 기업들에게 인공지능 컴퓨팅 반도체를 제조하고자 할 동기가 클 것으로 생각되지만, 실제로는 기업들이 인공지능 컴퓨팅 반도체를 제조하거나 관련 지식을 내부화하기 보다는 구매를 선택하고 있다. 이는 기업들이 자체개발을 통해서는 엔비디아나 모빌아이와 같은 해당 시장의 선도자들의 제품에 비해 상당히 낮은 질의 제품을 생산하게 될 것으로 판단하였기 때문이다(Lee & Jin, 2022).

하지만 테슬라와 GM은 인공지능 컴퓨팅 반도체를 자체개발하기로 결정하였다. 테슬라는 자신들의 자율주행 인공지능 소프트웨어에 맞춤형인 하드웨어 설계를 통해 인공지능의 성능을 향상시키고자 하였으며(Wiggers, 2019a; 이나리, 2020), GM은 기존 거래처였던 엔비디아 제품의 가격이 너무 높아 컴퓨팅 칩의 성능을 희생하더라도 수직계열화를 통한 비용 절감을 위하여 자율주행 칩을 직접 개발하기로 결정하였다(Lee & Jin, 2022).

4.3 센서

완전자율주행 기술에서는 정확한 주변 상황 인지를 위해 기업들은 다양한 센서들을 함께 사용하여 각 센서들의 한계를 보완하고 있다. 센서들 중 가장 주목을 받는 것은 단연 라이다(lidar)로, 2~3단계까지의 자율주행에서까지는 라이다가 보통 사용되지 않지만 4단계 이상의 완전자율주행에서는 라이다가 필수적이라는 것이 지배적인 의견이다(Templeton, 2021a; 황정수, 2022). 하지만 라이다의 활용에 있어서 가장 큰 장애물은 라이다의 높은 단가로, 라이다 기업들이 혁신을 통해 지속적으로 라이다의 가격을 낮추고 있지만 여전히 대량생산에 부담이 되는 가격이다.

테슬라는 라이다를 사용하지 않고 카메라 비전을 중점적으로 활용하는 완전자율주행 시스템을 개발하고 있는 대표적인 기업이다(McFarland, 2019). 테슬라의 CEO인 일론 머스크는 라이다를 사용하는 자율주행에 대하여 여러 차례 비판한 바 있으며(Burns, 2019), 현대자동차 역시 국내 자율주행 스타트업 포티투닷(42dot)을 인수하며 라이다를 사용하지 않는 카메라 비전 기반의 완전자율주행 기술을 내부화하고자 하였다. 모빌아이는 카메라 비전을 주요

센서로 사용되 레이더와 라이다를 통해 안전성을 높이겠다고 발표하였으며 (Moorhead, 2021), 바이두는 라이다를 활용하는 완전자율주행 기술과 라이다를 사용하지 않는 완전자율주행 기술을 함께 개발하고 있다(Walz, 2019).

센서의 인식거리 증가나 해상도 향상과 같은 센서의 기술혁신은 곧 완전자율주행 인공지능의 성능 향상과 혁신으로 이어질 수 있는 만큼 라이다를 포함한 모든 센서는 특화된 보완자산이라고 할 수 있다. 하지만 센서는 자산특화성이 낮고 모듈성이 높은 기술 요소이며, 현재의 ADAS 자율주행에서도 다양한 센서들의 통합이 이루어지고 있는 만큼 자동차기업들에게는 현재 거래 중인 센서기업들이 존재하고 센서와 관련된 기술적 지식이 이미 어느 정도 내부화되어 있다. 이에 기업들은 센서가 특화자산이기는 하지만 자체 개발보다는 구매를 선택하고 있다.

ADAS 솔루션기업 중에는 현재 센서를 생산하고 있는 기업들이 존재하며, 이들은 라이다 역시 자체개발을 통해 제조하여 다른 기업들에게 판매하고 있다. 뿐만 아니라 센서기업이 아닌 웨이모와 아르고 AI 역시 라이다를 자체적으로 개발하였다.

웨이모는 일찍이 구글에서 독립하기 이전부터 세 종류의 라이다 센서를 자

체개발하여 활용하고 있다. 웨이모가 라이다를 자체적으로 개발하게 된 것은 다른 센서기업들보다 값싸고 질 좋은 라이다를 생산할 수 있을 것으로 판단했기 때문이었다(Naughton & Bergen, 2017; Davies, 2019; Doglov, 2021). 아르고 AI의 경우 라이다의 자체 개발에 대한 동기를 공식적으로 밝힌 바는 없으나, 자체 개발을 통해 보다 높은 성능의 라이다를 만들고자 했을 것으로 추측된다. 아르고 AI의 라이다는 성능이 다른 라이다 기업들과 비교해도 뛰어난 성능을 가지고 있는 것으로 평가받았으며, 아르고 AI가 폐업한 이후에도 여러 기업들이 아르고 AI의 라이다 기술과 개발팀에 대한 인수를 검토하고 있다고 밝혔다(Rangwala, 2022; 이기중, 2023). 그러나 시간이 흐를수록 센서 기업들이 생산하는 라이다의 가격이 점점 저렴해진 만큼 라이다를 자체 개발하는 기업들이 잘 나타나지 않고 있다.

4.4 차량 관련 기술 요소

차량 관련 기술 요소는 자동차산업의 기존기업인 자동차기업들이 이점을 가지고 있는 기술 요소로, 완전자율주행의 제어 영역과 밀접하게 연관되어 있다. 자동차의 전동화가 자동차산업의 트렌드 중 하나로 자리잡음에 따라 오늘날의

자동차는 수많은 반도체에 의해 제어되고 있으며 더욱이 다양한 ADAS 기술이 개발됨에 따라, 자동차기업들은 자동화된 주행을 위한 고도화된 제어에 필요한 기술지식을 보유하고 있다.

차량 관련 기술 요소는 모듈성의 측면에서 다른 핵심 기술 요소들 뿐만 아니라 여러 전장부품들, 그리고 전기차의 경우 배터리 시스템과의 통합이 필요하므로 모듈성이 낮다고 할 수 있다. 그러나 완전자율주행차가 아니더라도 오토바이, 농기계 등 이동이 필요한 기계에 활용하는 것이 가능하므로 자산특화성이 낮은 기술 요소라고 할 수 있으며, 현재 완전자율주행 인공지능은 제어 영역보다는 인지 및 판단 영역에서의 혁신이 필요한 만큼(van Brummelen, 2018), 일반자산에 가깝다고 할 수 있다. 따라서 비자동차기업들은 자체 개발이나 아웃소싱을 택하기보다는 그 사이에 있는 전략을 선택할 것으로 예상할 수 있으며, 실제로 죽스와 같이 완전자율주행을 위한 차량을 직접 생산하는 소수의 기업을 제외하면 많은 기업들이 주로 자동차기업들과의 협력을 선택하고 있다. 비자동차기업들은 자동차기업들로부터 그들과의 협력을 통해 완전자율주행 기술을 개발하는 과정에서 발생하는 차량 관련 문제를 해결할 수 있으며, 기술 개발이나 사업화에 사용할 차량들을 협력을 통해 제공받을 수

있어 비용을 절감할 수 있다.

[표 4] 기업들의 완전자율주행 핵심 기술 요소별 주된 개발 전략

핵심 기술 요소	자산 특화성	모듈성	보완기술로서의 성격	주된 전략
완전자율주행 인공지능	높음	낮음	-	자체 개발
인공지능 컴퓨팅 반도체	비교적 높음	낮음	특화자산	아웃소싱
센서	낮음	높음	특화자산	아웃소싱
차량 관련 기술 요소	높음	높음	일반자산	자동차 기업과의 협력

5. 결론

본 연구에서는 완전자율주행의 주요 기술 요소들을 식별하고 각 기술 요소들에 대한 기업들의 전략의 기저에 있는 메커니즘을 파악하고자 하였다. 기술 요소의 자체 개발 혹은 아웃소싱에 대한 결정은 해당 기술 요소의 자산특화성과 모듈성, 그리고 해당 기술 요소가 특화된 자산인지의 여부에 영향을 받는다. 완전자율주행의 수많은 기술 요소들 중 대부분은 자산특화성이 낮은 만큼 기업들은 아웃소싱하는 경향을 보이지만, 몇몇 핵심 기술 요소들에 대해서는 자체 개발하는 결정을 내리기도 한다. 가장 대표적인 예시로 완전자율주행의 가장 핵심적인 기술 요소인 완전자율주행 인공지능의 경우, 완전자율주행 기술을 개발하고자 하는 모든 기업들에서 관련 지식을 내부화하고 자체적으로 개발하고자 한다.

또한 완전자율주행 인공지능에 대한 개발 전략은 기본적으로 각 기업의 상황과 역량에 맞추어 정해지지만, 완전자율주행 기술 개발 및 사업화의 불확실성과 지속적으로 발생하는 막대한 비용에 대한 부담이 분명하게 기업의 전략에 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다. 따라서 정부 차원에서 완전자율주행 산업을 미리 육성하고자 할 때에는, 완전자율주행 사업화 허가에 대한 명확한

기준을 제시해주고 관련 법과 제도의 정비를 통하여 환경적인 불확실성을 낮춰주며, 완전자율주행 실증을 위한 인프라 구축과 정책을 통하여 기업들의 부담을 덜어주는 것이 완전자율주행 기술이 빠르게 상용화될 수 있도록 돕는 방법일 것으로 보인다.

본 연구에서는 각종 문헌과 기사와 같은 공개된 정보만을 바탕으로 연구를 진행하였기 때문에, 이에 기업들의 보다 구체적인 기술 개발 전략이나 기업 내에서 해당 전략을 사용한 구체적인 배경에 대해서는 알 수 없다는 한계가 존재한다. 또한 완전자율주행 기술은 아직 완벽하게 구현되거나 본격적으로 사업화된 기술이 아니기 때문에 기술 개발 전략의 선택에 따른 시장에서의 성과와 관련된 실증자료를 얻는 데에 어려움이 있어, 기업들의 전략들이 실제로 효과적인지 이야기하는 것이 불가능하였다. 향후 연구에서는 보다 구체적인 기술 전략과 전략 배경에 대한 사례연구나, 완전자율주행 기업들의 시장 성과를 바탕으로 기업들의 기술 개발 전략을 비교하며 완전자율주행 산업에서의 성공 요인을 분석하는 연구를 진행할 수 있을 것이다.

또한 현재 시점에서는 완전자율주행의 사업 허가를 위한 완전자율주행 인공지능의 성능 향상이 기업들의 기술 개발 전략의 최우선 목표이지만, 사업화

허가를 위한 기준이 명확해지고 점점 많은 기업들이 사업 허가를 받게 될수록 경쟁 양상이 달라져 인공지능의 성능 향상이 더 이상 최우선 순위가 아니게 될 것이다. 이에 완전자율주행 산업이 성장함에 따라 새로운 기술 요소가 주요 기술 요소로 부상하는지, 그리고 각 기술 요소에 대한 기업들의 기술전략이 어떻게 변화하는지 분석하는 것 역시 하나의 연구주제가 될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 김우진 & 조준원.(2023). 2022 캘리포니아주 DMV 자율주행 시스템 해제 보고서 분석 - 자율주행 업계 동향을 전망하며. *오토저널*, 45(4), 54-58.
- 고성필, 정의영 & 이정동. (2014). 시스템다이내믹스를 이용한 제조 또는 구매결정에 관한 연구: 방위산업을 중심으로. *한국시스템다이내믹스 연구*, 15(4), 85-100.
- 박성근. (2018). 자율주행 기술의 현황과 미래 동향 고찰: 산업계 동향을 중심으로 기술 융합 관점의 접근. *한국융합학회논문지*, 9(1), 253-259.
- 백서인. (2017). 세계 주요국의 자율주행차 정책 및 기업전략에 관한 통합적 연구. *지식경영연구*, 18(3), 1-35.
- 석정희, & 여준기. (2018). 자율주행 인공지능 컴퓨팅 하드웨어 플랫폼 기술 동향. *[ETRI] 전자통신동향분석*, 33(6)

이중기. (2020). SAE 자동화단계 구분과 운전작업의 분류 : 운전자책임, 안전 기준규제, 제조물책임에 대한 영향. *法學論文集*, 44(1), 484-511.

Anderson, J. M., Nidhi, K., Stanley, K. D., Sorensen, P., Samaras, C., & Oluwatola, O. A. (2014). *Autonomous vehicle technology: A guide for policymakers*. Rand Corporation.

Arora, A. & Ceccagnoli, M. (2006). Patent protection, complementary assets, and firms' incentives for technology licensing. *Management science*, 52(2), 293-308.

Bei, X. (2019). Trademarks, specialized complementary assets, and the external sourcing of innovation. *Research Policy*, 48(9), 103709.

Ceccagnoli, M., Graham, S. J., Higgins, M. J. & Lee, J. (2010). Productivity and the role of complementary assets in firms' demand for

technology innovations. *Industrial and corporate change*, 19(3), 839–869.

Cecere, G., Corrocher, N., & Battaglia, R. D. (2015). Innovation and competition in the smartphone industry: Is there a dominant design?. *Telecommunications Policy*, 39(3–4), 162–175.

Cozzolino, A. & Rothaermel, F. T. (2018). Discontinuities, competition, and cooperation: Coopetitive dynamics between incumbents and entrants. *Strategic Management Journal*, 39(12), 3053–3085.

Fine, C. H. & Whitney, D. E. (2002). *Is the make–buy decision process a core competence?*. Working paper, MIT Center for Technology, Policy, and Industrial Development, Cambridge, MA. Available at <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/1626> (Accessed: 26 June 2023)

Gans, J. S. & Stern, S. (2003). The product market and the market for “ideas”: commercialization strategies for technology entrepreneurs. *Research policy*, 32(2), 333–350.

Gurumurthy, K. M. & Kockelman, K. M. (2020). Modeling Americans’ autonomous vehicle preferences: A focus on dynamic ride-sharing, privacy & long-distance mode choices. *Technological Forecasting and Social Change*, 150, 119792.

Hussain, R., & Zeadally, S. (2018). Autonomous cars: Research results, issues, and future challenges. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 21(2), 1275–1313.

Jiang, T., Petrovic, S., Ayer, U., Tolani, A., & Husain, S. (2015). Self-driving cars: Disruptive or incremental. *Applied Innovation Review*, 1, 3–22.

Leminen, S., Rajahonka, M., Wendelin, R., Westerlund, M., & Nyström, A. G. (2022). Autonomous vehicle solutions and their digital servitization business models. *Technological Forecasting and Social Change*, 185, 122070.

Leon, L. F. A. & Aoyama, Y. (2022). Industry emergence and market capture: The rise of autonomous vehicles. *Technological Forecasting and Social Change*, 180, 121661.

Liu, Z., Jiang, H., Tan, H., & Zhao, F. (2020). An overview of the latest progress and core challenge of autonomous vehicle technologies. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 308, p. 06002). EDP Sciences.

Liu, L., Lu, S., Zhong, R., Wu, B., Yao, Y., Zhang, Q., & Shi, W. (2020). Computing systems for autonomous driving: State of the art and challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(8), 6469–6486.

McIvor, R. (2009). How the transaction cost and resource-based theories of the firm inform outsourcing evaluation. *Journal of Operations management*, 27(1), 45–63.

Milakis, D., Van Arem, B. & Van Wee, B. (2017). Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 21(4), 324–348.

Mudambi, S. M. & Tallman, S. (2010). Make, buy or ally? Theoretical perspectives on knowledge process outsourcing through alliances. *Journal of management studies*, 47(8), 1434–1456.

Othman, K. (2022). Exploring the implications of autonomous vehicles: A comprehensive review. *Innovative Infrastructure Solutions*, 7(2), 165.

Park, J. K. & Ro, Y. K. (2011). The impact of a firm's make, pseudo-make, or buy strategy on product performance. *Journal of Operations Management*, 29(4), 289–304.

Rogers, D. S., Lambert, D. M. & Knemeyer, A. M. (2004). The product development and commercialization process. *The International Journal of Logistics Management*, 15(1), 43–56.

Saeed, T. U., Burris, M. W., Labi, S. & Sinha, K. C. (2020). An empirical discourse on forecasting the use of autonomous vehicles using consumers' preferences. *Technological Forecasting and Social Change*, 158, 120130.

Salonen, A. & Jaakkola, E. (2015). Firm boundary decisions in solution business: Examining internal vs. external resource integration. *Industrial Marketing Management*, 51, 171–183.

Sampson, R. C. (2007). R&D alliances and firm performance: The impact of technological diversity and alliance organization on innovation. *Academy of management journal*, 50(2), 364–386.

Santos, F. M. & Eisenhardt, K. M. (2005). Organizational boundaries and theories of organization. *Organization science*, 16(5), 491–508.

Steensma, H. K. & Corley, K. G. (2001). Organizational context as a moderator of theories on firm boundaries for technology sourcing. *Academy of management journal*, 44(2), 271–291.

Suarez, F. F., & Utterback, J. M. (1995). Dominant designs and the survival of firms. *Strategic management journal*, 16(6), 415–430.

Teece, D. J. (1986). Profiting from technological innovation: Implications

for integration, collaboration, licensing and public policy. *Research policy*, 15(6), 285–305.

Van Brummelen, J., O'Brien, M., Gruyer, D., & Najjaran, H. (2018). Autonomous vehicle perception: The technology of today and tomorrow. *Transportation research part C: emerging technologies*, 89, 384–406.

Wells, P., Wang, X., Wang, L., Liu, H., & Orsato, R. (2020). More friends than foes? The impact of automobility-as-a-service on the incumbent automotive industry. *Technological Forecasting and Social Change*, 154, 119975.

Williamson, O. E. (1981). The economics of organization: The transaction cost approach. *American journal of sociology*, 87(3), 548–577.

Yang, H., Lin, Z., & Lin, Y. (2010). A multilevel framework of firm boundaries: firm characteristics, dyadic differences, and network attributes. *Strategic Management Journal*, 31(3), 237–261.

Yeong, D. J., Velasco–Hernandez, G., Barry, J., & Walsh, J. (2021). Sensor and sensor fusion technology in autonomous vehicles: A review. *Sensors*, 21(6), 2140.

Deichmann, J., Ebel, E., Heineke, K., Heuss, R., Kellner, M., & Steiner, F. (2023, January 6). Autonomous driving's future: Convenient and connected. *McKinsey & Company*.

<https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/autonomous-driving-future-convenient-and-connected>

(Accessed: 3 August 2023)

Doll, G., Kellner, M., Wiemuth, C., Ebel, E., & Heineke, K. (2020,

December 1). Private autonomous vehicles: The other side of the robo-taxi story. *McKinsey & Company*.

<https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/private-autonomous-vehicles-the-other-side-of-the-robo-taxi-story#/> (Accessed: 26 June 2023)

SAE International. (2018). Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems (Report No. J3016).

Varghese, J. Z., & Boone, R. G. (2015, September). Overview of autonomous vehicle sensors and systems. In International Conference on Operations Excellence and Service Engineering (Vol. 2015). sn.

이기중. (2023년 4월 21일). LG이노텍, 자율주행 스타트업 아르코AI 美특허 77건 인수. *디일렉*.

<https://www.thelec.kr/news/articleView.html?idxno=20776> (접속일:

2023년 8월 3일)

이나리. (2020년 9월 8일). 테슬라 토틀아보기, 국내 파운드리 역량 활용해야.

디일렉. <https://www.thelec.kr/news/articleView.html?idxno=7508> (접속

일: 2023년 8월 3일)

한상민. (2020년 9월). 벤츠, 엔비디아와 ADAS서 레벨4 자동주차까지. AEM.

<https://www.autoelectronics.co.kr/article/articleView.asp?idx=3705> (접

속일: 2023년 8월 3일)

황정수. (2022년 1월 26일). “자율주행차의 부족한 1%...라이다(LiDAR) 센

서 꼭 필요”. *한국경제*.

<https://www.hankyung.com/finance/article/202201263762i> (접속일:

2023년 8월 3일)

GM 자율주행 '크루즈', 어디까지 왔나?. (2022년 10월 24일). *한국자동차기
자협회*.

<https://www.kaja.org/1458275600/?idx=13249245&bmode=view> (접속

일: 2023년 8월 3일)

Barry, K. (2021, November 11). Big Bets and Broken Promises: A
Timeline of Tesla's Self-Driving Aspirations. *Consumer Reports*.

[https://www.consumerreports.org/autonomous-driving/timeline-of-](https://www.consumerreports.org/autonomous-driving/timeline-of-tesla-self-driving-aspirations-a9686689375/)

[tesla-self-driving-aspirations-a9686689375/](https://www.consumerreports.org/autonomous-driving/timeline-of-tesla-self-driving-aspirations-a9686689375/) (Accessed: 3 August

2023)

Burns, M. (2019, April 23). 'Anyone relying on lidar is doomed,' Elon
Musk says. TechCrunch. [https://techcrunch.com/2019/04/22/anyone-](https://techcrunch.com/2019/04/22/anyone-relying-on-lidar-is-doomed-elon-musk-says/)

[relying-on-lidar-is-doomed-elon-musk-says/](https://techcrunch.com/2019/04/22/anyone-relying-on-lidar-is-doomed-elon-musk-says/) (Accessed: 3 August

2023)

Crowe, S. (2018, June 5). UC Berkeley open-sources BDD100K self-driving dataset. *The Robot Report*.

<https://www.therobotreport.com/uc-berkeley-opens-self-driving-dataset-bdd100k/> (Accessed: 3 August 2023)

Dai, S. (2019, September 27). Baidu launches self-driving robotaxi service for general public in Hunan, China. *South China Morning Post*.

<https://www.scmp.com/tech/innovation/article/3030608/residents-changsha-can-now-get-taste-future-after-baidu-launches>

(Accessed: 3 August 2023)

Davies, A. (2019, March 6). Waymo's Move to Sell Lidar Units Is a Bet on a Bigger Market. *WIRED*. [https://www.wired.com/story/waymo-](https://www.wired.com/story/waymo-selling-lidar-fought-uber-protect/)

[selling-lidar-fought-uber-protect/](https://www.wired.com/story/waymo-selling-lidar-fought-uber-protect/) (Accessed: 3 August 2023)

Doglov, D. (2021, August 19). How we've built the World's Most

Experienced Urban Driver. *Waymo*.

<https://waymo.com/blog/2021/08/MostExperiencedUrbanDriver.html>

(Accessed: 3 August 2023)

Eliot, L. (2021, March 25). The Autonomous Vehicular Cloud Is Steering Into View. *Forbes*.

<https://www.forbes.com/sites/lanceeliot/2021/03/25/the-autonomous-vehicular-cloud-is-steering-into-view/?sh=5ea18c6e7a7f>

(Accessed: 3 August 2023)

Flak, A. (2022, November 17). Stellantis to buy software developer aiMotive in autonomous driving push. *Reuters*.

<https://www.reuters.com/markets/deals/stellantis-buy-software-developer-aimotive-autonomous-driving-push-2022-11-17/>

(Accessed: 3 August 2023)

Hawkins, A. (2020, August 11). Hyundai's autonomous vehicle project

with Aptiv will now be called Motional. *The Verge*.

<https://www.theverge.com/2020/8/11/21362322/hyundai-aptiv-motional-autonomous-vehicle-joint-venture> (Accessed: 3 August 2023)

Holley, P. (2017, December 1). GM could launch its own autonomous ride-hailing service as early as 2019. *The Washington Post*.

<https://www.washingtonpost.com/news/innovations/wp/2017/12/01/gm-self-driving-fleet-could-be-biggest-business-opportunity-since-the-creation-of-the-internet/> (Accessed: 26 June 2023)

Hope, G. (2023, January 11). Mobileye Steps up Self-Driving Operations in Germany. *IOT World Today*.

<https://www.iotworldtoday.com/transportation-logistics/mobileye-steps-up-self-driving-operations-in-germany> (Accessed: 3 August 2023)

Horowitch, R. (2023, June 7). Self-driving Waymo car kills dog amid increasing concern over robotaxis. *The Guardian*.

<https://www.theguardian.com/us-news/2023/jun/07/waymo-car-kills-dog-self-driving-robotaxi-san-francisco> (Accessed: 3 August 2023)

Isaac, M. & Boudette, N. (2017, February 10). Ford to Invest \$1 Billion in Artificial Intelligence Start-Up. *The New York Times*.

<https://www.nytimes.com/2017/02/10/technology/ford-invests-billion-artificial-intelligence.html> (Accessed: 3 August 2023)

Kolodny, L. (2019, April 22). Elon Musk claims Tesla will have 1 million robotaxis on roads next year, but warns he's missed the mark before.

CNBC. <https://www.cnbc.com/2019/04/22/elon-musk-says-tesla-robotaxis-will-hit-the-market-next-year.html> (Accessed: 3 August 2023)

Kolodny, L. (2023, March 22). Cruise robotaxis blocked a road in San Francisco after a storm downed trees and wires. *CNBC*.

<https://www.cnn.com/2023/03/22/cruise-robotaxis-blocked-a-road-in-san-francisco-after-storm.html> (Accessed: 3 August 2023)

Lee, J., & Jin, H. (2022, September 14). Upset by high prices, GM's Cruise develops its own chips for self-driving cars. *Reuters*.

<https://www.reuters.com/business/autos-transportation/upset-by-high-prices-gms-cruise-develops-its-own-chips-self-driving-cars-2022-09-14/> (Accessed: 26 June 2023)

Lienert, P. (2019, July 12). Volkswagen investment vaults Argo into top ranks of self-driving firms. *Reuters*.

<https://www.reuters.com/article/us-volkswagen-ford-argo-self-driving-idUSKCN1U711B> (Accessed: 3 August 2023)

McFarland, M. (2019, June 18). Most self-driving companies say this tech is crucial. Elon Musk disagrees. *CNN Business*.

<https://edition.cnn.com/2019/06/17/tech/lidar-self-driving-tesla/index.html> (Accessed: 3 August 2023)

Mobileye's Self-Driving Secret? 200PB of Data. (2022, January 05). *Business Wire*.

<https://www.businesswire.com/news/home/20220105005968/en/>
(Accessed: 3 August 2023)

Moorhead, P. (2021, January 14). Intel's Mobileye Presents Plan For Worldwide AV Rollout At CES 2021. *Forbes*.

<https://www.forbes.com/sites/patrickmoorhead/2021/01/14/intels-mobileye-presents-plan-for-worldwide-av-rollout-at-ces-2021/?sh=77cdd2115dcf> (Accessed: 3 August 2023)

Naughton, K. & Bergen, M. (2017, January 9). Alphabet's Waymo Cuts Cost of Key Self-Driving Sensor by 90%. *Bloomberg*.

<https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-01-08/alphabet-s-waymo-cuts-cost-of-key-self-driving-sensor-by-90#xj4y7vzkg>

(Accessed: 3 August 2023)

Ohnsman, A. (2022, October 26). Argo AI, Ford's Self-Driving Venture With Volkswagen, Is Shutting Down. *Forbes*.

[https://www.forbes.com/sites/alanohnsman/2022/10/26/argo-ai-fords-self-driving-venture-with-volkswagen-is-shutting-](https://www.forbes.com/sites/alanohnsman/2022/10/26/argo-ai-fords-self-driving-venture-with-volkswagen-is-shutting-down/?sh=27b5e0a77241)

[down/?sh=27b5e0a77241](https://www.forbes.com/sites/alanohnsman/2022/10/26/argo-ai-fords-self-driving-venture-with-volkswagen-is-shutting-down/?sh=27b5e0a77241) (Accessed: 3 August 2023)

Palmer, A. & Levy, A. (2020, June 26). Amazon to buy self-driving technology company Zoox. *CNBC*.

<https://www.cnbc.com/2020/06/26/amazon-buys-self-driving-technology-company-zoox.html> (Accessed: 3 August 2023)

Prodhan, G. & Taylor, E. (2017, March 16). BMW says self-driving car to be level 5 capable by 2021. *Reuters*.

<https://www.reuters.com/article/us-bmw-autonomous-self-driving-idUSKBN16N1Y2> (Accessed: 3 August 2023)

Rangwala, S. (2022, October 31). Argo.ai Shuts Down – What Will Happen To Its LiDAR Unit?. *Forbes*.

<https://www.forbes.com/sites/sabbirrangwala/2022/10/31/argoai-shuts-downwhat-will-happen-to-its-lidar-unit/?sh=66858b404999>

(Accessed: 3 August 2023)

Sage, A. (2018, December 5). Waymo unveils self-driving taxi service in Arizona for paying customers. *Reuters*.

<https://www.reuters.com/article/us-waymo-selfdriving-focus-idUSKBN1O41M2> (Accessed: 3 August 2023)

Seredynski, P. (2021, April 5). Gathering clouds will form autonomy's computing backbone. *SAE International*.

<https://www.sae.org/news/2021/04/autonomous-vehicles-and-their-cloud-computing-networks> (Accessed: 3 August 2023)

Shepardson, D. Jin, H. & White, J. (2022, February 2). Focus: Self-driving car companies zoom ahead, leaving U.S. regulators behind. *Reuters*. <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/self-driving-car-companies-zoom-ahead-leaving-us-regulators-behind-2022-02-02/> (Accessed: 3 August 2023)

Taylor, D. (2022, April 12). Bosch goes for a drive, shifts into overdrive and acquires Five. Tech EU. <https://tech.eu/2022/04/12/bosch-goes->

[for-a-drive-shifts-into-overdrive-and-acquires-five/](#) (Accessed: 3 August 2023)

Templeton, B. (2021a, October 11). New LIDARs From Waymo And Others Produce Amazing Results. *Forbes*.

<https://www.forbes.com/sites/bradtempleton/2021/10/11/new-lidars-from-waymo-and-others-produce-amazing-results/?sh=29244b141309> (Accessed: 3 August 2023)

Templeton, B. (2021b, October 25). Some Say Self-Driving Robotaxi Isn't A Business; Billions Are Being Bet That It Is. *Forbes*.

<https://www.forbes.com/sites/bradtempleton/2021/10/25/some-say-self-driving-robotaxi-isnt-a-business--billions-are-being-bet-that-it-is/?sh=630acc5f5b07> (Accessed: 3 August 2023)

Thielman, S. (2016, March 11). General Motors acquires self-driving car

startup Cruise Automation. *The Guardian*.

<https://www.theguardian.com/business/2016/mar/11/general-motors-cruise-automation-self-driving-cars> (Accessed: 3 August 2023)

Walz, E. (2019, July 28). Baidu Announces 'Apollo Lite' a Camera-based Autonomous Driving Technology. *FutureCar*.

<https://www.futurecar.com/3297/Baidu-Announces-Apollo-Lite-a-Camera-based-Autonomous-Driving-Technology> (Accessed: 3 August 2023)

Walz, E. (2022, January 16). Hyundai's Self-Driving Arm Motional Releases the World's Largest Open Data Set For Autonomous Vehicle Path Planning. *FutureCar*. <https://www.futurecar.com/5057/Hyundais-Self-Driving-Arm-Motional-Releases-the-Worlds-Largest-Open-Data-Set-For-Autonomous-Vehicle-Path-Planning>

[Self-Driving-Arm-Motional-Releases-the-Worlds-Largest-Open-Data-Set-For-Autonomous-Vehicle-Path-Planning](https://www.futurecar.com/5057/Hyundais-Self-Driving-Arm-Motional-Releases-the-Worlds-Largest-Open-Data-Set-For-Autonomous-Vehicle-Path-Planning) (Accessed: 3 August 2023)

Wang, B. (2021, March 15). Nvidia Drive Uses 1000 Watts But Tesla HW3 FSD Chip Uses 36 Watts. *Next Big Future*.

<https://www.nextbigfuture.com/2021/03/nvidia-drive-uses-1000-watts-but-tesla-hw3-fsd-chip-uses-36-watts.html> (Accessed: 3 August 2023)

Wayland, M. (2022a, January 6). GM reveals new self-driving Cadillac concept car, plans to offer personal autonomous vehicles by mid-decade. *CNBC*. [https://www.cnbc.com/2022/01/05/gm-ceo-mary-](https://www.cnbc.com/2022/01/05/gm-ceo-mary-barra-unveils-new-self-driving-cadillac-concept-vehicle.html)

[barra-unveils-new-self-driving-cadillac-concept-vehicle.html](https://www.cnbc.com/2022/01/05/gm-ceo-mary-barra-unveils-new-self-driving-cadillac-concept-vehicle.html)

(Accessed: 3 August 2023)

Wayland, M. (2022b, November 13). Ford vs. GM: Same industry, two increasingly different companies. *CNBC*.

<https://www.cnbc.com/2022/11/13/ford-vs-gm-same-industry->

[two-increasingly-different-companies.html](#) (Accessed: 3 August 2023)

Wiggers, K. (2019a, April 22). Tesla claims its latest self-driving chip is 7 times more powerful than its rivals'. *VentureBeat*.

<https://venturebeat.com/ai/tesla-claims-its-latest-self-driving-chip-is-six-times-more-powerful-than-its-rivals/> (Accessed: 3 August 2023)

Wiggers, K. (2019b, August 21). Waymo open-sources data set for autonomous vehicle multimodal sensors. *VentureBeat*.

<https://venturebeat.com/ai/waymo-open-sources-data-set-for-autonomous-vehicle-multimodal-sensors/> (Accessed: 3 August 2023)

Wiggers, K. (2022, February 17). Training autonomous vehicles requires

more than simulation. *VentureBeat*.

<https://venturebeat.com/ai/training-autonomous-vehicles-requires-more-than-simulation/> (Accessed: 3 August 2023)

Abstract

Fully autonomous driving (FAD) is the technology that is expected to change the whole dynamics of automotive industry. To realize FAD, autonomous driving system whose technological components of various fields are highly integrated is required. Here, firms developing FAD face the problem of make-or-buy decisions for core technological components which affects the possibility of commercialization of FAD. In this paper, through collection of patent applications data, news articles, and secondary literatures, FAD artificial intelligence (AI), AI computing hardwares, sensors, and vehicle-related technological components are defined as core technological components. Among those four technological components, FAD AI is the most important technological components and all the firms develop it as their own. For AI computing hardware and sensors, firms mostly choose to 'buy' them while some firms decide to 'make' them for performance improvement and cost reduction. Non-carmakers mostly choose to form alliances with carmakers to access vehicle-related technological components and solve vehicle-related problems they face. In developing FAD AI,

there are two approaches: the continuous approach which try to reach level FAD by developing the current level 2~3 AI incremently and the discontinuous approach which believes new AI is required apart from current driver-assisting AI. Collecting driving data is important for firms not only because it would improve the performance of FAD AI, but also because firms having a lot of driving data would be advantageous in obtaining business approval as there are no valid methods to estimate the level of FAD AI accurately yet.

Keywords: Fully autonomous vehicle, make-or-buy decision, technology development strategy

Student Number: 2020-29109