

자율주행 기술개발 여정과 경쟁현황 - Tesla는 어떻게 경쟁우위를 구축했나? -

김호인 수석연구원, 소재인프라연구센터(dotriz@posri.re.kr)

목차

1. 자율주행 기술의 발전과 핵심 기술 이해
2. Tesla의 자율주행 기술개발 여정
3. 사업분야별 주요 경쟁사와의 경쟁 현황
4. 종합 및 시사점

Executive Summary

- Tesla는 12년간의 자율주행 기술개발 여정에서 변곡점마다 핵심 기술 내재화와 데이터-AI-칩-센서-플랫폼이 담긴 루프로 맞물리는 수직통합 구조를 완성하며 카메라 비전 기반의 가장 완성도 높은 기술 보유
 - (1단계, '14~'16년) Mobileye EyeQ3 기반 Autopilot으로 시장 선점, ADAS(Advanced Driver Assistance Solution) 통제권 갈등 끝에 협력 종료
 - (2단계, '16~'19년) NVIDIA DRIVE 플랫폼 도입을 계기로 Rule 기반에서 AI 학습 패러다임으로 전환, 예외 상황(Long Tail) 대응력 확보 발판 마련
 - (3단계, '19년~현재) 자체 자율주행 칩 내재화, 레이더·초음파 센서 제거 후 8대 카메라 기반 Tesla Vision 체계 완성, 무선통신 기반의 수직 통합 개선 루프 형성
- 경쟁사들도 Tesla 추격에 나서고 있으나, 기술개발 전략의 차이로 Tesla가 기술 완성도, 원가 경쟁력, 데이터 자산 측면에서 우위 유지
 - Waymo는 카메라·LiDAR·레이더 다중센서와 정밀지도 기반의 무인택시 사업자형 안전 중심 설계 추구
 - NVIDIA와 화웨이는 칩-센서-알고리즘을 묶은 풀스택 개발 OS를 제공하며 자동차사向 자율주행 플랫폼 제공 사업자로 포지셔닝
 - Xpeng·BYD는 Tesla처럼 자체 자율주행 알고리즘·칩을 개발하는 길을 선택, 중국 정부 지원과 중국 시장의 차량 판매 규모를 기반으로 빠르게 추격
- 사업분야별 경쟁 양상은 제각각 다른 구조로 전개, Tesla의 강점·약점이 영역별로 상이
 - 무인택시: Waymo가 단기 선도(미국 10개 도시·3,800여 대), Tesla는 카메라-only 원가 우위로 추격(4개 도시·500여 대), 무인주행 규제가 상대적으로 약한 주에서 예외적인 별도 승인을 얻어 운영 시작
 - 완성차: Xpeng과 BYD가 중국 및 신흥국 시장에서 가격 경쟁력으로 Tesla 시장 점유율 위협, 향후 유럽·미국 시장에서도 강력한 경쟁자로 부상 전망
 - 자율주행 플랫폼: Tesla는 원가·데이터·칩 최적화 우위, NVIDIA·화웨이는 안전규제 대응(Rule+E2E 하이브리드)과 OEM 확산성에서 우위

1. 자율주행 기술의 발전과 핵심 기술 이해

□ 자율주행 기술의 출발점: 운전자 보조에서 시작된 ADAS

- 자율주행 기술은 완전 자율주행을 목표로 시작한 것이 아니라, 운전자의 안전을 돕는 보조 기능 ADAS(Advanced Driver Assistance System)에서 출발
 - ADAS는 차선이탈 경고, 전방 추돌 경고, 자동 긴급제동, 사각지대 감지 등 운전자가 놓치기 쉬운 위험 상황을 차량이 대신 감지하여 경고하거나 제어하는 기능
 - 이러한 보조 기능이 점차 정교해지고 신뢰도가 높아지면서, 일정 구간에서는 운전자 개입 없이 차량이 스스로 운전을 수행할 수 있는 수준까지 발전
- 자율주행 기술은 운전자 책임에서 차량 책임으로 단계적 이동(Level 0~5)하는 형태로 분류, Level 3 이상부터 차량이 운전의 주된 책임을 담당
 - 결국 자율주행 기술의 본질은 사람의 눈·손·발 역할을 차량이 얼마나 정확하고 안정적으로 대체할 수 있는가의 문제

□ 센싱 방식의 진화: 고가 센서의 중복 채용에서 카메라 중심으로 단순화

- 자율주행 차량의 센서는 사람의 눈에 해당하는 핵심 부품으로, 초기에는 다양한 센서를 동시에 사용해 서로의 약점을 보완하는 방식이 일반적
 - 카메라(Camera): 사람의 눈처럼 신호등, 문자, 그리고 차선 등 시각 정보를 광범위하게 인식할 수 있으나, 야간이나 악천후에는 성능이 저하되는 한계 존재
 - 레이더(Radar): 전파를 발사해 멀리 있는 물체와의 거리와 속도를 측정하며 악천후에도 비교적 안정적으로 작동, 다만 물체의 형태나 종류 식별에는 약점
 - 라이다(LiDAR): 레이저를 활용해 주변 환경의 정밀한 3차원 거리 정보를 생성, 정밀도가 높으나 단가가 매우 비싸고 부피가 커 양산 차량 적용에 부담
 - 초음파 센서(Ultrasonic Sensor): 가까운 거리의 장애물 감지에 강점이 있어 주차 보조 등에 활용되었으나, 근거리만 인식하는 보조적 역할에 그침
- 최근에는 카메라만으로 자율주행에 필요한 인식이 충분히 가능한 단계에 진입, 카메라 영상의 해상도 및 처리 속도 향상과 AI의 깊이·거리 추정 기술이 결합된 결과
 - Tesla가 8대의 카메라만으로 차량 주변의 정밀 3차원 공간을 재구성하는 Tesla Vision을 상용화한 사례가 대표적이며, 이를 통해 센싱 시스템 비용은 크게 낮추면서 인식 성능은 오히려 더 높이는 성과를 달성

□ 의사결정 방식의 진화: Rule 기반의 한계와 End-to-End AI 학습의 등장

- 자율주행 차량은 인식한 정보를 토대로 매 순간 가감속과 조향 등 운전 의사결정을 내려야 하며, 초기에는 사람이 작성한 명시적 규칙(Rule)을 따르도록 설계
 - 예: 정지신호 앞에서는 멈춘다, 보행자가 횡단보도에 진입하면 양보한다, 앞차와 일정 거리 이상을 유지한다 등 수많은 도로교통 규칙을 코드로 작성
 - 이런 Rule 기반 접근은 약 99.9%의 일반적 상황을 빠르고 정확하게 처리할 수 있다는 강점을 보유
- 그러나 실제 도로에는 규칙으로 명시하기 어려운 0.1%의 예외 상황(Long Tail)이 끊임없이 발생하며, 새로운 돌발 상황이 생길 때마다 Rule을 추가하는 방식은 결국 한계에 도달
 - 공사 현장의 임시 차선 변경, 손짓으로 신호하는 교통경찰, 도로 한복판에 떨어진 적재물, 비정형적으로 행동하는 보행자 등 사람이 미리 모두 예측해 규칙으로 정리하는 것이 사실상 불가능
 - 규칙이 늘어날수록 코드는 복잡해지고, 규칙 간 충돌이 발생해 차량이 오히려 어떻게 행동해야 할지 몰라 멈추거나 잘못된 판단을 내리는 사례 증가
- 이를 극복하기 위해 등장한 것이 운전 환경 입력(Input)에서 운전자 대응(Output)까지 전 과정을 AI가 직접 학습하는 End-to-End 방식
 - 카메라 등 센서로 들어오는 영상·신호를 입력 받고, 핸들 조작과 가속·제동 등 운전 명령을 출력으로 내보내는 신경망을 사람의 실제 운전 데이터로 학습
 - AI는 수많은 도로 상황에서 사람이 어떻게 운전했는지를 통째로 학습함으로써, 사람이 일일이 규칙을 코딩하지 않아도 새로운 상황에 유연하게 대응 가능

2. Tesla의 자율주행 기술개발 여정

Tesla의 자율주행 기술개발은 외부 의존 → AI 신경망 기반 학습 전환 → 자체 수직통합으로 이어지는 3개 단계로 구분할 수 있음(표1)

표1. Tesla 자율주행 기술개발 12년 타임라인

구분	1단계 ('14~'16년)	2단계 ('16~'19년)	3단계 ('19년~현재)
핵심 파트너	Mobileye (외부 의존)	NVIDIA (외부 의존)	자체 개발 (수직통합)
센싱 방식	카메라+레이더+초음파	카메라 8대+레이더+초음파	8대 카메라 only (Tesla Vision)
의사결정 방식	Rule 기반 ADAS	Rule + AI 신경망	End-to-End AI (FSD v12)
컴퓨팅	Mobileye EyeQ3	NVIDIA Drive	자체 FSD 칩 → AI4 → AI5
주요 사건	'14년 EyeQ3 채택 (Model S/X) '16년 플로리다 사고 이후 협력 종료	'16년 가을 'FSD 하드웨어' 발표 Rule → AI 학습 전환 범용 칩 한계 인식	'19년 자체 칩 양산 '21년 레이더 제거, '22년 초음파 제거 '24년 FSD v12 (E2E) 완성 '26년 AI5 설계 완료
의미·결과	시장 빠른 선점, 그러나 ADAS 통제권 갈등으로 협력 종료	AI 학습 패러다임 전환의 발판 마련, 외부 의존 한계 인식	데이터-AI-칩-센서가 닫힌 수직통합 루프 완성, 경쟁우위 본질

2.1 (1단계, '14~'16년) Mobileye 협력을 통한 초기 Autopilot 시장 선점

□ 외부 ADAS 모듈 활용을 통한 속도 중심 시장 선점 전략

- Tesla는 카메라 기반 ADAS 분야에서 검증된 공급자였던 Mobileye의 인지 기술을 활용해 초기 Autopilot을 빠르게 고객 경험으로 전환
 - 차선 인식, 전방 차량 및 보행자 인지, 충돌 경고 등 핵심 기능을 이미 상용화된 Mobileye 인지 기술을 활용해 구축함으로써 기술 리스크를 낮춘 전략적 접근
 - 자체 자율주행 기술 개발 시간을 단축하면서, 차량 통합과 OTA(Over-the-Air, 무선통신) 역량으로 시장을 빠르게 선점

□ '14년 하반기부터 Mobileye EyeQ 계열을 Autopilot 기반 기술로 채택

- Model S와 X에 해당 기술을 적용하며, Mobileye의 EyeQ 계열 프로세서와 비전 알고리즘을 Autopilot의 기반 기술로 채택
 - EyeQ3로 대표되는 Mobileye 솔루션은 단순 칩이 아니라, 카메라 촬영을 기반으로 한 전방 환경 인식 및 객체 라벨링 기능을 제공하는 통합 시스템
 - 차선, 차량, 보행자 등을 안정적으로 인식하는 상용화된 인지 시스템으로, 하드웨어와 소프트웨어가 결합된 형태
 - 레이더와 초음파 센서가 병행 사용됐으나, 핵심 철학은 카메라 기반 인지를 중심으로 ADAS 기능을 구현하는 접근

□ '16년 치명적 플로리다 사고를 계기로 Mobileye와 협력 종료

'16년 플로리다주 교통사고 개요: Williston 인근에서 Autopilot 모드로 주행 중이던 Tesla Model S가 좌회전하며 차로를 가로지르던 대형 트레일러의 측면을 충돌하여 운전자 사망. 사고의 핵심 원인은 차량과 운전자가 밝은 하늘을 배경으로 한 흰색 트레일러를 제때 인식하지 못해 경고나 제동이 이루어지지 않았다는 점

- 사고 직후 양측은 안전 한계 설정과 기능 확장 속도를 둘러싼 시각 차이를 드러내며 협력 관계 단절
 - Mobileye CEO는 언론 인터뷰에서 Tesla가 안전 한계를 과도하게 밀어붙였다는 문제를 제기하면서 Tesla에 자사 제품 공급 중단을 선언
 - Tesla는 그 이전부터 Mobileye 의존도를 낮추고 자체 비전·인지 시스템을 강화하고 있었으며, Mobileye는 이에 대한 불만을 사고를 계기로 표출한 것이라고 주장
- 표면적으로는 사고 이후 안전을 둘러싼 논쟁이었으나, 이면에는 자율주행 기술 패키지의 통제권을 누가 가질 것인가에 대한 구조적 갈등이 존재

2.2 (2단계, '16~'19년) NVIDIA 협력과 AI 학습 신경망의 적용

□ Tesla는 기존 Mobileye EyeQ3 솔루션을 NVIDIA 플랫폼으로 교체

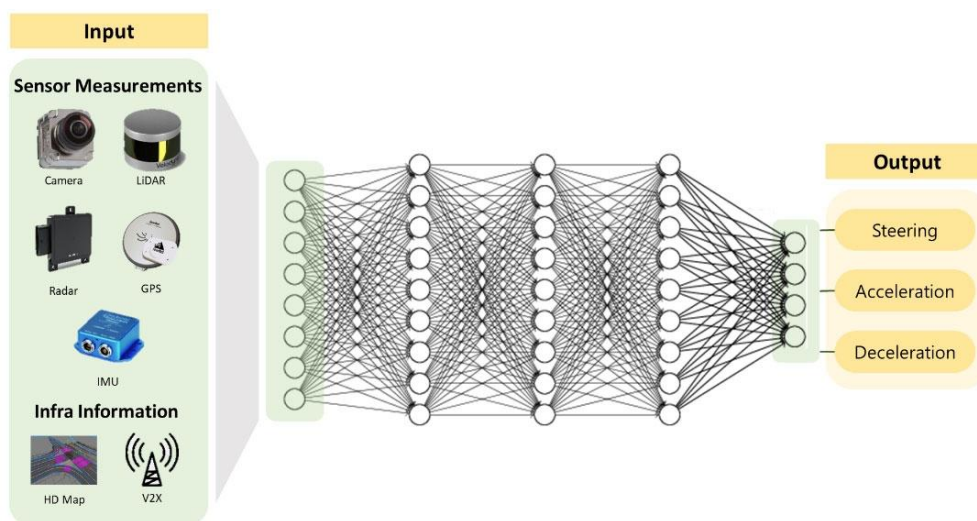
- AI 기반 자율주행 생태계를 확장하던 NVIDIA와 협력해 차량 내 연산을 위한 컴퓨팅 자산을 단기간에 확보하고 기능 확장 속도를 끌어올림

- NVIDIA의 플랫폼은 자율주행용 고성능 연산과 소프트웨어 패키지를 함께 제공
- Tesla는 '16년 가을 '완전자율주행 하드웨어' 전환을 발표하고 더 많은 센서, 더 강한 컴퓨팅 파워, Tesla Vision 소프트웨어 채택

□ Rule 기반에서 AI 학습 기반으로의 패러다임 전환

- Tesla는 NVIDIA와 협력을 통해 기술개발 전략을 수정, 기존 Rule 기반 자율주행 기술을 AI 기반 학습으로 전환
 - NVIDIA는 논문 'End to End Learning for Self-Driving Cars'에서 기존 Rule 기반의 자율주행 개발 패러다임 대신 AI 신경망 기반의 학습 패러다임을 제시(그림 1.)
 - 카메라 영상의 이미지 데이터를 받아 차량의 운전 명령을 직접 출력하는 방식으로, 다양한 교통 상황 별 대응 방식을 신경망이 스스로 학습하는 개념

그림 1. NVIDIA의 'End to End Learning for Self-Driving Cars' 개념도



*자료: KAIST AVE Lab. 홈페이지

- 전환의 결과, 다양한 의사결정 Rule을 포함한 수십만 줄의 코딩을 폐기하고 수천 줄의 AI 학습 신경망으로 대체하는 데 성공('24년 FSD v12)
 - Rule 기반의 기술은 99.9%의 상황은 빠르게 인식하고 대응 가능하지만, Rule 기반으로 설명하기 곤란한 0.1%의 예외 상황에 대처가 쉽지 않았음
 - 다양한 돌발상황에 대해 새로운 Rule을 추가하는 대신, 수많은 도로주행 상황에서 운전자의 대응 방식을 AI가 학습함으로써 적절하게 대응

□ 시간이 지나면서 범용 칩 한계 확인 후 자체 칩 필요성 인식

- Tesla는 NVIDIA의 범용 칩으로는 차량 전력 및 비용 최적화에 한계가 있다고 판단, 자체 칩을 설계하고 최적화하는 방향으로 개발 전략 전환
 - 카메라가 8대로 늘어나고 레이더·초음파 센서까지 많은 신호를 고해상도로 처리하기 위한 컴퓨팅 자원 수요 지속 확대
 - NVIDIA는 자사 칩 성능 개선으로 충분히 해결 가능하다고 주장했지만, 외부 플랫폼 의존 시 차량 전력 설계, 열 관리, 패키징, 모델 구조가 외부 로드맵에 종속되는 구조적 한계 존재

2.3 (3단계, '19년~현재) 자체 칩 내재화와 카메라 기반 FSD 완성

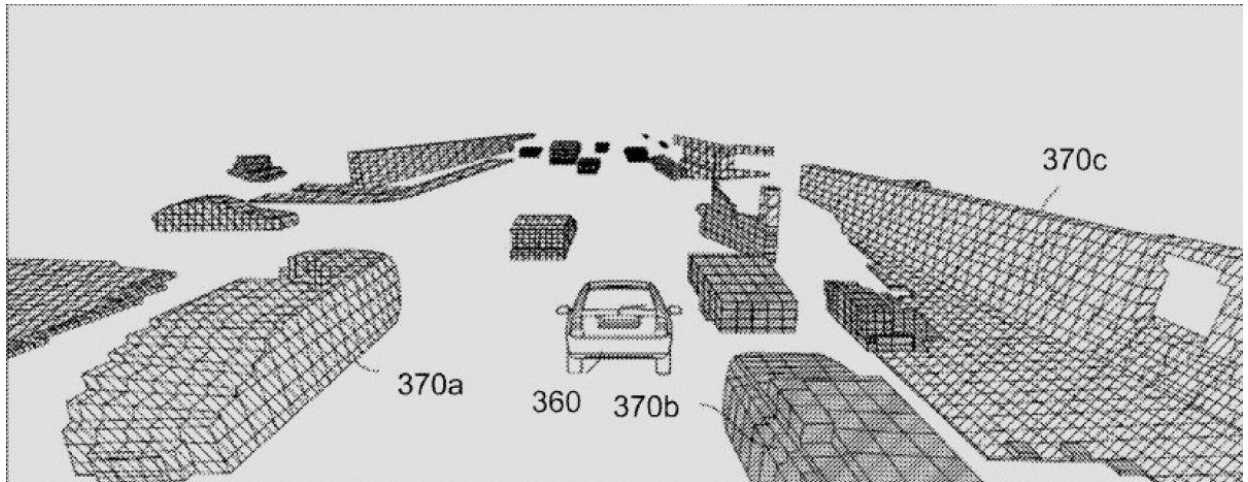
□ 자체 칩 내재화로 자율주행 주요 하드웨어를 사내에서 통제

- Apple에서 칩 개발을 담당했던 Jim Keller를 영입하고, 자체 칩 개발에 성공하면서 이전 NVIDIA 칩 대비 이미지 처리 성능이 대폭 향상
 - 자체 개발 칩 탑재는 단순 성능 향상에 그치지 않고, 차량 탑재 연산장치의 비용·전력·응답 시간을 Tesla가 직접 통제할 수 있게 만든 전환점
- 데이터-AI-칩-센서가 닫힌 고리로 서로 맞물려 개선 속도를 높이는 수직 통합 루프 형성
 - 개별 기술 요소 향상도 중요하지만 닫힌 고리 안에서 서로를 강화하는 운영 체계가 더 중요한 Tesla 경쟁우위의 핵심

□ 연산 칩 내재화를 토대로 카메라-only 인지 전략 본격화

- 자체 칩 탑재와 함께 '21년 레이더, '22년 초음파 센서까지 제거하며 카메라 비전 중심으로 전환
 - 충분히 통행 가능한 공간에서 레이더와 초음파 센서가 불필요한 경고 신호를 보내 자주 혼선을 빚는 것을 확인한 후 최종적으로 제거
 - 8대의 카메라와 칩의 고속 연산으로 차량 주위의 정밀 3차원 공간 지도를 구성, 인간 운전자보다 훨씬 더 정밀한 공간 정보 확보(그림 2.)

그림 2. Tesla의 다수 카메라 비전 기반 정밀 3차원 공간 지도 구성



*자료: teslahubs.com blog 게시물, "Modeling a Physical World without Lidar"

□ 차량 호출부터 주차까지 무인 자율주행 가능한 상용제품 구현

- Tesla는 사람의 개입 없이 차량 호출부터 주차까지 무인자율 주행이 가능한 상용 제품을 선보이며 경쟁사와 차별화되는 경쟁 우위를 구축
 - Waymo가 카메라뿐만 아니라 라이다, 레이더, 초음파 센서 등 수십개의 센서로 무장하고도 다양한 돌발상황에 매끄럽게 대처하지 못하는 것과는 달리, 높은 수준의 대처 능력을 선보임
 - Tesla의 AI 학습 기반 접근이 효과적인 것으로 입증되자 타 경쟁사도 뒤늦게 기존 Rule 기반 접근에 AI 학습 방식을 접목하는 방식으로 기술개발 전략을 수정

□ Tesla 여정의 그림자: 안전규제 및 칩 양산의 잠재 리스크

- Tesla의 AI 학습 기반 End-to-End 기술은 설명 가능성 측면에서, 그리고 카메라-only 전략은 카메라의 불완전한 시야 확보로 규제기관과 논란 이슈 발생
 - AI 신경망 기반 End-to-End 기술은 AI가 왜 그런 의사결정을 했는지 설명하기가 쉽지 않아 사고 발생 원인 파악과 개선 대책을 요구하는 규제기관으로부터 승인을 얻기가 쉽지 않은 단점
 - NHTSA(미국 도로교통안전국)는 '24.10월 Tesla FSD가 저가시성 환경(태양광, 눈부심, 안개, 카메라 결로)을 제대로 인식하지 못한다는 점에 대해 조사를 시작
 - 해당 조사는 320만 대 대상의 Engineering Analysis(EA26002)로 격상('26.3월), 통상 18개월 이내 조사결과를 발표하는데 리콜 결정시 Tesla에 상당한 타격 불가피
 - 9건의 사고(사망 1명·부상 1명 포함)와 시야 저하 사건 연관성 확인 — 카메라-only 하드웨어 결함으로 판단될 경우 SW 업데이트만으로는 해결 불가능할 전망

- 차세대 AI5 칩은 이미 2회 양산 지연, 자율주행 성능 혁신 시점이 늦춰질 가능성
 - 당초 일론 머스크는 AI5가 '25년 하반기 또는 '26년경 차량에 적용될 수 있다는 식으로 언급했지만, 현재 공개된 일정은 '27년 중반 양산, 하반기 차량 탑재

3. 사업분야 별 주요 경쟁사와의 경쟁 현황

3.1 무인택시: Tesla vs Waymo

Waymo가 미국 무인택시 시장의 실질적 선도 사업자로 자리를 굳혔으나, 양사가 채택한 기술과 사업 모델의 구조적 차이로 인해 시장 확장 단계에 진입하면서 경쟁 양상이 크게 달라질 전망이다. Waymo는 안전성과 규제 신뢰에서, Tesla는 원가와 확장 잠재력에서 각각 우위

□ Waymo는 단기적으로 우위를 유지하나 확장 비용 부담이 구조적 한계

- Waymo는 미국 10개 도시에서 3,800여대를 운영하며 누적 무인 2억 마일을 축적, 선도 사업자로 자리매김
 - Waymo 자체 안전 데이터 기준 인간 운전자 대비 중상·사망급 사고 92% 감소
 - Rule 기반과 End-to-End 하이브리드 전략으로 운행 의사결정에 대한 설명이 가능하고 이는 규제기관의 승인을 얻는데 유리한 구조
- 그러나 단위 차량당 자본 투입이 Tesla 대비 3~5 배 수준의 고비용인 것은 부담
 - 센서 및 컴퓨팅 부품 비용이 U\$3만~5만, 차량 단가 포함 시 U\$10만~U\$15만 수준
- 자율주행 운영을 위한 초정밀 3D 지도 사전 구축이 필수로, 신규 도시 진입 시 6~12개월의 사전 준비 기간 소요
 - Tokyo와 London 등 국제 도시 진출도 예고되어 있으나, 각 도시별 정밀지도 제작과 유지 보수 준비에 상당한 시간 소요

□ Tesla는 후발주자이나 카메라-only 기반 원가 및 확장성 우위로 추격

- Tesla Robotaxi는 Austin 포함, 4개 도시 500여대 운영 규모로 후발주자
 - 차량당 센서 및 컴퓨팅 부품 비용이 U\$1,000~1,500 수준으로 Waymo 대비 경쟁력

있는 원가 구조 구축

- Tesla Vision과 End-to-End AI가 도로 환경을 실시간으로 해석하기 때문에 초정밀 지도 구축 없이 신규 지역에서 즉시 운영 가능
- Cybercab(목표 차량 단가 U\$3만)을 '26.4월부터 양산 시작, '26~'27년 전용 차량 기반의 본격 무인택시 경제성 검증 단계 진입

□ Tesla는 현재 자율주행 친화적 입법 환경을 가진 Texas 중심으로 운행

- Tesla Robotaxi는 '25.8월 Texas Department of Licensing and Regulation(TDLR)으로부터 면허를 취득, 주 전역에서 운행 가능
 - Austin은 Texas주의 자율주행 친화적 입법 환경 덕분에 Tesla가 가장 빠르게 진입 가능했고, Dallas와 Houston은 후속 확장 단계로 이어짐
 - 반면 California는 Texas보다 엄격한 규제 체계로 인해 Bay Area에서는 무인 택시가 아닌 안전 운전자 동승 L2 운영에 머무르고 있음
 - 다른 주의 신규 도시 확장 시 주(州)별 규제 수용이 쉽지 않을 가능성 상존

3.2 완성차: Tesla vs Xpeng·BYD

Xpeng과 BYD는 글로벌 완성차사 중 Tesla처럼 자체 자율주행 알고리즘과 칩을 개발하는 길을 선택한 핵심 경쟁자. 현재는 학습 주행거리, 알고리즘 완성도, 칩 성능 면에서 Tesla와 격차가 있으나, 중국 정부의 전폭적 지원과 BYD의 대규모 차량 판매를 기반으로 빠르게 추격

□ 현재 격차: 학습 Data, 알고리즘 성숙도, 칩 성능 모두 Tesla가 우위

- 학습 Data: Tesla는 12년간 700만 대 fleet에서 누적 161억 km의 실주행 데이터 축적('26.5월 기준)
 - BYD는 '22년부터 누적 440만 대, Xpeng은 '20년부터 누적 100만 대로 fleet 규모와 학습 기간 모두 Tesla에 못 미침
- 알고리즘: Tesla는 FSD v12 이후 End-to-End 모델로 가장 먼저 전환 완료
 - Xpeng은 Tesla 전략을 추종하지만 아직 글로벌 권역 추가 검증이 필요한 단계, BYD는 Rule 기반과 End-to-End의 하이브리드 방식을 개발 중
- 칩 성능: Tesla AI5 칩(2,500 TOPS)이 Xpeng Turing 칩(750 TOPS) 대비

약 3배 격차

- TOPS(Tera Operations Per Second)는 칩의 초당 연산 처리 능력을 나타내는 지표

□ 중국 정부의 전폭적 지원과 BYD의 글로벌 No.1 자율주행차 판매량 기반으로 빠른 추격

- 중국 정부는 ICV(Intelligent Connected Vehicle) 도로 시범운행('23.11월), 최초 L3 양산 승인('25.12월)을 단계적으로 빠르게 추진하며 중국 자동차사에 우호적 규제 환경 지원
- BYD는 '25년에 자사가 판매한 차량 256만 대에 자율주행 시스템 God's Eye를 탑재하며 Tesla의 164만대를 추월하였고, 이를 기반으로 빠르게 Tesla의 학습 Data를 추격 중
- Xpeng은 Tesla 외에 자체 칩까지 포함한 스택 내재화를 시도하는 유일한 자동차사로 Tesla Vision과 유사한 카메라 비전 기반의 VLA 2.0을 개발('25년)하였고 핵심인 카메라 기반 3D 공간 인식 기술까지 구현

3.3 자율주행 플랫폼: Tesla vs NVIDIA·화웨이

Tesla가 타 자동차사에 플랫폼을 공급하지 않기 때문에 NVIDIA·화웨이와의 경쟁은 시장 점유율 경쟁이 아닌 '누가 더 우수한 자율주행 플랫폼을 개발하는가'에 대한 품질 경쟁. Tesla는 원가와 데이터·칩 최적화에서, 양 플랫폼 사업자는 안전규제 대응과 OEM 확산성에서 각각 우위

□ Tesla는 원가 경쟁력과 누적 학습 Data에서 경쟁 우위

- Tesla는 카메라-only 기반 원가 경쟁력에서 우위, 차량당 센서 및 컴퓨팅 부품 비용(US\$1,000~1,500)이 NVIDIA 및 화웨이 계열(US\$2,000~5,000) 대비 절반 이하 수준
- NVIDIA와 화웨이는 협력 OEM의 주행 데이터에 더해 AI 시뮬레이션(가상 운전 데이터)으로 학습량을 보완하는 전략, 이는 역설적으로 실제 도로 학습 데이터가 Tesla 대비 부족함을 시사
 - Tesla는 자사 차량 운행 Data를 통해 161억 km의 누적 학습 거리를 달성('26.5월)
 - 화웨이는 누적 적용 마일리지 약 72.8억 km('26.1월 기준)를 달성하였고 NVIDIA는

공개하고 있지 않지만 화웨이와 비슷한 수준일 것으로 추정

□ 안전 규제 대응은 NVIDIA와 화웨이가 우위

- Tesla의 End-to-End AI 학습 구조는 운전 의사결정의 '이유'를 논리적으로 설명하기 곤란해 안전규제 통과에 불리
 - 각국의 자율주행 안전 규정은 위험 상황이 발생했을 때 시스템이 왜 그런 판단을 했는지 설명할 수 있어야 하고 이러한 설명이 충분히 안전한지 검토한 후 승인
- NVIDIA와 화웨이는 Rule 기반과 End-to-End AI를 융합한 하이브리드 구조로 규제기관의 승인 절차에서 상대적으로 유리한 위치
 - Rule 기반은 차량이 무엇을 인식했고, 어떤 근거로 판단했으며, 위험 상황에서 어떤 안전장치가 작동했는지를 단계별로 설명하기 쉬워 규제기관의 승인 확보에 유리

4. 종합 전망 및 결론

4.1 주요 관전 Point

□ Tesla의 Black Box 이슈에 따른 안전규제 Risk

- Tesla는 End-to-End AI 학습 방식의 특성상 개별 사건에 대한 의사결정 '이유'를 설명하기 어려운 구조
- 대안으로 전 세계 700만대 차량 fleet에서 수집되는 대규모 실증 데이터로 인간 운전자 대비 안전성을 통계적으로 입증하는 전략 채택
- 네덜란드 RDW(도로교통부)는 1년 6개월간의 Tesla FSD 실증 테스트를 통해 Tesla FSD(Supervised) 운영을 승인('26.4월)
 - Tesla의 '실증 데이터로 안전을 증명한다'는 전략이 규제기관에서 수용된 첫 사례
 - EU 상호 인정 원칙을 통해 다른 회원국으로 확산될 가능성이 높고 Level 2~3 자율주행 규제 리스크를 해소하는 신호탄으로 작용 전망
- 다만 Level 4 무인택시는 운전자가 없는 차량 책임 100% 영역이라 규제기관이 운행 의사결정의 설명 가능성을 훨씬 더 엄격하게 요구

□ LiDAR 가격 인하와 AI5 칩 성능: Tesla 원가 우위의 향배

- 수천만 원에 달하던 LiDAR 가격이 최근 U\$200~ U\$300 수준으로 인하 — 중국 Hesai 자체 LiDAR 전용 칩 내재화와 공장 효율화를 통한 원가 절감
 - 차량당 LiDAR U\$200을 추가해도 비용 증가폭은 차량 가격의 1~2% 수준에 불과, Tesla의 카메라-only 원가 우위가 과거만큼 절대적이지 않음
 - LiDAR 진영은 안개·역광·야간·결로 등 카메라가 불리한 환경에서의 우위를 유지하기 때문에 LiDAR 융합 모델의 정당성이 상대적으로 강화
- Tesla는 기존 AI4 칩(약 500 TOPS)보다 5배 빠른 AI5 칩(2,000~2,500 TOPS)을 개발 완료('26.4월 최종 공시), '26년 말~'27년 양산 예정
 - FSD v15(추정 100억 파라미터, 현재 v14의 20~30억 파라미터 대비 3~5배)에 AI5를 결합할 경우 자율주행 성능의 급격한 도약 가능
 - 카메라만으로도 안전을 대폭 향상시켜 LiDAR 진영의 추격을 다시 따돌릴 수 있음

4.2 자율주행 사업별 전망

□ 무인택시: 단기 Waymo 우위, 중장기 양강 분할 구도 가능성

- '26~'27년 단기 구도: Waymo가 미국 무인택시 1위 위치를 유지하며 Tesla가 비용 우위를 앞세워 2위로 격차를 좁히는 기본 시나리오가 유력
- '27년 이후 중장기: Tesla가 Cybercab U\$3만 목표가 달성과 AI5 양산을 통해 경제성을 무기로 Waymo와 1위 다툼 예상
 - 다만 무인택시 단위경제성의 결정 요인은 '센서 비용'뿐만 아니라 보험 비용과 서비스 지역 별 규제 승인 확보도 중요
 - Waymo는 축적한 안전 Data를 기반으로 한 낮은 보험료와 안전 규제 승인 확보 용이성을 전략적 강점으로 Tesla와 경쟁을 준비
- 결국 Tesla가 취약한 설명 가능성을 극복하고 무인택시 규제 기관을 설득할 수 있느냐가 시장의 주요 이슈가 될 것

□ 완성 자동차: 기존 자동차사가 자율주행 플랫폼 기반으로 Tesla와 경쟁

- 현재 구도는 과거 애플과 구글의 스마트폰 경쟁 구도와 유사하게 전개
 - 안정적 iOS 기반 아이폰(Tesla)에 대응해, 구글(NVIDIA·화웨이)이 안드로이드(자율주행 플랫폼)를 휴대폰 제조사(완성차사)에 공급한 사례와 유사
- Tesla의 자율주행 품질 자체를 뛰어넘기는 어렵지만, 자동차사도 플랫폼을 활용한 시장 점유율 경쟁은 가능할 전망
 - 아이폰이 폰-iOS-Chip 통합 기반의 우월한 성능을 보였듯, NVIDIA·화웨이 플랫폼만으로 Tesla 수준의 자율주행을 구현하는 데는 한계
 - 그럼에도 안드로이드 폰들이 iPhone과 경쟁한 사례처럼, 자율주행 플랫폼 기반의 완성차사도 시장에서 일정 점유율을 확보 가능
- 자체 자율주행 플랫폼을 보유한 Xpeng과 BYD는 중국 및 신흥국 시장에서 가격 경쟁력을 무기로 Tesla 시장 점유율을 추월, 향후 유럽 및 미국 시장에서도 강력한 경쟁자로 부상할 전망

[참고자료]

[언론]

Reuters, '16.9.14., "Mobileye says Tesla was pushing the envelope in terms of safety"

Reuters, '16.9.15., "Tesla says Mobileye balked after learning carmaker to make own cameras"

The Verge, '16.10.19., "All new Tesla cars now have hardware for 'full self-driving capabilities'"

Wired, '16.10.20., "Tesla's Self-Driving Car Plan Seems Insane, But It Just Might Work"

Current Automotive, '21.2.24., "The Ultimate Guide to Tesla Autopilot"

Wired, '16.9.11., "Tesla's Self-Driving Software Gets a Major Update"

TechCrunch, '19.4.22., "'Anyone relying on lidar is doomed', Elon Musk says"

TechCrunch, '16.12.22., "Elon Musk says Tesla's vision neural net for Autopilot is 'now working well'"

TechCrunch, '19.4.22., "Tesla vaunts creation of 'the best chip in the world' for self-driving"

Wired, '19.4.22., "Tesla's New Chip Holds the Key to Full Self-Driving"

The Verge, '25.1.31., "Elon Musk admits Teslas will need new hardware for FSD"

Reuters, '25.8.7., "Tesla to streamline its AI chip design work, Musk says"

Tom's Hardware, '25.11.11., "Musk confirms Tesla AI5 and AI6 will be made at both Samsung and TSMC, reinforcing dual-foundry strategy"

ADAS & Autonomous Vehicle International, '26.1.26., "Motional to launch fully driverless Level 4 robotaxis in Las Vegas by end of 2026"

Counterpoint Research, '23.5.18., "Huawei ADS 2.0: A Promising New ADAS in Market"

Gasgoo, '26.1.21., "Huawei Qiankun Intelligent Driving: Moving another step forward"

The Wall Street Journal, '25.9.8., "Uber, China's Momenta to Start Testing Robotaxi Services in Munich"

디일렉, '26.1.26., "현대차, 자체 '아트리아AI' 접고 엔비디아 자율주행으로 재편 검토"

[홈페이지]

Wikipedia, "Tesla Autopilot hardware"

NVIDIA, '16.4.25., "End-to-End Learning for Self-Driving Cars"

Tesla, "Tesla Vision Update: Replacing Ultrasonic Sensors with Tesla Vision"

NVIDIA, '26.1.5., "NVIDIA Expands Global DRIVE Hyperion Ecosystem to Accelerate the Road to Full Autonomy"

NVIDIA, '26.1.5., "NVIDIA Announces Alpamayo Family of Open-Source AI Models and Tools to Accelerate Safe, Reasoning-Based Autonomous Vehicle Development"

Rev, '22.4.20., "Tesla Q1 Earnings Call 2022 Transcript"

Waymo Blog, '24.8.19., "Meet the 6th-generation Waymo Driver"

Waymo Blog, '24.10.30., "Introducing Waymo's Research on an End-to-End Multimodal Model for Autonomous Driving"

Motional News, '25.2.20., "Technical Speaking: Transitioning from Rule-Based to ML-Powered Motion Planning"

Momenta News, '21.3.19., "Momenta gains traction for its global strategy with \$500 million series C funding"

Momenta News, '24.4.26., "Momenta Announces New Autonomous Driving Solution Powered by NVIDIA DRIVE Orin, Commercializing Urban NOA on Scale"

Huawei, '24., "Intelligent Automotive Solution 2030"