

Special Report

테슬라 클라쓰

8편 Vision-GPT, 로봇시대로 가는 열쇠

SAMSUNG SECURITIES RESEARCH REPORT

▶ 리서치센터 EV/모빌리티팀



이 리포트를 읽어야 하는 이유

안녕하세요, 삼성증권 임은영, 강희진입니다.

고금리 압박과 Legacy 완성차 업체의 전기차 판매 부진으로, 전기차 수요 둔화에 대한 우려가 확대되고 있습니다. 여기에 2024년 말 미국 대통령 선거를 앞두고, 공화당 후보로 예상되는 트럼프의 지지율 상승으로 IRA 정책 불확실성도 커졌습니다.

그러나, 2024년 이후 고도화되는 자율주행 기술은 전기차의 두 번째 성장을 촉발할 전망입니다. 유럽, 미국, 일본 등 선진국의 ADAS 의무 장착도 자율주행 기술 발전을 뒷받침하고 있습니다. 자율주행 기술과 전기차는 1)전기차의 높은 에너지 효율성, 2)전기/전자 아키텍처 통합의 편리성, 3)전기차 수익성 향상에 대한 필요성으로 인해 불가분의 관계입니다.

지난 7월 테슬라 FSD AI 학습에 Dojo가 적용되기 시작했다는 트윗, 9월 자율주행 12버전 테스트 데모 영상, 10월 옵티머스 영상은 비전 AI 모델의 상용화가 다가오고 있음을 보여주었습니다. 먼저, FSD 상용화는 1) 테슬라 수익성 향상, 2) 이연매출 일시에 인식, 3) 라이선싱 가능성으로 테슬라 주가에 큰 모멘텀을 제공할 전망입니다.

우리가 더 높게 평가하는 부분은 자율주행 칩을 포함한 FSD보단 비전AI 모델에 대한 라이선싱 또는 구독 모델입니다. 물리 법칙이 지배하는 세상을 사람처럼 보고, 이해할 수 있는 기술은 자율주행뿐 아니라, 보안, 이제 시장이 개화되고 있는 로봇에 필수적인 기술이 될 전망입니다. 지금까지의 로봇은 정해진 범위에서 정해진 동작을 수행하는 기계 장치였으나, 테슬라의 비전AI 모델이 결합되면 세상을 이해하고 더 다양한 일을 수행할 수 있는 가치 있는 제품이 될 것입니다. 2023년 초 Chat-GPT가 암울했던 증시에 AI 열풍을 가져온 것처럼, 2024년에는 테슬라의 Vision-GPT가 암담해진 증시에 희망을 줄 것으로 예상됩니다.

2019년 3월 애플은 콘텐츠 비즈니스를 강조하기 시작하면서, 하드웨어 기업에서 소프트웨어 기업으로 비즈니스 모델이 재정의 되기 시작했습니다. 그후 글로벌 팬데믹 위기에도 애플의 기업가치는 2년간 3.4배 상승하여, 글로벌 1위 시총 지위에 등극, 지금까지 유지하고 있습니다. 테슬라의 FSD 상용화 이후, 향후 2년간 펼쳐질 주가 랠리가 기대됩니다.

다만 2024년 1월에 있을 4분기 실적 발표에서 발표될 2024년 판매 가이드نس가 시장의 기대치(230만 대/+30%YoY)를 하회할 가능성이 있습니다. 향후 3개월간 리스크 관리 구간이 지나면, 어느새 소프트웨어 기업으로의 변곡점이 기다리고 있을 것입니다.

REPORT

CONTENTS

01 자율주행, 전기차의 구원투수 4p

- 1) 전기차 수요둔화 우려
- 2) 자율주행기술 고도화, 전기차 수요 두 번째 트리거

02 물리세계의 첫 번째 AI: FSD 11p

- 1) 왜 일론머스크는 비전을 고집하는가?
- 2) 테슬라 비전인식 프로세서 발전과정
- 3) Dojo, 경로결정 4요소의 완성
- 4) FSD의 가치 추정
- 5) Legacy 완성차 업체, 구독모델의 한계
- 6) Robo-taxi를 기대하지 않는 이유
- 7) 자율주행 기술 고도화, 선진국 노령화의 최대 수혜

03 물리세계의 AI 2: 옵티머스 32p

- 1) UAW 파업 중에 업데이트 된 옵티머스
- 2) 옵티머스 상용화 효과
- 3) 향후 로봇의 수요는 얼마나 될까?
- 4) 테슬라 기업가치, 10조 달러 가능성
- 5) 리스크 요인, 고금리로 2024년 실적 둔화 가능성.

04 Appendix. 테슬라의 비전 파운데이션 모델 44p

- 1) 자율주행과 로봇틱스의 기초모델
- 2) 범용 세계 모델에 대해 배우기(Learning a General World Model)
- 3) Q&A

전기차, 자율주행의 필요조건

자율주행, 전기차의 구원투수

전기차 수요둔화 우려

글로벌 Legacy 업체의 판매부진, 테슬라의 실적부진으로 글로벌 전기차 수요둔화에 대한 우려가 커지고 있다. 1H23에 BYD와 테슬라는 가격인하로 전기차 수요를 견인하였으나, Legacy업체는 글로벌 수요 성장률을 하회하였다. GM은 셀 모듈 조립라인에서 병목현상을 겪고 있으며, VW은 독일 전기차공장 가동률을 낮춘 상황이다. 현대차그룹도 유럽에서 판매 감소(-6%YoY)를 기록하였고, 전기차 판매계획 조정 가능성이 보도되었다. 8월YTD 기준 한국전기차 수요는 67,654대로 -5.7%YoY를 기록, 주요시장 중 유일하게 감소세를 기록 중이다. 또한 테슬라는 3Q23에 실적소크를 기록하면서, 고금리가 누적되면서 전기차 판매 성장 리스크가 커졌다고 지적하였다.

여기에 2024년 말에 있을 미국 대통령선거의 불확실성도 있다. 공화당이 승리할 경우, IRA로 대변되는 그린 정책이 후퇴할 가능성이 있다.

표 1. 글로벌 전기차 Top10

기업명	2022년			1H23		
	판매 (천 대)	M/S	YoY (%)	판매 (천 대)	M/S	YoY (%)
1 BYD	1,858	16.5	210.8	1,250	20.7	94.9
2 Tesla	1,314	11.7	40.4	889	14.7	57.2
3 VW	839	7.5	9.9	432	7.2	29.1
4 Stellantis	512	4.6	34.2	317	5.3	25.9
5 GM	585	5.2	13.2	269	4.5	1.8
6 HMG	498	4.4	42.8	263	4.4	3.6
7 BMW	433	3.9	31.6	250	4.1	34.5
8 벤츠	337	3.0	19.7	206	3.4	42.7
8 길리자동차	351	3.1	251.4	193	3.2	66.5
10 R-N-M 연합	336	3.0	16.1	171	2.8	20.1
기타	4,174	37.1		1,802	29.9	
합계	11,237	100.0	147.2	6,028	100.0	39.1

자료: EV-Volumes, 삼성증권

자율주행기술 고도화, 전기차 수요 두 번째 트리거

그러나 2024년 하반기 이후 고도화되는 자율주행 기술은 전기차의 두 번째 성장을 촉발할 전망이다. 벤츠는 2023년 초 독일에서 고속도로 Level3 자율주행을 출시하였고, 9월들어 미국 뉴욕과 캘리포니아에 출시하였다. 벤츠의 자율주행은 고정밀지도가 필요하여, 주요 도시에 확산되는 시점은 2025년으로 예상된다. 일론머스크는 2023년 말 또는 2024년 초에 FSD(Full Self Driving Capability) 상용화를 공언하고 있다. 도조의 증설 로드맵을 감안할 때 FSD 12버전의 상용화는 2024년 하반기로 예상된다. 현대차그룹도 2024년에 EV9와 아이오닉 7을 시작으로 고속도로 Level 3를 출시할 계획이다. 현대차그룹은 벤츠와 동일하게 고정밀 지도가 필요하여, 한국의 대도시에 국한하여 활용이 가능할 전망이다.

Level 3부터는 시스템이 운전과 제어의 주체가 되기 때문에, 자율주행 모드에서 사고가 발생하면 시스템을 제공한 업체가 책임을 진다. 자동차 주행의 리스크와 법적 책임을 지는 주체가 운전자에서 시스템으로 변화한다는 측면에서 큰 패러다임의 변화이다. 이에 따라 리스크를 지고 Level 3를 출시할 수 있는 업체와 그렇지 않은 업체 간에는 큰 격차가 예상된다. 한편, FSD의 경우에는 법적책임을 지지 않지만, 고속도로뿐 아니라 시내자율주행 기능을 포함하고 있어 소비자의 효용성 측면에서 뛰어나다.

표 2. 자율주행 단계

단계	특성	주행 책임	예시
Level 0	자율주행 기능 없음	인간/시스템은 보조	사각지대 경고
Level 1	가/감속 등 자동화 기능 운전 보조		차선 유지 또는 크루즈
Level 2	2가지 이상 자동화 기능 동시 작동		차선 유지 및 크루즈
Level 3	특정 상황에서 운전자 개입 필요	시스템	고속도로, 도심 자율주행
Level 4	특정 지역에서 자율주행		지역(Local) 무인택시
Level 5	모든 지역, 모든 상황에서 자율주행		운전자 없는 완전자율주행

자료: 미국자동차공학회, 삼성증권

유럽, 미국, 일본 등 주요 선진국은 신차에 ADAS 장착을 법제화를 통해 자율주행 기술 고도화를 뒷받침 하고 있다. 과거 신기술 장착 법제화는 교통사고 발생 시, 운전자와 승객의 피해를 줄이기 위한 소극적인 것이었다. 이제는 기술 발달과 함께 교통사고를 방지하는 방향으로 규제가 강화되고 있다.

가장 적극적인 유럽은 2024년 7월 이후 모든 신차에 지능형 속도 보조 장치(intelligent speed assistance), 카메라 또는 센서가 있는 후진 보조장치(reversing detection with camera or sensors), 운전자 졸음 및 운전자 상태 경고 시스템, 비상 제동과 같은 이벤트 데이터 기록 기능 탑재가 의무화된다. 추가로 승용차와 밴에는 차선 유지 시스템과 자동 브레이크 장치 탑재가 의무화되고, 버스와 트럭에는 사각지대 감지, 보행자와 자전거 충돌 방지 시스템, 타이어 압력 모니터링 시스템 탑재가 의무화된다.

2017년 스웨덴에서 발표된 고도화된 ADAS 탑재로, 2050년까지 심각한 교통사고를 제로로 만들겠다는 'Vision Zero'의 목표는 이제 유럽 전체의 목표가 되었다. 유럽은 2024년부터 의무화되는 여러 ADAS 탑재를 통해 2038년까지 최소 14만 명의 교통사고 사망 또는 심각한 상해를 방지할 수 있다고 전망하고 있다. 또한 교통사고는 95%가 인간의 실수라는 연구결과를 바탕으로, 자율주행 Level3와 Level4 기술에 대한 허용과 법제화를 서두르고 있다.

미국은 2012년 ESC 탑재 의무화, 2018년 후방카메라 탑재 의무화에 이어, 2028년 자동 긴급제동 장치(AEB), 보행자 보호를 위한 자동 긴급제동 장치(PAEB) 탑재를 의무화할 예정이다. 한편, 2015년 이후 NCAP(New Car Assessment Program)의 안전 등급 평가에 AEB, 전방충돌경보, 사각지대 감지가 포함되면서, 2022년 기준 신차의 90%가 이를 채택한 상황이다. 이처럼 ADAS는 의무화에 앞서, 신차평가에 포함되면서 필수 기술이 되고 있다.

세계에서 고령화가 가장 빨리 진행된 일본에서는 75세 이상 고령자에게 실차로 운전면허 갱신 시험을 실시해 왔으나, 2022년 5월 서포트 카 제도를 도입하였다. 충돌 피해 경감 브레이크(AEBS)와 페달 조작 오류 급발진 억제 장치를 탑재한 서포트 카를 구입할 경우에는 연령에 제한없이 운전면허를 갱신해 준다. 이러한 일본의 사례는 고도화된 자율주행 기술이 운전 가능 연령을 연장시켜 줄 것이라는 예상을 하게 한다.

그림 1. 유럽 ADAS 장착 의무화

General safety rules

As of today, the new measures introducing safety features to assist the driver include:

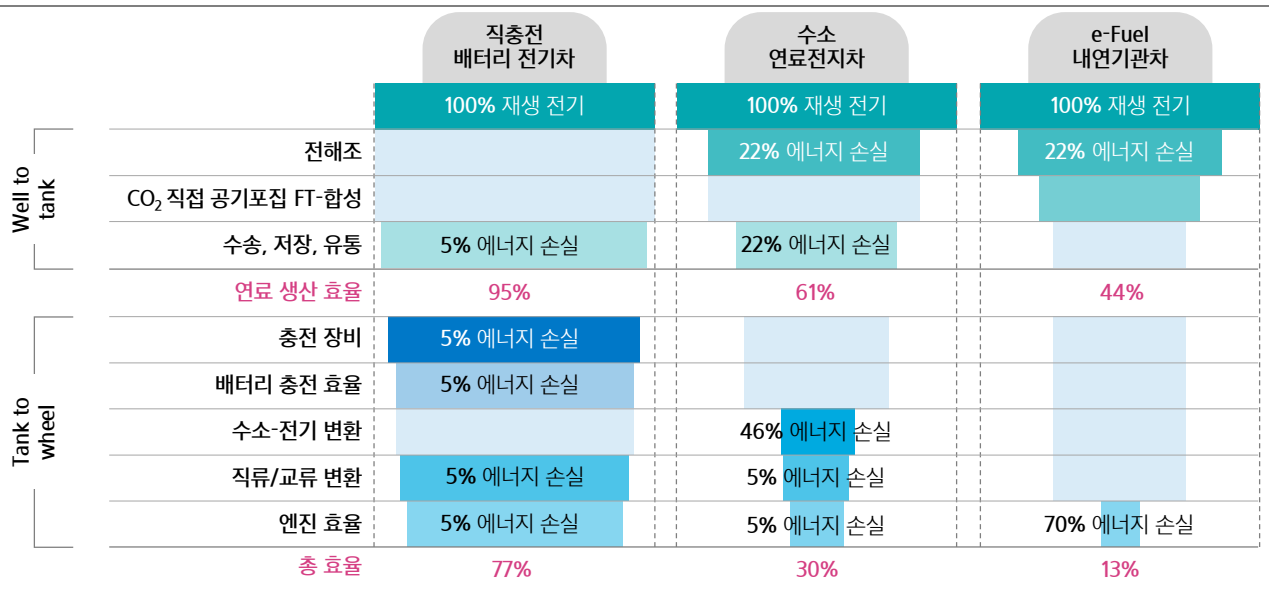
- **For all road vehicles** (i.e. cars, vans, trucks and buses): intelligent speed assistance, reversing detection with camera or sensors, attention warning in case of driver drowsiness or distraction, event data recorders as well as an emergency stop signal;
- **For cars and vans:** Additional features such as lane keeping systems and automated braking;
- **For buses and trucks:** technologies for better recognising possible blind spots, warnings to prevent collisions with pedestrians or cyclists and tyre pressure monitoring systems.

The rules will first apply to new vehicle types from today onwards and to all new vehicles from 7 July 2024. Some of the new measures will be expanded to cover different kinds of road vehicles until 2029.

자료: EU, 삼성증권

자율주행 기술고도화를 위해서는 전기차가 필수조건이다. 첫째, 자율주행을 위해 필요한 비전, 라이더 등 여러가지 센서와 자율주행 AI 칩은 전기에너지가 필요하다. 이에 따라 전기에너지를 많이 사용할 수 있고, 에너지 효율이 가장 높은 전기차가 적합하다. Level2에 장착된 칩의 경우 전력소비가 10~30W에 불과하지만, Level3 SoC의 경우 100~2,000W가 된다. GM의 Level 4 크루즈 Robo-taxi의 경우, 자율주행 칩 연산에 3~4Kwh의 전력소비가 필요하다. Lidar는 13~25W의 전력을 소비하며, 크루즈에는 5개의 라이더가 장착되어 있다. 센서와 SoC 연산에 평균 70Kwh 배터리 용량의 4~5%가 소요된다.

그림 2. 대체연료별 에너지 효율 비교 (2018)



자료: World Bank, IEA, DOE, T&E, 삼성증권

둘째, 시스템이 1초 이내 상황을 판단하고, 차량을 제어하기 위해서는 차량의 전기/전자 아키텍처가 통합되어야 하는데, 이제 시장이 형성되고 있는 전기차가 훨씬 유리하다. 내연기관차의 아키텍처는 기능별로 60개~100개의 ECU와 200여개의 MCU, IC(집적 회로)가 있으며, ECU는 대부분 Tier-1 시스템 부품사가 설계한다. 완성차는 전장 부품이나 시스템이 제대로 작동하는지 여부만 검증하여 차량에 장착한다. 이에 따라 전장부품에 품질 문제가 생길 경우, 담당 부품사가 해결하는 경우가 많다. 100년의 시간을 거치며 고착화된 내연기관차 아키텍처를 자율주행을 위해 변화시킨다는 것은 매우 어려운 일이다. 실제 Ford CEO Jim Farley는 언론 인터뷰에서, ECU 설계를 수많은 부품사에 의존해오면서, SDV(Software Defined Vehicle) 구현을 위한 아키텍처 전환이 불가능에 가깝다고 발언하였다.

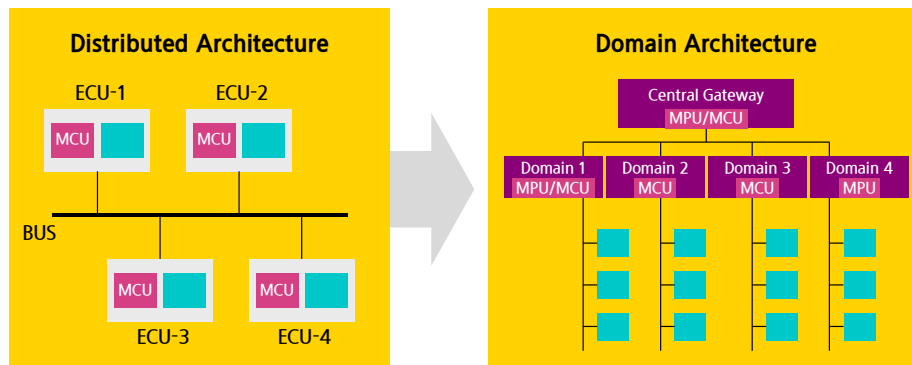
전기차로 전환되면서 자율주행 시스템 통합 및 제어의 주체는 완성차로 변화되었다. 전장부품사의 ECU 설계 로직은 완성차가 제시하는 OS에 맞추어야 하며, 업데이트가 가능한지 검증을 거쳐 장착된다.

현재는 자율주행, ADAS, 바디, 인포테인먼트의 3개~4개 기능 집중형(Domain Centralized) 또는 구역 집중형(Zonal Centralized) 통합제어가 추진되고 있으며, 향후에는 차량 전체가 1개의 스택으로 제어될 것으로 예상되고 있다.

기능 집중형(Domain Centralized) 통합제어는 소프트웨어 중심의 아키텍처로, OTA 컨트롤과 소프트웨어 업그레이드가 용이하고, 사용자 편의 제공에 효율적이다. 구역 집중형(Zonal Centralized) 통합 제어는 회로 구성을 단순화하고, 회로 길이를 축소할 수 있다. 데이터 축적과 활용이 용이하고, 하드웨어 업그레이드가 용이하다.

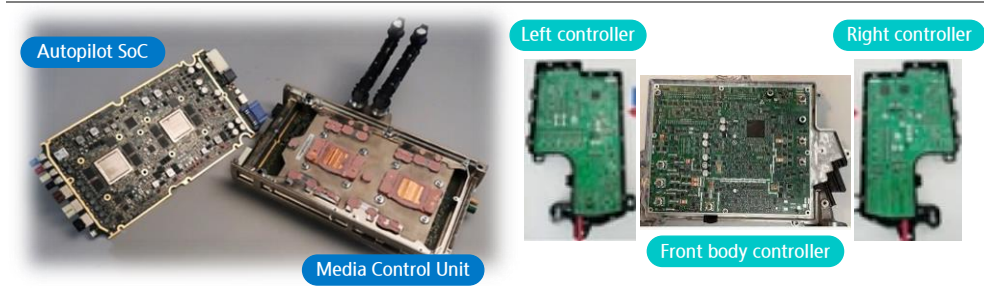
통합제어 아키텍처를 가장 먼저 적용한 테슬라는 바디(편의 기능) 제어에 구역 집중형을, 인포테인먼트와 자율주행에는 기능 집중형 통합제어 아키텍처를 적용하고 있다. VW, 현대차, GM, Ford 등은 기능집중형 통합제어를 추진하고 있으며, 향후 바디제어는 구역 집중형 통합제어로 변화가 예상된다.

그림 3. 도메인 아키텍처: 복잡한 MCU 체제가 도메인(공통 기능)으로 통합



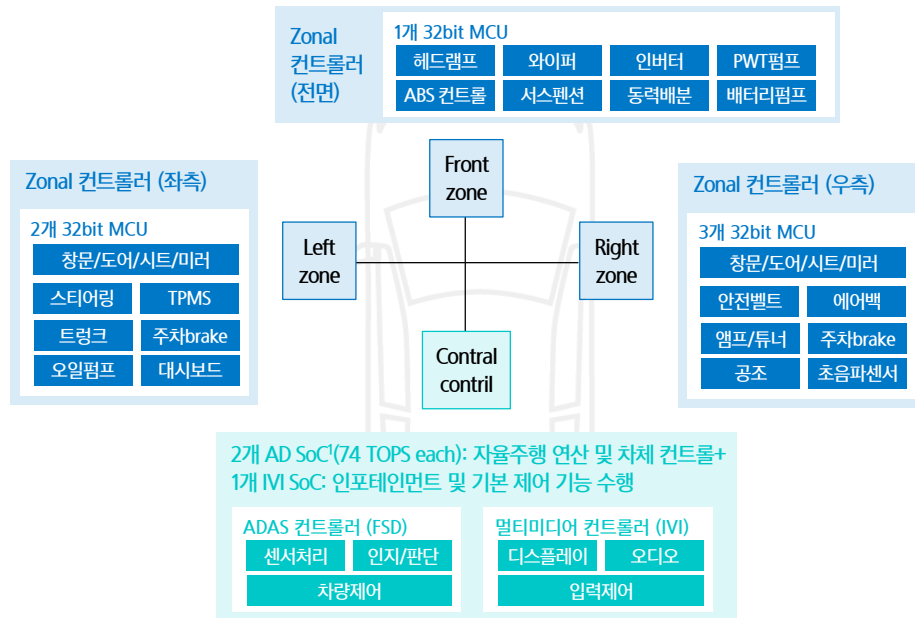
자료: ST Micro, 삼성증권

그림 4. 테슬라: Autopilot SoC / Media Control Unit / Body controllers



자료: Tesla, 구글 이미지, 삼성증권

그림 5. 테슬라 모델 3 아키텍처: Zonal Control(편의)과 Domain Control (인포테인먼트, 자율주행)



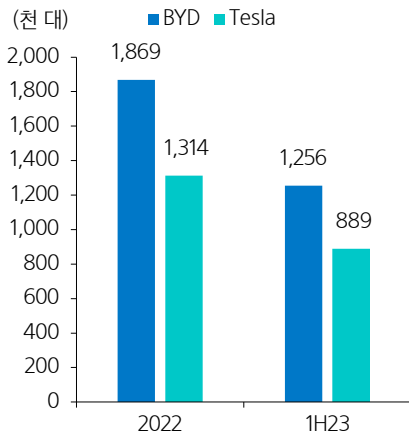
자료: BCG, 삼성증권

셋째, 전기로 가는 차는 돈을 벌지 못한다. 완성차관점에서 비용과 리스크를 지고 자율주행 기술을 고도화해야 하는 이유는 수익성 때문이다. 전기차 판매 대수가 완성차의 기업가치를 올려주는 시기는 이제 지났다.

글로벌 전기차 판매 1위 업체인 BYD는 2022년 186만 대(+152%YoY) 판매, 2023년 3백만 대(+60%YoY) 판매를 목표로 하고 있다. 중국의 제조 인건비는 시간당 7달러에 불과하며, BYD는 배터리, 전력 반도체, 공조 등 소프트웨어 기술을 제외하고는 핵심 기술이 내재화되어 있다. 그럼에도 영업이익률은 5%로, 코로나19 이전 Legacy 업체의 평균 수익성을 기록 중이다. 주가도 2022년 초 워런 버핏이 지분을 축소하기 시작하면서 하락하며, 고점 대비 20% 이상 낮은 수준을 기록 중이다.

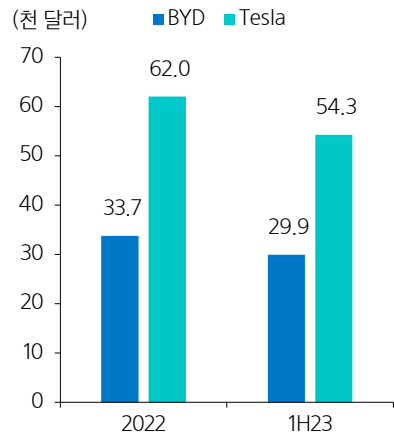
Ford의 경우 2023년까지 전기차 60만 대 생산 체제를 달성하겠다는 목표를 2024년으로 이연시켰고, 2023년 전기차 EBIT 예상 적자 규모도 35억 달러에서 45억 달러로 확대되었다. 2026년 전기차 EBIT 목표는 8%로 유지하고 있으나, 달성 여부는 불투명하다.

그림 6. BYD vs Tesla: 판매 대수



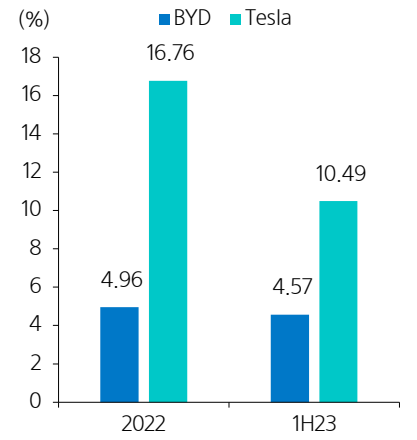
자료: 각 사, 삼성증권

그림 7. BYD vs Tesla: ASP



자료: 각 사, 삼성증권

그림 8. BYD vs Tesla: 영업이익률

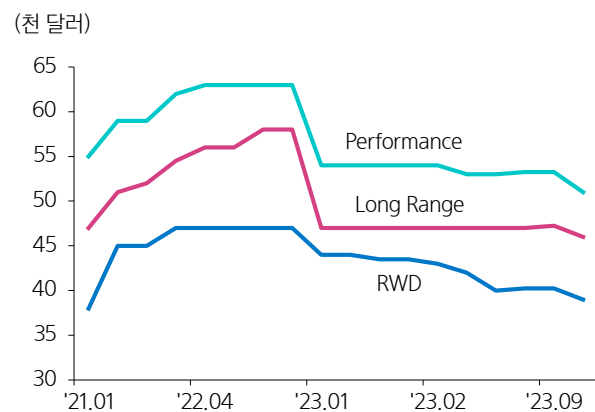


자료: 각 사, 삼성증권

내연기관차가 Cash Cow 역할을 할 수 있는 시간도 얼마 남지 않았다. 10/5일에 테슬라는 미국시장에서 모델3, 모델 Y 가격을 평균 4% 인하하였다. 2022년 8월 고점에서 5번째 인화로, 고점대비 모델3는 평균 -19%, 모델Y는 평균 -25% 인하하였다. 모델3 저가모델은 38,990달러, 모델Y 저가모델은 43,990달러로, IRA 보조금 7,500달러를 감안하면, 내연기관차에 위협적이다. 모델3의 저가모델(보조금 포함 31,490달러)은 토요타 캠리 하이브리드(28,355달러), 모델Y의 저가모델(보조금 포함 36,490달러)은 토요타 RAV4 하이브리드 가격(32,825달러)과 10% 차이이다.

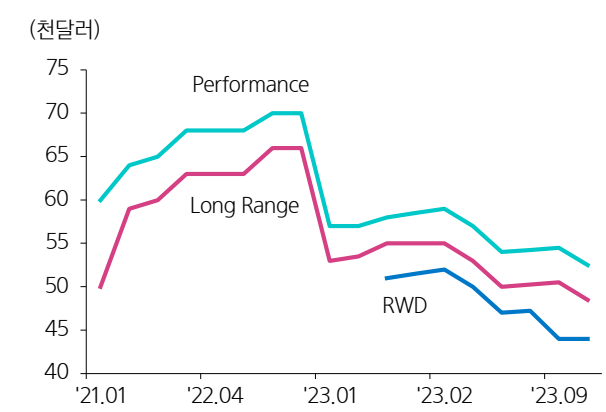
반면, FSD와 Level3 자율주행의 옵션가격은 7천달러~1.2만 달러로 Level 2 ADAS 대비 3배~4배 높다. 모든 기술이 내재화되어 있는 테슬라가 아니어도, 최소 30%이상의 OPM이 추정된다. 전기차는 저가에 많이 팔아서 주행 데이터, 이동 동선, 주행조건에 따른 배터리 성능 변화 등 데이터를 축적하고, 수익성은 자율주행 기술 고도화로 높여야 한다.

그림 9. 테슬라 모델3: 미국시장 가격 추이



자료: 테슬라, 삼성증권

그림 10. 테슬라 모델Y: 미국시장 가격 추이



자료: 테슬라, 삼성증권

표 3. 자율주행 Level2 / Level 3 가격

OEM	모델	품목	옵션 종류	사양	가격 (천원)	가격 (USD)
Level 2 ADAS						
HMC	Genesis	드라이빙 어시스턴트 패키지 I	one-shot	서라운드 뷰 모니터, 증강현실 내비게이션, 후측방 모니터, 원격 스마트 주차 보조, 후방 주차 충돌방지 보조	1,800	\$1,385
		드라이빙 어시스턴트 패키지 II	one-shot	고속도로주행보조, 스마트크루즈컨트롤, 전방 충돌방지 보조, 앞좌석 프리액티브 시트벨트"	1,500	\$1,154
Tesla		Enhanced Autopilot (EAP)	one-shot	Basic Autopilot 대비 향상된 기능 자동차선변경 기능, 자율주차, smart summon	7,800	\$6,000
			구독		129/월	\$99.0 /월
Level2+ / Level 3 자율주행						
Kia	EV9	패키지옵션의 HDP	one-shot	고속도로 부분 자율주행, 옵션가격은 7,5백만원이나, Level 2 ADAS를 포함 (가격 1,5백만원)한 최고급 사양에서만 선택가능	9,000	\$6,923
Benz	EQS	Driving Pilot	one-shot	고속도로 부분자율주행, Level2 ADAS(\$2,600)를 같이 구매해야 함	10,270	\$7,900
	S class	Driving Pilot	one-shot	고속도로 부분자율주행, Level2 ADAS(\$2,600)를 같이 구매해야 함	6,890	\$5,300
Tesla		FSD	one-shot	도심 자율주행	15,600	\$12,000
			구독		259/월	\$199.00 /월

자료: 각 사, 삼성증권

자율주행, 선진국 노후화의 최대 수혜 주 물리세계의 첫 번째 AI: FSD

왜 일론머스크는 비전을 고집하는가?

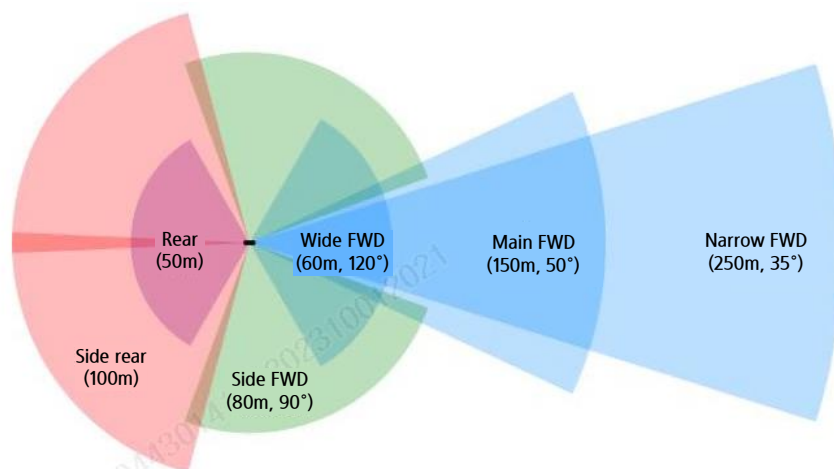
지난 7월 테슬라 FSD AI 학습에 Dojo가 적용되기 시작했다는 트윗과 9월 자율주행 12버전 테스트 데모 영상은 FSD 상용화가 임박했음을 보여주고 있다. 테슬라는 FSD 상용화로 1)수익성 향상, 2)사업모델 확장, 3)주가 상승의 3가지 효과가 예상된다.

자율주행은 인지-판단(경로 결정)-제어의 순서로 이루어진다. 먼저 인지 부분에서 테슬라는 비전센서, 즉 카메라만 고집한다. 비전 센서는 비, 눈, 안개와 같은 악천후에 약하고 거리측정을 할 수 없다는 약점이 있다. 이러한 단점을 지적하며, Waymo, Legacy완성차 업체는 비전과 라이다, 레이더를 모두 활용한 센서 퓨전과, 고정밀 지도를 사용한다.

2016년 모델 S에는 비전 외에 12개의 초음파 센서, 악천후에 거리를 가늠할 수 있는 전방레이더를 장착하기도 했으나, 2021년 반도체 칩 부족을 계기로 레이더를 제거하였다. 레이더는 3D 이미징 레이더로 발전되면서 다시 장착될 가능성이 있으나, 프리미엄 모델인 모델S와 모델X에 제한될 것으로 보인다. 라이다는 가격이 하락하면 사용할 것이라는 기대가 있으나, 가능성이 매우 낮아 보인다.

9월 12일에 전 세계 32개국에 동시 출판된 일론 머스크 전기에는 여러가지 흥미로운 이야기가 실려 있는데, 그중에 자율주행차의 비전센서에 대한 부분도 있다. 일론머스크는 인간이 시각 데이터만으로 운전 하므로, 기계도 그렇게 할 수 있어야 한다고 반대하는 엔지니어들을 강하게 몰아 부친다. 일론머스크의 제품 설계는 항상 대량생산을 전제로 하기 때문에 단순화와 원가절감이 가장 큰 명제임을 보여주는 대목이다.

그림 11. 테슬라 비전센서

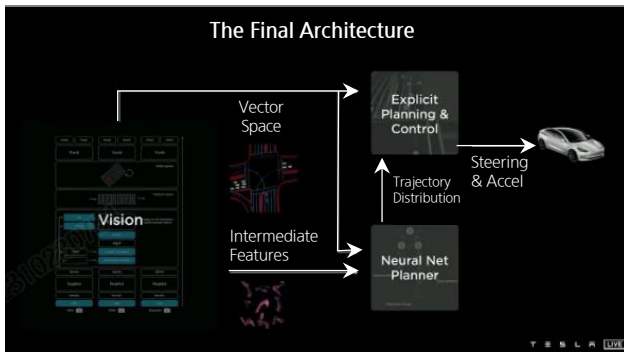


자료: 테슬라, 삼성증권

원가절감 목적을 넘어, 테슬라는 비전에 특화된 AI 기술을 발전시켜 가고 있다. 테슬라의 비전기술을 강조하는 이유는 비전 AI 인프라(HydraNets)을 통해 세상을 이해하고, 이를 기반으로 전기차와 로봇이 움직이기 때문이다.

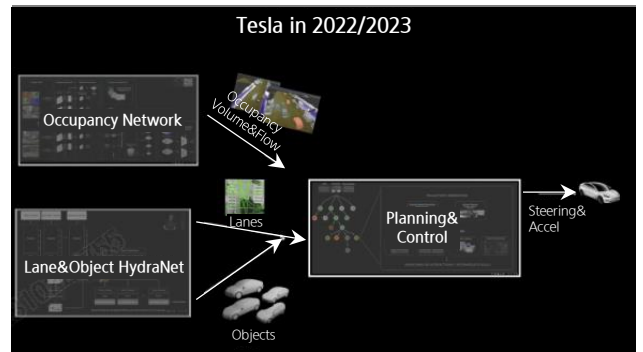
테슬라의 비전AI 모델은 2021년 HydraNets → 2022년 3D 인식방법인 Occupancy Network와 차선 인식방법이 변경된 HydraNets 2.0으로 발전되었다. 이에 맞추어 자율주행 경로 결정(Planning) 방법도 2021년 신경망을 통한 몬테카를로 시뮬레이션 → 2022년 몬테카를로 트리 서치로 발전되었다. 도로상의 객체에 대한 인식방법인 정교해지면서, 주행경로 결정도 더 정교해졌다.

그림 12. 2021년: 테슬라 자율주행 아키텍처



자료: 테슬라,

그림 13. 2022년: 테슬라 자율주행 아키텍처

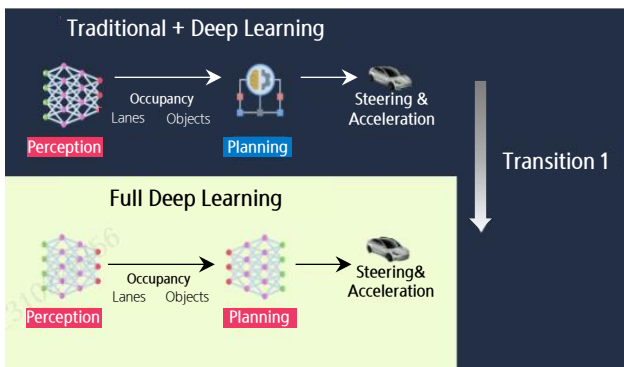


자료: 테슬라, Think Autonomous

2023년 하반기에는 인식과 경로결정이 하나의 스택으로 통합된 End-to-End Network로 발전되었다. 인식된 주행환경에 따라 순차적으로 발생가능한 개별 신경망을 조정하는 방식에서, 전체 집합체로 학습하고, 조정하고 융합하는 과정으로 변화된 것이다. 쉽게 표현하면, 수많은 영상이 입력되면, AI 스스로 학습하고, 알고리즘을 생성하고 판단하는 것이다. End-to-End 개발 방식은 과정마다 별도의 후처리가 필요 없고, 판단에 0.01초 이내에 판단이 가능한 빠른 속도가 장점이다.

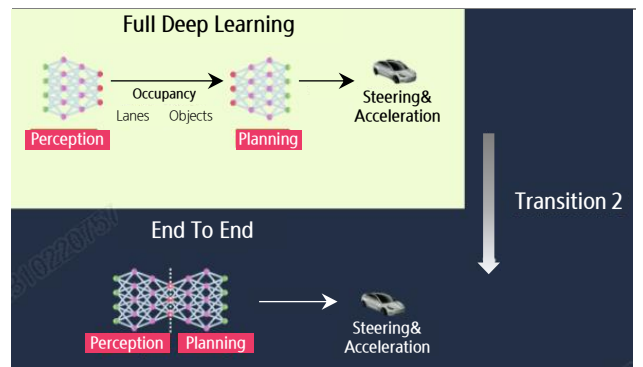
약점은 수많은 영상학습을 위해 대규모 슈퍼컴퓨터가 필요하여 막대한 비용이 소모된다는 점이다. 일례로 Chat-GPT의 경우, 하루 운영비용이 70만 달러가 소요된다. 테슬라는 End-to-End 스택 고도화를 위해 학습용 슈퍼컴퓨터인 Dojo를 개발하였고, 지난 7월부터 설치하기 시작했다. 2024년 말에 도조는 전 세계에서 가장 큰 규모로 확대될 계획이다. 테슬라는 슈퍼컴퓨터 규모 확장에 따라 3분기부터 Capex (24.6억 달러, +19%QoQ/+36%YoY)가 급증하기 시작했다.

그림 14. 2022년: 인식과 경로결정이 각각의 AI 집합체



자료: Think Autonomous

그림 15. 2023년 End-to-End Network: 하나의 스택



자료: Think Autonomous

테슬라, 비전인식 프로세서 발전 과정

테슬라의 비전시 모델은 자체 자율주행과 로봇에 적용되는 것을 넘어, 향후 라이선싱 또는 구독 모델로 발전할 가능성이 높다. 테슬라의 비전시 모델은 전기차나 로봇이 이해할 수 있도록, 실제 세계를 가상 세계로 변환하는 과정을 포함하고 있다. 이 세상을 비싼 센서와 센서 퓨전이 아닌, 저렴한 카메라를 통해 사람처럼 인식한다는 것은 엄청난 가치이다.

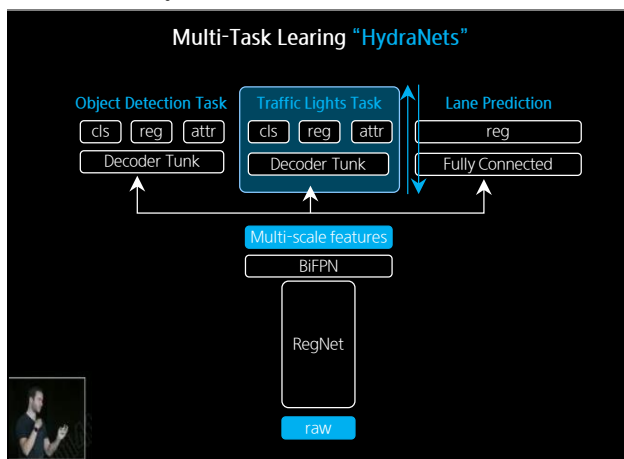
테슬라는 비전 센서의 약천후에 약하다는 약점을 보완하기 위해 사이버트럭 부터는 카메라 화소를 1.2백만→ 5백만으로 상향할 예정이다. 비전센서의 거리측정과 인지능력 고도화는 대용량의 데이터와 HydraNet이라는 비전 데이터 처리 신경망을 통해 이루어지고 있다.

2021년 테슬라는 AI Day를 통해 비전인식 프로세스에 대해 공개하였다. 테슬라의 비전 인식 프로세스는 8개 카메라를 통해 취합된 데이터를 3D 공간과 방향이 있는 벡터스페이스로 변형하는 것을 기본으로 한다. 비전을 통해 인간처럼 사물 인식이 가능한 이유는 대량의 데이터를 통한 학습 때문이다. 테슬라의 자체 자율주행 칩 Hardware 3.0을 장착한 차는 약 3백만 대로, 하루 1,600억 프레임의 비디오가 수신되고 있다.

카메라로 들어오는 이미지를 잘 이해하고, 처리하기 위해 각 카메라에는 ‘HydraNets’이라는 인공지능망이 포함되어 있다. HydraNets은 입력된 데이터를 크게 분류하는 백본 위에 48개의 작은 신경망이 올라가 있는 구조이다. 자율주행을 위해서는 도로, 차량, 신호 등 인식해야 하는 객체가 많은데, 객체마다 신경망을 만드는 것은 비효율적으로, 각 신경망이 백본을 공유하는 형태이다. 카메라를 통하여 입력된 이미지를 백본에서 분류하면, 헤드의 각 신경망들이 이를 구체적으로 분할하여 주변환경을 인식하게 된다.

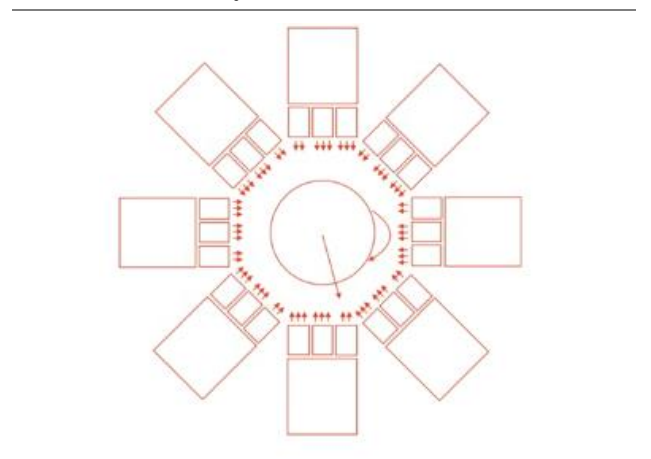
디테일하게 살펴보면, 카메라를 통해 들어온 Raw 이미지는 RegNet에서 특정정보를 가진 작은 타일형태 이미지로 추출된다. 추출된 이미지는 BiFPN(Bi-directional Feature Pyramid)으로 전달되어, 여러 장의 피라미드 이미지를 형성하고, 멀티 스케일의 특징 정보를 처리한다. 여러 스케일의 정보가 필요한 이유는 낮은 스케일에서는 이미지의 자세한 정보를 추출할 수 있고, 높은 스케일에서는 넓은 시야각의 이미지를 처리할 수 있어, 전체 내용을 맥락에서 판단할 수 있게 된다.

그림 16. Tesla: Hydranets 구조



자료: 테슬라

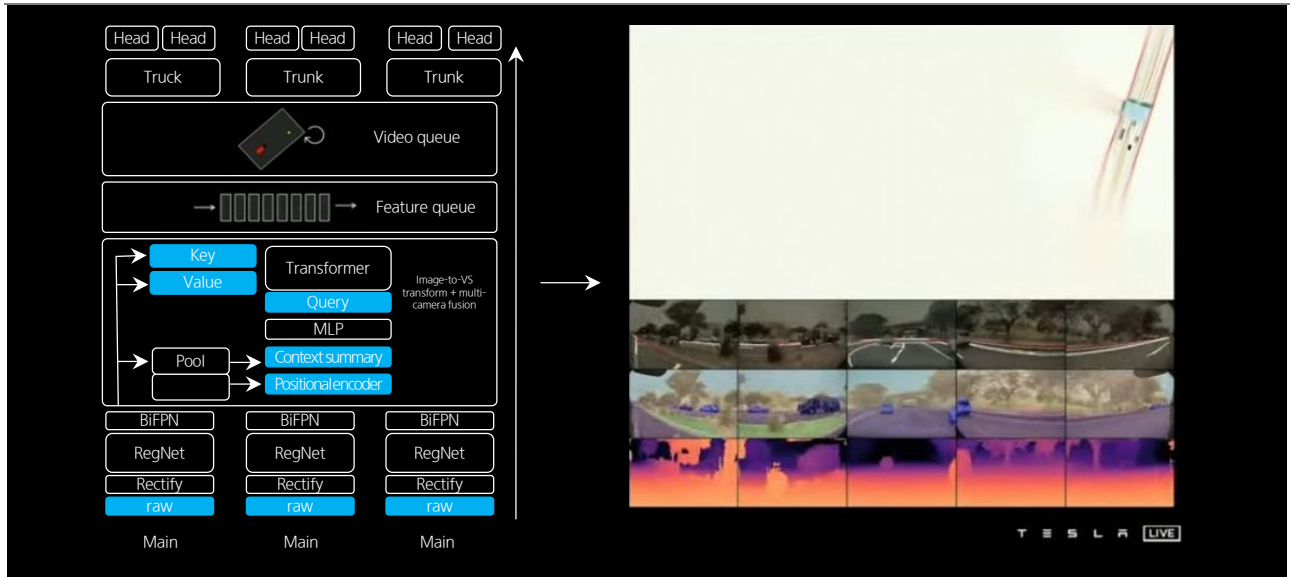
그림 17. Tesla: 8개의 Hydranets



자료: 테슬라

8대의 HydraNet에서 처리한 이미지는 순환신경망(RNN, Recurrent Neural Network)을 통해 통합과정을 거치게 된다. 이를 통해 위에서 교차로, 방향, 도로의 윤곽을 내려다보는 것과 같은 Bird eye View가 완성된다. 또한 8개의 카메라에서 취합하는 데이터의 각도가 상이하여 생기는 문제 (예를 들면, 차의 진행방향을 예측하기 어려움)는 모든 이미지에 가상카메라 기능을 추가하여 각도를 조정하고 합하였다. 이를 비디오 모듈(3D)방식으로 인공신경망(Spatial RNN)에 제공하는 방식으로 변환하였다.

그림 18. 테슬라: 비전 데이터 보정 및 전환 소프트웨어



자료: 테슬라

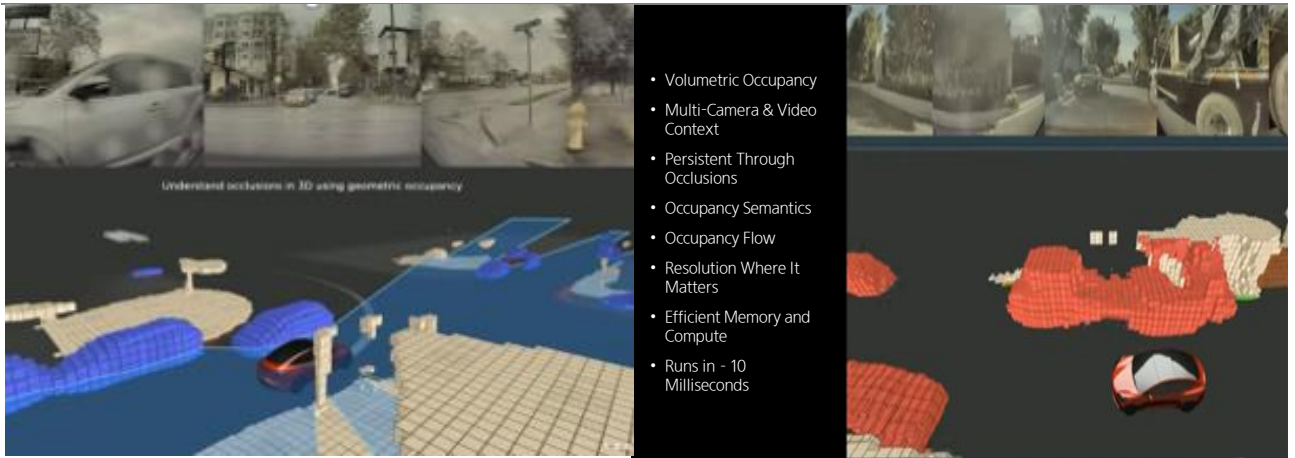
차량 주변 환경의 객체를 인식하는 과정에서, 움직이는 차량이나 돌출된 벽 등 장애물에 의해 시야가 가려지는 경우가 많다. 2022년에 테슬라는 이를 해결하기 위해 'Occupancy Networks'라는 환경 인식 추론 방식을 개발하였다. 단순하게 표현하면, 세상을 3D로 이해하기 시작한 것이다.

Occupancy Networks는 3차원 공간을 복셀(voxel)이라는 작은 입방체로 나누고, 이 각각의 복셀이 차량 주변을 얼마나 차지하고, 그 확률이 얼마나 되는지를 예측하는 모델이다. 각 복셀은 특정한 공간을 나타내며, 이 공간이 빈공간인지, 아니면 다른 객체에 의해 차지되어 있는지를 나타낸다. Occupancy Networks는 이러한 정보를 토대로 차량의 주변환경을 3D로 표현하고, 이를 바탕으로 차량이 움직일 수 있는 안전한 경로를 계획하도록 해준다.

사람이 주변환경이나 여러 차들의 속도와 방향을 계속 보면서 운전을 하는 것처럼, Occupancy Networks도 거의 1/100초 마다 재 연산되어 차량의 주변 환경을 분석하고, 미래 상태를 예측한다. 2D 이미지를 3D 이미지로 만들어주는 NeRF(Neural Radiance Field)와 비슷하지만, NeRF의 경우 단일 장면을 수많은 학습을 통해 3D로 만들어 주는 AI이다. Occupancy Networks는 8개의 카메라를 기반으로 공간 주변의 모든 영역에 대한 복셀 차지여부를 예측한다. 이에 따라 움직임 방향, 속도 등에 따라 상대적인 특징을 포착할 수 있다. 도로와 자동차 등을 다른 색깔로 표시하고, 중요한 곳에만 해상도를 할당하기 때문에 연산 효율이 좋다.

테슬라는 3D 모듈 데이터에 시간, 즉 차량의 예상경로를 더한 것이 4D이다. 비디오 모듈은 차간 거리가 좁혀지고 넓어지는 속도와 방향을 알면, 객체와의 거리도 측정할 수 있게 된다. 이로 인해 거리를 측정할 수 없는 카메라의 단점도 극복이 가능하다.

그림 19. Occupancy Networks: 3차원 픽셀 기반의 좌표를 설정, 도로를 점유한 물체의 체적을 추정



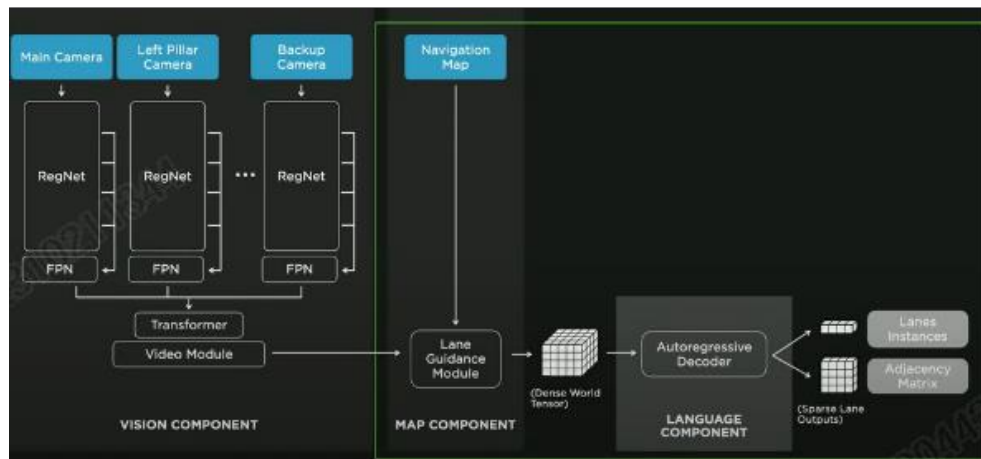
자료: 테슬라 AI Day, 삼성증권

2022년에 HydraNets도 발전이 있었는데, 차선 인식 방법의 변화이다. 차선 인식에는 Chat-GPT와 유사한 Auto regressive Transformers를 사용한다. Auto regressive란 각 차선을 토큰화하고, 상황에 맞게 연결(자기 회귀) 하여, 문장과 같은 구조를 만드는 방식을 의미한다. 트랜스포머 모델은 2017년 구글 논문에 등장하여, 이전 딥 러닝 모델이었던 합성곱 신경망(CNN: Convolutional Neural Network)과 순환신경망(RNN: Recurrent Neural Network)을 대체하고 있다. Chat-GPT 를 비롯하여 많은 대규모 언어학습 모델은 모두 구글의 트랜스포머 모델을 기반으로 하고 있다. 트랜스포머 모델은 문장 속 단어와 같은 순차 데이터 내의 관계를 추적해 맥락과 의미를 학습하는 신경망을 의미한다.

차량과 차선에 대한 인식 방법이 다른 이유는 차량과 같은 객체는 독립적이고 지역적인 반면, 차선은 도로 전체에 걸쳐 있을 수 있으며, 시야 내에서 수많은 차선을 볼 수 있고, 갈라지고 합류하면서 여러가지 불확실성이 있기 때문이다.

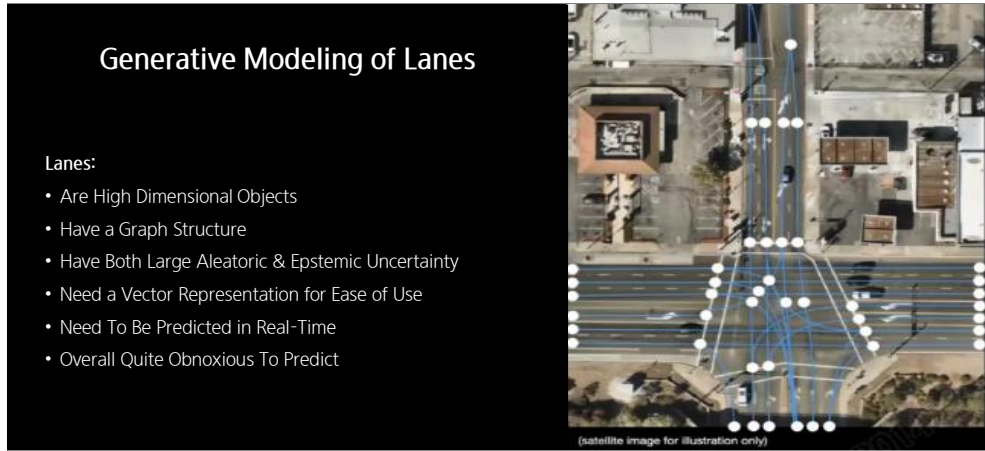
차선을 모델링 하는 방식은 Chat-GPT 와 유사하게, 차선을 토큰화하여 맥락에 맞게 한 토큰씩 예측한다. 차선은 언어와는 달리 대부분 선형적인 구조가 아니므로, 전체 구조를 먼저 예측하고, 다시 차가 위치할 지점으로 돌아와 도로의 병합 지점이나 길이 나뉘어 지는 지점 등을 예측한다. 이 모든 작업은 End-to-End 방식으로 신경망을 사용하여 수행되며, 이후에는 후처리가 필요하지 않다.

그림 20. HydraNets 2.0: 차선 인식에 Large Lange Model 사용



자료: 테슬라

그림 21. Generative Modeling of Lanes



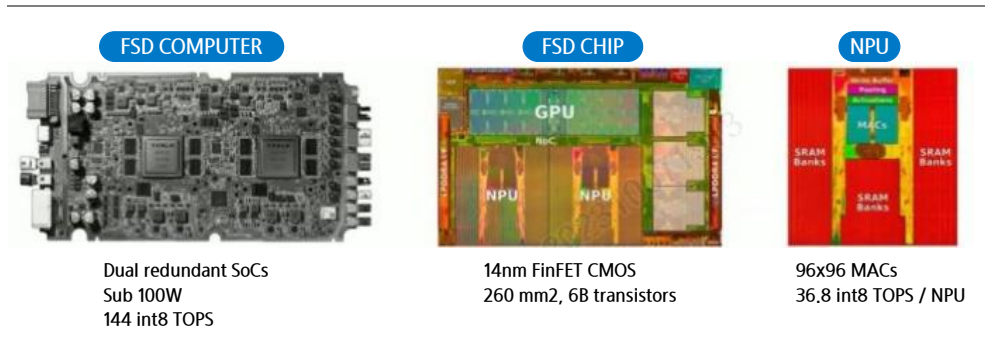
자료: 테슬라

Dojo, 자율주행 4요소의 완성

자율주행은 인지-판단(경로결정)-제어의 순서로 이루어진다. 이 중 가장 어려운 '경로결정'을 제대로 수행하기 위해서는 4가지 핵심 기술-1)차량 내 AI 자율주행 칩, 2) 자율주행 AI모델, 3)AI 학습 슈퍼컴퓨터, 4)실 주행 데이터가 필요하다. 테슬라는 직접 설계한 AI 학습 슈퍼컴퓨터, Dojo를 지난 7월 사용하기 시작하면서, 4가지 핵심기술을 모두 내재화하게 되었다.

AI 학습 컴퓨터가 별도로 필요한 이유는 차량 내의 AI 모델과 자율주행 칩의 성능을 최적화하기 위해서이다. 차량 내에서 모든 데이터를 실시간으로 처리하고, 예측할 수 있다면 좋겠지만, 이 경우 AI 모델의 크기가 매우 커져야 한다. 이를 구동하기 위한 칩도 엄청난 고성능이 필요해진다. 고성능 칩은 개인 승용차에 장착하기에 크기도 문제이고, 전력 소비, 비싼 가격도 문제가 된다. 이에 따라 테슬라는 외부에서 AI를 학습시킨 후, 파라미터 수(매개 변수)를 최적화한 자율주행 AI를 적용하고 있다. 테슬라의 자율주행 AI모델의 파라미터는 10억개로, FSD칩(Hardware 3.0, 4.0) 만으로 구동이 가능하다. Hardware 3.0과 Hardware 4.0의 에너지 소모량은 100W이다. 참고로, 연초 전 세계 AI 열풍을 몰고온 Chat GPT 3.5의 파라미터는 1,750억 개였으며, GPT 4의 파라미터는 1조 개로 추정되고 있다.

그림 22. 테슬라: FSD 칩

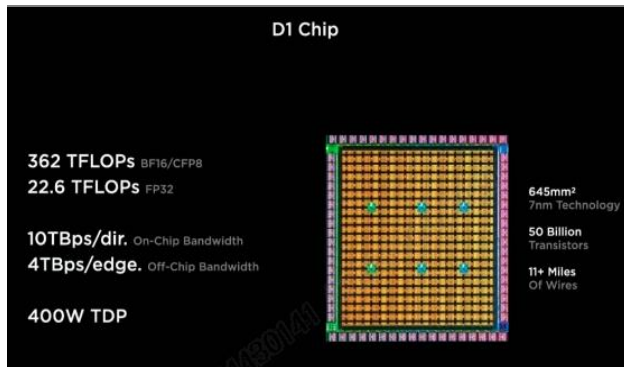


자료: Autopilot Review

테슬라는 AI Day 2를 통해, 1)데이터 쌓이는 속도를 학습속도가 따라갈 수 없고, 2)현재 GPU 클러스터는 용량을 증가시켜도, 데이터 연산과 학습 성능이 개선되지 않기 때문에 이를 해결하기 위해 D1칩을 개발했다고 밝혔다. 테슬라는 데이터 수집(2023년 6월 FSD 베타 운영차량 40만 대, 누적 주행거리 3억 마일)은 충분히 이루어지고 있다. 또한 비전을 기반으로 한 AI 파운데이션 모델이 완성 단계에 접어들고, 더 나아가 일반 세상을 이해하는 모델로 업그레이드가 진행되면서, 학습 속도 향상이 절실해진 상황이었다. 여기에 미중 갈등의 여파로 엔비디아의 칩(2023년 A100은 1만 달러, H100은 4만 달러)은 가격이 폭등하였고, 주문량 폭주로 물량을 구하기도 어려워지면서, 테슬라는 최적의 시기에 Dojo를 적용하기 시작했다.

D1칩은 다른 AI 칩 대비 크기가 작아 설치공간의 이점이 있고, 높은 대역폭으로 데이터를 빠르게 이동시킬 수 있다. 테슬라는 확장성을 위해 D1칩 25개를 탑재한 트레이닝 타일을 개발하였다. 트레이닝 타일의 연산처리 능력은 9FLOPS(초당 9조번 연산)이다. 반도체 패키지 기술인 FOWLP(Fan Out Wafer Level Package)를 적용하여 Compute Plane이라 부르는 플레이트 형태에 25개 칩을 장착하였다. 이 모듈에는 전원, 냉각기도 일체화되어 있다. Dojo의 구성은 D1 칩 25개가 하나의 타일을, 타일 6개가 트레이를, 트레이 2개가 캐비닛을, 캐비닛 10개가 추진기 ExaPOD를 이룬다. ExaPOD는 약 1.1 exFLOPS(초에 100경번 연산)의 연산을 수행할 수 있다.

그림 23. 테슬라: D1 칩



자료: Tesla

그림 24. 테슬라: Di 칩 트레이닝 타일



자료: Tesla

그림 25. Dojo 구성



자료: 테슬라 AI Day

AI Day 2에서 밝힌 Dojo 도입으로 인한 효과는 3가지이다. 첫째, 칩의 성능 개선으로 기존 GPU 칩 대비, 데이터 전송속도가 30배 더 빠르다.

둘째, 부피 축소 및 학습 속도 개선이다. 테슬라는 6개의 GPU 박스를 1개의 도조 타일로 교체하여, GPU로 몇 달이 걸리는 학습을 1주일 내로 단축시킬 수 있다. 일례로 엔비디아 GPU(A100) 클러스터를 사용하는 것 대비 오토라벨링과 작업 성능은 3.2배, Occupancy Networks 작업 성능은 4.4배 개선된다고 밝혔다. 전력대비 성능은 1.3배이다.

셋째, 데이터 로딩환경 개선이다. 기존에는 데이터 로딩하는 데 하드웨어를 4% 할당(가용 하드웨어 96%)해야 했으나, Dojo는 100% 하드웨어 활용 가능하다.

표 4. 주요 시칩 비교

메이커 칩	Tesla D1	Nvidia A100	AMD Radeon MI 100	비고
칩다이 크기(mm2)	645	826	750	설치공간 이점
연산속도FP32* (TFLOP)**	22.6	19.5	23.1	
전력소모	400	400	300	
칩 대역폭***	10	2.04	1.23	지연시간 단축

참고: * FP32: floating point 32bits

** TFLOP는 초당 연산회수

*** 대역폭(Bandwidth)은 데이터 운반능력으로 Bandwidth가 클수록 데이터가 빨리 많이 이동

자료: TeslarkMan

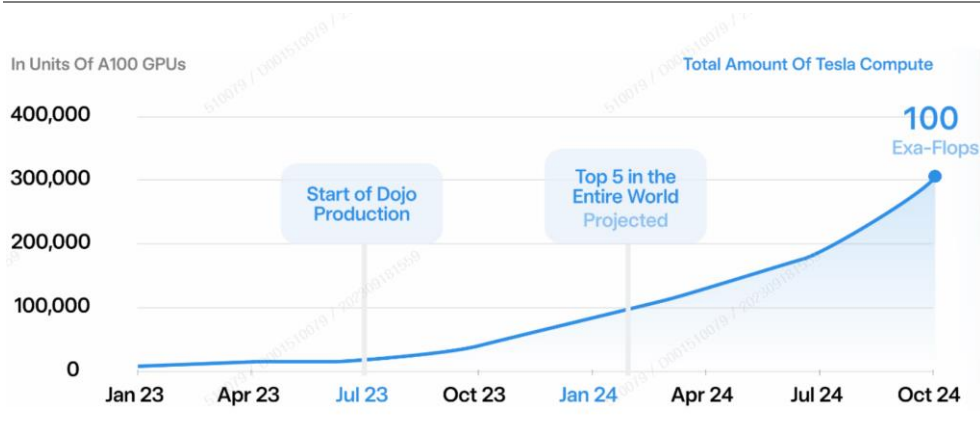
Dojo는 비전 데이터 연산을 위해 설계된 칩으로, 범용적인 연산을 위해 설계된 엔비디아 GPU보다 자율 주행 데이터 훈련에 최적화되어 있다. Dojo는 처음부터 모듈화와 확장성을 고려하여 설계되었기 때문에, 데이터 전송을 위한 기술도 함께 개발되었다.

Dojo와 같이 대규모 데이터 처리가 가능한 슈퍼컴퓨터를 구성하려면, 수많은 칩을 서로 연결하여 용량을 키워야 한다. 그러나, 많은 칩들을 연결하게 되면 데이터 전송이 느려지는 병목현상이 발생한다. 이를 해결하기 위해 인터커넥트라는 기술이 개발되었다. 이를 통해 개별 칩 간의 지연을 줄이고, 고대역폭 통신이 가능해졌다. 또한 Dojo는 데이터 병렬화에 초점을 맞추어 데이터를 노드 별, 레이어 별로 나누어 각기 다른 칩에서 동시에 연산 되도록 설계되었다. 엄청난 데이터가 칩 간에 전송될 때도 인터커넥트 기술을 사용하여, 빠르게 이동할 수 있다.

테슬라는 기존에 AI 학습을 위해 1.4만 개의 GPU클러스터를 갖추고 있었다. 테슬라는 2023년 7월 팔로 알토의 데이터 센터에 ExaPOD를 7개 설치를 시작으로, 1Q24에는 글로벌에서 5번째 용량의 슈퍼컴퓨터 용량을 갖출 계획이다. 2024년 말에는 100개의 ExaPOD를 설치하여, 세계에서 가장 큰 슈퍼컴퓨터 용량을 갖출 계획이다. 이렇게 막대한 용량의 컴퓨팅 파워가 필요한 이유는 테슬라가 도로 환경뿐 아니라 일반 세상을 이해하고, 상황에 맞는 지시를 하는 General World Model 구축을 목표로 하고 있기 때문이다.

이를 위해 테슬라는 2024년까지 20억 달러의 Capex를 지출하겠다고 밝혔다. 100개의 ExaPOD는 A100 GPU 30만 개 용량에 맞먹는 수준으로, 다른 완성차 업체가 엔비디아에서 구매한다면 30억 달러의 Capex가 필요하다. 테슬라는 Dojo 개발 역량으로 인해, 경쟁사 대비 Capex를 30% 감소시킬 수 있게 된다.

그림 26. 테슬라 Dojo 도입 로드맵



자료: Elon Musk X계정

FSD의 가치 추정

FSD 12버전 상용화의 효과는 첫째, 수익성 향상이다. 우리가 추정된 FSD 원가는 대당 2,675달러로, 매출총이익률은 77%이다. 한편, 테슬라는 데이터 축적과 구독모델을 목표로 센서와 자율주행 칩은 차에 모두 장착되어 있는 상태이다. 이에 따라, FSD 채택률 증가는 100% 매출 및 매출총이익으로 인식되며, FSD 채택률 10% 증가 당 영업이익률 2%p 상승한다.

다만 일론머스크는 3Q23실적발표를 통해 FSD 배포는 당분간 북미시장에 국한하겠다고 밝히면서, FSD 채택률은 글로벌 신차판매 대비 10% 수준에 머물 것으로 전망한다.

2030년까지는 FSD 채택보다 구독 매출이 빠르게 증가할 수 있다. 2019년 5월 Autonomous Day 이후를 Hardware 3.0 장착시기로 추정할 경우, 이후 2022년 말까지 누적 3백만 대가 판매되었다. 월 구독료는 199달러이다. 테슬라가 소비자의 FSD 옵션 채택과 상관없이 모든 차에 하드웨어를 장착한 이유는 데이터 축적과 구독서비스 확대를 목표로 하고 있기 때문이다.

통상 차량 소비자의 옵션선택 가격은 차량가격 대비 12~15%에서 형성된다. FSD 가격은 12,000달러로, 테슬라 주력모델인 모델3와 모델Y의 가격 4~5만 달러 대비 24~30% 수준이다. 통상 소비자의 옵션 선택은 차량가격의 12~15% 수준에서 이루어진다. 또한 FSD는 중고차 판매 시, 이전되지 않는 권리이다. 이에 따라 테슬라 소비자의 대부분은 옵션 구매보다는 구독서비스를 활용할 것으로 예상된다.

표 5. 테슬라 FSD 수익성 분석

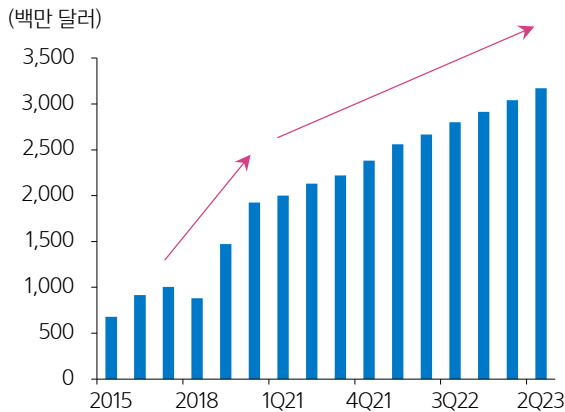
구분	금액 (달러)	비고	
하드웨어 원가	카메라 8개	303	화소가 1.2백만 → 5백만으로 상향되면서 가격 상승
	초음파센서 12개	240	
	하드웨어 4.0	826	Hardware 3.0 대비 20% 상승 추정
	소계	1,369	
개발비	1,306	2022년 R&D 비용의 50% 배분	
FSD 원가	2,675		
FSD 가격	12,000		
매출총이익	9,325		
매출총이익률 (%)	77.7		

자료: Systemplus, 삼성증권 추정

둘째, FSD 12버전 상용화 시, 이연매출을 일시에 수익으로 인식할 수 있게 된다. 2Q23기준 부채계정에 있는 FSD+슈퍼차저+OTA관련 합산 이연매출은 31.7억 달러이다. 이 중 FSD관련 이연 매출을 45%로 추정 시, 일시적으로 14.2억 달러를 매출과 이익으로 인식할 수 있다. 이는 2023년 매출액의 1.4%p에 해당한다.

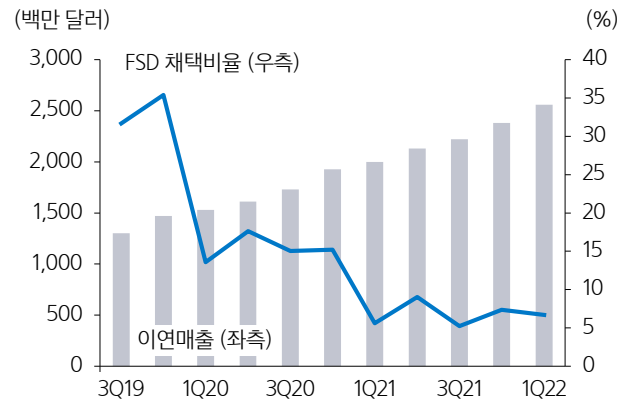
45%비중으로 추정한 이유는 4Q22실적 발표를 참고하였다. 4Q22실적 발표 시 3.2억 달러를 매출로 인식한 바 있으며, 10억 달러가 이연매출로 남아있다고 코멘트 하였다. 이는 2022년 말 이연매출 대비 45% 비중이다.

그림 27. 테슬라: 이연 매출



자료: 테슬라, 삼성증권

그림 28. 테슬라: FSD 채택비율 추정



참고: 3Q22 이후 구독모델 도입으로, 이연매출로 FSD 채택비율 추정이 어려워짐.
자료: 테슬라, 삼성증권 추정

셋째, 라이선싱 매출을 기대할 수 있다. 현재 FSD는 포드가 첫 번째로 라이선싱 받을 업체로 추정되고 있다. 포드는 첫 번째로 테슬라의 충전규격을 채택하였고, 언론 인터뷰를 통해 전기/전자 아키텍처 통합의 어려움을 솔직히 공개하였기 때문이다. 다만 지난 5월 이후 테슬라의 충전 규격을 GM, Ford, Benz 등 Legacy 업체가 잇따라 채용한 것과는 다르게, FSD 라이선싱은 1, 2개 업체에 그칠 가능성이 높다. 지역도 북미시장에 국한될 것으로 예상된다. 다른 완성차가 FSD 라이선싱을 받는다고 해도, 테슬라와 전기/전자 아키텍처가 달라서, 자율주행 성능이 만족스럽지 않을 가능성이 높기 때문이다. Legacy업체는 인지 부분부터 테슬라와 차이가 있다. 대부분 완성차 업체는 자체 전기차 플랫폼을 갖추고 있으며, 엔비디아, 퀄컴과 함께 자율주행 칩을 개발 중이다. 소프트웨어는 자체 개발 중이다.

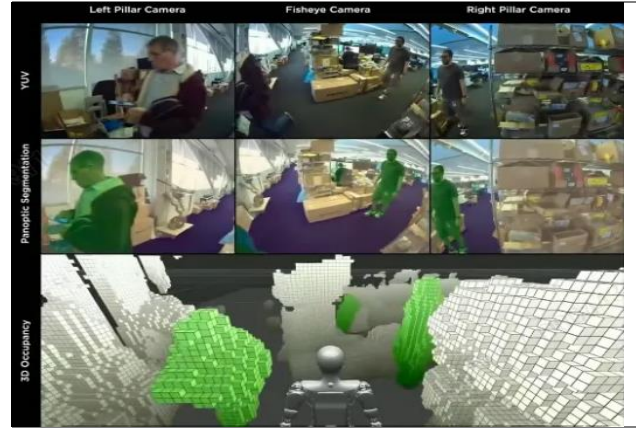
우리가 더 높게 평가하는 부분은 자율주행 칩을 포함한 FSD보다는 비전AI 모델에 대한 라이선싱 또는 구독 모델이다. 물리법칙이 지배하는 세상을 사람처럼 보고, 이해할 수 있는 기술은 자율주행뿐 아니라, 보안, 이제 시장이 개화되고 있는 로봇에 필수적인 기술이 될 전망이다. 지금까지의 로봇은 정해진 범위에서 정해진 동작을 수행하는 기계 장치였으나, 테슬라의 비전시스템이 결합되면 세상을 이해하고 더 다양한 일을 수행할 수 있는 가치 있는 제품일 될 것이다.

그림 29. 테슬라 전기차가 보는 세상



자료: 테슬라, 삼성증권

그림 30. 테슬라 옵티머스가 보는 세상



자료: 테슬라, 삼성증권

한편, 테슬라가 FSD배포를 북미시장에 한정하는 이유는 첫째, 다른 나라에는 규제 문제가 있다. 지정학적 리스크가 커진 상황에서, 모든 지형 지물을 영상을 통해 수집하고 학습하는 자율주행차를 다른 나라에서 구현하기는 쉽지 않다.

먼저, 중국은 국가적 행사가 있을 때마다, 해당 지역에 테슬라 차량 운영을 금지시키고, 공무원에게 테슬라 운행 금지 지침을 내리기도 했다. 테슬라는 중국에서 취득한 데이터는 중국 밖으로 내보내지 않겠다는 약속을 했지만, 중국시장에서는 FSD배포가 어려울 것으로 예상된다. 미국과 유럽에서도 중국의 전기차와 자율주행에 대해 스파이 활동이 가능하다고 경계의 목소리를 내고 있다. 화웨이 통신칩과 미국 상공에 나타난 중국 풍선이 스파이 활동을 의심받은 것처럼 자율주행차가 타국에 가서 데이터를 모으고, 시를 발전시키고 매출을 올리는 것은 매우 까다로운 과정이 될 것이다. 자율주행 기술이 발달할수록, 자국을 중심으로 권역 별 과점 경쟁체제가 예상된다.

그림 31. 테슬라: 중국 행사기간 동안 해당지역 운행금지

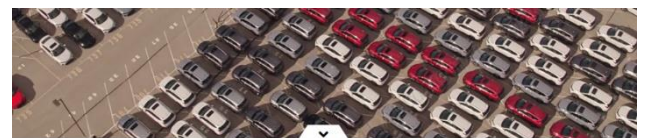
Tesla Cars Banned For Two Months From Town That Hosts Secretive Chinese Leadership Gathering

Starting on July 1 and lasting at least two months, the ban will keep Tesla vehicles away from high-ranking Chinese officials

Tesla reassures Chinese users on data security amid spying concerns

참고: 운행금지 시점은 2022년 6월20~8월 20일
자료: 언론, 삼성증권

그림 32. 영국 교수: 중국전기차, 안보 위협 강조



Chinese EVs are “trojan horses”

UK professor says Beijing can remotely turn off Chinese EVs and block Europe's roads

security warning – report

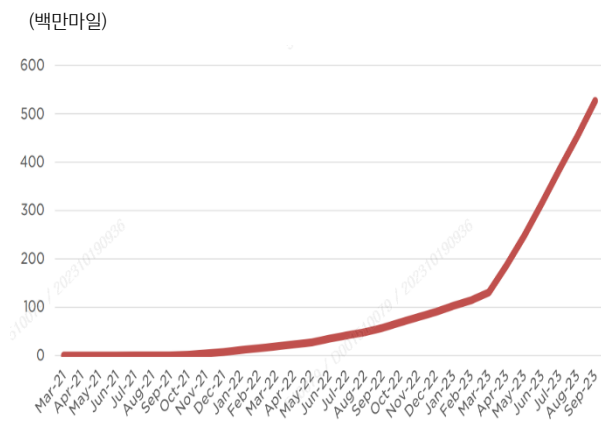
The president of a leading UK motoring organisation claims Chinese-made electric cars are a "trojan horse" that could be shut down remotely – potentially causing havoc across Great Britain and Europe.

자료: 언론, 삼성증권

둘째, 다른 나라에서 취합한 영상 데이터를 동시에 학습하는 경우 학습 시간이 길어지게 된다. 나라마다 교통신호, 교통체계, 지형 지물이 다르기 때문에 충분한 데이터를 확보하는 데도 많은 시간이 필요하고, 이를 학습하는 데도 시간이 필요하다. 일례로 테슬라의 FSD 주행데이터가 급격하게 증가하기 시작한 것은 2023년 3월 이후로, FSD 베타버전이 40만 명에게 배포된 이후이다. 또한 많은 데이터 학습을 위해서는 슈퍼컴퓨터 용량이 추가로 필요해진다.

셋째, 테슬라 AI 모델이 도로의 환경을 이해하는 것을 넘어 General World Model을 추구하면서, 학습해야 하는 데이터 양도 크게 증가하였다. 테슬라는 다양한 환경에서 다양한 작업을 수행할 수 있는 로봇에 적용하기 위해, 사람이 사는 세상을 이해하는 AI 모델을 구축하고 있다.

그림 33. FSD 누적 주행거리



자료: 테슬라

그림 34. 각국의 특이한 교통 표지판



자료: 구글이미지, 삼성증권

DCF방식으로 FSD 와 비전AI 모델의 가치를 산출해보았다. 신차 판매 대수는 블룸버그 컨센서스를 적용하였다. FSD 채택비율은 신차판매의 10%로 가정하였다. 보수적으로 가정한 이유는 앞서 살펴본 대로 FSD 가격부담과 초기 북미지역에만 한정된 배포 조건 때문이다. 다만 이미 판매된 차량도 FSD 채택이 가능함에 따라 10%를 초과할 가능성도 있다.

구독 비율은 2024년 하반기 시작을 가정으로, 누적판매 대수 대비 첫해는 5%, 2025년 10%, 2026년 20%, 2027년 30%, 2028년 이후는 40% 비중으로 추정하였다. 구독비율도 50%를 넘지 못할 것으로 추정하는데, 테슬라 판매의 30%를 차지하는 중국시장 때문이다. CITIC 증권 애널리스트에 따르면, 중국에서 FSD 배포는 불가능할 전망이다. 지난 5월 일론머스크는 중국 방문 시, FSD 베타버전 배포를 요청하였고, 중국정부는 상하이 3공장 건설 시 허용하겠다고 논의한 바 있다. 그러나, 상하이 3공장도 현재는 허가가 거절될 상태이다.

라이선싱 가격은 FSD 원가의 2배 수준인 6천 달러로 가정하고, 라이선싱 대수는 2030년 1백만 대로 추정하였다. 라이선싱은 FSD가 북미시장에서 먼저 상용화되고, 다른 시장 배포는 일정이 불확실하여, 북미시장에 한하여 이루어질 것으로 가정하였다. 라이선싱 1백만 대는 2030년 전기차 침투율 50%(9백만 대)와 테슬라 M/S 40%를 감안하여, 테슬라 외 전기차 중 20% 비중으로 추정하였다.

비전AI 모델의 월 구독료는 마이크로소프트의 Co-pilot 구독가격인 30달러를 벤치마크로 삼아 가정하였고, 라이선싱 가격은 추정 원가의 2배인 2.7천달러로 가정하였다. 2030년 구독대수는 5천만 대, 라이선싱 대수는 6백만 대로 가정하였다.

한편, 도조에 대한 구독 시나리오는 포함하지 않았는데, 도조로 인해 고도화된 비전시 모델과 FSD 판매 시나리오에 도조의 가치가 충분히 반영되었다고 판단했기 때문이다.

이렇게 산출된 FSD와 비전시 모델의 가치는 약 3.3천억 달러로, 2023년 10/30일 시가총액(6,589억 달러)의 50% 수준이다. FSD 12버전 출시는 테슬라 1조 달러 재 도전의 모멘텀을 제공할 전망이다.

표 6. 테슬라 FSD 및 비전시 모델 가치 추정

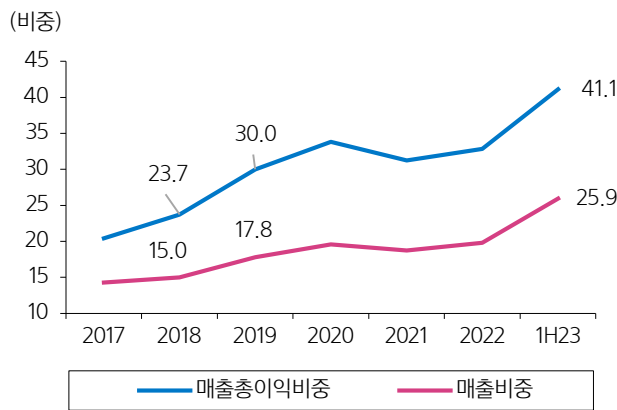
(십억 달러)	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	비고
신차판매 (천 대)	1,800	2,337	2,807	3,329	4,109	4,858	5,580	6,417	
YoY증가율	30%	30%	20%	19%	23%	18%	15%	15%	
누적판매	4,800	7,137	9,944	13,274	17,383	22,241	27,821	34,237	2022년말 3백만 대
FSD									
신차판매의 5%		0.7	3.4	4.0	4.9	5.8	6.7	7.7	
구독		0.4	2.4	6.3	12.5	21.2	26.6	32.7	2028년부터 40%
라이센싱				1.2	1.8	3.0	4.2	6.0	판매가격 6천 달러 가정
매출 계(A)		1.1	5.7	11.5	19.2	30.1	37.5	46.4	
매출총이익(B)		1.1	5.7	10.9	18.3	28.6	35.4	43.4	
비전시 모델									
구독			0.4	1.8	3.6	10.8	18.0	28.8	\$30/월
라이센싱			0.3	0.8	1.4	2.7	8.1	16.2	2.7천달러 가정
매출 계 ©			0.6	2.6	5.0	13.5	26.1	45.0	
매출총이익(D)			0.4	1.8	3.4	9.6	17.7	30.0	
매출(A+C)		1.1	6.4	14.1	24.1	43.6	63.6	91.4	
매출총이익(B+D)		1.1	6.2	12.7	21.7	38.1	53.1	73.4	
세전이익		1.0	5.5	11.4	19.5	34.3	47.8	66.1	판매비 등 10%
순이익		0.9	5.0	10.3	17.6	30.9	43.0	59.4	법인세율 10%
PV 계수		0.92	0.84	0.77	0.71	0.65	0.60	0.55	WACC 9% 가정
PV		0.8	4.2	7.9	12.4	20.1	25.6	32.5	
Sum of PV	103.7								
영구성장률	2%								
Wacc	9.0%								
Terminal Value	233.1								
FSD + 비전시스템 Value	336.8								10/30일 시총 \$6,589억

자료: Bloomberg, 삼성증권 추정

테슬라 FSD 상용화는 하드웨어 기업에서 소프트웨어 기업으로 변화한다는 의미이다. 하드웨어보다 2배~3배 이상의 수익성을 창출하는 서비스, 소프트웨어 매출이 고성장하면서, 기업가치가 급등한 좋은 사례는 애플이다. 2019년 3월 애플은 콘텐츠 비즈니스의 가치를 강조하기 시작했다. 애플의 시가총액은 코로나 기간에도 거침없이 증가하여, 2019년 3월 8.2천억 달러에서 2020년 7월 말 전 세계 시가총액 1.6조 달러로 1위 기업에 등극하였다. 이후 2021년 1월에는 시가총액 2.8조 달러로, 2년만에 3.8배 상승하였다. 애플의 서비스 매출비중은 2018년 15% → 2019년 17.8% → 1H23에 25.9%로 증가하였고, 서비스 매출총이익 비중은 2018년 23.7% → 2019년 30% → 1H23에 41.1%로 증가하였다.

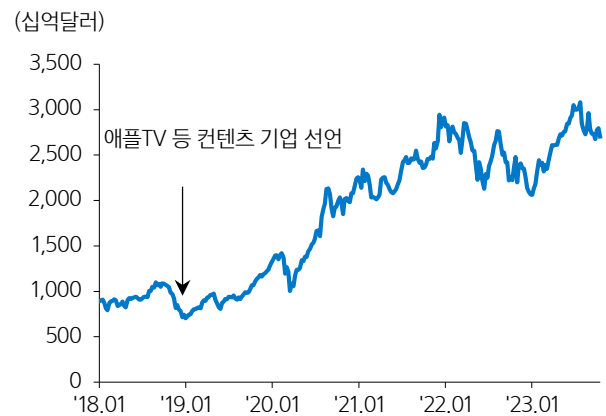
2023년에 테슬라는 에너지 사업부와 슈퍼차저 등 서비스 사업부의 매출비중이 전체 매출의 15%를 넘어가기 시작했다. 3Q23에 에너지 사업부 매출총이익률은 24.4%로, 자동차 사업부 매출총이익률 18.7%를 넘어섰다. 상하이 메가팩 공장이 가동되면, 에너지사업부의 매출총이익률은 자동차사업부의 2배가 될 전망이다. 서비스 사업부의 매출총이익률은 아직 6%이지만, 충전소 개방, 북미시장 충전규격이 테슬라 방식으로 표준화되면서 2025년 이후 고수익성이 예상된다. 2025년에는 FSD와 비전 시 모델 매출 성장 본격화와, 2026년 이후 로봇 매출 가세로, 2027년에는 서비스와 소프트웨어 매출비중이 20%를 넘어서고, 매출총이익 비중은 30%를 넘어설 것으로 예상된다.

그림 35. 애플: 서비스 매출비중과 매출총이익 비중



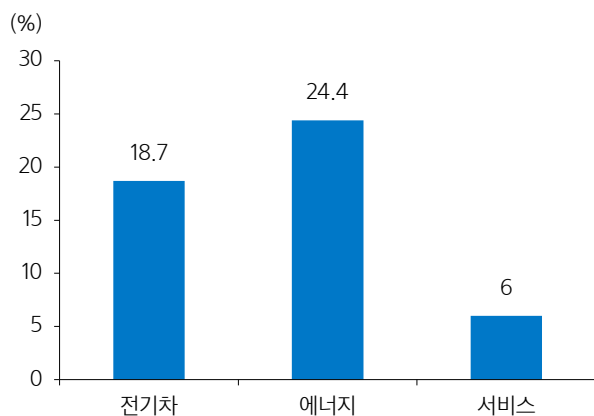
자료: 애플, 삼성증권

그림 36. 애플 시가총액



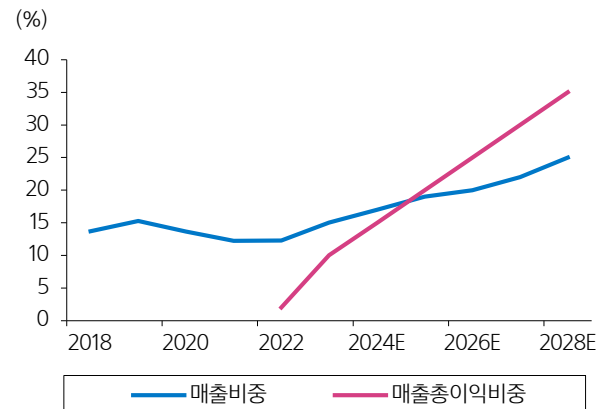
자료: Bloomberg, 삼성증권

그림 37. 테슬라: 사업부별 매출총이익률(3Q23)



자료: 테슬라, 삼성증권

그림 38. 테슬라: 서비스+소프트웨어 매출 및 매출총이익 비중



자료: 테슬라, 삼성증권

Legacy 완성차 업체, 구독모델의 한계

테슬라 외에도 많은 업체들이 구독모델을 선보이고 있다. 차량 구독모델의 경우에는 매월 일정금액을 지불하고, 해당브랜드에서 제공하는 차종을 골라서 사용하는 것이다. 개별 소비자보다는 기업고객이 주로 이용하고 있다.

자율주행관련 구독모델은 주로 Level2의 ADAS 기능이며, 벤츠가 Level 3 구독모델을 출시하였다. 다만, 테슬라 외 업체들은 자율주행 구독모델이 확산되기에 한계가 있다. 자율주행을 위한 하드웨어를 테슬라 처럼 전 차종에 장착하기 보다는 고가 전기차의 고가 트림에만 장착하기 때문이다. 이는 센서를 카메라 외에 레이더, 라이다, 고정밀 지도를 같이 사용하고 있고, 자율주행 칩도 외부에서 소싱하면서 원가가 높기 때문이다. 완성차 업체는 고가 모델에 먼저 적용 후, 단가를 낮추어 대중모델에 적용하는 과정을 거칠 것으로 예상된다.

표 7. 글로벌 완성차 업체: 구독모델

업체명	구독 모델명	가격	가능 모델
차량 구독 모델			
현대차	제네시스 스펙트럼	월 139~295만원	G70, GV70, G80, GV80, G90
볼보	Care by Volvo	월 650~775달러	S60, XC40, XC60, XC90
포르쉐	Porsche Drive	월 1,500~2,600달러	Cayman GT4, Boxster, Cayenne, Panamera, 911, Macan, Taycan(EV)
메르세데스 벤츠	Mercedes Benz Collection	월 1,095~2,995달러	Mercedes와 Mercedes AMG 중 선택 가능
렉서스	Complete Subscription	월 995달러	ES, IS, NX, RX, UX
아우디	Select	월 995~1,495달러	A4, Q5, S3, TT, Q7, S5 Coupe, A6 세단, A5 cabriolet
자율주행 관련 구독 모델			
테슬라	Full Self-Driving capability (FSD)	월 199달러	전 모델
GM	Super Cruise	3년 무료 체험 후, 월 25달러	Chevrolet Bolt EUV, CT4, CT5, Escalade
포드	Blue Cruise	3년 600달러	Mustang Mach-E, F-150
VW*	미정	시간당 7유로	MEB 플랫폼 기반 모델
메르세데스 벤츠	Rear-axle steering (후륜 조향)	1년 489유로/3년 1,169유로	EQS

참고: * 출시 예정

자료: 각 사, 삼성증권

Robo-taxi를 기대하지 않는 이유

우리는 테슬라의 Robo-taxi 비즈니스에 대한 기대가 크지 않다. 테슬라의 자율주행 기술의 완성도에 대한 의구심이나, 규제 때문이 아니다. Robo-taxi의 허용은 나라 또는 도시마다 다르겠지만, 샌프란시스코에서는 9월부터 24시간 운영을 허용하였다. Robo-taxi는 모빌리티 서비스의 한 종류로, 신차수요를 대체하기 보다는 니치 마켓을 형성할 것으로 전망한다. Robo-taxi 확대에 신차수요가 감소하기 보다는, 모빌리티 서비스 시장 확대에 신차수요는 성장할 전망이다.

첫째, Robo-taxi 운영자는 큰 수익을 기대할 수 없다. 일론머스크 전기에 따르면, 일론머스크도 개인보다는 플릿회사나, 테슬라가 Robo-taxi의 주된 운영자가 될 것이라고 예상하고 있다.

소비자가 테슬라 모델3를 리스로 구매하여 공유할 시 기대할 수 있는 수익은 1년간 4.3천 달러 수준으로 추정된다. 차량 공유로 차량의 상태 유지에 추가적으로 소요될 수 있는 비용과, 예상치 못한 교통사고 발생 우려 등을 감안할 때 기대 수익은 45천 달러를 하회할 수 있다.

플랫폼의 콘텐츠 공급자가 돈을 벌지 못한다면, 플랫폼 업체도 큰 수익을 기대할 수 없다. 유튜브, 인스타그램, 왓챠이 스마트폰의 슈퍼 앱이 되고, 플랫폼으로 가치가 높은 이유는 콘텐츠 공급자인 유튜버, 인플루언서, 왕홍 등의 Creator들이 큰 돈을 벌 수 있기 때문이다.

Robo-taxi의 개인 운영자가 돈을 벌기 위해서는 1) Robo-taxi에 활용하는 차가격이 더 싸지거나, 2) 개인 소유 차량의 대수가 감소하며 공유 차량의 가동률이 높아져야 한다. 차량의 개인 소유를 법으로 제한하지 않는 한, 차량 비용 하락이 더 현실적인 방안이다. 2.5만 달러 모델 2의 경우 Robo-taxi 수익성이 더 높아질 수 있다.

표 8. 테슬라 Robo-taxi 운영자 수익(연간)

구분	금액 (달러)	가정
연 매출	27,610	
연간 운행 가능 일수 (일)	251	평일 운행, 미국 연 평균 휴가 일수 10일 제외
일 매출 (달러)	110	
운행당 요금 (달러/운행)	5	라이드 헤일링 업체 평균 운행거리 5마일 / 요금은 마일당 1달러
일 평균 운행 가능 횟수 (회)	22	가동률 33% 가정(뉴욕 택시 가동률)
총 비용	20,505	
차량 리스 비용	9,472	테슬라 모델3 LR 리스료
보험료	3,315	테슬라 보험
차량 공유 보험료	960	TNC 법률에 따른 차량 공유 보험료
충전 비용	3,290	슈퍼차저 이용 가정
차량 유지 비용	981	테슬라 평균 차량 유지 비용
FSD 구독 비용	2,388	199달러/월, 테슬라
커넥티비티 구독비용	99	년간 구독비용, 테슬라
순 매출	7,105	
테슬라 수수료	1,776	테슬라 수수료 25% 가정
테슬라 구매자 매출	5,329	
세금 제외 순이익	4,263	세율 20%가정

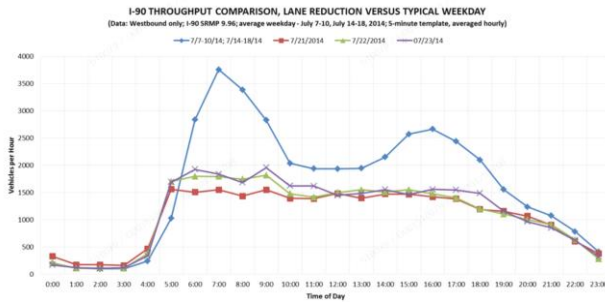
자료: 삼성증권 추정

둘째, 공유 업체가 적자인 이유는 운전자 비용 때문이 아니라, 공유 차량의 가동률이 낮기 때문이다. 공유 차량의 한계는 1) 대부분의 사람이 낮에 이동한다는 점과, 2) 출 퇴근, 주말 여가활동, 명절 등 이동 시간이 겹친다는 점에 있다. 공유 플랫폼은 디지털 세계의 플랫폼과 다르게, ‘메갈프 법칙’이 작동하지 않는다. 메갈프 법칙은 네트워크의 가치가 연결된 사용자 수의 제곱에 비례한다는 의미이다. 사용자 수가 늘어나면 투입되는 비용 대비, 효용이 훨씬 커서 디지털 플랫폼의 가치를 설명하는 데 사용되어왔다.

자동차가 ‘24시간 중 1~2시간을 제외하고 주차장에 주차되어 있는 것은 자원 낭비’라는 표현은 과장된 마케팅이다. 대부분 사람들이 자고, 하루를 시작하고, 마무리하는 하루의 1/3시간 동안에는 자동차는 주차되어 있는 것이 당연하다. 공유 차량의 가동률이 최대 50~55%를 넘지 못하는 이유이다.

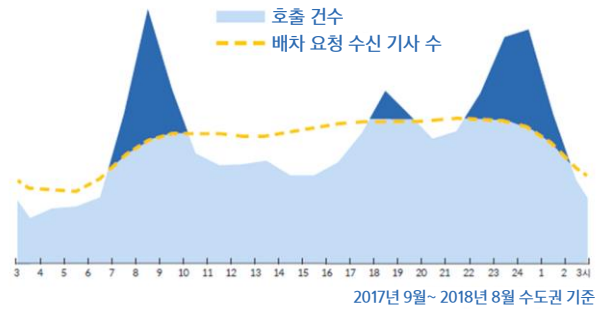
또한 공유 차량은 승객들이 이동하기를 원하는 시간이 겹치고, 출발지가 목적지가 모두 다르기 때문에, 승객이 없는 비탑승 운행 거리가 승객이 있는 운행 거리 대비 더 길어질 수 있다. 2021년 우버의 경우, 비탑승 운행 거리는 10마일인 반면, 탑승 운행 거리는 5마일이었다.

그림 39. 미국: 시간대별 교통 흐름



자료: Washington State Department of Transportation

그림 40. 서울: 시간대별 택시의 수요 공급



자료: 카카오모빌리티

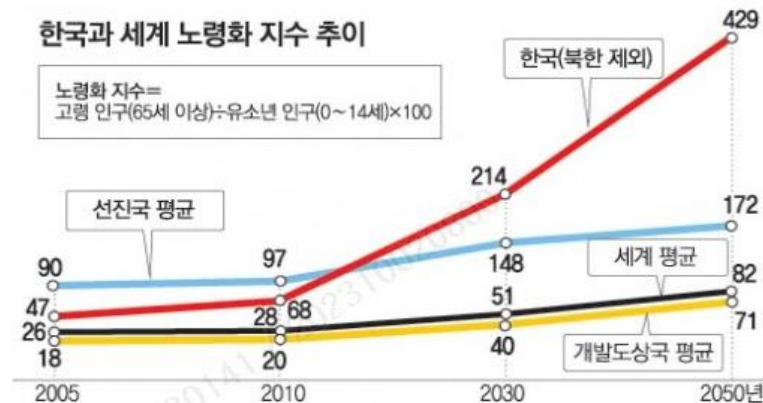
자율주행 고도화, 선진국 노령화의 최대 수혜 기술

글로벌 자동차 수요는 향후에도 인도, 아세안 지역의 수요 성장에도 중국 수요 둔화로 9천만 대~9.5천만 대 수준에서 정체될 것이라는 전망이 지배적이다. 그러나, 2024년 테슬라의 FSD 상용화는 글로벌 경쟁사를 자극시켜 자율주행 기술 고도화를 이끌 전망이다. 자율주행기술 고도화로 인한 운전인구 증가와 전기차의 Personal Device화는 글로벌 전기차 수요 고성장을 이끌 것으로 예상된다.

첫째, 고도화된 자율주행 기술은 운전하는 인구를 늘려줄 전망이다. 일본, 한국을 필두로 선진국은 인구 노령화 시기로 진입하였다. 노령화되면, 반응속도가 느려 지면서, 교통사고 증가가 불가피하다. 한국에서는 75세 이상은 운전면허 갱신 기간을 단축시키고, 운전면허 반납을 독려하고 있다.

한편, 세계에서 고령화가 가장 빨리 진행된 일본에서는 75세 이상 고령자에게 실차로 면허 갱신 시험을 실시해 왔으나, 2022년 5월 서포트 카 제도를 도입하였다. 충돌 피해 경감 브레이크(AEBS)와 페달 조작 오류 급발진 억제 장치를 탑재한 서포트 카를 구입할 경우에는 연령에 제한없이 운전면허를 갱신해 준다. 이러한 일본의 사례는 고도화된 자율주행 기술이 운전 가능 연령을 연장시켜 줄 것이라는 예상을 하게 한다.

그림 41. 한국과 세계 노령화지수



자료: 언론

둘째, 차량에서 전기를 뽑아 쓸 수 있게 하는 V2G 기능은 전기차를 제 2의 거주공간으로 변화시킨다. 전기차는 움직이는 ESS이다. 차를 이동하는 데만 전기를 사용하는 것이 아니고, 전기를 저장하고, 다른 사물을 충전할 수 있다. 가정에 필요한 전기를 공급할 수도 있고, 다른 전기차를 충전시킬 수 있다.

현대차는 전기차에 V2L 기능을 도입하여 캠핑 관련 취미 생활을 돕고 있다. 포드는 F-150 Lightning에 V2H 기능을 강화하여, 3일 동안 주택에서 쓸 수 있는 전기 공급이 가능하다. 테슬라도 사이버트럭부터 V2L 기능을 추가할 계획이다.

장소별로 다른 전기요금에 따른 Arbitrage도 가능해진다. 통상 산업용 전기요금이 가장 저렴하기 때문에, 회사에서 전기차를 충전한 후, 집에 필요한 전기를 공급할 수도 있고, 남은 전기는 판매할 수도 있다. 일례로 미국의 경우 산업용 전기요금이 가정용 전기요금 대비 30% 싸다. 회사에서 자신의 전기차를 충전한 후, 가정과 가정내의 가전제품에 사용할 수도 있다. 남은 전기는 VPP(Virtual Power Plant)를 통해 판매도 가능하다.

코로나19 이후 미국 기업들은 직원들을 출근시키는 데 애를 먹었다. 만약 회사가 전기차를 공짜로 충전해주는 복지혜택을 제공한다면, 직원을 사무실로 출근시키는 것은 매우 쉬울 것이다. 뉴욕과 텍사스의

가구당 평균 전기요금 지출은 각각 2,600달러 및 2천달러이다. 차량 공유로 얻는 이익보다 적지만, 내차를 빌려주는 데 따른 예상치 못한 이벤트 가능성 등 스트레스 요인도 감안한다면, 전기 요금 Arbitrage는 꽤 괜찮은 선택이 될 것이다.

그림 42. 벤츠: 디스플레이 크기 확대 이미지와 음성인식 AI



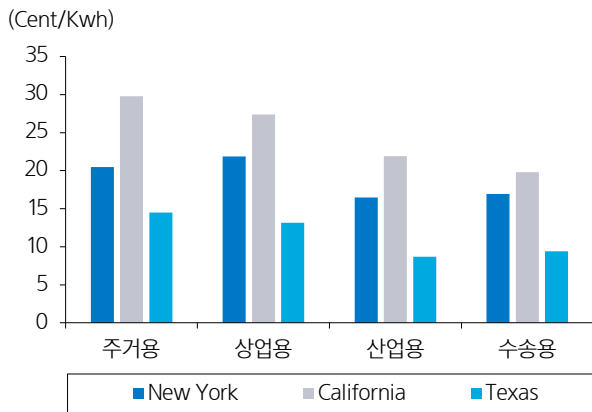
자료: 벤츠, 삼성증권

그림 43. 현대차: V2L



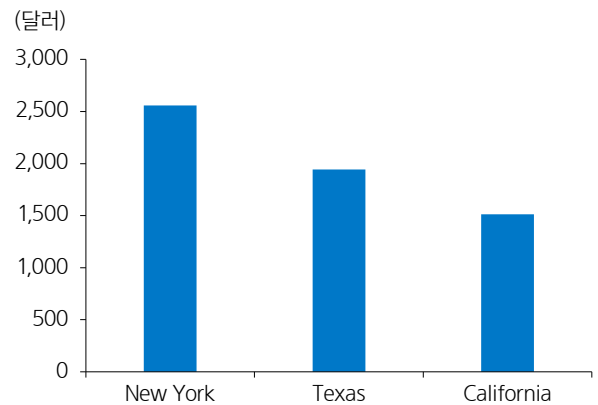
자료: 현대차, 삼성증권

그림 44. 미국: 용도별 전기요금



자료: EIA, 삼성증권

그림 45. 미국: 가구당 연간 전기 요금

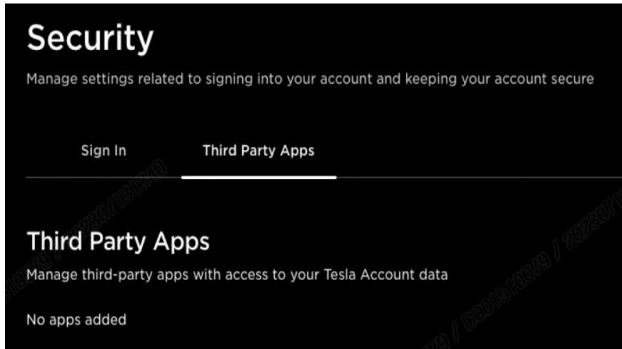


자료: EIA, 삼성증권

셋째, 전기차는 점차 개인화 기기로 발전될 전망이다. 자율주행 기술 고도화, 전기차의 용도확장과 함께, 여러가지 서비스 앱이 도입될 예정이다. 단순히 스마트폰과의 연동을 넘어, 결제, 게임, 영화 등 여러가지 서비스 앱이 결합될 것이다. 인포테인먼트, 여러가지 서비스 도입을 위해 차량 내의 디스플레이 크기는 확대되고 있으며, 뒷자석에도 디스플레이가 제공되며, 개수도 증가하고 있다. 테슬라는 2021년 모델 S부터 AMD 칩 장착으로 게임 앱을 제공하기 시작했으며, 2024년에는 제3자 앱 개발 생태계를 구축할 전망이다. 벤츠는 2025년에 음성인식 AI 비서 옵션을 제공할 계획이다.

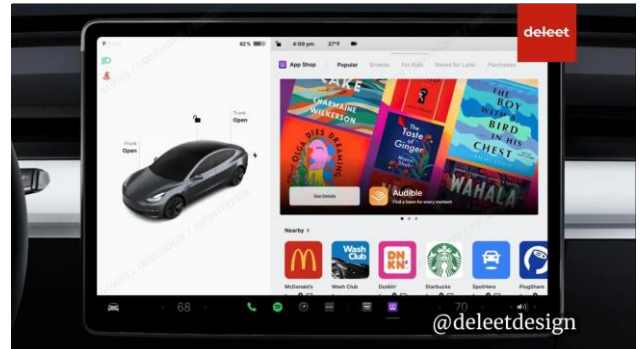
전기차의 용도가 확장되고, 개인정보가 결합되면, 타인과 공유하기 쉽지 않다. 스마트폰의 등장으로 핸드폰은 개인화된 기기로 변화되었다. 사용인구의 폭발적인 성장과 교체주기의 단축으로, 2017년 핸드폰 수요는 19.2억대로 10년 전 대비 거의 2배 성장하였다.

그림 46. 테슬라: 제 3자 앱 등장



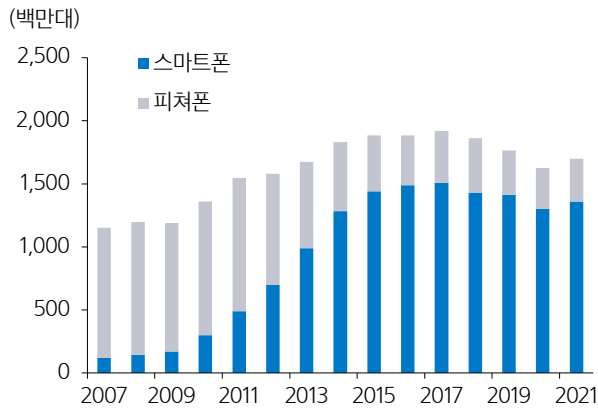
자료: Electrek (Deleet), 테슬라, 삼성증권

그림 47. 테슬라: 앱 구동서비스 가상도



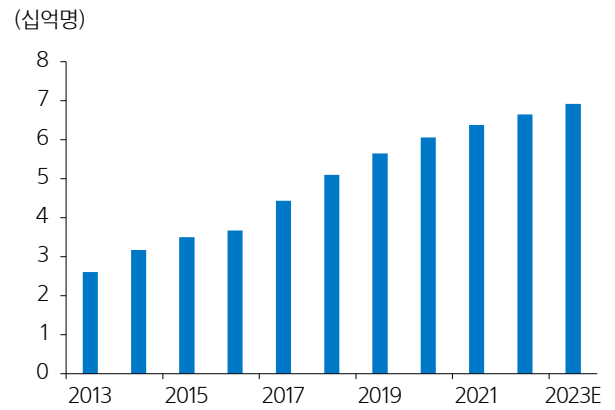
자료: Electrek (Deleet), 테슬라, 삼성증권

그림 48. 핸드폰 수요



자료: SA, 삼성증권

그림 49. 스마트폰 사용인구



자료: Statista, 삼성증권

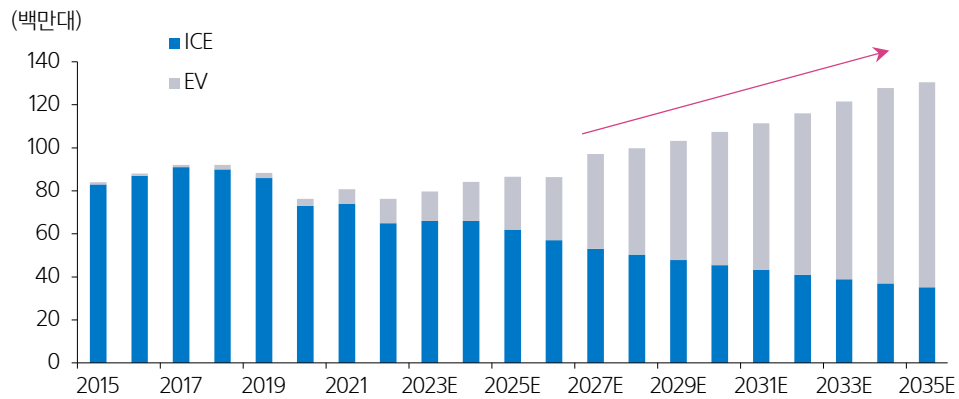
넷째, 전기차의 AP(Application Processor) 업그레이드 시기마다 수요가 증가할 전망이다. 전기차의 활용도가 증가하면서, 차량내의 Application Processor의 성능도 업그레이드가 필요하다. 테슬라의 자율주행 AP는 2~4년을 주기로 업그레이드 되고 있다. 내연기관차 차량의 교체 주기인 6~7년 대비 1/2 수준이다. 스마트폰 보급 초기, 2년~3년마다 교체했던 이유도 폭발적으로 성장한 앱과 서비스 기능에 맞추어 업그레이드 된 AP가 필요했기 때문이다. 전기차도 SDV(Software Defined Vehicle)와 자율주행 Level3가 확산되는 2026년을 기점으로 큰 폭의 수요 성장이 예상된다.

표 9. 테슬라: Autopilot/ FSD 도메인 변화

시점	인지	Software	자율주행 칩	SoC 스펙
15년 10월 (첫 SW)	카메라 1개 / 레이더 1개/ 초음속 12개	V7.0~V8.0	Hardware 1.0 (Mobileye EyeQ3)	소비전력 2.5W / 0.256 int8 TOPS
16년 10월	카메라 8개(전면3개) 레이더 1개 초음속 센서 12개	V8.0(17년 1월) V 8.2(17년 3월)	Hardware 2.0 (Nvidia Drive PX 2)	소비전력 10W / 10~12 TOPS
17년 8월	카메라 8개(전면3개) 레이더 1개 초음속 센서 12개	V9.0 (18년 10월)	Hardware 2.5 (Nvidia Drive PX 2)	소비전력 20W
19년 3월	카메라 8개(전면3개) 레이더 1개(2021년 제외) 초음속 센서 12개	V10	Hardware 3.0 (자체칩)	소비전력 50W / 72 TOPS
23년 2월	상동	V11	Hardware 4.0 (자체칩)	소비전력 100W / 150 TOPS Dojo(2023년 7월) 신경망학습 슈퍼컴퓨터 도입"

자료: 테슬라, 삼성증권

그림 50. 글로벌 자동차 수요 전망



자료: 현대차 글로벌 경영연구소, 삼성증권 추정

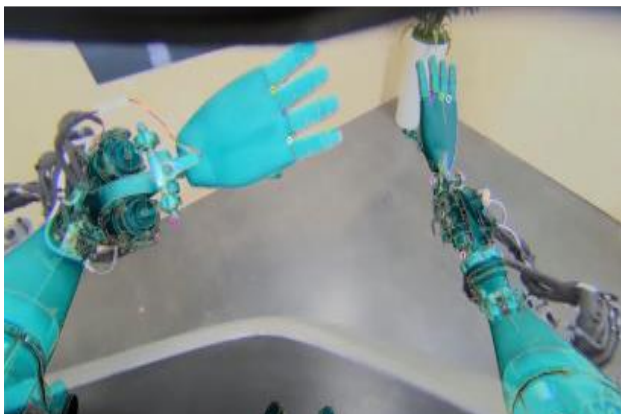
로봇, 기업가치 10조 달러 시대를 이끄는 동력 물리세계의 AI 2: 옵티머스

UAW 파업 중에 업데이트 된 옵티머스

UAW 파업이 계속되는 가운데, 테슬라는 9월 24일에 옵티머스의 발전된 영상과 엔지니어 구인 트윗을 공유하였다. 테슬라는 2022년 독자 모델 옵티머스 개발을 시작하여, 11개월 만에 보행, 파지(움켜쥐는 것), Motion을 학습시킨 결과를 AI Day 2(2022년 10월)에서 공개한 바 있다. AI Day2 행사 현장에서는 제대로 걸지도 못하는 로봇이라며 혹평을 받았으나, 이후 2차리에 걸쳐 공개된 영상은 경이감이 들 정도의 빠른 발전 속도를 보여주고 있다.

AI Day 2에서 발표한 바와 같이, 옵티머스에 적용되는 기술은 차량에 적용되는 기술과 동일하다. 9월에 공개된 동영상에서 옵티머스는 FSD 12버전 테스트 데모영상에서 밝힌 End-to-End 신경망 연산 방식에 의해 학습하고 있음을 밝혔다. 자율주행차처럼 수많은 영상이 입력되면, AI 스스로 학습하고, 알고리즘을 생성하고 판단하는 것이다. 옵티머스는 테슬라 공장 내에서 활용되기 때문에, 비전만을 사용하여 객체를 인식하는 데 환경적 제약이 없다. 공개된 영상에서는 비전과 관절에 위치한 인코더만으로 공간에서 팔다리 위치를 정확하게 찾을 수 있었다. 팔과 다리의 위치와 자세를 스스로 보정하고, 색상과 물체 모양을 구분하고, 규칙에 맞추어 물체를 정렬할 수 있음을 보여줬다. 한편 보스턴다이나믹스의 아틀라스보다 움직임이 유연하지 않은 것은 액추에이터를 6개 종류로 축소하면서, 대량생산을 염두에 두었기 때문이다.

그림 51. 옵티머스: 비전과 관절의 인코더로 팔다리 위치를 정확하게 인식



자료: Tesla, 삼성증권

그림 52. 옵티머스: 색깔 별, 모양 별 블록 정렬



자료: Tesla, 삼성증권

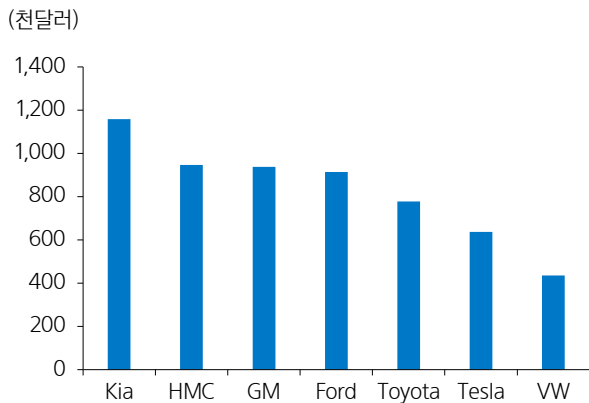
옵티머스 상용화 효과

테슬라 FSD의 가치는 Robo-taxi 보다, 휴머노이드 로봇에서 크게 빛을 발할 전망이다. 옵티머스의 상용화 효과는 크게 두가지이다.

첫째, 테슬라의 원가경쟁력 향상과 중국공장에 대한 의존도 축소이다. 테슬라가 2.5만 달러 저가차를 생산하기 위해서는 제조 인건비를 크게 낮추어야 한다. 테슬라는 2016년 프리몬트 공장에서 모델3를 생산하면서 무인화를 시도했다가 실패하였지만, 포기한 것은 아니다. 기가프레스, Unboxed process 등 혁신적인 생산공정 기술은 로봇이 일할 수 있는 환경을 만들어 가는 과정이다.

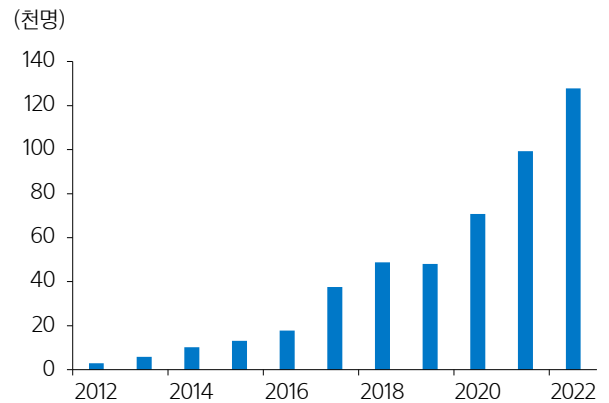
테슬라의 공장 동영상을 보면, 기계가 기계를 생산하는 무인화 공장처럼 보인다. 그러나, 테슬라의 인당 생산성은 의외로 매우 낮다. 2022년 말 기준 테슬라의 고용 인원은 127.8천 명이며, 2023년 생산계획 180만 대이다. 테슬라의 핵심기술 내재화를 위한 R&D 인원, 생산인원, 중국 공장 4조 3교대를 감안해도, 인당 매출액은 63.7만 달러로 기아의 50% 수준이다. 현대차의 국내공장 생산능력이 약 180만 대로, 국내 고용인원은 R&D 인원 12.5천 명(기아 R&D 인원 포함)을 포함하여 72.6천 명으로 테슬라의 절반 수준이다. 2022년 기준으로 테슬라의 매출액대비 인건비 비중은 13%로 추정되며, 현대차/기아 대비 4%p 높다. 테슬라의 높은 인건비 비중은 전기차도 조립산업의 특징에서 벗어날 수 없음을 보여준다.

그림 53. 글로벌 완성차 업체: 2022년 인당 매출액



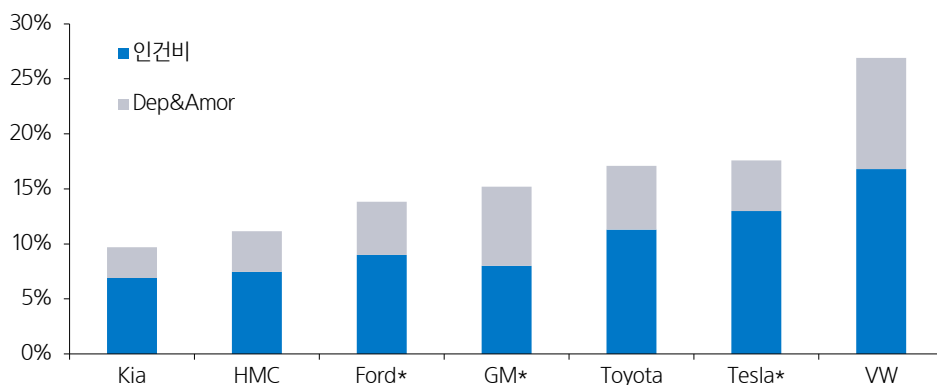
자료: 각 사, Bloomberg, 삼성증권

그림 54. 테슬라: 고용 인원



자료: Statista, 삼성증권

그림 55. 글로벌 완성차 업체: 2022년 매출액 대비 고정비 비중

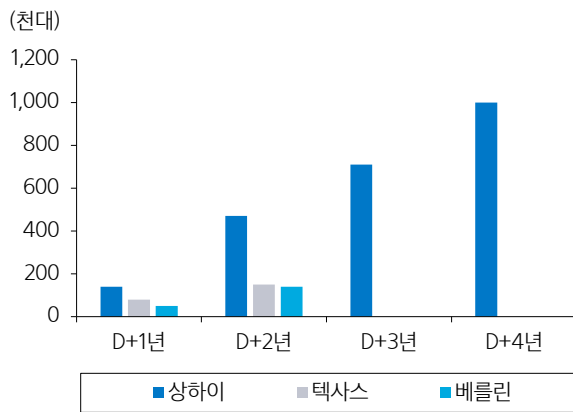


참고: * 업체의 인건비 비중은 삼성증권 추정
자료: 각 사, Bloomberg, 삼성증권

테슬라 미국공장의 인건비는 시간당 45달러로, 미국 Big3 보다는 낮지만, 중국공장에 비해서는 6배 이상 높다. 일론머스크 전기를 쓴 아이작슨의 인터뷰에 따르면, **테슬라 상하이 공장의 제조인원의 임금 시간당 7달러이다.** 또한 중국공장은 시간당 생산대수가 80대를 넘어설 만큼 생산 효율이 높다.

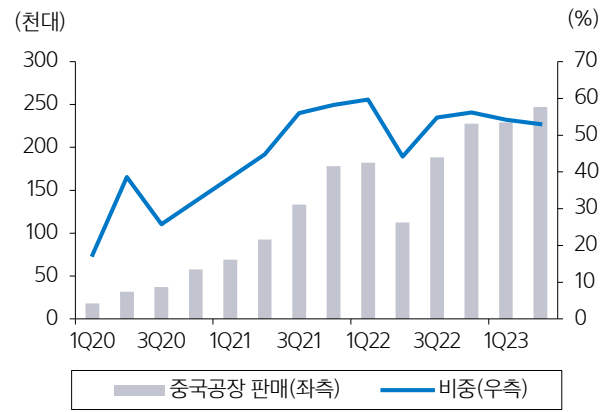
상하이 공장은 2019년 말 가동을 시작하여, 2020년 14만 대 → 2021년 47만 대 → 2022년 71만 대 → 2023년 95만 대 생산이 예상된다. 2020년 이후 코로나-19 Lock-down과 반도체 부족 영향을 감안하면 놀라운 생산성이다. 반면, 미국 텍사스 공장은 2022년 4월 7일 공장 오픈 행사 후, 2022년 말까지 5만 대, 2023년에는 14만 대 생산이 예상된다. 베를린 공장도 2021년 말 가동을 시작하여, 2022년 8만 대, 2023년 15만 대 생산이 예상된다. 텍사스 공장도 베를린 공장 가동에도 중국 생산비중은 여전히 50%를 상회하고 있다. **미·중 갈등 리스크에도 일론머스크가 중국공장을 포기하지 못하는 것은 시장 수요가 큰 것도 있지만, 다른 공장이 중국공장의 생산성과 원가경쟁력을 따라가지 못하기 때문이다.**

그림 56. 테슬라 공장: 가동 후 생산대수 추이



자료: Troy Teslike, 테슬라, 삼성증권

그림 57. 테슬라 상하이공장 생산대수 및 비중



자료: 테슬라, 삼성증권

중국 CITIC 증권 자료에 따르면 옵티머스의 재료비는 18,500달러 수준이다. 테슬라 전기차에 장착되는 배터리 용량은 평균 70Kwh인데, 옵티머스에 장착되는 배터리 용량은 2.3Kwh에 불과하다. 재료비에서 가장 큰 부분은 액추에이터로 75% 비중이며, Dexterous hand은 15%비중이다. **CITIC 증권의 EV 섹터 애널리스트에 따르면 중국에 이미 옵티머스 원가의 60~70%를 담당할 Value Chain이 결정되어 있다.** 옵티머스 생산 후 2~3년이 지나면, CPU(인텔 또는 AMD에서 소싱 예정)를 제외하고는 거의 100% 중국기업이 소싱을 담당할 전망이다. 액추에이터 생산기업으로 옵티머스의 가장 큰 Value Chain인 Tuopu Group은 2024년 말부터 공급이 가능하다고 밝혔다. 재료비 외 개발비, 감가상각비, 인건비 등 고정비를 감안할 때, 옵티머스의 판매가격은 25,000달러 수준에서 결정될 것으로 추정된다.

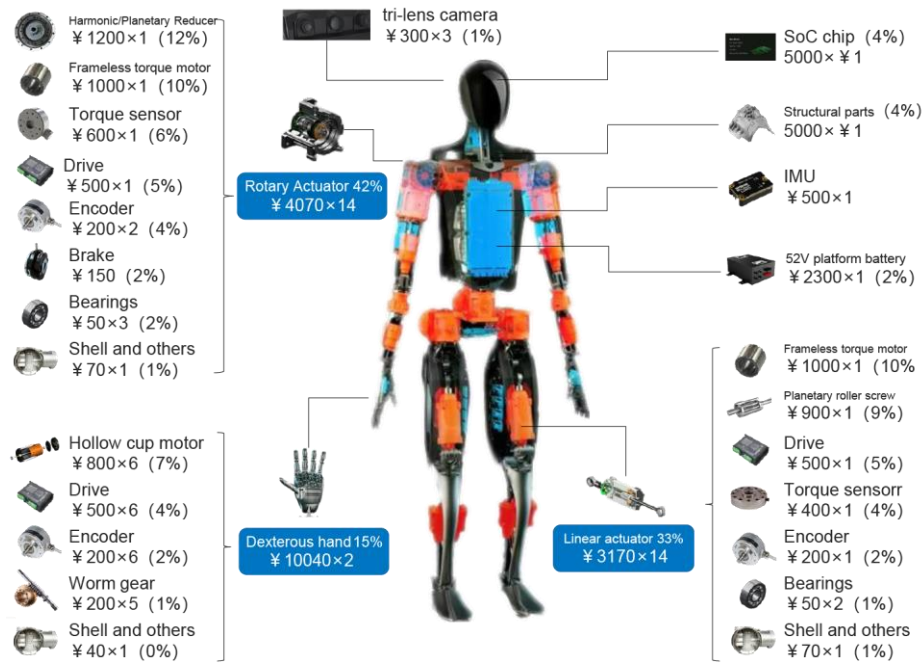
옵티머스를 테슬라 공장에 투입할 경우, 제조원가 2만 달러를 기준으로 시간당 원가는 5달러 수준이다. 중국 공장(7달러) 보다 낮다. **2025년 말 테슬라는 멕시코공장 가동에 옵티머스를 투입하면서, 제조원가를 크게 낮추고, 중국공장에 대한 의존도도 축소할 수 있을 전망이다.** FSD 상용화 전에 베타 버전 배포로 기술력을 향상시킨 것과 같이, 자체 공장에서 옵티머스를 활용하여 기술을 고도화시킬 전망이다.

표 10. 테슬라 옵티머스 vs 전기차: 배터리 원가 비교

	옵티머스	전기차	비고
판매가격	25,000	35,000	
배터리용량 (Kwh)	2.3	70	
배터리 가격	230	7000	Kwh당 100달러로 추정
비중 (%)	0.9	20.0	

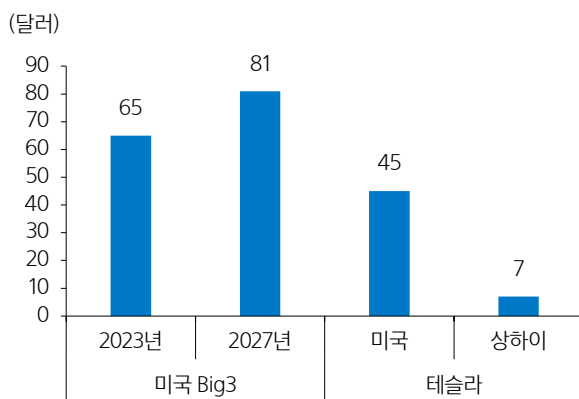
자료: 테슬라, 삼성증권 추정

그림 58. 옵티머스 BOM Cost



자료: CITIC 증권

그림 59. 제조인력: 시간당 임금 비교



자료: 언론, 삼성증권

표 11. 테슬라: 옵티머스 시간당 원가 추정

(달러)	금액	비고
로봇 원가	20,000	글로벌 완성차 업체 평균 80% 적용
FSD 원가	2,675	
유지비용	2,000	전기료 등. 로봇원가의 10% 가정
원가 계	24,675	
시간당원가	4.93	하루 20시간/주 5일/50주

자료: 삼성증권 추정

표 12. 테슬라 옵티머스 중국 Value Chain

코드	기업	시가총액 (백만 위안)	시가총액 (백만 달러)	순이익			PE(X)		
				22A	23E	24E	22A	23E	24E
601689.SH	Tuopu Group	69,374	9,481	17	23.65	32.91	45	32	23
300866.SZ	Anker Innovations	38,155	5,214	11.43	13.54	15.91	27	23	19
688475.SH	Ezviz Network	29,256	3,998	3.33	5.42	7.26	74	45	34
688017.SH	Leader Harmonious Drive	17,965	2,455	1.55	2.43	3.35	131	83	61
603728.SH	Moons' Electric	26,699	3,649	2.47	3.99	6.07	108	67	44
002472.SZ	Shuanghuan Driveline	22,175	3,031	5.82	8.01	10.5	48	35	27
300660.SZ	Leili Motor	8,303	1,135	2.59	3.49	4.65	39	29	22
603662.SH	Keli Sensing Technology	7,712	1,054	2.6	3.45	4.24	31	23	19
301368.SZ	Zhejiang Fore Intelli. Tech.	4,426	605	0.45	0.77	1.01	131	77	58
002979.SZ	Leadshine Technology	5,279	721	2.2	2.48	3.14	27	24	19
300007.SZ	Hanwei Electronics Group	5,253	718	2.76	3.77	3.66	19	14	15
688665.SH	Cubic Sensor and Instrument	4,659	637	1.45	2.49	3.51	36	21	15
688320.SH	He Chuan Technology	5,237	716	0.9	1.64	2.42	61	33	23
688160.SH	Kinco Automation	4,518	618	0.91	1.1	1.36	60	50	40
002050.SZ	Sanhua Intelligent Controls	99,064	13,538	25.73	31.25	38.57	39	32	26

참고: 시가총액은 10/20일 기준

자료: CITIC 증권, Bloomberg,

둘째, 옵티머스 상용화는 테슬라의 막대한 신규 수익 사업이 될 전망이다. 테슬라의 옵티머스 로봇은 중국의 글로벌 생산기지로서 역할을 제지하고, 미국의 제조업 부활을 가능하게 해줄 기술이다. 테슬라는 자체 공장에서 학습과 테스트를 거쳐, 2027년 전후에 B2B 사업을 시작할 수 있을 것으로 예상된다. 가장 먼저 사업화될 곳은 자동차 제조공장이다. 미국 Big3의 임금협상은 4년 주기로 이루어지며, 다음 임금 협상 시기는 2027년이다. 미국 Big3의 CEO는 옵티머스 로봇이 절실할 것으로 예상된다. 미국 Big3뿐 아니라, 부품사, 미국에 진출한 모든 제조업체는 테슬라의 옵티머스 구매에 큰 관심을 보일 것으로 예상된다.

미국 Big3 모두 큰 폭의 임금 인상이 불가피한 상황이다. 표면적으로는 지난 4년간 미국 완성차 업체의 실적 호조의 과실에 대한 분배 요구이지만, 핵심은 전기차 전환에 따른 일자리에 대한 불안감이 폭발한 것이다. 미국 Big3의 임금은 시간당 64~67달러(기본급은 시간당 32달러)로, 향후 4년간 25% 인상 가정 시, 4년 뒤에는 81달러 정도가 된다. 연 환산 시 인당 16.8만 달러이다. 테슬라 미국공장의 임금은 시간당 45달러로 테슬라의 2배 임금이다.

미국은 생산효율성 측면에서도 아시아에 비해 제조기지로서 경쟁력을 상실한 상황이다. IRA로 보조금을 쏟아 부어도, 중국 대비 6배~12배 높은 제조 인건비와 낮은 생산효율성 때문에 제조업의 경쟁력 회복은 어려워 보인다. 미국의 생산 효율성은 한국인 눈에는 이해할 수 없을 정도로 낮다. 테슬라도 예외는 아니다. 테슬라가 대량생산 초기 파나소닉과 협력하여 배터리를 생산할 때도, 일본 엔지니어의 지시가 제대로 적용되지 않아 전기차 생산이 몇 달 간 지체된 바 있다. 2023년 상반기 GM의 전기차 생산은 배터리 모듈 조립 문제로 5만 대에 그쳤다. LG엔솔이 배터리 셀을 제대로 공급해도, GM의 전기차 나오지 않는 이유이다.

미국 Big3가 옵티머스를 구입하여 생산 공장에 적용 시, 시간당 제조 인건비는 7.9달러로 추정된다. 이는 2027년 예상되는 미국 Big3의 시간당 인건비 81달러대비 1/10 수준이고, 중국공장의 인건비 7달러 대비 10% 높은 수준이다. 전체 공장을 무인화하는 것은 어렵겠지만, 로봇을 활용하지 않는다면 미국 Big3는 원가 경쟁에서 완전히 뒤처지게 될 것이다.

그림 60. UAW 시위



자료: 언론, 삼성증권

표 13. 미국 Big3: 옵티머스 구입시 시간당 원가 추정

(달러)	금액	비고
로봇 원가	25,000	로봇 판매가격
FSD 원가	12,000	채택률 100% 가정
유지비용	2,500	전기료 등. 로봇 구입가격의 10% 추정
원가 계	39,500	
시간당원가	7.9	하루 20시간/주 5일/50주

자료: 삼성증권 추정

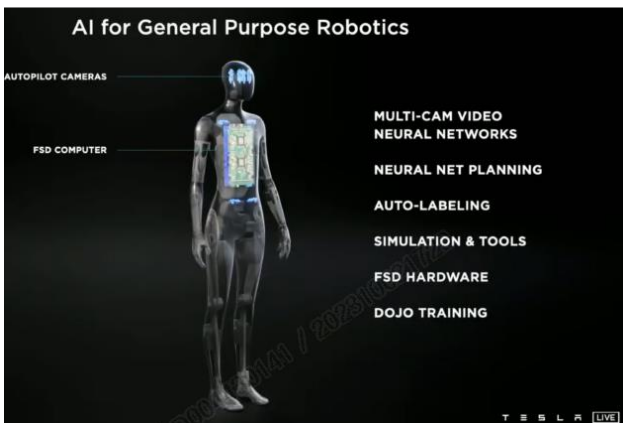
2B사업을 통해 옵티머스의 안정성과 효용성이 확인되면, 서비스용과 가정용으로도 보급이 확산될 것이다. 옵티머스는 비전시스템을 통해 인간의 동작을 모방할 수 있고, 손을 사용할 수 있고, 대량 생산이 가능하다. 옵티머스의 Dexterous Gripper, 작은 물건을 칠 수 있는 능력이 사용성을 확장해 줄 전망이다.

옵티머스의 제원은 키 173cm, 72kg 무게에 2.3kWh 배터리를 장착하고 있으며, 8시간 사용이 가능하다. 양손으로 20kg의 무게를 들 수 있고, 한 손으로는 9kg 무게의 물건을 움켜질 수 있다.

테슬라가 AI Day에서 강조한 기술은 로봇의 손인 Dexterous Gripper이다. 작은 물건, 천 같이 매끄러운 물건도 칠 수 있도록 정밀한 설계를 하였고, 동시에 원가 절감을 위해 액추에이터 숫자는 손가락 당 하나를 배치하였다. 손에 11 자유도(DoF: Degree of Freedom)를 부여하였다.

로봇 동작에 자유도를 부여하고, 동작의 최적화를 위해 28개의 액추에이터가 필요하나 최적화를 일부 포기하고, 원가 절감을 위해 액추에이터를 6개 종류로 축소하였다고 밝혔다. 각 액추에이터는 500kg의 무게를 견딜 수 있을 내구성을 갖추고 있다. 옵티머스에는 총 30개의 액추에이터가 장착되어 있다.

그림 61. 테슬라 옵티머스: 전기차와 기술 공유



자료: 테슬라, 삼성증권

그림 62. 테슬라 옵티머스: 보행



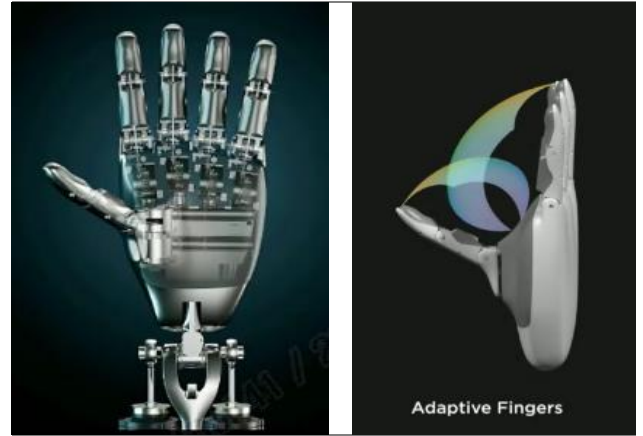
자료: 테슬라, 삼성증권

그림 63. 테슬라 옵티머스: 파지능력



자료: 테슬라, 삼성증권

그림 64. 옵티머스 손



자료: 테슬라, 삼성증권

향후 로봇의 수요는 얼마나 될까?

로봇산업은 산업용, 서비스용, 가정용으로 나눌 수 있다. 이 중 가장 큰 시장인 산업용 로봇의 경우, 2021년에 348만 대가 보급되어 있다(IFR 통계). 2021년에 신규로 보급된 로봇 대수는 51.7만 대이다. 자동차산업과 비교해 보면, 2021년 기준 자동차는 인구 1만 명당 1,890대가 보급되어 있다. 2022년에 글로벌 자동차 신차 수요는 8천만 대이다. 산업용 로봇의 수요는 자동차 산업 대비 1%에도 미치지 못하고 있다.

그동안의 산업용 로봇은 힘 센 기계 장치였으나, AI가 결합되면서 스마트한 로봇으로 발전될 전망이다. 여기에 인간의 동작을 모방할 수 있고, 인간의 언어를 이해하고, 손을 사용할 수 있는 옵티머스와 같은 휴머노이드 로봇의 등장은 서비스, 가정용 로봇의 시대가 임박했음을 의미한다.

일론머스크는 AI Day 2를 통해 인구 1명당 1개 이상의 로봇이 필요해지면서, 향후 옵티머스에 대한 수요가 10억 대에 이를 것이라고 전망하였다. 현대차그룹의 정의선 회장도 CES 2022년 기조연설에서 가정마다 로봇이 필요하게 될 것이라고 전망하였다. **로봇 수요는 1) 지정학적 리스크로 인플레이션 고착화에 대한 대응 필요성과, 2) AI 기술의 발달로 인해 급격한 성장이 예상된다. 2030년 이후 로봇의 연간 판매대수는 신차 수요대비 10배, 20배 이상 커진다고 해도 전혀 이상하지 않다.**

표 14. 수요 비교(2021년): 산업용 로봇 vs 자동차

(천 대)	구분			비고
	산업용 로봇(A)	자동차(B)	차이(A/B)	
보급 대수	3,481	1,490,000	0.2%	
신규 수요	517	80,000	0.6%	자동차는 2022년 기준

자료: IFRS, KAMA, 삼성증권

테슬라 기업가치, 10조 달러 가능성

로봇은 도로에서 자율주행보다 훨씬 더 복잡하고, 다양한 업무를 수행해야 함에 따라, 테슬라가 구축 중인 General World Model이 고도화되어야 상용화가 가능할 전망이다. 이에 따라 상용화 시점이 3년 이상 남은 테슬라 옵티머스 가치를 현재 가능하는 것은 무의미한 일이다. 그러나 현재 알 수 있는 점은 1) 옵티머스에 대한 수요가 전기차에 대한 수요보다 최소 10배 이상 커질 수 있다는 점, 2) 옵티머스 판매를 통한 기대 이익이 전기차 판매 이익보다 보다 20% 이상 크다는 점이다.

테슬라는 2030년 2천만 대 전기차 판매를 목표로 하고 있지만, 블룸버그 컨센서스는 판매대수 6.4백만 대로 1/3에 불과하다. 테슬라의 압도적인 소프트웨어 기술과 AI기술에도, 소비자는 눈에 보이는 외관과 내장 인테리어가 오랫동안 변하지 않는다는 점에 싫증을 느낄 수 있다는 점이 반영된 것이다. 인간이 타인과 비교하면서 만족감을 느끼는 상대적 욕구는 영원이 채워지지 않는다. 테슬라를 특별하게 만드는 FSD는 각국의 규제로 인해 배포속도가 느리게 진행될 전망이다. 이에 따라 자율주행 시대에도 전기차는 세그먼트와 디자인이 계속 파편화되면서, 테슬라는 독과점적 지위를 유지하기 어려울 전망이다. 또한 FSD도 필요한 시기에만 쓰는 구독 모델이 주를 이루면서, 채택률에 따라 수익성이 달라진다.

그러나, 로봇은 기능 때문에 구매하는 것이다. 개인용 로봇도 나를 나타내 주는 정체성이 아니라 편리한 기능이 구매의 주 목적이다. 일론머스크는 5개~6개 종류의 로봇을 개발할 계획이라고 밝혔다. 전기차 모델 7개 차종 대비 적어, 생산 속도를 높일 수 있다.

대중화에 가장 중요한 것은 가격이다. 옵티머스 로봇은 2만 달러를 목표로 한다. 우리는 옵티머스의 원가를 감안하여 가격을 2.5만 달러로 추정하고 있다. 보스턴 다이내믹스의 아틀라스는 운동능력이 뛰어나지만, 가격은 9만 달러 수준으로 알려져 있다. 팔 로봇틱스의 TALOS의 가격은 1백만 달러이다. AI 로봇 시대에 테슬라는 압도적인 기술력과 가격경쟁력을 기반으로 독점적 지위를 차지할 전망이다.

표 15. 주요 휴머노이드 로봇 제원 비교

기업	테슬라	Boston Dynamics(현대차그룹)	Pal Robotics
Product	Optimus	Atlas	TALOS
Release Date	2022	2013	2017
Height(cm)	173	150	175
Weight(Kg)	73	89	95
Carrying capacity per hand	9	8	6
Max walk speed	8km/hr	9km/hr	3km/hr
Degrees of freedom(Total)	>200	28	32
Degrees of freedom(Hand)	11	1	1
Finger(Hand)	5	2	3
Battery Size(KWh)	2.3	3.7	1
Battery Life	8hrs	1hr	1.5hrs walking/ 3hrs standby
Price (공표/ 예상)	2.5만 달러	9만 달러	1백만 달러

자료: 각 사, James Cat(X)

그림 65. Tesla Optimus



자료: 각 사

그림 66. Boston Dynamics: Atlas



자료: 각 사

그림 67. Pal Robotics: TALOS



자료: 각 사

또한 로봇은 하루에 18~20시간 사용되고, 나머지 시간에는 유지보수 및 충전이 필요하여, FSD 채택률이 거의 100%에 가까울 것으로 전망한다. 이에 따라 옵티머스 판매가격을 전기차 평균판매가격 3.5만 달러 대비 70% 수준인 2.5만 달러로 가정하여도, 대당 매출총이익률은 약 +20%p 높을 것으로 추정된다.

일론머스크는 AI Day2 이후 여러 인터뷰를 통해 테슬라는 AI 로봇 회사이며, 테슬라 기업가치가 10조 달러 가는 데 로봇이 가장 큰 가치를 차지할 것이라고 전망하고 있다. 물론 일론머스크는 행사가 있을 때마다, 그 행사에서 보여지는 제품이 테슬라의 주된 가치를 형성할 것이라고 강조해왔다. 테슬라의 정체성은 에너지 회사 → Robo-taxi → 로봇 순서로 바뀌어 왔다. 에너지 사업, Robo-taxi 사업의 매출이나 이익 규모는 전기차 사업보다 커지기 어렵지만, 로봇 사업은 10배 이상으로 성장할 수 있다. 테슬라 기업가치가 10조 달러에 도달한다면, 그것은 옵티머스 때문일 것이라고 생각한다.

표 16. 테슬라 옵티머스 vs 전기차: 대당 이익 추정(2030년)

옵티머스	전기차	비고	
판매가격	37,000	판매가격 38,000	
로봇	25,000	ASP 35,000	모델2 출시 후 믹스하락 반영
FSD	12,000	FSD 3,000	전기차: 채택률 10%+ 구독률 40%
원가	22,675	원가 30,675	
로봇*	20,000	차량 원가*	28,000
FSD	2,675	FSD	2,675
매출총이익	14,325		7,325
매출총이익률 (%)	38.7		19.3

참고: 로봇원가와 차량원가는 판매가격대비 글로벌 완성차 업체 평균 80% 적용
자료: 삼성증권 추정

리스크 요인. 고금리로 2024년 실적 둔화 가능성

10/18일 발표된 3분기 실적발표에서 일론머스크는 고금리 상황이 전기차 수요에 부정적 영향을 주고 있다고 되풀이하였다. 2023년 들어 5차례 가격을 인하했지만, 할부금리 상승으로 소비자가 지불하고 있는 월 Payment는 동일하게 유지되고 있다고 설명하였다. 실적발표 후 주가는 13% 하락하여, 200달러를 위협하고 있다.

아무리 세상을 바꾸는 혁신 기업이라고 해도, 고금리 영향에서 자유로울 수 없다. 이에 따라 테슬라의 성장 속도 둔화와 Master Plan 3 달성 지연이 불가피하다.

현재 블룸버그 기준 2030년 테슬라 판매대수 컨센서스는 6.4백만 대로, 테슬라 목표인 2천만 대 대비 1/3 수준에 불과하다. 2030년에 글로벌 자동차 수요가 9.2천만 대 정도에 머문다면, 테슬라의 M/S는 7.0%로 판매대수 Top 5~6위 수준이 예상된다. 그러나 2026년 전후 옵티머스 상용화가 예상되어, 주식 시장의 관심은 이미 전기차에서 로봇으로 전환될 전망이다.

단기적으로 리스크 관리가 필요한 시점은 2024년 초반이다. 1월 말 4Q23 실적발표에서 공개될 2024년 판매 가이드라인이 시장 예상치 대비 낮을 가능성이 있다. 현재 블룸버그 기준 2024년 테슬라의 판매대수 컨센서스는 2.33백만 대(+30%YoY)이다. 3Q23실적 발표에서 일론머스크는 베를린 공장과 텍사스 공장의 증설은 시기상조라고 언급하였고, 원가절감에 더 중점을 두고 있다고 밝혔다. 텍사스 공장에서 사이버트럭 10만 대 생산과 베를린 공장 가동률 향상을 감안해도, 2024년 판매 대수는 2.2백만 대 수준으로 예상된다. 모든 공장이 100% 가동 시 2.3백만 대 판매가 가능하지만, 이를 달성하기 위해서는 추가 가격인하가 필요할 전망이다.

표 17. 테슬라: 2024년 판매전망

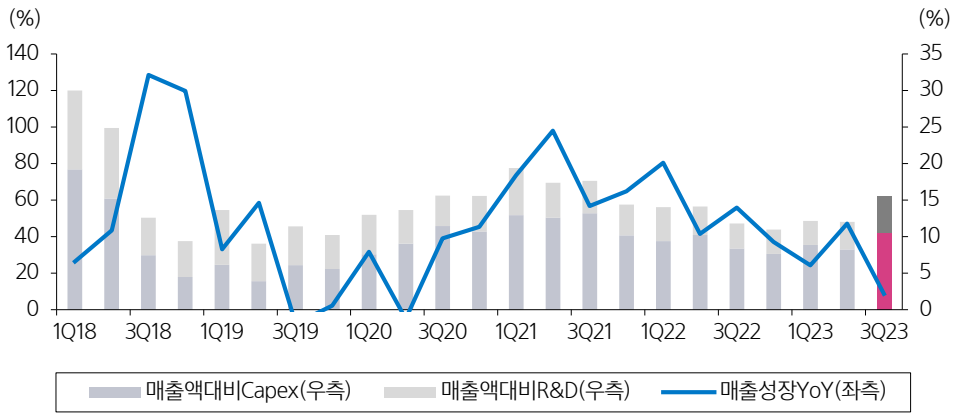
(천 대)	2023년E	2024년E	YoY증감 (%)
프리몬트	542	550	1.4
상하이	942	1,000	6.2
베를린	173	300	73.4
텍사스	149	350	135.7
계	1,805	2,200	21.9

참고: 2023년은 Troyteslike 자료.

자료: Troyteslike, 삼성증권 추정

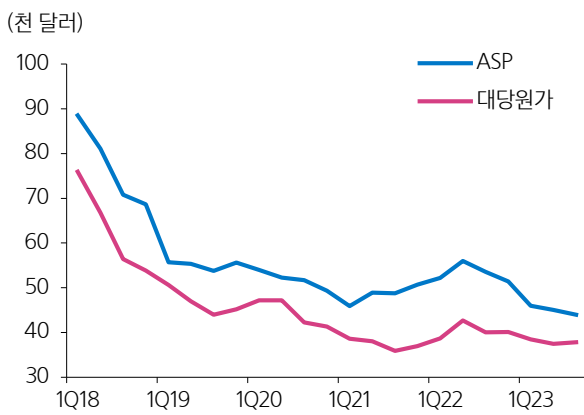
여기에 테슬라는 AI 모델 고도화 및 Dojo 확장을 위한 투자의 시기로 진입하였고, 2024년 말까지 투자 금액 증가가 예상된다. 3Q23에 실적소크는 1)판매가격 인하 외에, 2)매출액대비 R&D비용이 3%대에서 5%로 상승, 3)텍사스, 베를린 공장 가동으로 증가한 감가상각비, 무형자산 상각비가 영향을 미쳤다. 3Q23에 R&D비용은 11.6억 달러(+23%QoQ/+58%YoY)로 현대차/기아 R&D비용의 2배 수준을 기록하였고, Capex는 24.6억 달러(+19%QoQ/+36%YoY)를 기록하였다.

그림 68. 테슬라: 투자시기 진입



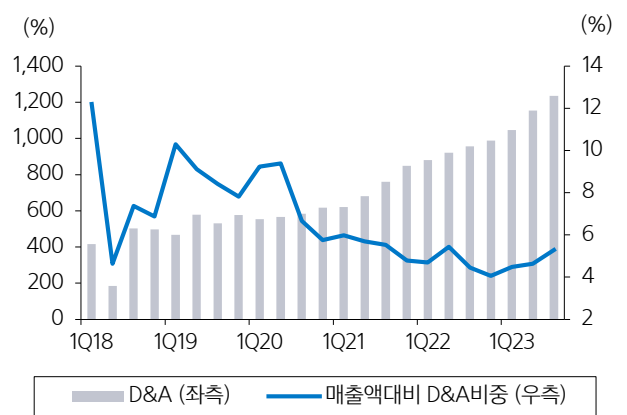
자료: 테슬라, 삼성증권

그림 69. 테슬라: 평균 판매 단가 및 대당 원가



자료: 테슬라, 삼성증권

그림 70. 테슬라: 감가상각비/무형자산 상각비 비중

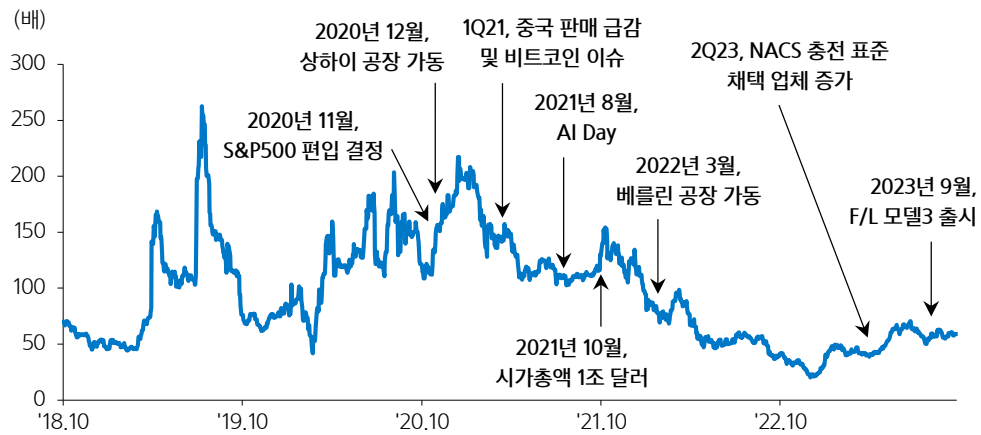


자료: 테슬라, 삼성증권

고금리는 판매성장 외에도 공장 증설 속도에도 영향을 미친다. 2023년 말 착공이 예상되었던 멕시코 공장은 2024년 초로 미뤄졌으며, 증설 속도도 경기 상황에 맞추겠다고 언급하였다. 인도 공장 건설 뉴스도 조용해진 상황이다.

테슬라는 FSD 상용화와 사이버트럭 출시 이후 고성장에 대한 기대로, 12개월 Forward P/E 60배로 미국 빅테크 주식 중에서도 높은 Valuation 프리미엄을 받고 있다. 그러나, 2024년 실적 성장률이 시장기대치를 하회한다면, Valuation이 낮아질 위험이 있다. 이에 따라 2024년 1월 실적 발표 시기까지는 리스크 관리가 필요하다.

그림 71. 테슬라: 12M FWD PER



자료: 테슬라, Bloomberg

표 18. 테슬라 실적 요약

(백만 달러)	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023E	2024E
매출액	3,198	4,046	7,000	11,759	21,461	24,578	31,536	53,823	81,462	98,077	121,049
매출총이익	882	924	1,599	2,222	4,042	4,069	6,630	13,606	20,853	18,289	24,400
영업이익	-187	-717	-667	-1,632	-388	-69	1,994	6,523	13,656	9,690	14,196
세전이익	-285	-876	-746	-2,209	-1,005	-665	1,154	6,343	13,719	11,210	15,458
당기순이익	-294	-889	-675	-1,961	-976	-862	721	5,519	12,556	9,545	12,943
이익률 (%)											
매출총이익	27.6	22.8	22.8	18.9	18.8	16.6	21.0	25.3	25.6	18.6	20.2
영업이익	-5.8	-17.7	-9.5	-13.9	-1.8	-0.3	6.3	12.1	16.8	9.9	11.7
당기순이익	-9.2	-22.0	-9.6	-16.7	-4.5	-3.5	2.3	10.3	15.4	10.9	11.5
총자산	5,831	8,068	22,664	28,655	29,740	34,309	52,148	62,131	82,338		
유동자산	3,180	2,782	6,260	6,571	8,306	12,103	26,717	27,100	40,917		
비유동자산	2,651	5,286	16,404	22,085	21,433	22,206	25,431	35,031	41,421		
현금성 자산	1,906	1,197	3,393	3,368	3,686	6,268	19,384	17,576	16,253		
총부채	4,919	6,937	16,750	23,023	23,426	26,199	28,418	30,548	36,440		
유동부채	2,165	2,811	5,827	7,675	9,992	10,667	14,248	19,705	26,709		
비유동부채	2,754	4,126	10,923	15,348	13,434	15,532	14,170	10,843	9,731		
차입금	2,466	2,616	6,908	9,629	10,632	11,801	10,220	5,342	2,045		
영업현금흐름	-57	-524	-124	-61	2,098	2,405	5,943	11,497	14,724		
투자현금흐름	-990	-1,674	-1,416	-4,419	-2,337	-1,436	-3,132	-7,868	-11,973		
Capex	-970	-1,635	-1,281	-3,415	-2,101	-1,327	-3,157	-6,482	-7,158		
재무현금흐름	2,143	1,524	3,744	4,415	574	1,529	9,973	-5,203	-3,527		
FCF	-1,027	-2,159	-1,405	-3,475	-3	1,078	2,786	5,015	7,566		
Valuation (배)											
P/E	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	972.9	217.3	33.7	67.0	51.7
P/B	30.7	27.9	7.3	12.4	11.7	11.4	30.5	36.2	8.7	12.8	10.4

참고: 추정치는 2023년 10월 20일 컨센서스 기준

자료: Bloomberg, 삼성증권

Appendix. 테슬라의 비전 파운데이션 모델

테슬라 자율주행 팀은 CVPR(Computer Vision and Pattern Recognition) 컨퍼런스에 2년 연속 참가하여, 테슬라의 자율주행 기술 발전 상황에 대해 업데이트 하였다. 2023년 7월 CVPR에서는 테슬라의 비전 파운데이션 모델에 대해서 설명하였다. 다음은 컨퍼런스 발표 스크립트를 요약한 것이다. 이 스크립트가 향후 테슬라의 기술 컨퍼런스를 이해하는 데 도움이 되기를 바라는 마음에 작성하였다.

자율주행과 로보틱스의 기초 모델

Occupancy Networks

북미에서 소프트웨어 베타버전을 구매한 모든 사용자에게 FSD 소프트웨어를 배포함. 현재 약 40만 대의 차량이 FSD 베타를 사용 중이며, 누적으로 약 2.5억 마일 주행. FSD 베타 소프트웨어는 차량이 미국 어디든지 이동할 수 있는 확장 가능한 자율주행 스택. 차량에 목적지를 입력하면 차량은 교통신호 및 다른 객체와 상호 작용하면서 목적지로 이동하려고 함. 이러한 이동은 차량 주변을 360도로 커버하는 8개의 카메라에 의해 주로 제어됨.

이 시스템은 매우 최신의 기계학습 스택을 기반으로 하며, 자율주행 스택의 많은 구성요소가 신경망으로 통합되어 있음. 이는 기존의 전통적인 자율주행 기술과는 다른 방식으로 작동. 기존에는 지도, 레이더, 라이다, 초음파 등을 결합하여 자율주행 시스템을 구축하는 것이 일반적이었음. 그러나 FSD 소프트웨어는 오로지 카메라를 통해서 작동.

그림 72. FSD 베타

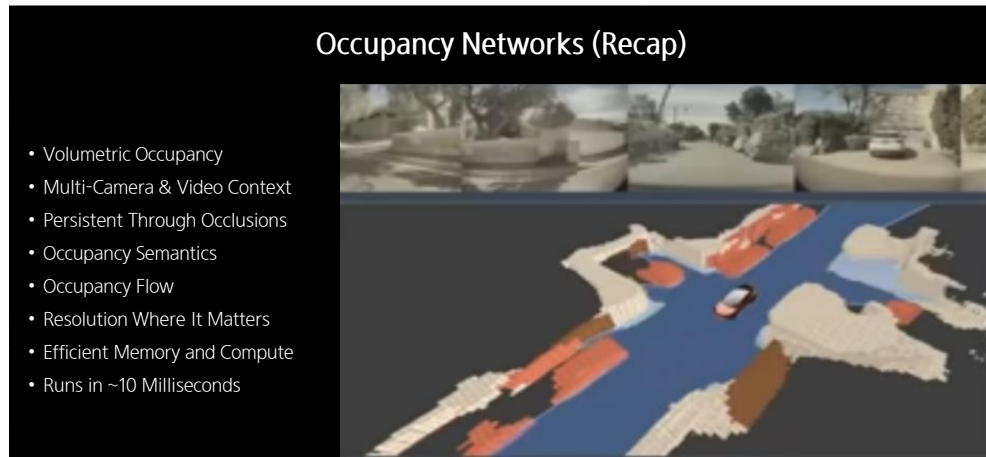


자료: 테슬라

테슬라의 스택에서 가장 중요한 요소 중 하나인 'Occupancy Networks'는 파운데이션 모델 작업 중 하나. 매우 범용적인 모델로 특정 온톨로지나 정의에 구애받지 않으며, 온톨로지* 오류에 대해서도 강건. 이 모델은 3D 공간의 복셀이 차지 되었는지 여부와 해당 복셀이 차지 되었을 확률을 예측. 또한 복셀의 미래흐름도 예측하여 표현할 수 있음. 레이블링이나 온톨로지 설계가 필요하지 않고, 임의의 장면에 적용할 수 있음. 이 모든 작업을 실시간으로 실행. 이는 전반적으로 Nerf와 유사하지만, 단일 장면에 대해 일반적으로 수행되는 다중 뷰 재구성과 달리, 실시간으로 8개의 카메라를 기반으로 공간 주변의 모든 영역에 대한 복셀 차지여부를 예측. 이러한 예측은 비디오 스트리밍 중에 실시간으로 이루어지며, 오프라인 후처리 단계 없이 주행 중에 수행이 가능.

온톨로지는 사람들이 세상에 대해서 보고 듣고 느끼고 생각하는 것에 대하여 서로 간의 토론을 통하여 합의의 이룬 바를, 개념적이고 컴퓨터에서 다룰 수 있는 형태로 표현한 모델. 개념의 타입이나 사용상의 제약조건들을 명시적으로 정의한 기술. 온톨로지는 일종의 지식표현으로, 컴퓨터는 온톨로지로 표현된 개념을 이해하고 지식처리를 할 수 있게 됨.

그림 73. Occupancy Networks

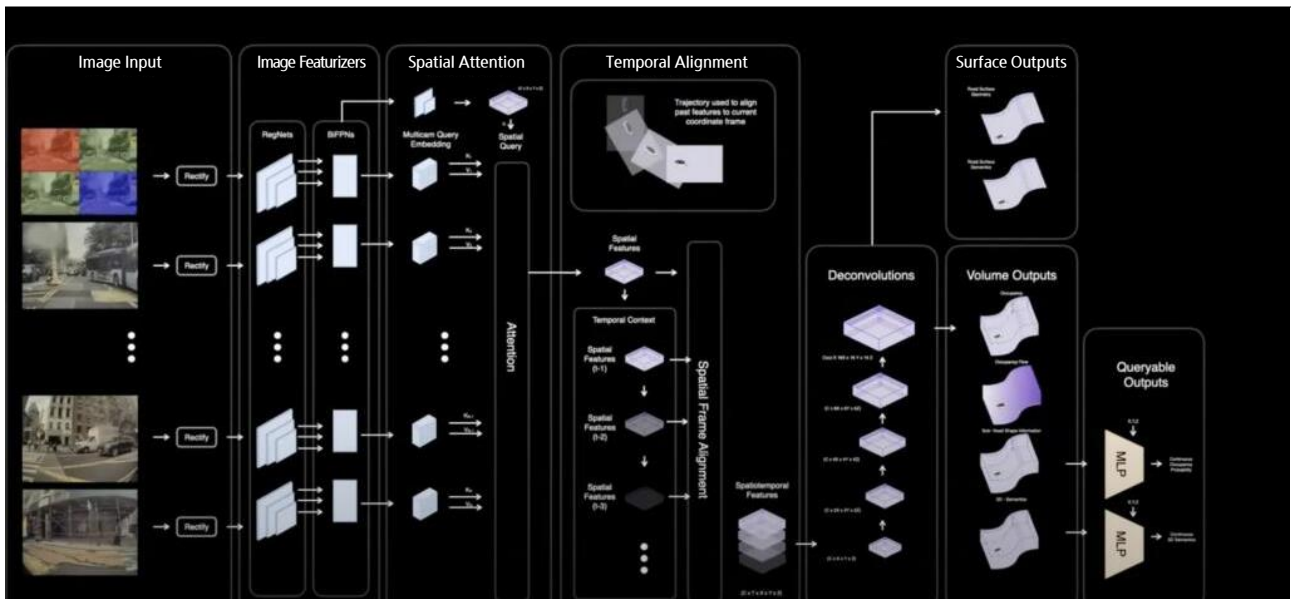


자료: 테슬라

아키텍처

아키텍처가 복잡해 보이지만 실제로는 복잡하지 않고, 매우 직관적. 여러 카메라에서 비디오가 스트리밍 되고, 어떤 백본을 선택하든지 상관없이 사용이 가능. 최신 기술인 'RegNet'을 사용하여 원하는 내용을 넣을 수 있음. 그리고 모든 것은 큰 Transformer 블록에서 함께 결합되는데, 이 블록은 공간적 주의집중(spatial attention)을 통해 특징을 구축하고, 일시적 주의집중(temporal attention)과 함께 일부 기하학적인 요소도 포함하여 특징을 형성. 이것은 실제 예측으로 업 샘플링 될 수 있는 특징을 형성.

그림 74. 아키텍처



자료: 테슬라

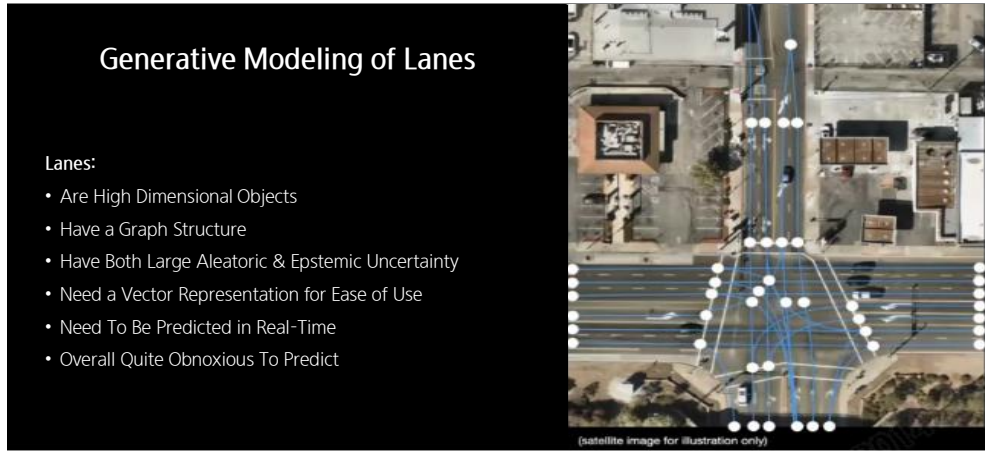
차선과 도로에 대한 모델(Generative Modeling of Lanes)

동일한 아키텍처와 모델링은 Occupancy 외에도 운전에도 필요한 다른 작업에도 사용될 수 있음. 물론 차선과 도로는 운전하는 데 있어 매우 중요. 차선 예측은 매우 어려움. 먼저, 차선은 고차원 객체 임. 차선은 1차원, 2차원과 같은 낮은 차원이 아니며, 차선은 그래프 구조를 가지고 있음. 예를 들어, 차량과 같은 객체는 독립적이고 지역적인 반면, 차선은 도로 전체에 걸쳐 있을 수 있고, 한번에 수많은 차선을 볼 수 있으며, 갈라지고 합류하면서 모델링에 여러가지 문제를 일으킬 수 있음.

또한 차선은 때로는 보지 못할 수도 있는 큰 불확실성이 상존. 예를 들면 차선이 가려져 있거나, 밤이거나, 비가 내리는 등 일부 차선만 볼 수도 있음. 심지어 모든 것이 보인다고 해도, 사람들조차도 보는 대상이 두개의 차선인지 한 개의 차선인지에 대해 판단할 수 없을 때가 있음. 따라서 차선에는 많은 불확실성이 존재함. 다운스트림에서는 사용하기가 매우 어렵기 때문에, 폴리라인, 블렌드, 방향식 등과 같은 일종의 벡터 표현으로 예측하는 것이 더 좋음. 이 모든 작업은 실시간에서 수십 밀리 초 내에 이루어져야 함. 말했듯이, 실시간으로 실제 세계에서 차선을 예측하는 것은 매우 어려운 문제임.

그럼에도, 테슬라는 최신의 생성모델링 기술을 사용하여 해결. 이 경우에는 Auto regressive Transformers를 사용하며, 차선을 모델링하는 방식은 Chat-GPT 와 매우 유사. 차선을 토큰화하여 한번에 한 토큰씩 예측 가능. 차선은 언어와는 달리 대부분 선형적인 구조가 아니므로, 전체 그래프 구조를 먼저 예측해야 함. 그런 다음 차가 위치한 지점으로 다시 와서 도로의 병합 지점이나 길이 나뉘어 지는 지점 등을 예측함. 이 모든 작업은 엔드 투 엔드 방식으로 신경망을 사용하여 수행되며, 이후에는 후처리가 필요하지 않음.

그림 75. Generative Modeling of Lanes

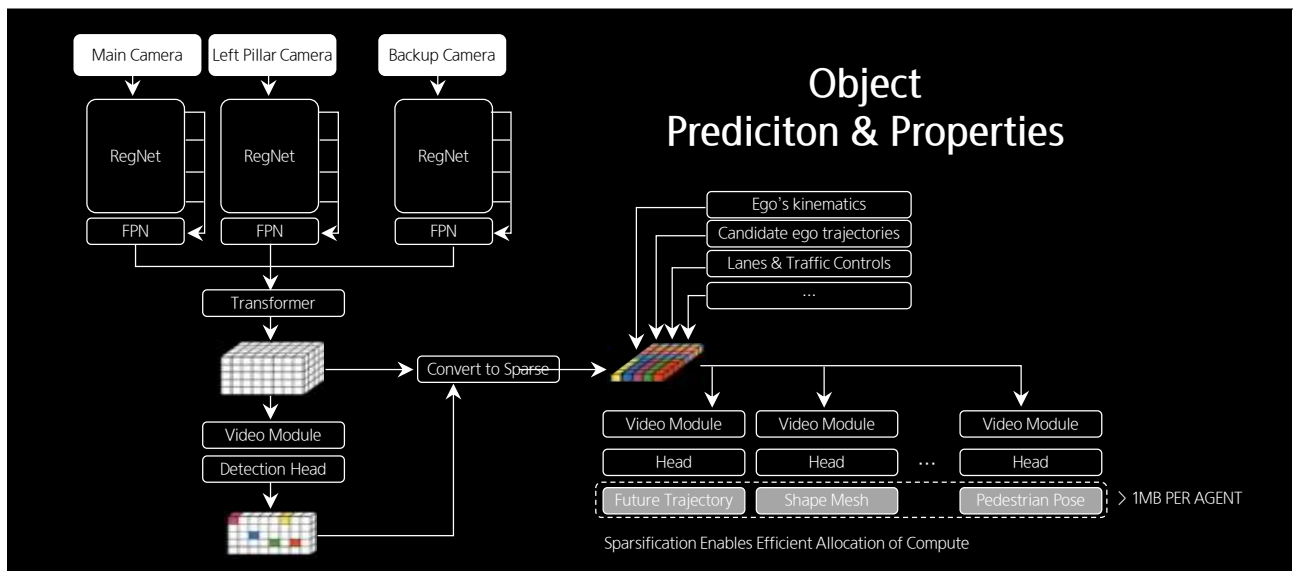


자료: 테슬라

객체 예측 및 특징(Object Prediction & Properties)

자율주행을 위한 또 다른 중요한 작업은 차량, 트럭, 보행자 등 움직이는 물체들. 그리고 그것들을 감지하는 것만으로는 충분하지 않음. 우리는 물체의 완전한 운동학적 상태를 알아야 하고, 또한 그 물체들의 미래모양 정보 등을 예측해야 함. 이전에 설명한 모델들, 차선 및 객체 모델들도 일종의 다중 모달임. 즉, 카메라 비디오 스트리밍뿐 아니라, 자체 운동상태와 같은 다른 정보도 받아들임. 자동차의 속도, 가속도, 저항 등이 입력되며, 차선에 대한 내비게이션 지침도 제공하여 어떤 차선을 사용해야 하는지 안내함. 이 모든 작업은 네트워크 내에서 수행됨. 이는 후처리 과정이 필요하지 않으며, 모든 것을 결합하고, 일종의 엔드 투 엔드로 인지를 수행하는 최신 기계학습 스택이라고 말할 수 있음.

그림 76. 객체 예측에 End-to-End 모델 사용

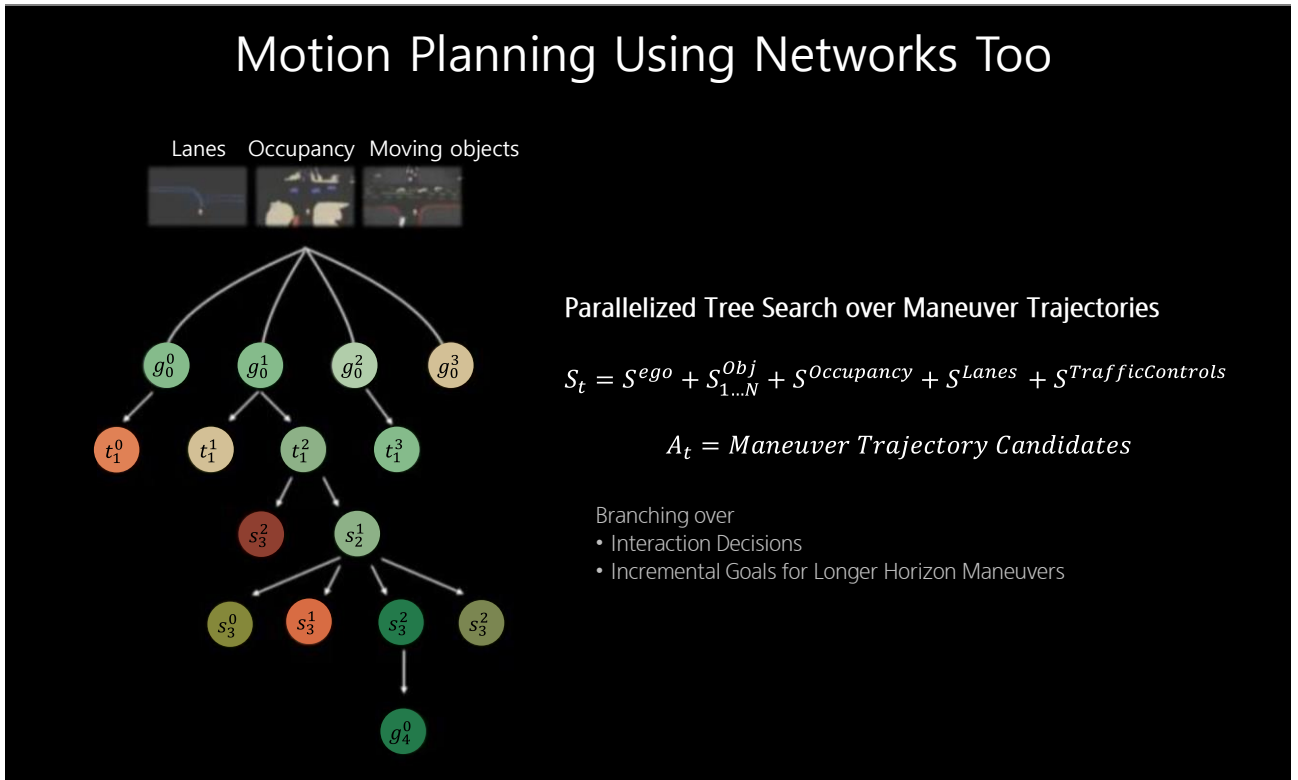


자료: 테슬라

여기서 보는 것처럼 이 모델들의 예측을 확인할 수 있음. 여기서 보이는 차선과 차량은 모두 이러한 네트워크에 의해 예측되는 것. 전반적으로 이는 꽤 안정적으로 수행되고 있음. 다른 차량에서 나오는 녹색은 그 차량들의 미래를 예측한 것. 이러한 것들은 이제 표준화되었고, 모든 것이 잘 작동하며 실시간으로 차에서 이루어지고 있음.

우리는 단순히 인식에서 멈추지 않음. 정지선, 차선, 객체, 교통제어 등과 같은 다양한 것들에 대한 인식이 완성되면, 이 모든 인식 정보를 가지고 전체 Motion Planning을 네트워크만을 가지고 수행할 수 있음. 이에 대해 자세한 설명은 생략하겠음. 기본적으로 별도의 작업이 아닌, 하나의 추가작업으로 간주될 수 있음.

그림 77. 네트워크를 이용한 Motion Planning

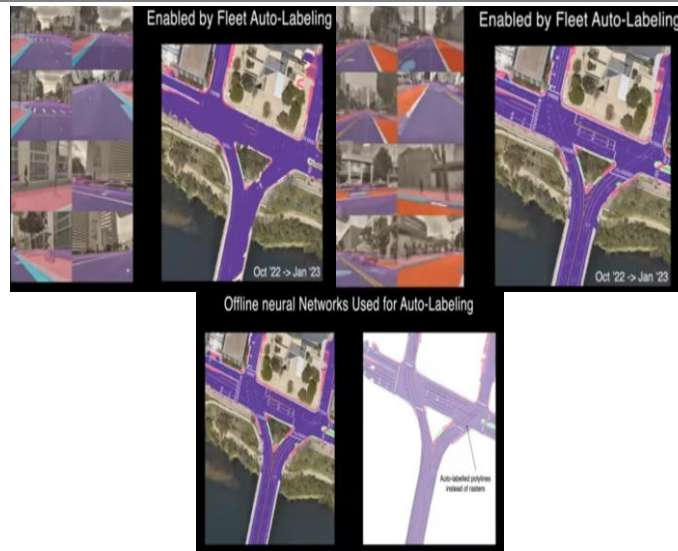


자료: 테슬라

Fleet Auto-Labeling

이 모든 것이 가능한 이유는 테슬라가 정교한 오토라벨링 파이프라인을 구축했기 때문. 이 파이프라인을 통해 전 세계의 수백만 개의 비디오 클립 데이터를 얻을 수 있음. 지금 보이는 것은 다중 여행 재구성 예시. 특정 위치를 선택하고 해당 위치를 통과하는 여러 테슬라 차량의 비디오 클립과 다른 키네마틱(물리 운동학) 데이터를 가져옴. 이 모든 것을 통합하여 전체 3D 장면을 구성함. 여기서 보이는 폴리라인은 청록색으로 표시된 것 외에도 다른 색상의 선들도 있음. 이들은 세계 곳곳을 다른 차량들이 다른 행선지를 기록한 것. 그리고 모든 것이 매우 잘 정렬되어 있음. 여기서 보이는 분홍색 선과 청록색 선은 서로 다른 차량들의 다른 행선지를 나타냄. 모든 것이 아주 잘 정렬되어 있음. 이 다중 여행 재구성을 통해 우리는 수백만 개의 차량에서 차선, 도로, 선 등을 모두 얻을 수 있으며, 실질적으로 지구 상의 어떤 위치에서도 가능 함.

그림 78. 오토 라벨링으로 부드러운 주행 가능



자료: 테슬라

테슬라는 이러한 궤적의 기본구조와 모든 카메라의 보정을 가지고 있으며, 전체 장면을 재구성하는 데 많은 흥미로운 작업을 수행할 수 있음. 영상을 보면 부드럽게 보임. 지면 표면을 볼 수 있으며 재구성이 꽤 잘 되어 있음. 이중 시각이나 흐림과 같은 이상현상이 없으며, 물체들은 선명하게 보이며 기하학적으로 올바른 모습으로 보임. 이것은 Nerf와 일반적인 3D 재구성의 하이브리드 접근 법임. Nerf로 인해 시각적으로는 매우 좋아 보일지라도 기하학적인 부분이 흐릿하고 탁한 경우가 있음. 그래서 테슬라에서는 더 잘 작동하는 하이브리드 접근법을 사용하고 있음. 여기서의 장애물, 차량, 트럭 등이 꽤 정확하게 재구성되어 있음.

그림 79. 도로, 장애물, 차량 등의 재구성



자료: 테슬라

이러한 재구성을 얻은 후에는 원하는 라벨을 생성하기 위해 추가적인 오프라인 신경망을 실행함. 앞서 언급한 대로, 차선의 경우 사용하기 매우 편리한 일종의 벡터 표현이 필요함. 그래서 우리는 단순히 래스터 데이터(픽셀로 구성된 화상정보)를 직접 사용하는 대신, raster(많은 양의 픽셀이 모여 하나의 이미지를 구성하는 방식) 위에서 실행되는 신경망을 사용하여 벡터 표현을 생성하고, 이를 온라인 스택의 라벨로 사용함.

차선과 도로를 재구성한 것과 마찬가지로, 신호등도 자동으로 라벨링할 수 있음. 여기에서는 인간의 개입 없이 시스템에 의해 자동으로 라벨링 된 신호등을 보여주는 영상. 이들은 다중 뷰 일관성을 유지하도록 노력하며, 그 모양, 색상, 관련성을 예측할 수 있음. 옆에 넓게 펼쳐진 신호등을 보면 모든 카메라 뷰에 정확하게 재 투영되는 것을 볼 수 있음. 이는 우리가 모든 것을 함께 보정하는 매우 우수한 자동 라벨링 시스템을 갖고 있기 때문이며, 3D 공간에서는 픽셀 수준까지 완벽한 정확도를 제공함.

그림 80. 신호등 자동 라벨링

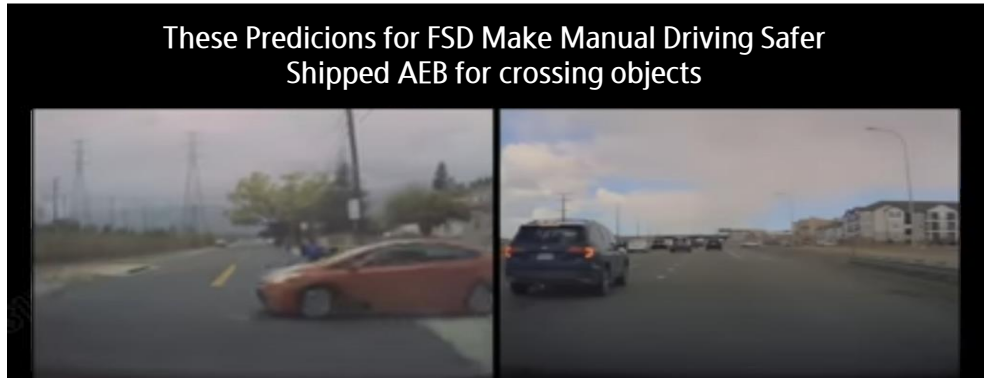


자료: 테슬라

이 모든 예측들을 함께 하면 우리는 카메라를 통해 세상에 대한 매우 풍부한 이해를 할 수 있음. 이미 많은 다양한 장소에서 사용할 수 있는 기반 모델이라고 할 수 있음. 이러한 예측 과정은 FSD가 어떤 장소에서도 운전을 하도록 도와줌. 지역적인 제약을 받지 않으며, 때로는 새로운 도로를 만들어도 잘 작동할 것. 또한 FSD는 당연히 자율주행이 아닌 인간 운전자가 주행을 하는 경우에도 도움이 됨. 인간은 완벽한 운전자가 아니기 때문에 가끔은 도움이 필요함.

보여지는 영상에서는 사람이 운전하는 테슬라 차량이 정지 신호를 무시하고 거의 빨간 색 차와 충돌할 뻔했지만, 우리 시스템이 이를 막기 위해 자동으로 브레이크를 작동시켰음. 오른쪽에서도 유사한 상황이 발생하여 다른 차량이 갑자기 들어오고 차선을 침범하여 위험했지만, 시스템이 조기에 브레이크를 작동시켜 사고를 피했음. 이것이 1980년대부터 있는 AEB(긴급제동시스템)과는 차원이 다름. 테슬라는 교차하는 차량을 위한 긴급제동 시스템을 최초로 제공한 회사임. 교차하는 객체에 대해서는 자신의 차선에 있는 차량들과는 달리 정지여부를 알아야 함. 정지선이 있는지, 신호등이 있는지, 그리고 회전한다면 어떤 차선으로 회전하는 지 등을 알아야 함. 교차하는 객체가 어디로 가야할 지, 어디로 가고 싶을 지, 그리고 정지할 공간이 있는지 등을 이해하기 위해 수많은 작업이 필요함. 차량을 감지하고 속도 등을 파악하는 것만큼 간단한 문제가 아님. 테슬라는 교차 AEB를 제공한 최초의 회사이며, 이미 몇 달 전부터 고객들에게 제공되고 있음.

그림 81. 교차하는 차량을 위한 긴급 제동시스템



자료: 테슬라

범용 세계 모델에 대해 배우기(Learning a General World Model)

하지만 기반 모델은 실제로 이러한 작업들이 합쳐지고 연결된 것에 불과할까? 아니면 더 많은 것이 있을 수 있을까? 테슬라는 이러한 작업들이 다른 동기를 부여할 수 있다고 생각. 예를 들면, Occupancy에는 일반적이지만 표현하기 어려운 것들도 있음.

그래서 테슬라는 임의의 사물을 표현할 수 있는 더 일반적인 세계 모델을 학습하고 있음. 이 경우에는 과거나 다른 요소에 의존하여 미래를 예측하는 뉴럴 네트워크를 사용. 물론 누구나 오랫동안 이에 대해 연구하고 싶어했음. 그리고 최근에는 생성모델인 트랜스포머, 디퓨전(diffusion) 모델 등이 등장하면서 이를 구현할 수 있게 되었음.

여기 보이는 것은 과거 비디오를 기반으로 생성된 비디오 시퀀스 임. 네트워크는 미래 관점에서 샘플을 예측하며, 가장 가능성이 높은 샘플을 선택함. 그리고 이것은 단순히 한 개의 카메라에 대해서만 예측하는 것이 아니라, 자동차 주변의 모든 8개 카메라가 같이 예측하며, 자동차 색상이 카메라 간에 일관되고 물체의 움직임이 3D에서 일관되게 보여짐. 3D에 대해 명시적으로 요구하지 않았거나, 3D 선행지식을 포함시키지 않았음에도 불구하고, 이 네트워크는 독립적으로 깊이와 움직임을 이해하고 있음. 이 모델은 미래의 RGB값을 예측하고 있지만, 온톨로지는 매우 일반적임. RGB(색상정보), Semantic(의미적 정보), Geometric(공간적인 정보) 모두에서 일반적인 지식을 학습할 수 있음. 특정 도메인에 국한되지 않는 일반적인 지식을 학습하므로, 온톨로지는 매우 일반적임. 주행 또는 유튜브 또는 개인의 폰에서 가져온 비디오 클립을 사용해도 이 일반적인 월드 다이내믹스 모델을 훈련시킬 수 있음.

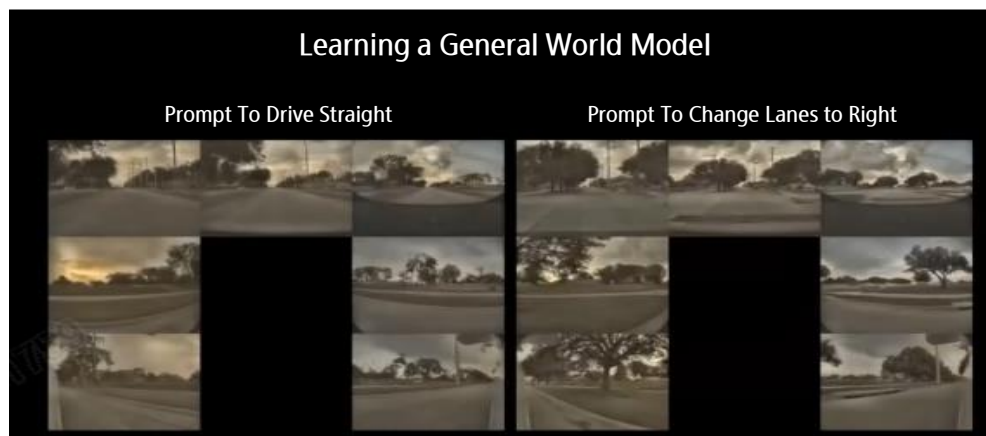
그림 82. General World Model



자료: 테슬라

또한 이 모델은 행동에 따라 예측이 가능함. 몇 가지 예시를 볼 수 있음. 왼쪽 화면에서는 자동차가 차선을 따라 주행하며, “이 차선을 유지하고 계속 주행해 주세요”라고 유도함. 그리고 앞서 말한 대로 모델은 3D공간 상의 흐름을 매우 잘 예측하며, 3D를 이해함. 왼쪽 화면에서는 직진하도록 요청하면, 모델은 직진함. 그리고 오른쪽 화면에서는 차선 변경을 요청하면, 모델은 차선을 변경함. 이 두출력에 대한 과거 컨텍스트는 동일함. 동일한 과거 데이터를 가지고 서로 다른 미래를 요청하면, 모델은 다양한 미래를 상상하거나 예측할 수 있음. 이는 매우 강력한 기능으로, 다양한 행동에 기반하여 다른 미래를 시뮬레이션 할 수 있는 신경망 시뮬레이터를 갖게 되었음. 이는 전통적인 게임 시뮬레이션과는 비교할 수 없을 만큼 강력함. 명시적인 시스템으로 설명하기 어려운 것들도 표현할 수 있음. 몇 가지 추가적인 예를 보여주겠지만, 이는 매우 강력하며, 다른 객체들의 움직임, 의도 및 자연스러운 행동과 같은 것들을 명시적으로 표현하기 어려운 것들도 쉽게 표현할 수 있음.

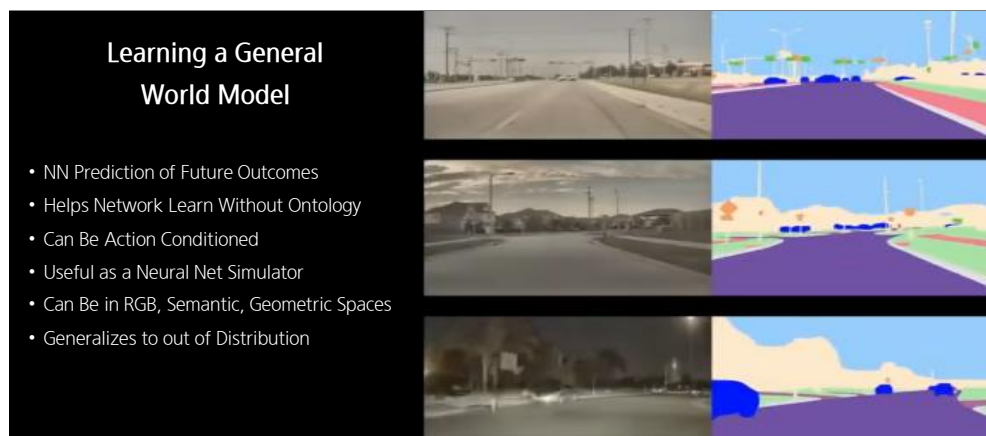
그림 83. General World Model



자료: 테슬라

RGB뿐 아니라, 연결된(synaptic) 세그멘테이션 등을 통해 3D 공간에서도 미래 예측 작업을 수행할 수 있음. 과거 정보만으로 미래 3D 장면을 상상하고, 행동에 따라 다른 미래를 예측할 수 있음. 개인적으로 이 작업이 얼마나 잘 수행되는지에 대해 놀랍게 생각하며, 이는 매우 흥미로운 미래임. 테슬라는 현재 이에 대해 연구하고 있음.

그림 84. General World Model



자료: 테슬라

아래 영상은 몇 가지 예시를 보여줌. 모든 사진에는 연기가 많이 피어오르고 종이도 곳곳에 날리고 있음. 이런 경우에는 실제로 무슨 일이 일어나고 있는지 표현하기 어려울 것. 예를 들어, 종이도 곳곳에 날리고 있을 때, 우리는 그 종이도 무엇인지, 그 재질 특성을 어떻게 알 수 있을까? 연기가 나는데, 분명 차량은 연기를 통과하여 주행할 수 있음. 그러나 연기는 공간을 차지하며 빛이 통과하지 않음. 주행에는 많은 뉘앙스가 있으며, 우리는 세계 어디서나 주행가능한 일반 주행 스택을 구축하고, 인간과 유사하며, 빠르고 효율적이면서도 매우 안전한 시스템을 구축하기 위해 이러한 모든 문제를 해결해야 함. 테슬라는 이를 구축하기 위한 올바른 방법을 연구하고 있다고 생각.

그림 85. 극한의 상황에 대한 학습



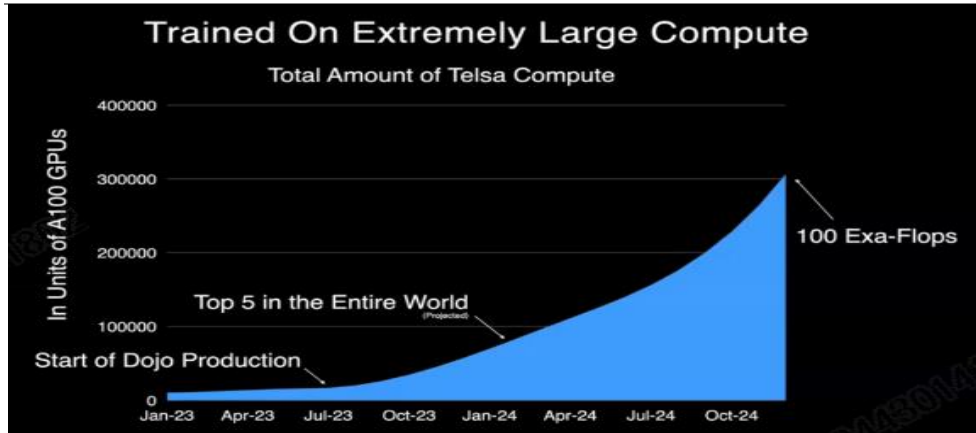
자료: 테슬라

Large Compute

당연히 이러한 모든 모델을 훈련하는 데에는 엄청난 계산 능력이 필요. 그래서 테슬라는 컴퓨팅 분야에서 세계적인 선두주자가 되기를 목표로 하고 있음. 테슬라는 직접 제작한 훈련용 하드웨어인 도조를 보유하고 있으며, 이는 실질적으로 다음 달에 생산에 착수할 예정. 도조를 통해 우리는 전 세계에서 최고의 컴퓨팅 플랫폼 중 하나가 되기 위한 과정에 있다고 생각. 또한 비전을 위한 이러한 기반 모델을 훈련하기 위해 많은 계산 능력이 필요하며, 하나의 모델을 시도하는 것뿐만 아니라 다양한 실험을 수행하여 어떤 모델이 실제로 잘 작동하는지 확인하기 위한 계산 능력이 필요. 따라서 우리에게서는 컴퓨팅 능력이 풍부해지고, 엔지니어의 아이디어가 실현될 것임.

이것은 자동차뿐 만 아니라 로봇을 위해 구축되고 있음. 예를 들어, 우리는 이미 자동차와 로봇 간에 공유되는 Occupancy Networks와 몇 가지 다른 네트워크를 보유하고 있음. 실제로 이는 잘 작동하며 이러한 플랫폼 전반에 걸쳐 일반화됨. 우리는 차선과 차량과 같은 모든 작업을 로봇에 확장하고자 함. 예를 들어 로봇이 도로로 걸어가서 주변을 살펴보는 경우, 도로와 차량, 차량의 움직임 등을 이해해야 함. 이 모든 작업은 자동차와 로봇 두 플랫폼 모두를 위해 구축될 것. 또한, 이러한 작업이 필요한 다른 미래의 로봇틱스 플랫폼에도 확장될 것. 요약하자면, 우리는 모든 것을 이해하는 환상적인 비전을 위한 기반 모델을 구축하고 있으며, 자동차와 로봇을 포괄하는 일반화가 가능하며, 플릿에서 다양한 데이터와 계산 리소스를 활용하여 훈련시킬 수 있음. 그래서 앞으로 12~18개월 동안 무슨 일이 벌어질지 정말 기대됨.

그림 86. 대용량의 슈퍼컴퓨터



자료: 테슬라

Q&A

Q. 하이브리드 신경접근법을 사용한 3D 재구성 관련하여, 움직이는 물체를 어떻게 다루는지?

A. 우리는 움직이는 물체를 추적할 수 있음. 물체가 장면과 관련하여 움직이고 있다는 많은 단서들이 있음. 그리고 우리는 움직이는 것들을 구분하기 위해 정보를 추출할 수 있음. 우리가 알고 있는 것들은 일반적으로 매우 쉽게 정보를 추출할 수 있음. 예를 들어, 자동차 트럭과 같은 것들은 매우 쉬움. 우리는 트럭이 움직일 수 있다는 것을 이미 알고 있기 때문에. 그러나 쓰레기통이 바람에 날리거나 하는 것들은 데이터 자체에 있는 많은 다른 신호들을 사용하여 예측 가능.

Q. 월드 모델에 대해 좀 더 자세히 설명 부탁

A. 아직은 진행 중인 작업임. 현재의 아키텍처에 집착할 필요 없다고 생각. 단지 이러한 미래 예측 과제들이 이제 효과를 발휘하기 시작했다는 것이 주요 메시지. 이것은 시뮬레이터처럼 두가지를 제공함. 우리는 다른 결과들을 예측할 수 있지만, 이 예측을 하는 것만으로도 객체에 대한 표현을 배울 수 있음. 이것이 핵심 메시지 임.

Q. 선이나 차선을 예측할 때, Auto regressive model을 사용한다는 것을 알게 되었음. 그냥 모든 것을 동시에 예측하는 대신에 Auto regressive model을 선택한 이유는?

A. 차선은 나눠 지기도 하고, 합쳐 지기도 함. 차선에는 그래프 구조가 존재. 그리고 동시에 예측할 수 있음. 분포나 고차원 공간을 모형화 하려는 것과 같은데, 왜냐하면 한 차선이나 두차선과 같은 불확실성이 있는 경우, 양쪽 차선에 걸친 것처럼 예측하고 싶지 않기 때문. 그래서 우리는 분포의 표본을 원함. 아마도 60%의 속성은 하나의 차선과 같고, 40%의 확률은 두개의 레인일 것. 어떠한 유전자 모델처럼 적절한 샘플을 제공하지 않고 예측하면, 열룩과 같은 것을 얻을 수 있고 모든 것이 흐릿하게 보일 것. 그렇게 될 경우 다운스트림을 사용하는 것은 매우 어려움. 그렇기 때문에 좋은 샘플을 얻기 위해 이 모델을 사용함.

Q. 3D 복셀 사이즈에 대한 질문. 단거리, 장거리에서 복셀 사이즈를 변경해야 하는지?

A. 복셀 사이즈는 누구나 다르게 시도할 수 있는 하이퍼 파라미터와 같음. 이는 메모리와 컴퓨팅 사이의 트레이드 오프 관계임. 고정된게 아님. 다른 크기를 구성할 수 있고 필요한 것도 다름. 따라서 실제로 구성이 가능하고 선택적으로 쿼리가 가능. 네트워크 대역폭이 작은 MLP나 임의의 위치로 쿼리할 수 있는 것과 유사한 것을 통해 임의의 위치를 얻을 수 있기 때문. 컴퓨팅에서 나오는 값. 따라서 기본크기가 무엇인지 결정하는 것은 다운스트림 작업의 설계에 달려있음. 소스점 조각이 필요한지 여부를 결정하는 것. 간단한 공식처럼 사용할 수 있음. 가능한 큰 디자인 공간이 필요.

Q. General World Model이 실제 휴머노이드 작업에 어떻게 적용되는지? 자율주행에서 다른 휴머노이드 로봇 작업으로 일반화하기 위해 어떤 종류의 방법을 사용하는지?

A. 휴머노이드 로봇도 재량으로 유도할 수 있다는 점에서 동일하게 적용되어야 한다고 생각. 여러분은 로봇에게 컵을 들거나 어떤 문이나 다른 곳으로 걸어가도록 요청할 수 있음. 그렇다면 시모델은 컵을 집거나 문으로 걸어가는 모습을 상상할 수 있어야 함. 왜 자동차와 로봇이 달라야 하는 지 모르겠음. 모두 픽셀이고, 모양이 모두 같음. 이것은 마치 손이 컵이나 로봇에 닿는 것처럼 보이는 비디오가 될 것. 효과가 있을 것.

Q. FSD12에서 이러한 모듈을 End-to-End 시스템으로 통합하는 방법은? 예를 들어, Occupancy Networks는 End-to-End 시스템에서 어떻게 사용될 수 있는지?

A. Occupancy Networks는 이미 많은 충돌 회피를 위해 사용되고 있음. 간혹 이상한 차들이 있을 때, 예를 들면 이렇게 긴 팔을 가진 건설 차량이 있을 때, 그리고 이런 건설 차량들은 어떤 물건을 들 수도 있음. 입체 모형 같은 것을 이용해서 모형을 만드는 것은 매우 어려움. 그물망으로 표현할 수 있음. 하지만 다시 고차원 물체가 되어 분포하는 것은 매우 어려움. 그리고, Occupancy는 다소 낮은 수준이라고 할 수 있는, 더 단순한 작업. 여기서 무엇이 존재하는지 예측하고, 그것이 어디로 움직이는지 예측하는 것만으로 충돌을 피하는 데 충분 함. 그리고 테슬라는 계획 시스템이 충돌을 예방해 줌.

Q. General World Model이 곧 차에 적용될 수 있는지?

A. 아직 고객에게 배포되지 않았음. 우리는 최적화를 위해 노력하고 있으며, 올해 말 정도가 될 것으로 예상.

Q. 테슬라 모델에는 지도구성 요소의 융합단계가 없었음. HD맵을 사용하지 않기 때문에 정렬 문제와 같은 문제를 어떻게 처리하는지? 인식정보로 지도를 만들 때 혼란과정에서 어떻게 문제를 해결하는지?

A. HD맵을 사용하지 않음. 정렬은 어떤 의미에서 매우 중요한 것이 아님. 20미터의 오차가 있을 수도 있고, 50미터의 오차가 있을 수도 있지만 괜찮음. 이것은 여러분이 휴대폰이나 다른 것을 보고 구글지도를 탐색하거나 여러분이 사용하는 지도 애플리케이션이 다른 경로를 제공할 수 있지만, 여러분이 어디를 가고 싶은지 네트워크에 알려주기에 충분함. 마치 저화질 지도와 같음. 우리가 지도에 크게 의존하지 않도록 설계하는 것은 흥미로운 일. 우리가 어떤 길을 가야 하는지, 어떤 차선을 선택해야 하는지 등을 대략적으로 안내하는 것.

Compliance notice

- 본 조사분석자료의 애널리스트는 2023년 11월 3일 현재 위 조사분석자료에 언급된 종목의 지분을 보유하고 있지 않습니다.
- 당사는 2023년 11월 3일 현재 위 조사분석자료에 언급된 종목의 지분을 1% 이상 보유하고 있지 않습니다.
- 본 조사분석자료에는 외부의 부당한 압력이나 간섭 없이 애널리스트의 의견이 정확하게 반영되었음을 확인합니다.
- 본 조사분석자료는 당사의 저작물로서 모든 저작권은 당사에게 있습니다.
- 본 조사분석자료는 당사의 동의 없이 어떠한 경우에도 어떠한 형태로든 복제, 배포, 전송, 변형, 대여할 수 없습니다.
- 본 조사분석자료에 수록된 내용은 당사 리서치센터가 신뢰할 만한 자료 및 정보로부터 얻어진 것이나, 당사는 그 정확성이나 완전성을 보장할 수 없습니다. 따라서 어떠한 경우에도 본 자료는 고객의 주식투자의 결과에 대한 법적 책임소재에 대한 증빙자료로 사용될 수 없습니다.
- 본 조사분석자료는 기관투자가 등 제3자에게 사전 제공된 사실이 없습니다.

삼성증권

삼성증권주식회사

서울특별시 서초구 서초대로74길 11(삼성전자빌딩)
Tel: 02 2020 8000 / www.samsungpop.com

삼성증권 Family Center: 1588 2323

고객 불편사항 접수: 080 911 0900



Member of
**Dow Jones
Sustainability Indices**
Powered by the S&P Global CSA