

자율주행자동차

Autonomous car

From Wikipedia, the free encyclopedia

- Automated cars permitted on public roads are not yet fully autonomous
- To detect their surroundings, radar, laser light, GPS, odometry, and computer vision are used
- Advanced control systems interpret sensory information to identify appropriate navigation paths, as well as obstacles and relevant signage
- Carnegie Mellon University's **Navlab** and ALV projects in 1984 and Mercedes-Benz and Bundeswehr University Munich's Eureka Prometheus Project in 1987

Navlab-1-5-autonomous-vehicles



Navlab 5, finished in 1995, was the first car to drive coast-to-coast (USA) autonomously

자율주행 시스템

- **인지 시스템**

- 자동차에 설치된 카메라와 레이더, 레이저 스캐너 (LiDAR) 등의 센서를 사용해 차량 주변 환경 정보를 수집

- **경로계획 시스템**

- 디지털 지도상에서 운전자의 위치를 파악한 후 지도 위 도로 상황과 실시간 교통 정보를 활용, '운행 시간'이 짧으면서도 연비는 좋은 길을 선택

- **판단 시스템**

- 인지된 정보를 이용해 현재 차량(과 그 주변) 상황, 그리고 앞으로 벌어질 일 등을 예측한 후 가장 안전하고 빠른 차량 궤적을 생성

- **제어 시스템**

- 판단 시스템 단계에서 제공된 차량 궤적을 부드럽고 정확하게 쫓을 수 있도록 운전대와 액셀러레이터, 브레이크를 조작

- **정밀지도: 자율주행 자동차의 '눈'**



표1. 자율주행자동차의 주요 요소기술

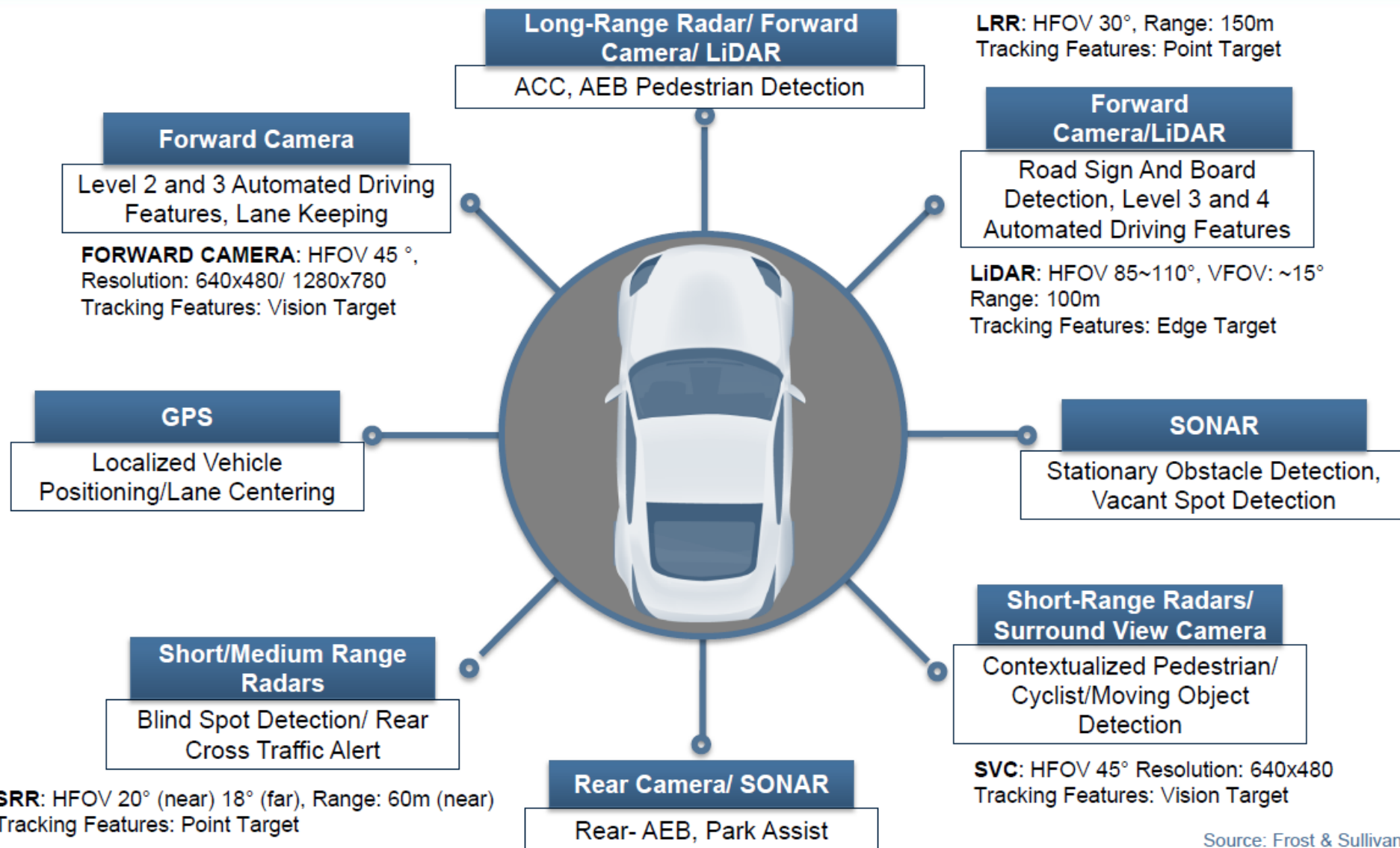
주요기술	세부 내용
환경인식 센서	<ul style="list-style-type: none">• 레이더, 카메라 등의 센서• 정적장애물(가로등, 전봇대 등), 동적 장애물(차량, 보행자 등), 도로 표식(차선, 정지선, 횡단보도 등), 신호 등을 인식
위치인식 및 맵핑	<ul style="list-style-type: none">• GPS/INS/Encoder, 기타 맵핑을 위한 센서 사용• 자동차의 절대/상대적 위치 추정
판단	<ul style="list-style-type: none">• 목적지 이동, 장애물 회피 경로 계획• 주행 상황별(차선유지/변경, 좌우회전, 추월, 유턴, 급정지, 주정차 등) 행동을 스스로 판단
제어	<ul style="list-style-type: none">• 운전자가 지정한 경로대로 주행하기 위해 조향, 속도변경, 기어 등 액츄에이터 제어
HCI	<ul style="list-style-type: none">• HV(Human Vehicle Interface)를 통해 운전자에게 경고/정보 제공 운전자의 명령 입력• V2X* 통신을 통해 인프라 및 주변차량과 주행정보 교환

* V2X(Vehicle To Everything) : 통신을 통해 다른 차량의 진행방향, 전방의 교통현황 등 정보 제공

※ 출처 정보통신산업진흥원(2017.08) 재인용

Sensors Currently Used Across Applications

Most ADAS solutions currently in use employ stereo/mono camera and LRR-based sensor fusion as it is the most preferred by many OEMs due to its simplicity and high cost benefits.



Highly automated and fully autonomous cars to have up to six radars and nine camera modules.

Level 1		Level 2		Level 3		Level 4		Level 5	
Sensor – L1	#	Sensor -L2	#	Sensor – L3	#	Sensor – L4	#	Sensor – L5	#
Ultrasound	4	Ultrasound	8	Ultrasound	8	Ultrasound	8	Ultrasound	8-10
RADAR (LRR)	1	RADAR (LRR)	1	RADAR (LRR)	2	RADAR (LRR)	2	RADAR (LRR)	2
SRR	2	RADAR (SRR)	2-4	RADAR (SRR)	4	RADAR (SRR)	4	RADAR (SRR)	4
Camera/ Short- range LIDAR	1	Camera	2-4	Camera (LR)	2	Camera (Stereo/Trifocal)	2/3	Camera (LR)	2/3
Total	~6-8	Total	~17	Camera (Sur)	4	Camera (Sur)	4	Camera (Stereo)	4
Lateral or Longitudinal Assistance		Observation of Environment		Camera (Stereo)	1	Camera (Stereo)	1	Camera (Stereo)	2
				µbolo	1	µbolo	1	µbolo	1/2
				LIDAR	1	LIDAR	2/4	LIDAR	4
				Dead reckoning	1	Dead reckoning	1	Dead reckoning	1
				Total	~24-26	Total	~25-28	Total	~28-32
2012		2016		2018		2020		No Driver >2025	
				Awareness for Take Over		No Driver Interaction			

Source: Frost & Sullivan

Technology

- Bayesian Simultaneous localization and mapping (SLAM) algorithms, which fuse data from multiple sensors and an off-line map into current location estimates
- Map updates
- Google : SLAM with detection and tracking of other moving objects (DATMO)
- Real-time locating system
- Typical sensors include lidar and stereo vision, GPS and IMU (inertial measurement unit)
- Machine vision including neural networks

Classification

SAE automated vehicle classifications

- **Level 0:** Automated system issues warnings but has no vehicle control.
- **Level 1 ("hands on"):** Driver and automated system shares control over the vehicle.
- **Level 2 ("hands off"):** The automated system takes full control of the vehicle (accelerating, braking, and steering). The driver must monitor the driving and be prepared to immediately intervene.
- **Level 3 ("eyes off"):** The driver can safely turn their attention away from the driving tasks, e.g. the driver can text or watch a movie. The vehicle will handle situations that call for an immediate response, like emergency braking
- **Level 4 ("mind off"):** As level 3, but no driver attention is ever required for safety, i.e. the driver may safely go to sleep or leave the driver's seat
- **Level 5 ("steering wheel optional"):** No human intervention is required. An example would be a robotic taxi.

단계별 자율주행 자동차 분류



..... 비자동화 자율주행 시스템 없음
운전자가 차량을 완전히 제어해야 하는 단계



..... 운전자 보조 방향 · 속도 제어 등 특정 기능의 자동화
운전자는 차의 속도와 방향을 항상 통제



..... 부분 자동화 고속도로와 같이 정해진 조건에서
차선과 간격 유지 가능
운전자는 항상 주변상황 주시하고
적극적으로 주행에 개입



..... 조건부 자동화 정해진 조건에서 자율주행 가능
운전자는 적극적으로 주행에 개입할 필요는 없지만
자율주행 한계 조건에 도달하면
정해진 시간 내에 대응해야 함

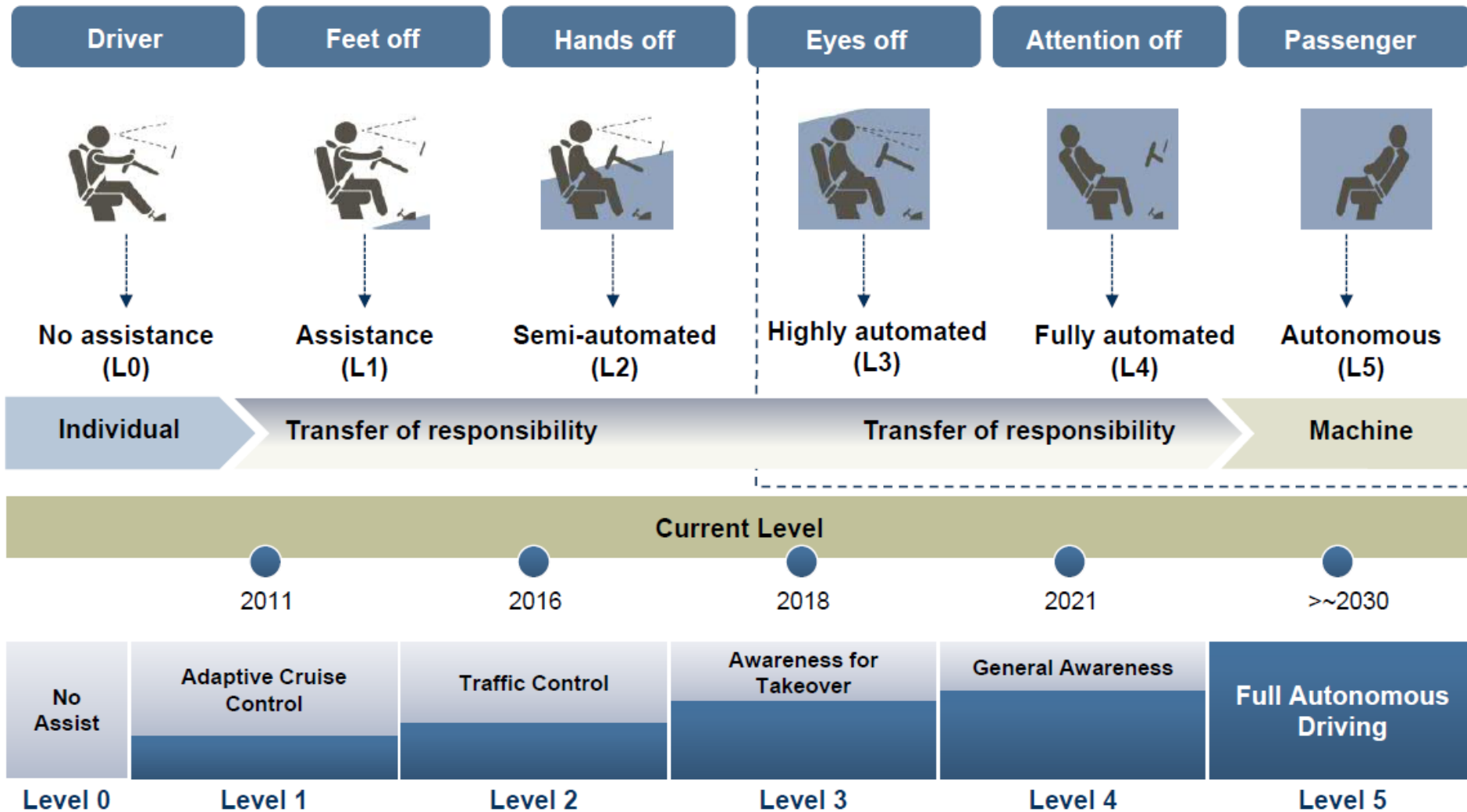


..... 고도 자동화 정해진 도로 조건의 모든 상황에서 자율주행 가능
그 밖의 도로 조건에서는 운전자가 주행에 개입



..... 완전 자동화 모든 주행 상황에서 운전자의 개입 불필요
운전자 없이 주행 가능

AD Market Outlook: Definition Of Levels of Vehicle Automation, Global, 2017–2030

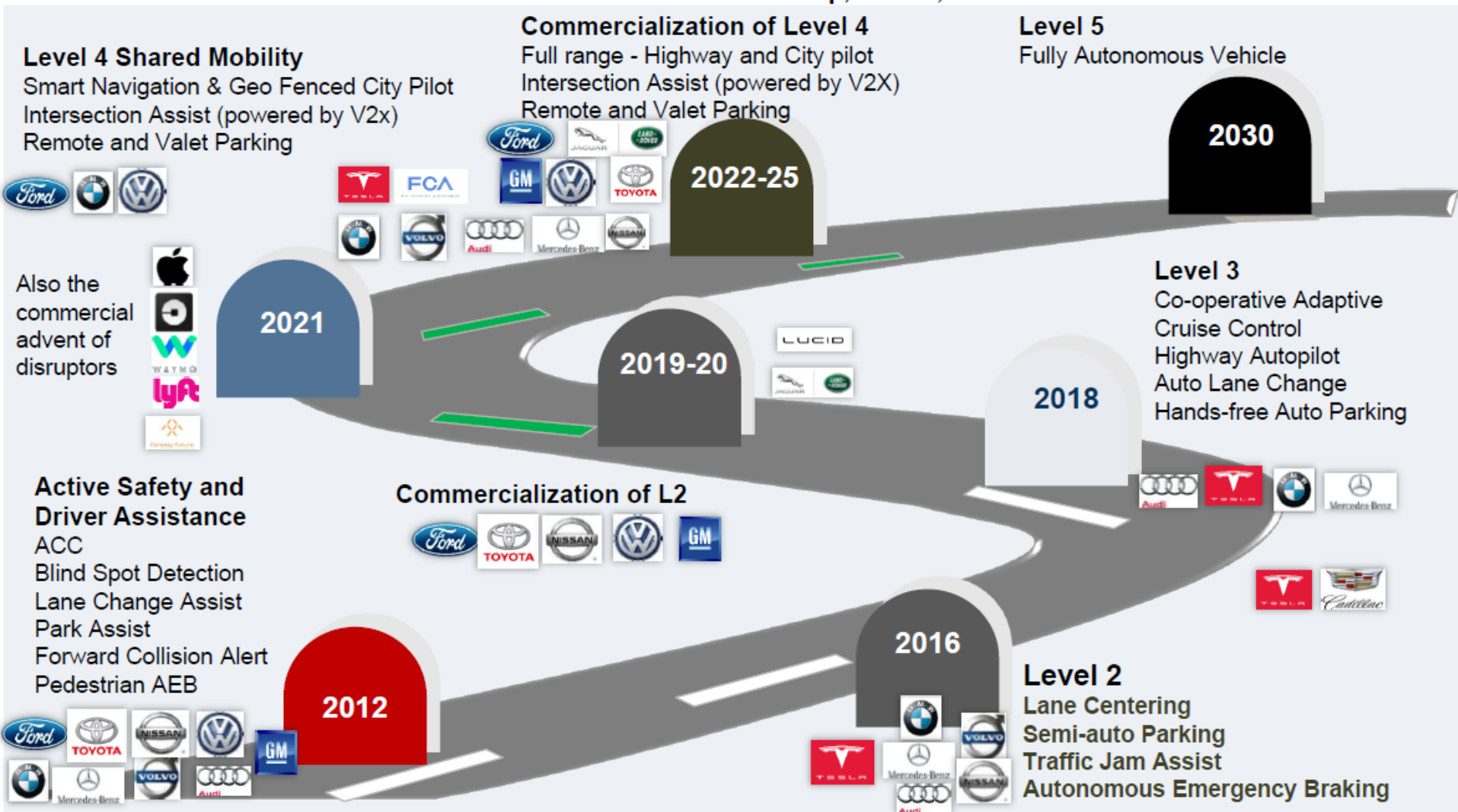


Source: BMW Group

Feature Roadmap—Autonomous Driving

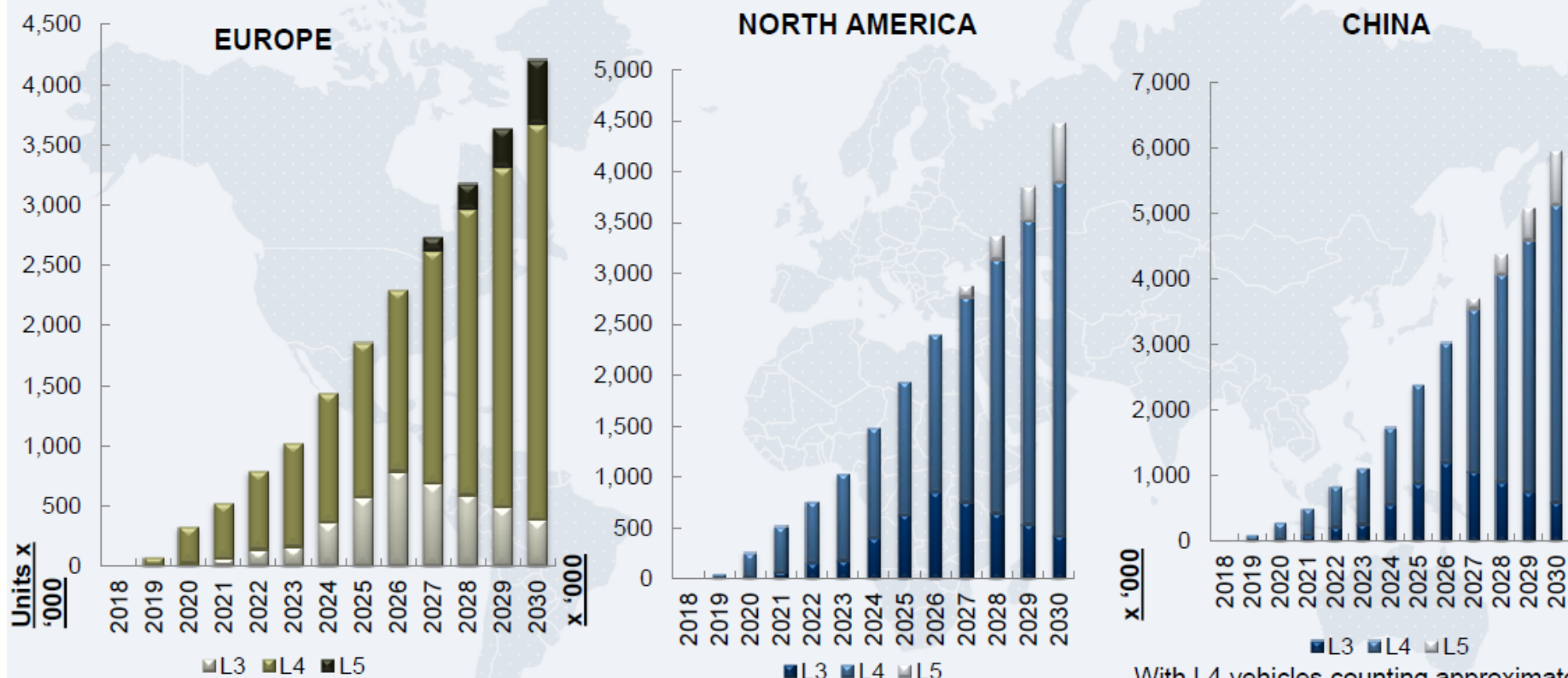
At least four OEMs are expected to skip introducing Level 3 Autonomous Driving, while full Level 5 capability is not expected to be available before 2025.

AD Market Outlook: Feature Roadmap, Global, 2017–2030



AD Market Outlook: Region-wise Estimation of AD Introduction, Market Leaders, Global, 2018–2030

Leading Markets—Ownership Based



The region is expected to have the highest penetration (about 4.3%) of L3 and L4 autonomous vehicles combined by 2023

About 3.9% of vehicles by 2023 is likely to have fully automated features. Level 3 automated vehicles are expected to witness stunted growth by comparison

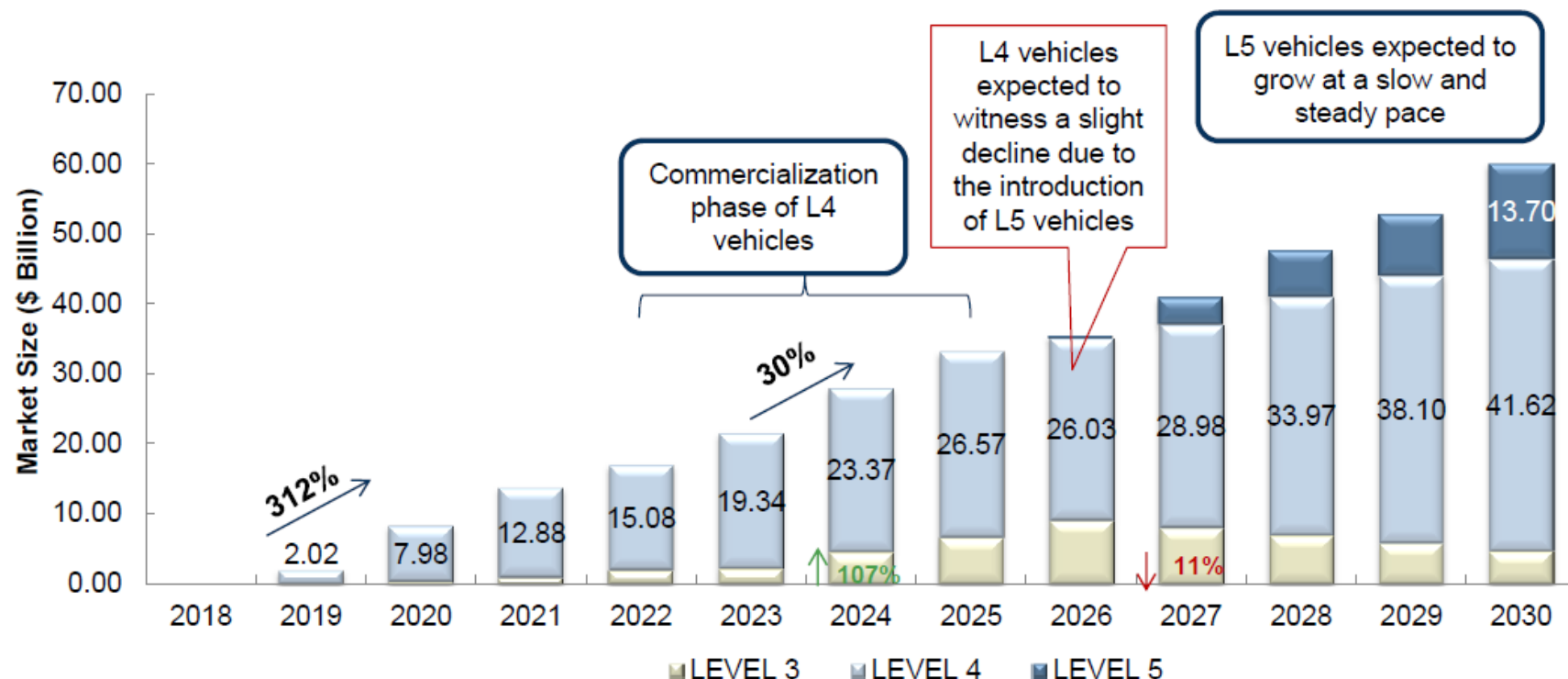
With L4 vehicles counting approximately 2.8% of the total vehicle population, China would not be far behind in terms of Level 4 vehicles by 2023, owing to the high rate of technology development and testing

Source: Frost & Sullivan

Total Market Size Autonomous Vehicles (Ownership)

By 2023, L3 and L4 automated functions are expected to account for approximately 0.8% and 2.3% respectively of the total vehicles sold globally.

AD Market Outlook: Total Autonomous Vehicle Market Size (ownership), Global, 2018–2030

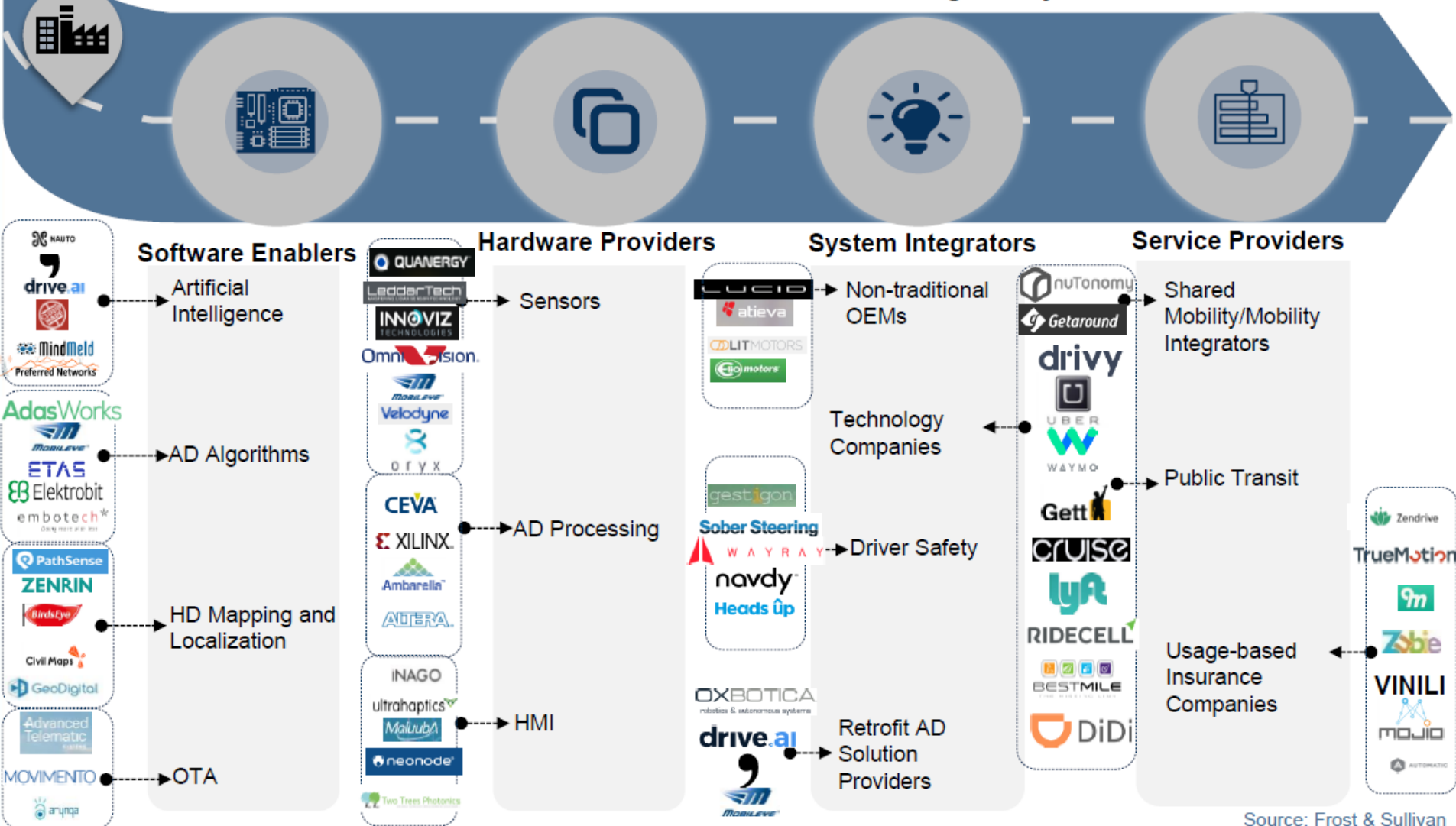


- Total market for privately owned autonomous vehicles is expected to be \$60.01 Billion by 2030.
- The total market size is estimated based on the approximate price of autonomous driving kits for the subordinating year.
- 2018 is expected to be the year of introduction of L3 vehicles, but 100% of them would be in the premium segment, and subsequently a low-volume market.
- L4 vehicles are expected to surpass L3 and L5 vehicles in terms of market penetration from 2020 onwards.

Transformation in Autonomous Driving Ecosystem—2018

Start-ups majorly disrupting the system integration and software development spaces is enough to convince OEMs and major technology providers to partner, acquire, or collaborate with them to build a strong portfolio.

AD Market Outlook: Transformation in Autonomous Driving Ecosystem—Global, 2018



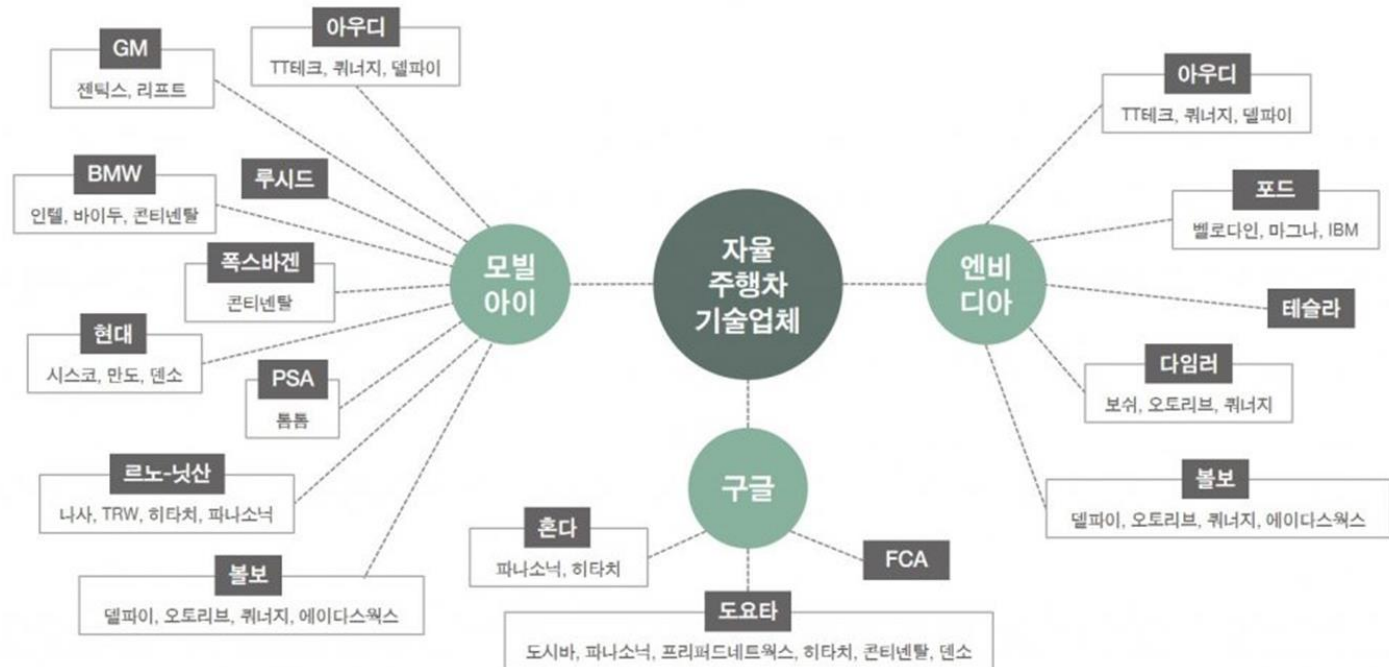
▶ 표3. 기업별 자율주행 기술개발 현황

목표	구분	업체명	기술현황
완전 자율주행	비(非) 자동차 산업 기업	엔비디아 (NVIDIA)	<ul style="list-style-type: none"> 인공지능 자율주행 컴퓨터 드라이브 PX2 탑재, BB8 자동차 공개 아우디(AUDI)와 협력, 완전 자율주행 SUV 인공지능 자동차 컴퓨터 '시비에(Xavier)' 2020년 출시예정 자동차 부품공급업체 ZF와 협력, 상용차용 자율주행 컴퓨터 2018년 양산예정 지도업체 히어(HERE, 독일) 및 젠렌(일본)과 자율주행 자동차 지도 솔루션 개발
		모빌아이 (Mobileye)	<ul style="list-style-type: none"> 델파이 및 인텔과 협력하여 2019년까지 자율주행 시스템 개발, 완성차 업체에 납품예정 지도업체 히어 협력, 자율주행용 고화질 실시간 지도개발
		구글(웨이모) (Google, Waymo)	<ul style="list-style-type: none"> 2021년까지 완전 자율주행 자동차 출시 목표 현재 최장 시범운행거리(42만4331마일) 기록 5,000마일당 한 번 꼴로 운전자 개입, 최소 자율주행 해제횟수를 보유한 선두업체
		애플(Apple)	<ul style="list-style-type: none"> 자율주행 자동차보다는 시스템에 주력, 1차 공급업체 목표
		우버(Uber)	<ul style="list-style-type: none"> 볼보와 협력, 2021년까지 완전 자율주행 자동차 공동 개발 완전 자율주행 자동차를 이용한 무인택시, 무인트럭 사업 운영계획
		바이두 (Baidu)	<ul style="list-style-type: none"> 인공지능 운전자 보조 프로그램 탑재한 자율주행 자동차 개발 2018년 상업용 자율주행 자동차 출시 예정, 2021년 양산화 계획
		네이버 (NAVER)	<ul style="list-style-type: none"> 국내 중소기업과 협력, 도요타 개조 차량으로 자율주행 시스템 시험 향후, 카셰어링 사업 등목을 통한 무인택시 서비스 구상
	완성차 기업	현대/기아	<ul style="list-style-type: none"> 'CES 2017'에서 SAE 기준 4단계 아이오닉 자율주행 자동차 출품, 도로시승 성공 구글, 시스코 등 IT 업체와 협력하여 커넥티드 자율주행 자동차 개발 2030년까지 완전 자율주행 자동차 양산 계획
		아우디(AUDI)	엔비디아 칩을 장착한 자율주행 자동차 Q7 공개
		BMW	<ul style="list-style-type: none"> 2017년 하반기 자율주행 자동차 40대 공공도로 테스트 실시 인텔 및 모빌아이와 완전 자율주행 기술개발 협력 지도업체 히어 협력, 실시간 업데이트 지도 정보 서비스 제공
		벤츠/다임러 (Benz/Daimler)	<ul style="list-style-type: none"> 2014년 최초 공공도로 자율주행 차량 시험 공식 허가 획득 2020년 자율주행 자동차 출시 계획 자율주행 네트워크 운영하여 우버를 통한 차량공유 서비스 제공
		볼보(Volvo)	<ul style="list-style-type: none"> 2020년까지 반자동 자율주행 자동차 출시 예정 2021년까지 완전 자율주행 자동차 개발 목표, 100% 안정성 보장 후 양산화 계획 우버 협력, 탑승자 안전을 최우선으로 하는 자율주행 승용차 개발
		폭스바겐 (Volkswagen)	<ul style="list-style-type: none"> 2021년 자율주행 시스템 갖춘 무인차 개발 및 출시 예정 퀄컴과 협력, 자율주행 전기차에 5G 연도 V2X 도입
		포드(Ford)	<ul style="list-style-type: none"> 2021년까지 운전대·브레이크 없는 완전 자율주행 자동차 생산 택시 또는 차량공유 서비스용으로 출시
		혼다(Honda)	<ul style="list-style-type: none"> 구글 웨이모와 협력, 2020년 완전 자율주행 실용화 목표 소형 완전자율주행 전기 콘셉트카 공개

목표	구분	업체명	기술현황
부분 자율 주행	완성차 기업	도요타 (TOYATA)	<ul style="list-style-type: none"> • 세계에서 가장 많은 자율주행 기술 특허 보유 • 2020년 4단계 자율주행 스마트카 전략, AI에 우선 집중 • AI를 통한 사용자 감성 인식, 도로상 색을 표시하여 감성지도 콘셉트 제공
		닛산 (NISSAN)	<ul style="list-style-type: none"> • 전기차 리프(Leaf)를 기반으로 2020년 자율주행 자동차 출시 목표 • 미국 항공우주국(NASA) 기술 기반 SAM 기술 개발, 운행 가능 경로 생성방법 제시 • 프로파일럿(ProPILOT) 시스템 전담 콜센터를 통한 상황 파악 및 긴급 개입 • 개입 빈도: 150 마일당
		GM(General Motors)	<ul style="list-style-type: none"> • 부분(고속도로) 자율주행 기술 '슈퍼 크루즈' 시스템 장착, 출시 예정 • 무인 완전 자율주행 자동차 개발은 10년 이상 소요 예상 • 키셰어링 업체 리프트와 협력, 전기차 볼트 EV로 무인택시 서비스 시장 진출 • 개입 빈도: 20마일당
		테슬라(Tesla)	<ul style="list-style-type: none"> • 현재 부분자율주행 자동차 조기 상용화 및 2018년까지 자율주행 자동차 업데이트 계획 • 개입 빈도 : 3.5 마일당

※ 출처 최솔지(인사이더스 2017.03), 서영희(SPRI 2017.06)

주목할 회사



자율주행자동차 개발전략

• 점진적 접근법

- 전통적인 자동차 제조 업체
- **다임러·BMW·폭스바겐·도요타·닛산·현대·GM**
- 1단계부터 4단계까지 점진적 기술 개발을 통해 기존 자동차 산업의 주도권을 놓치지 않으면서 자율주행 시대를 장악



• 급진적 접근 방식

- 인터넷과 인공지능이 핵심 기술인 소프트웨어 기업
- **구글·애플·아마존·우버**
- 인공지능과 소프트웨어 기술을 기반으로 초기 (1~3) 단계를 뛰어넘어 바로 완전 자율주행(4~5) 단계를 구현
- 자율주행 자동차 알고리즘과 소프트웨어 플랫폼을 차지 분야에 주도권을 차지하는 게 목표

한국

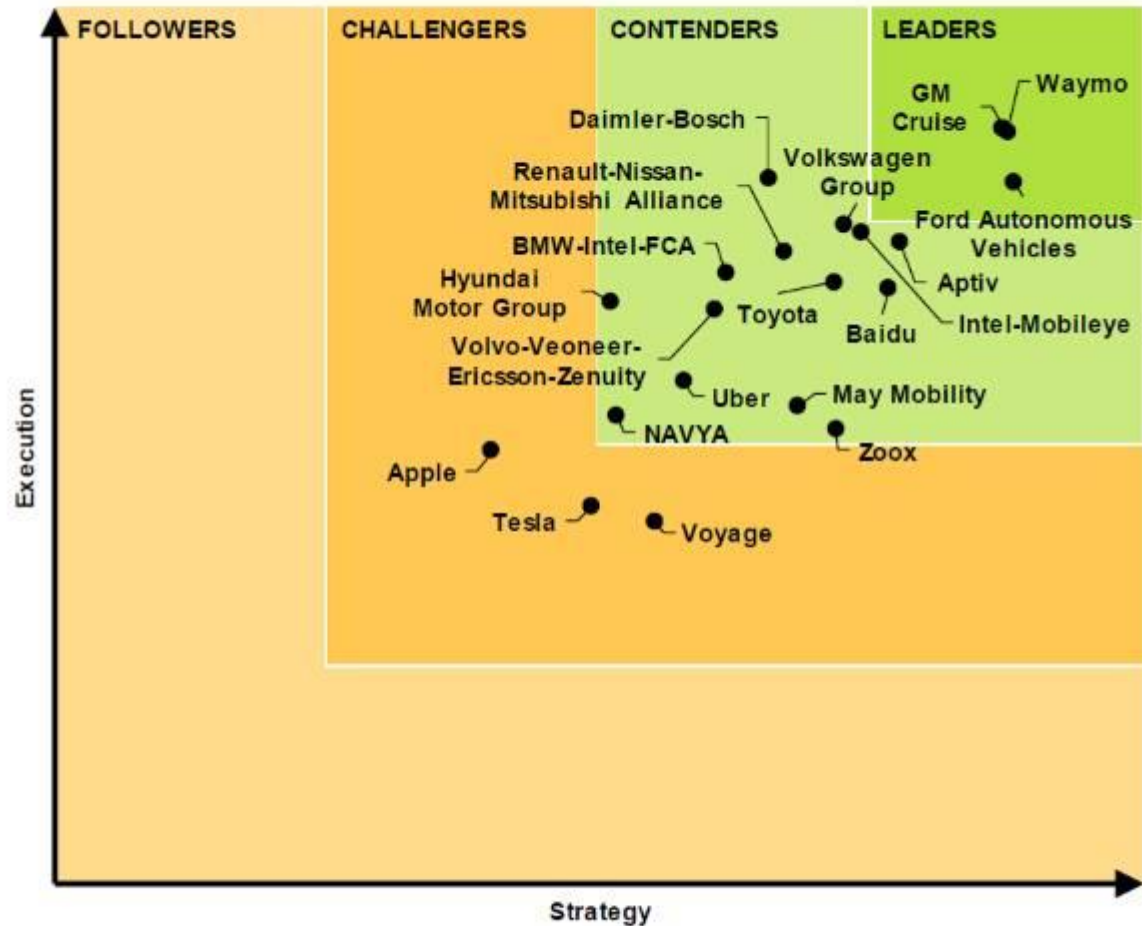
- 현대자동차
 - 현대모비스
 - 만도

AURORA

- LG전자
- 삼성전자
 - Harman

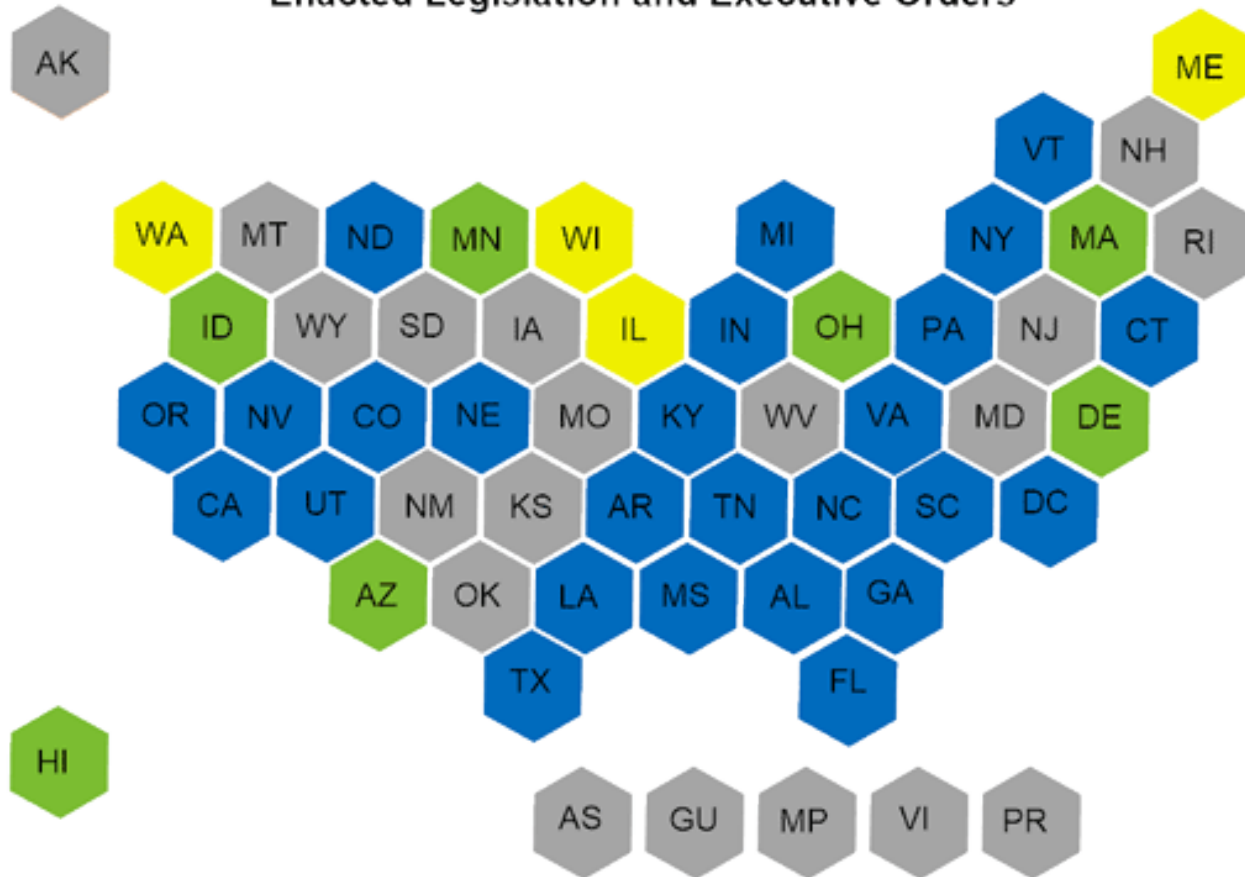


Chart 1-1. The Navigant Research Leaderboard Grid



(Source: Navigant Research)

States with Autonomous Vehicles Enacted Legislation and Executive Orders



Legend

Enacted Legislation	Blue
Executive Order	Green
Both	Yellow
None	Gray

Potential benefits

- Significant reduction in traffic collisions; the resulting injuries; and related costs, including a lower need for insurance.
 - McKinsey & Company estimated that widespread use of autonomous vehicles could "eliminate 90% of all auto accidents in the United States, prevent up to US\$190 billion in damages and health-costs annually and save thousands of lives
- Major increases in traffic flow
 - From 2,200 passenger vehicles per hour per lane to 12,000 (highway)
- Enhanced mobility for children, the elderly, disabled and poor people
- The relief of travelers from driving and navigation chores
- Lower fuel consumption
- Significantly reduced needs for parking space in cities
- Reduction in crime
- Facilitation of different business models for mobility as a service, especially those involved in the sharing economy.

Potential technological obstacles

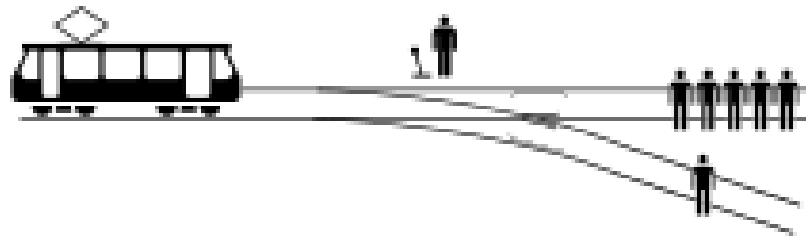
- Software reliability
- Artificial Intelligence still isn't able to function properly in chaotic inner city environments
- A car's computer could potentially be compromised, as could a communication system between cars
- Susceptibility of the car's sensing and navigation systems to different types of weather or deliberate interference, including jamming and spoofing
- Avoidance of large animals requires recognition and tracking, and Volvo found that software suited to caribou, deer, and elk was ineffective with kangaroos
- Autonomous cars may require very high-quality specialized maps to operate properly.
- Competition for the radio spectrum desired for the car's communication
- Current road infrastructure may need changes for autonomous cars to function optimally
- Cost

Obstacles to widespread adoption

- Disputes concerning liability
- Time period needed to turn an existing stock of vehicles from non-autonomous to autonomous
- Resistance by individuals to forfeit control of their cars
- Consumer concern about the safety of driverless cars
- Implementation of legal framework and establishment of government regulations for self-driving cars
- Risk of loss of privacy and security concerns, such as hackers or terrorism
- Concerns about the resulting loss of driving-related jobs in the road transport industry
- Less stressful driving → Living far away from city centers → Increased carbon footprint

자율주행자동차의 향후 과제

- 3D 지도 개발 및 데이터 확보
- 인공지능(AI) 기반 음성인식 기술
- 해킹으로 인한 보안, 프라이버시 문제발생
- 사고발생 시, 누구의 책임인가?
- 잇따른 사고소식, 안전 신뢰도 하락 ↓



The trolley problem:
should you pull the lever
to divert the runaway
trolley onto the side track?