자율주행 및 C-ITS

- 자율주행자동차 기술 동향 -

Dynamic Tomorrow

제5주

교통시스템공학과, 아주대학교

수업 개요

- 수업 내용
  - 자율주행자동차 기술
  - 자율주행자동차 기술개발 동향
  - 자율주행자동차 레벨 정의
  - SAE 레벨 구분

- 수업 목적
  - 자율주행자동차의 개발 관련 기술 동향에 대하여 이해함

01 자율주행자동차 기술

자율주행자동차의 정의

- 자율주행자동차(Autonomous Vehicle)
  - 운전자가 직접 조작하지 않아도 자동차가 자동으로 주행환경을 인지, 판단, 제어가 가능한 인간 친화형 자동차
    - 운전자 부주의로 인한 교통사고 감소, 도로용량 증대로 인한 교통 효율 향상, 고령 운전자 및 장애인 운전지원 등이 가능

자동차의 개발 역사

- 자동차의 발달
  - 니콜라스 퀴뇨의 증기자동차 (1769년)

〈출처 :경향신문 – 경향비즈에서 재인용〉

자동차의 개발 역사

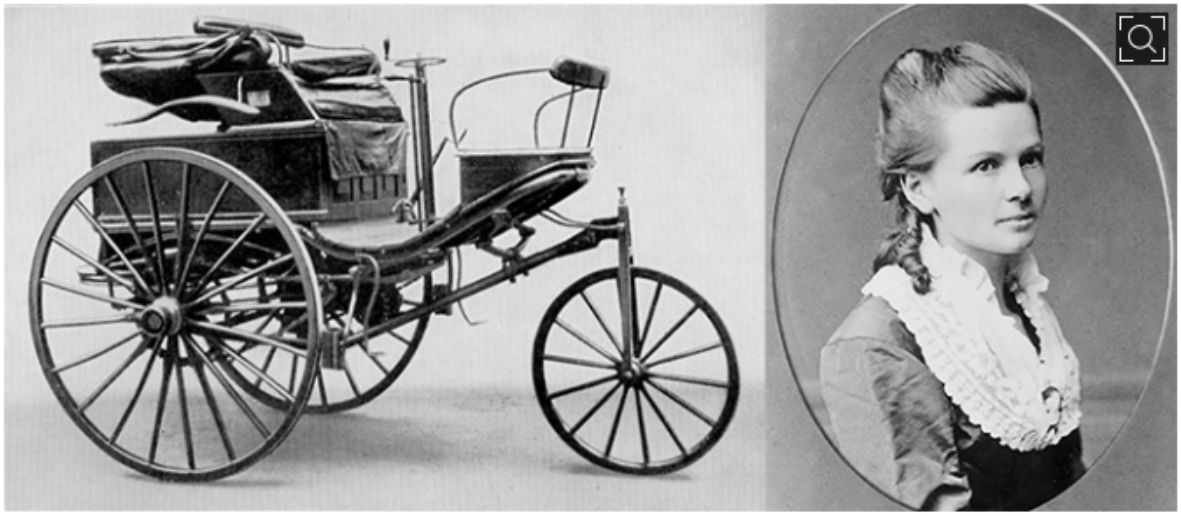
- 자동차의 발달 (계속)
  - 카를 프리드리히 벤츠가 개발한 최초의 가솔린 자동차 벤츠 페이턴트 모터바겐 (1886년)

〈출처 :구글 이미지〉

자동차의

- 자동차의 발달 (계속)
  - 참고

세계 최초로 '자동차'라는 이름으로 특허를 제출해 획득한 사람은 현재 메르세데스-벤츠의 공동 설립자 중 한 명인 칼 벤츠다. 이 자동차를 처음 운전한 사람 역시 칼 벤츠라고 생각할 수 있지만, 실은 그의 부인 베르타 벤츠가 가장 먼저 운전해 세상에 처음 선보였다.



▲ 페이턴트 모터바겐과 베르타 벤츠

칼 벤츠는 1886년 1월 29일 독일 니콜라우스 오토가 발명한 세계 최초의 가솔린 엔진의 특허를 사들여 세계 최초 삼륜차 '페이턴트 모터바겐' 특허 등록을 했다. 그러나 당시 칼 벤츠는 자동차를 만들어 놓고도 지나치게 신중하고 우유부단한 성격 탓에 공개에 뜸을 들였다. 그 모습을 지켜보던 그의 아내 베르타 벤츠는 남편이 잠든 사이 페이턴트 모터바겐을 직접 몰고 나와 세상에 처음 자동차를 공개했다.

1888년 당시 39세였던 베르타 벤츠는 남편이 개발한 자동차를 타고, 무려 100km가 넘는 장거리를 달렸다. 그는 말(馬)없이 움직이는 마차는 상상할 수 없었던 시대에 스스로 움직이는 기계를 타고 드라이브를 즐긴 여성이 됐다. 1883년 칼 벤츠가 설립한 벤츠&시에와 1890년 고틀립 다임러가 설립한 DMG(Daimler-Motoren-Gesellschaft)가 합병한 다임러-벤츠에서 시작된 메르세데스-벤츠는 이처럼 한 용감한 여성의 행동에서 시작됐다.

〈출처 : 이다정, 벤츠의 역사, 남편 대신 운전대 잡은 아내로 시작, Autoherald, 2016. 6. 20〉

자동차의 개발 역사

- 자동차의 발달 (계속)
  - 포드 자동차회사에서 1908년부터 1927년까지 생산한 포드 모델 T (1908~1927)

〈출처 : 위키피디아〉

자동차의 개발 역사

- 자동차의 발달 (계속)
  - 전기자율주행자동차 광고 (1957년)

〈출처 :” Power compaies build for your new electric living” The Victoria Advocate, 1957 〉

자동차의 개발 역사

- 자동차의 발달 (계속)
  - California PATH Platooning 시연 (1997년)

〈출처 : California PATH〉

자동차의 개발 역사

- 자동차의 발달 (계속)
  - 미국 국방부 산하 방위고등연구계획국(Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA)의 Grand Challenge (2004 및 2005년) & Urban Challenge (2007년)

〈출처 :google 이미지〉

자동차의 개발 역사

- 자동차의 발달 (계속)
  - 전기자율주행자동차 광고 (2009년)

〈출처 :google, Waymo〉

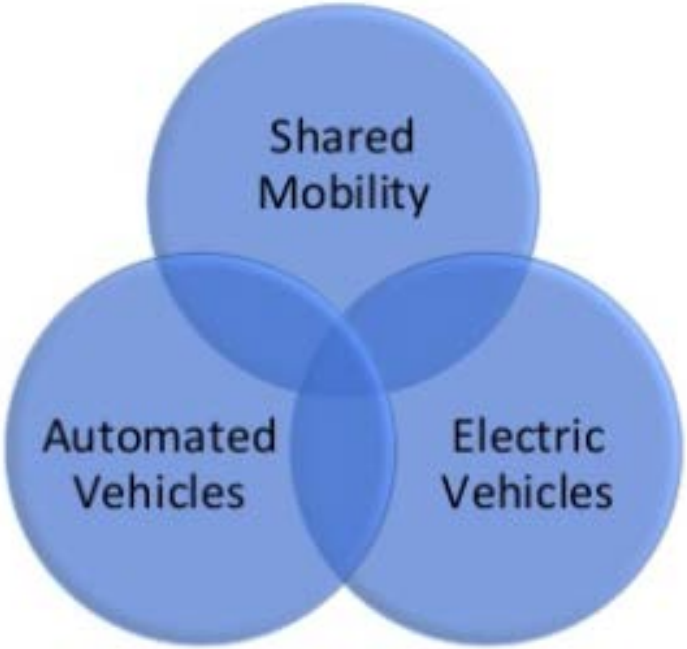
자동차의 개발 역사

- 자동차의 발달 (계속)
  - 자율주행 배송 로봇 뉴로 R2 (2020년)
    - 미 교통부는 2년간 최대 5000대의 저속 전기배송차 운행 승인

〈출처 : 김경록, 피자 배당하는 장율주행차 'R2' … 미국서 첫 상용화 앞둬, 중앙일보, 2020. 2 .8〉

자동차의 발전 방향

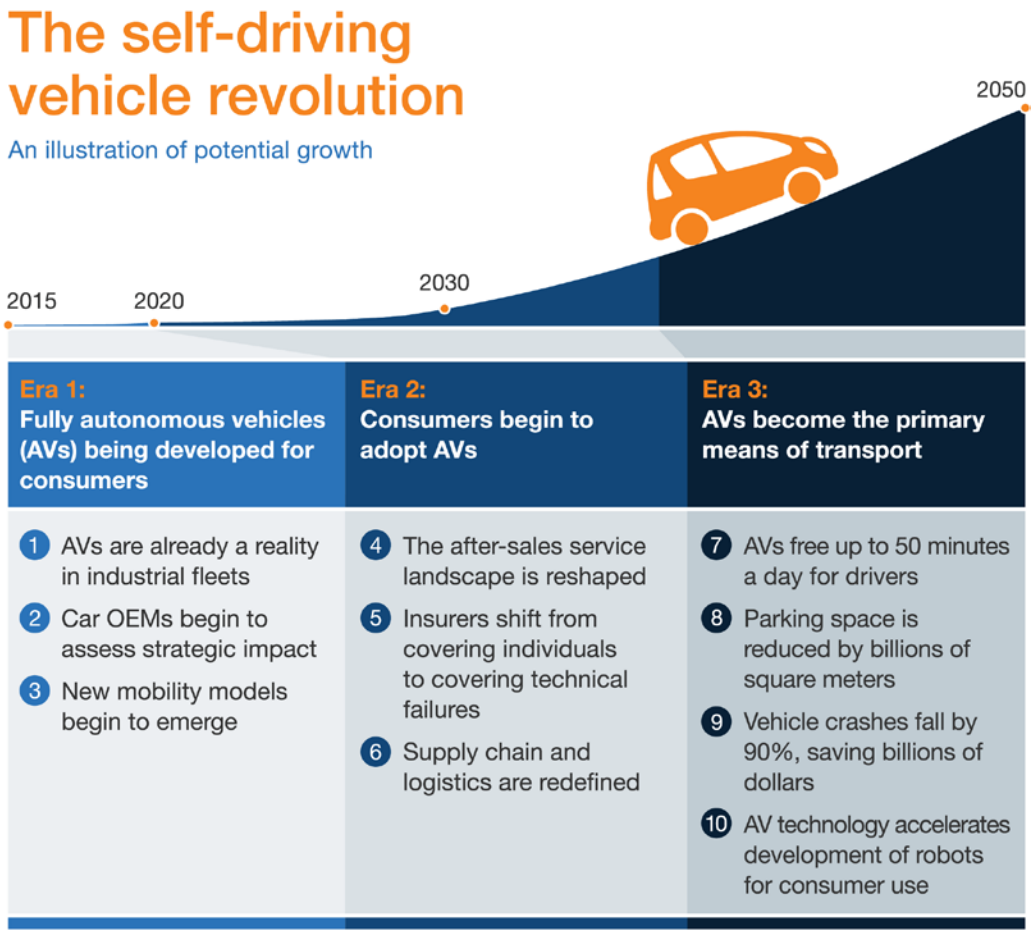
- 향후 자동차의 발전 방향



〈출처 : Susan Shabeen 발표자료〉

자율주행자동차의 상용화 단계

- McKinsey&Company 보고서



〈출처 : McKinsey&Company 발표자료〉

자율주행자동차의 상용화 단계

- 1단계: 상용화 초기 단계
  - 광산, 농업, 항구 등 특정 산업에 우선 적용
  - 자동차 산업의 개편
    - GM 등 대규모 제작사: 첨단운전자지원장치(Advanced Driver Assistant System, ADAS) 기반의 점진적 개발
    - Google, Apple 등 ICT 기업: 특정계층을 대상으로 적극적 공략
    - 고급 브랜드: 프리미엄 시장을 위한 연구 선도
    - 기타 후발 업체: 시장진입에 소극적인 대처
  - 새로운 모빌리티 모델과 결합
    - Car sharing, carpooling, taxi 서비스, peer-to-peer car rental

〈출처 : McKinsey&Company 발표자료〉

자율주행자동차의 상용화 단계

- 참고자료: 호주 리오 틴토 브록맨 4 광산에서 구동 중인 트럭 자율주행
  - 자동 수송 시스템(AHS ; Autonomous Haulage System)은 운전자가 아닌 감독 시스템과 중앙의 콘트롤러가 차량을 제어하도록 하는 기술. 사전 정의된 GPS 경로를 사용해 도로 및 교차로를 탐색하며 시스템은 모든 차량의 실제 위치, 속도 및 방향을 파악해 조절

출처: http://www.ciokorea.com/news/36689

자율주행자동차의 상용화 단계

- 2단계: 시장 진입 단계
  - 정비업계: 개인 정비소 → OEM 정비소 (소비자 신뢰 및 사고 책임)
  - 보험: 개인 운전자 중심 → 제작사 중심
  - 물류혁신: 스마트 기술과 접목하여 유연성과 효율성 증가

- 3단계: 시장 확산 단계
  - 자율주행자동차 보편화
  - 여유시간: 일 평균 50분의 운전시간 활용
  - 주차공간 절약: 도심지 및 주거지 주차면 일부 삭제
  - 교통사고 감소: 약 90%

〈출처 : McKinsey&Company 발표자료〉

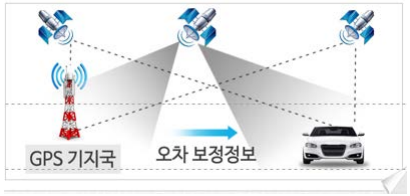
자율주행자동차에 사용된 기술

- 자율주행 기술 구성 요소
  - 환경인식
    - 레이더, 라이다, 카메라 등의 센서 사용
    - 정적 장애물, 동적 장애물, 도로표식, 신호등 신호 등을 인식
  - 위치인식 및 매핑
    - GPS 및 관성항법 장치를 이용하여 위치 인식 및 매핑
    - 자차의 절대/상대 위치 추정
  - 판단
    - 목적지까지의 경로 계획 및 장애물 회피 경로 계획
    - 주행상황별행동판단(차선유지,차선변경,좌우회전,추월,유턴,비상정지,정차,주차등)
  - 제어
    - 주어진 경로를 추종하기 위해 조향, 가감속, 기어 등 액츄에이터 제어
  - 인터랙션
    - V2X 통신을 통해 인프라 및 주변차량과 주행 정보 교환

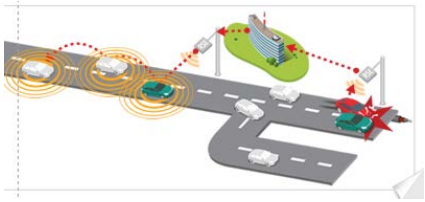
자율주행자동차에 사용된 기술

- 인프라 구성 요소
  - 차선표기 전자지도 제작
    - 1:5000인 현행 수치지도를 차선표기까지 표시되는 정밀 수치지형도로 개선
  - 위성항법 정확도 개선
    - 위성측량기준점을 활용하여 GPS 위치 정보 보정(1m 수준)
  - 전용도로 인프라 개발・확충
    - 시범도로 테스트 베드를 구축 및 도로면 레이더 등을 통해 실시간 도로 교통정보를 차량에 제공(V2I)
  - 차량 통신
    - 차량간 통신(V2V)을 통한 교통정보 및 안전전보 연계

<차선표기 전자지도 제작>



<위성항법 정확도 개선>



<전용도로 인프라 개발・확충>

<차량통신을 통한 정보 공유>

01 자율주행자동차 기술개발 동향

국내 동향

- 국내 자율주행자동차 기술단계 및 실용화 전략
  - 국내 자율주행시스템 개발전략
    - 산업통상자원부, 미래창조과학부 및 국토교통부 등 3개 부처가 참여하는 다부처 전략

구분	제0단계	제1단계	제2단계	제3단계	제4단계
NHTSA	No Automation	Function Specific Automation	Combined Function Automation	Limited Self-Driving Automation	Full Self-Driving Automation
SMART Mobility	수동제어	선택적 능동제어	통합 능동제어	제한적 자율주행	완전 자율주행
자동차기술	사고피해 최소화 /GPS 정보제공	ACC 종방향 제어	CACC기반 종횡방향 제어	스마트카, 도로기술 융합	스마트카, 도로기술 융합
도로인프라	ITS 도로정보 체계	ITS 도로운영/ 스마트하이웨이 (2014)	C-ITS 인프라 융합(2018)	자동차전용도로/ 자율주행차로 (2025)	모든 도로체계 자율주행 적용 (2030 이후)

주: ACC = 첨단 크루즈 컨트롤(advanced cruise control)
CACC = 협력형 첨단 크루즈 컨트롤(cooperative adaptive cruise control)

국내 동향

- 국내 자율주행자동차 기술단계 및 실용화 전략 (계속)
  - 현대 자동차
    - 현대자동차는 첨단운전자지원장치(Advanced Driver Assistant System, ADAS)을 적용한 연구・개발
    - 차선유지지원시스템, 자동긴급제동 시스템, 샤시통합제어시스템 등의 기술 적용
    - 현재 2단계 기술 확보 및 2020년까지 제1단계를 상용화 목표

<차선 유지 지원 시스템>

<자동 긴급 제동 시스템>

<샤시통합제어시스템>

<스마트 후측방 경보 시스템>

<주차 조향 보조 시스템>

<경사로 밀림 방지 시스템>

<전방 추돌 경보시스템>

<어드밴스드 스마트 크루즈 컨트롤>

〈출처 :현대자동차〉

국내 동향

- 국내 자율주행자동차 기술단계 및 실용화 전략 (계속)
  - 현대 자동차 (계속)

〈출처 : 현대자동차〉

해외 동향

- 미국
  - 국방부, 완성차 업체 중심에서 ICT 업체로 기술 개발 확대
  - GM, Ford 등 2020년 까지 제2단계를 목표로 차량에 자율주행 기능 부여 목표
  - 구글은 2014년 자율주행자동차의 시제품을 제작해 시험 운행

해외 동향

- 유럽
  - 독일을 비롯한 유럽연합(EU)은 자율주행시스템 구현 전략을 수립 및 상용화 로드맵 준비
  - 2025년 후반에 제 4단계를 위한 상용제품 출시 목표
  - 제3단계와 제4단계는 도로의 첨단 기능이 지원되지 않으면 상용제품 미출시 조건

구분	제0단계	제1단계	제2단계	제3단계	제4단계
NHTSA	No Automation	Function Specific Automation	Combined Function Automation	Limited Self-Driving Automation	Full Self-Driving Automation
BASt	Driver Only	Assisted	Partly Automated	Highly Automated	Fully Automated
BOSCH	ACC /Lane Keeping Support(2012)	Integrated Cruise Assisted(2016)	Highway Assist (2018)	Highway Pilot (2020)	Auto Pilot (2025년 후반)
BMW	No Actuated System	Longitudinal or Lateral Control	Longitudinal and Lateral Control (Driver monitor)	Longitudinal and Lateral Control	Longitudinal and Lateral Control By System

해외 동향

- 일본
  - 2012년 국토교통성에 자율주행 위원회 설치 및 기술개발 및 실용화 로드맵 수립
  - 제2단계에서 다중차로에서 자율주행 가능한 자동 조향기능 확보 및 시연 예정
  - 2020년 군집주행, 합류 및 분류에 대한 자율기능을 부여하는 목표 설정
  - 2020년 중후반에 제4단계를 도로에 구현하려는 목표 설정
  - 특히 일본정부는 해킹에 대비한 보안 대책 마련 중

구분	제0단계	제1단계	제2단계	제3단계	제4단계
NHTSA	No Automation	Function Specific Automation	Combined Function Automation	Limited Self-Driving Automation	Full Self-Driving Automation
일본 국토교통성	정보제공 단계	Single Function	More Complex System	Advanced System	Fully Automated Driving
	-	-	2010년 중반	2020년 초반	2020년 중후반

자율주행자동차 레벨 정의

개요

- 레벨 정의
  - 자율주행차 레벨 정의에 대한 국제 표준상의 기준은 없음
  - 주요 국가의 각 기관 별로 정의 방안을 제시
    - 5단계 또는 6단계로 구분
  - 자율주행시스템의 발전 단계를 의미
    - 운전자인 사람의 자동차에 대한 개인의 정도를 완화하는 단계

NHTSA

- NHTSA
  - 미국 도로교통안전국(National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA)
    - 미국 교통부(Department of Transportation) 산하
    - 교통 및 자동차의 안전과 관련된 연구 및 법 제정
  - 2013년 자율주행차 가이드라인에서 레벨 구분 제시
    - 0~4단계까지 총 5단계

NHTSA의 분류

□ NHTSA 자동화 단계 정의 및 분류

자동화 단계	특징	주요 내용	운전 주체
Level 0	비자동 (No Automation)	• 운전자는 항상 조향, 제동, 가속, 동력 등의 자동차 조종과 주행환경 감시와 안전운행 역할을 수행하는 단계 • 시스템 : 전방추돌경고(FCW), 차선이탈경고(LDW) 장치 등	운전자
Level 1	기능제한자동화 (Function-specific Automation)	• 다양한 자동화 시스템이 조합되어 운행되지 못하기 때문에 운전자가 자동차에 대한 제어권을 보유하고 있는 단계 • 시스템: 적응형크루즈콘트롤(Adaptive Cruise Control), 자동긴급시스템(Autonomous Emergency Braking System), 차선유지장치(Lane Keeping System) 등	운전자
Level 2	복합기능자동화 (Combined Function Automation)	• 특정 주행환경에서 두 개 이상의 자동화 시스템이 조화되어 운행하지만 운전자는 주행환경 감시와 안전운행에 대한 책임을 지고 제어권을 보유하고 있는 단계 • 적응형크루즈콘트롤(Adaptive Cruise Control)+차선유지장치(Lane Keeping System)	운전자
Level 3	제한된 자동화 (Limited Self-Driving Automation)	• 특정 주행환경에서 운행과 주행환경 감시는 자동화 시스템에 전부 의존하는 단계지만, 운전자의 제어가 필요한 경우 제어권 전환 경보신호를 제공하는 단계	시스템/운전자
Level 4	완전 자동화 (Full Self-Driving Automation)	• 자동화 시스템이 출발부터 목적지까지 모든 안전 기능을 제어하고 그 상태를 감시하는 단계	시스템

SAE

- SAE
  - 자동차공학회(Society of Automotive Engineers, SAE International)
    - 항공우주, 자동차 업계의 엔지니어와 연구자의 글로벌 협회
    - 차량의 기술 정보 및 엔지니어링 표준 연구
  - 2014년 자율주행차 레벨 구분과 관련 용어를 정의
    - 0~5단계까지 총 6단계

SAE의 분류

□ SAE 자동화 단계 정의 및 분류

자동화 단계	명칭	정의	조향, 가/감속 등 핵심 제어 주체	운전환경 모니터링 주체	동적 운전업무 중 대비책의 주체
0	비자동 (No Driving Automation)	운전자가 전적으로 모든 조작을 제어하고, 모든 동적 운전을 수행	운전자	운전자	운전자
1	운전자지원 (Driver Assistance)	자동차가 종방향 또는 횡방향 지원시스템에 의해 실행되지만 운전자인 사람이 모든 동적 운전을 수행	운전자/시스템	운전자	운전자
2	부분자동화 (Partial Driving Automation)	자동차가 종방향과 횡방향 지원시스템에 의해 실행되지만 운전자인 사람이 주행환경 모니터링과 안전운전의 책임을 수행	시스템	운전자	운전자
3	조건부자동화 (Conditional Driving Automation)	자동차가 동적 운전 조작의 모든 측면을 제어하지만, 시스템이 운전자 개입을 요청하면 운전자가 제어를 해야 하며 그에 따른 책임도 운전자가 보유	시스템	시스템	운전자
4	고도자동화 (High Driving Automation)	자동차가 특정 주행조건하에서 동적 운전에 대한 핵심 제어, 주행환경 모니터링, 비상대비책 등을 모두 시스템이 수행하고 책임도 보유	시스템	시스템	시스템
5	완전자동화 (Full Driving Automation)	자동차가 모든 도로조건과 환경에서 시스템이 항상 운전을 수행하고 책임도 보유	시스템	시스템	시스템

BASt

- BASt
  - 독일 연방도로연구소 (Bundesanstalt für Straßenwesen, BASt)
    - 독일 연방정부 산하 도로 부분 연구기관
    - 도로부분의 연구를 수행하여 연방교통국의 교통정책 및 기술적 이슈에 대한 의사결정 지원
  - 2010년 자율주행차 레벨 구분을 정의
    - 운전자 주행단계 ~ 완전 자동화단계까지 총 5단계
    - BASt의 완전 자동화단계는 NHTSA의 3단계 또는 SAE의 4단계에 해당

BASt의 분류

□ BASt 자동화 단계 정의 및 분류

자동화 단계	주요 내용
운전자 주행단계 (Driver Only)	• 자동차가 운행되는 모든 기간 동안 오로지 운전자만 조향(횡방향)과 엑셀/브레이크(종방향)에 대하여 지속적으로 지배하는 단계
주행보조단계 (Assistiert)	• 자동차가 운행되는 모든 기간 동안 운전자가 지속적으로 조향 '또는' 엑셀/브레이크 등의 운전조종을 지배하는 단계 • 운전자는 지속적으로 자동차의 모든 시스템을 관찰해야 함 • 운전자는 항상 차량운행을 완전하게 인수할 준비가 되어 있어야 함
부분 자동화 단계 (Teilautomatisiert)	• 일정 시간 동안 또는 특정한 상황에서 시스템이 조향 '및' 엑셀/브레이크 등의 운전조종을 수행해야하는 단계 • 운전자는 여전히 시스템을 지속적으로 관찰해야 함 • 운전자는 항상 차량운행을 완전하게 인수할 준비가 되어 있어야 함
고도 자동화 단계 (Hochautomatisiert)	• 일정한 시간 동안 또는 특정한 상황에서 시스템이 조향 ' 및' 엑셀/브레이크 등의 운전조종을 수행하는 단계 • 운전자는 여전히 시스템을 지속적으로 관찰할 필요는 없음 • 필요한 경우에는 시스템이 충분한 시간을 주어 운전자에게 주행임무를 넘겨받으라고 요구함 • 모든 시스템들이 시스템의 한계를 인식하지만, 시스템이 모든 상황에서 위험을 최소화할 수 있는 상태에 이른 단계는 아님
완전 자동화 단계 (Vollautomatisiert)	• 시스템이 조향과 엑셀/브레이크 등의 운전조종을 완전하게 수행하는 단계 • 운전자는 시스템을 관찰할 필요가 없음 • 사전에 정의된 적용사례를 이탈하기 전에 시스템이 충분한 시간을 주어 운전자에게 자동차의 주행임무를 넘겨받으라고 요구하게 됨 • 모든 시스템들이 시스템의 한계를 인식하게 되고, 시스템이 모든 상황에서 위험을 최소화하는 상태로 되돌릴 수 있음

기관 별 정의 비교

- 레벨 별 주행 주체 변화 비교

기술 수준	SAE	BASt	NHTSA	조향, 가/감속 등 핵심 제어의 주체	운전환경의 모니터링 주체	동적 운전임무 중 대비책의 주체	시스템 운전 모드의 유무
운전자가 주행환경을 모니터링							
0	비자동	운전자 주행	비자동	운전자	운전자	운전자	이용불가
1	운전자 지원	주행보조	기능제한 자동화	운전자/ 시스템	운전자	운전자	일부 시스템 모드
2	부분 자동화	부분 자동화	조합기능 자동화	시스템	운전자	운전자	일부 시스템모드
자율주행시스템이 주행환경을 모니터링							
3	조건부 자동화	고도 자동화	제한 자동화	시스템	시스템	운전자	일부 시스템모드
4	고도 자동화	완전 자동화	완전 자동화	시스템	시스템	시스템	일부 시스템모드
5	완전 자동화	-		시스템	시스템	시스템	일부 시스템모드

기관 별 정의 비교

- 레벨 별 시스템과 운전자의 범위 비교

<table>
<tr><th colspan="2">구분</th><th colspan="6">내용</th></tr>
<tr><td colspan="2">SAE</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr>
<tr><td colspan="2">NHTSA</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td colspan="2">4</td></tr>
<tr><td colspan="2">BASt</td><td>Driver Only</td><td>Assisted</td><td>Partly Automated</td><td>Highly Automated</td><td colspan="2">Fully Automated</td></tr>
<tr><td rowspan="5">자동화 시스템 범위</td><td>차량 제어</td><td>경고 혹은 순간개입</td><td>종방향 혹은 횡방향</td><td>종방향 + 횡방향</td><td>종방향 + 횡방향</td><td>종방향 + 횡방향</td><td>종방향 + 횡방향</td></tr>
<tr><td>주행환경 감시 및 대응</td><td>x</td><td colspan="2">부분적</td><td colspan="3">완벽히</td></tr>
<tr><td>자동화 시스템 감시</td><td>x</td><td colspan="2">부분적</td><td colspan="3">완벽히</td></tr>
<tr><td>비상상황 대응</td><td colspan="4">x</td><td colspan="2">완벽히</td></tr>
<tr><td>자동화시스템 제한 조건</td><td colspan="5">제한적</td><td>모든도로 가능</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Human 운전자 범위</td><td>운전자 고유 역할</td><td colspan="6">목적지, 경로 선택, 이동 계획, 출발 시간 등의 전반적인 목표의 자동화시스템 사용 여부/시기를 결정</td></tr>
<tr><td>핸들, 가감속 페달 조종</td><td>완벽히</td><td colspan="2">부분적</td><td colspan="2">요청시</td><td>안함</td></tr>
<tr><td>주행 환경 감시 및 대응</td><td colspan="3">완벽히</td><td>부분적</td><td>요청시</td><td>안함</td></tr>
<tr><td>자동화 시스템 감시</td><td colspan="3">완벽히</td><td colspan="2">부분적</td><td>요청시</td></tr>
<tr><td>비상상황 대응</td><td colspan="4">완벽히</td><td>요청시</td><td>안함</td></tr>
</table>

레벨 정의 정리

- 한눈에 보는 자율주행차 레벨 정의

레벨 정의 정리

- 한눈에 보는 자율주행차 레벨 정의

AdaptiVE

- AdaptiVE
  - 유럽 자율주행시스템 개발 평가 프로젝트(Automated Driving Applications and Technologies for Intelligent Vehicles)
  - 자율주행시스템 개발 및 평가와 법적 문제 해결을 위하여 프랑스, 독일 등 8개국에서 폭스바겐, 볼보 등 29개 기관이 참여한 프로젝트
  - 2014년 1월에 공표된 SAE 자동화 단계에 따라 자율주행 기능들을 분류함

AdaptiVE

□ AdaptiVE 기준 자동화 단계 정의 및 분류 체계

SAE 레벨	자율주행 시스템 명칭	설명
1	적응식 정속주행 시스템 (Adaptive Cruise Control)	종방향 속도 제어 시스템으로 선행 차량에 대해 일정한 시간 간격을 유지하거나, 선행 차량이 없는 경우 일정한 속도를 유지함
	차선 유지 보조. 유형 II (Lane Keeping Assistance. Type II)	차량이 차선의 중앙에 위치하도록 지속적으로 조향가속도를 조정하는 시스템으로 Type II 시스템의 경우 운전자가 항상 시스템을 통제할 수 있도록 최대 조향가속도가 제한됨
	ACC 및 차선 유지 보조. 유형 II의 복합 시스템	운전자는 여전히 조향을 수행하며, 동적 주행을 수행하는데 있어 지속적으로 참여해야 함
2	정체구간 보조 (Traffic Jam Assistance)	60km/h의 속도로 주행 시 고속 도로 주행 혼잡을 겪는 운전자를 지원하며 전방에 있는 차량과 안전한 거리를 유지하고 차량을 차선 중앙에 위치하도록 함
	키 파킹 (Key Parking)	시스템이 좁은 주차 공간을 감지하면 운전자가 차량 밖으로 나와 자동차 키 또는 스마트폰의 버튼을 길게 눌러 주차하도록 조작함
3	정체구간 셔퍼 (Traffic Jam Chauffeur)	필요한 경우 운전자가 운전에 개입해야 하지만, 고속도로 정체상황이라는 구체적인 시나리오에서 운전자를 운전 수행 임무로부터 신경 쓰지 않게 함
4	무인 발렛 파킹 (Driverless Valet Parking)	운전자는 차량을 주차장 입구에 세우고 주차 작동을 하게 한 뒤 더 이상 모니터링하지 않고 차량은 주차장을 들어가 장애물을 감지하고 피하고, 주차임무를 완수함
	정체구간 파일럿 (Traffic Jam Pilot)	Traffic Jam Chauffeur와 비슷하며, 시스템이 고속도로의 특정 교통 상황에서 운전자가 시선을 돌리는 것을 허용하는 자율주행 4단계 시스템임
5	유니버셜 로봇 택시 (Universal Robot Taxi)	도심로, 시골길, 고속도로, 자동차전용도로, 교차로에서 시나리오나 환경에 대한 제한 없이 범용 로봇 택시는 현재 차량과 동등한 역할을 수행함

SAE 레벨 구분

SAE 레벨 구분 개요

- SAE 레벨 구분
  - 기존의 많은 연구에서 NHTSA와 SAE의 레벨 구분 방안을 많이 준용하여 사용
  - 최근 연구에서는 SAE의 방안을 사용
    - 2016년 NTHSA에서 자체의 구분 방안이 아닌 SAE의 것을 사용하기로 함
  - SAE 레벨 구분의 장점
    - 용어 정의가 명확
    - 각 레벨 별 차량과 운전자의 역할을 명확히 정리

SAE 자율주행 주요 용어 정의

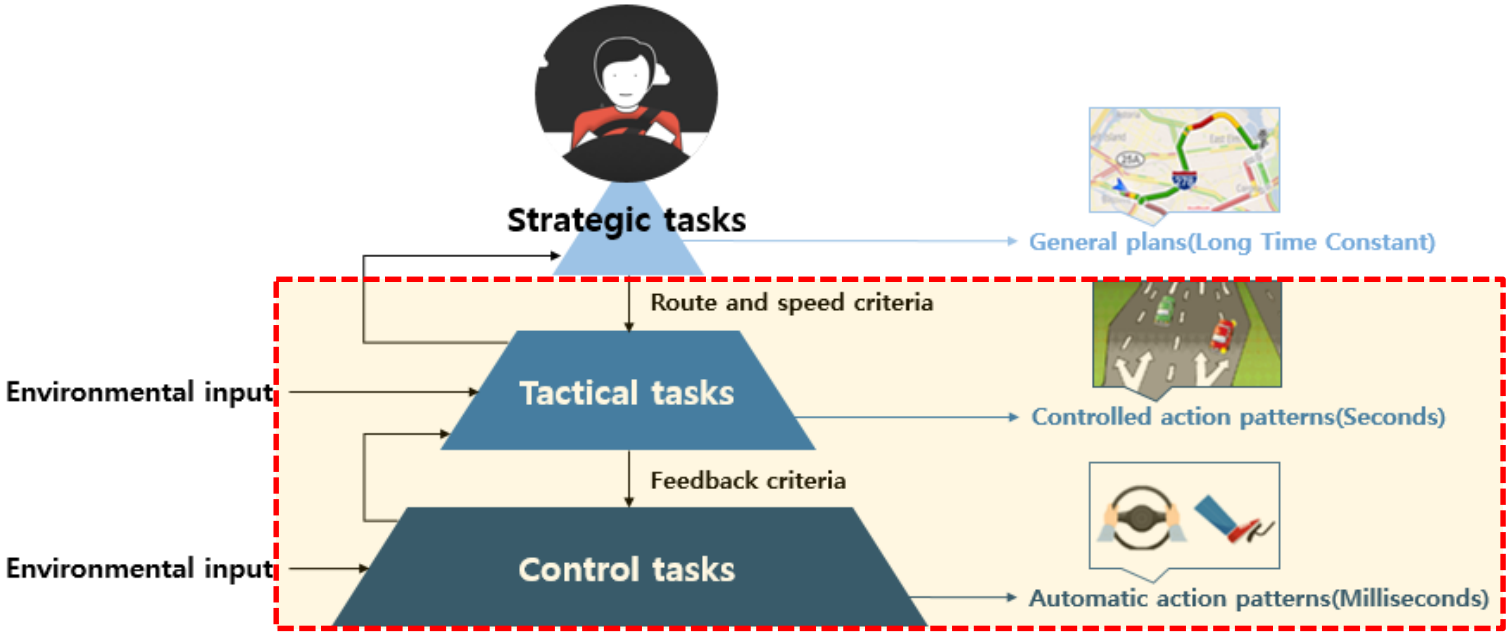
- 첨단운전자지원시스템 (Advanced Driver Assistance System, ADAS)
  - 다양한 기능을 이용하여 안전하고 편리한 주행을 보조해주는 첨단 시스템
    - LBA(Low Beam Assist)
      - 하향등 제어 보조 시스템은 야간 및 저조도 환경에서 전방 가시거리를 최대한 확보하기 위해 차량의 추가 램프 작동 여부를 결정하고 로우빔의 방향을 제어해주는 주행안전 시스템
    - FCW(Forward Collision Warning)
      - 전방 충돌 경보 시스템은 전방 차량과의 충돌 위험이 감지됐을 때 운전자에게 위험을 경고하는 주행안전 시스템
    - FCA(Forward Collision-Avoidance Assist)
      - 전방 충돌방지 보조 시스템은 FCW의 기능이 확장된 시스템
      - FCW와의 차이점은 전방의 차량, 장애물과의 충돌 위험을 경고하는 것은 물론 차량의 제동 및 조향까지 제어하는 것

SAE 자율주행 주요 용어 정의

- 첨단운전자지원시스템 (Advanced Driver Assistance System, ADAS) (계속)
  - 다양한 기능을 이용하여 안전하고 편리한 주행을 보조해주는 첨단 시스템
    - LDW(Lane Departure Warning):
      - 차선 이탈 경고 시스템은 주행 중 사고를 미리 방지하기 위해 차량이 차로를 이탈한다고 판단되는 경우, 진동이나 소리 등으로 운전자에게 위험을 경고해주는 주행안전 시스템
    - LKA(Lane Keeping Assist)
      - 차로 이탈방지 보조 시스템은 LDW의 기능이 확장된 시스템으로 차로 이탈로 인한 위험을 감지했을 때 경고뿐만 아니라 조향까지 제어해주는 주행안전 시스템
    - SCC(Smart Cruise Control)
      - 스마트 크루즈 컨트롤 시스템은 주행 중 운전자의 피로를 낮추기 위해 운전자가 설정한 속도 및 전방 차량과의 안전거리를 유지하며 주행할 수 있도록 가감속을 제어하는 주행편의 시스템

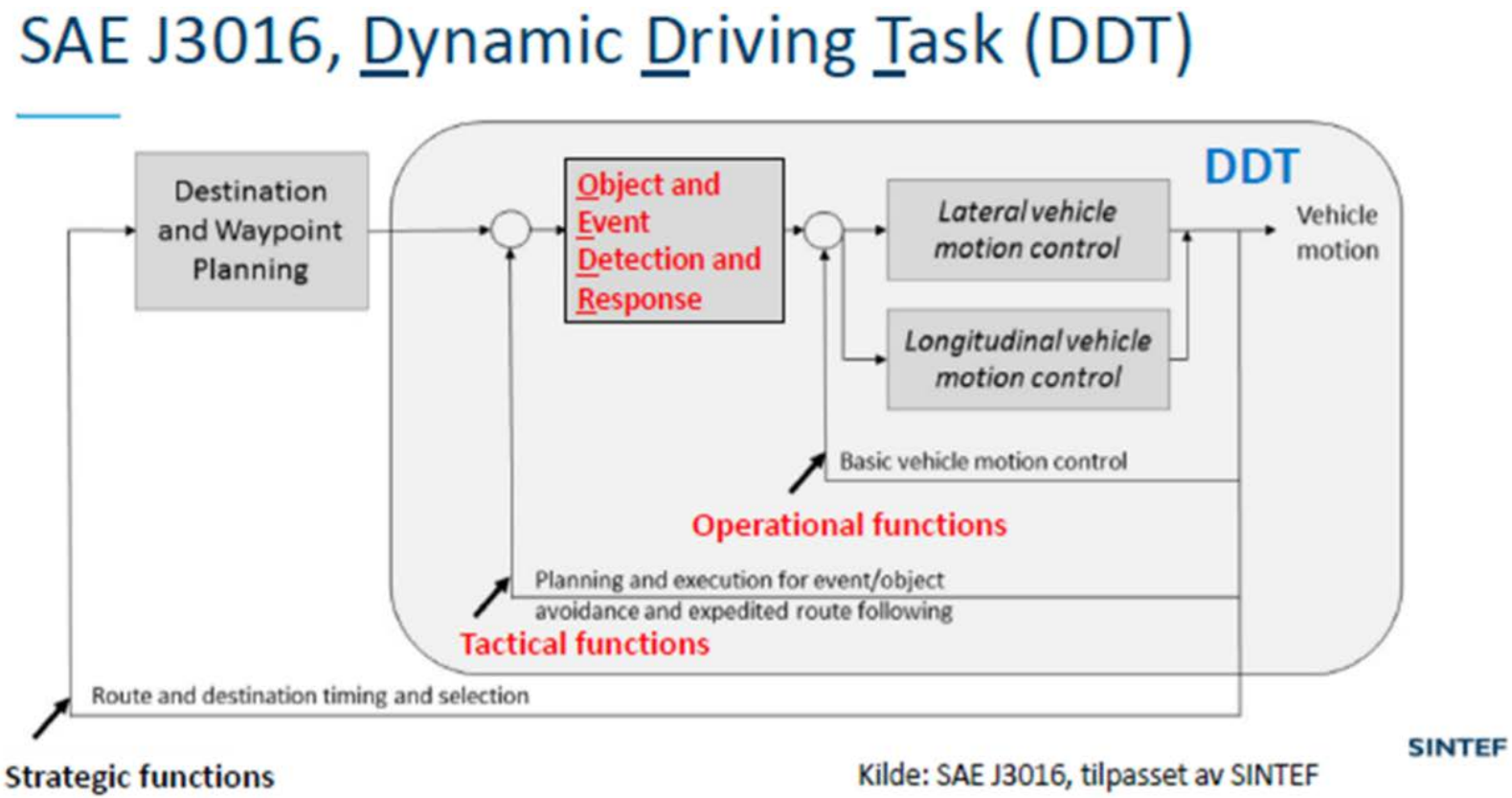
SAE 자율주행 주요 용어 정의

- 주요 용어 정의
  - DDT(Dynamic Driving Task)
    - 주행 스케줄링, 목적지 및 경유지 선택과 같은 전략적 기능(strategic tasks) 을 배제하고 실도로에서 차량을 작동시키는 데 필요한 실시간 전술 기능(tactical tasks)과 조정 기능(control tasks)을 포함한 활동



SAE 자율주행 주요 용어 정의

- 주요 용어 정의 (계속)
  - DDT(Dynamic Driving Task) (계속)



SAE 자율주행 주요 용어 정의

- 주요 용어 정의 (계속)
  - ODD (Operational Design Domain)
    - 주어진 주행 자동화 시스템 또는 그 기능이 작동하도록 설계된 특정 조건
    - ex) 지형적 조건, 도로 조건, 외부 환경 조건 등
  - ADS (Automated Driving System)
    - 특정 ODD에 제한되는지 여부에 관계없이 전체 DDT를 지속적으로 수행할 수 있는 하드웨어 및 소프트웨어
  - OEDR (Object and Event Detection and Response)
    - 운전 환경 모니터링(물체와 사건 감지, 인식 및 분류) 및 DDT 완료에 필요한 적절한 응답을 포함하는 DDT의 하위 작업

SAE 자율주행 주요 용어 정의

- 주요 용어 정의 (계속)
  - Take-over (제어권 전환)
    - 설정된 ODD를 벗어난 경우나 자율주행자동차에 장해가 발생한 경우 등, 자동운전을 계속하는 것이 곤란하다고 시스템이 판단한 경우2)에 있어서 운전자에게 개입을 위한 경고(운전권한의 위양)를 행하는 것
  - Fallback
    - DDT 성능 관련 시스템 오류가 발생하거나 ODD가 종료 된 후 DDT를 수행하거나 최소 위험 상태를 달성하기 위한 사용자 또는 ADS의 응답
    - 운전자에게 운전권한이 위양될 때까지의 사이, 시스템의 기능을 유지 또는 시스템의 기능을 제한한 상태로 시스템의 가동이 계속되는 fallback을 행함으로서 안전하게 자동운전 을 계속할 것
  - MRM (Minimum Risk Maneuver)
    - 위험 최소화 운행은 시스템으로부터 운전자에게 운전을 인계되지 않는 경우에 있어서 차량을 자동으로 안전하게 정지시키는 행위

SAE 자율주행 단계

단계	명칭	정의	DDT		DDT Fallbacak	ODD
			Sustained lateral and longitudinal vehicle motion control	OEDR		
운전자가 DDT 일부 또는 전체 수행						
0	No Driving Automation	운전자가 DDT 전체를 수행	운전자	운전자	운전자	N/A
1	Driver Assistance	운전자가 종/횡방향 차량 제어 중 하나를 지속적으로 수행	운전자 또는 시스템	운전자	운전자	제한적
2	Partial Driving Automation	운전자가 OEDR과 Driving Automation System을 감시하는 동안 Driving Automation System이 종/횡방향 차량 제어 모두를 지속적으로 수행	시스템	운전자	운전자	제한적
ADS(시스템)이 DDT 전체를 수행(참여하는 동안)			시스템	시스템	Fallback 대기 사용자	제한적
3	Conditional Driving Automation	DDT Fallback 대기 사용자가 ADS 개입 요청을 수용하고 대응하는것을 기대하며 ADS가 DDT 전체를 지속적으로 수행				
4	High Driving Automation	운전자의 개입 요청에 대한 응답을 기대하지 않으며 ADS가 DDT와 DDT fallback 전체를 지속적으로 수행	시스템	시스템	시스템	제한적
5	Full Driving Automation	운전자의 개입 요청에 대한 응답을 기대하지 않으며 ADS가 DDT와 DDT fallback 전체를 지속적이고 무조건적으로 수행	시스템	시스템	시스템	제한없음

SAE 단계 별 운전자 역할

단계	Human Driver
0	**운전자 (모든 시간) :** • 전체 DDT 수행
1,2	**운전자 (모든 시간) :** • Driving Automation System에 의해 수행되지 않는 DDT 수행 • Driving Automation System을 감시하고 차량 동작 안전을 유지하기 위해 개입 필요 • Driving Automation System의 적절한 참여 유무/시기 결정 • 필요시 전체 DDT의 즉각적인 수행
3	**운전자 (ADS가 작동하지 않는 동안) :** • ADS 장착 차량의 작동 준비 상태를 확인 • ADS 참여가 적절한 시기를 결정 **DDT Fallback 대기 사용자 (ADS가 연결되어있는 동안) :** • 적시에 DDT 대체를 수행함으로써 개입하고 응답하라는 요청을 받아들임 • 차량 시스템에서 DDT 성능 관련 시스템 오류를 감지하고, 오류 발생시 DDT 대체를 적시에 수행 • 최소한의 위험 상태를 달성 할 수 있는지 여부와 방법을 결정 • ADS의 참여 요청시 운전자가 됨
4,5	**운전자/관리자 (ADS가 작동하지 않는 동안) :** • ADS 장착 차량의 동작 준비 상태 확인 • ADS가 참여하는 여부에 대해 결정 • ADS가 참여하는 동안 동승자가 됨 **동승자/관리자 (ADS가 작동하는 동안) :** • DDT나 DDT Fallback을 수행할 필요 없음 • 최소 위험 상태를 달성하기 위한 방법에 대해 결정할 필요 없음 • 개입 요청에 따른 DDF Fallback 수행할 수 있음 • ADS의 참여 중지를 요청할 수 있으며 참여 중지 시 최소 위험 상태를 달성할 수 있음 • 참여 중지 요청 후 운전자가 될 수 있음

종합토론 및 숙제

종합토론

- 자율주행자동차는 어떤 메커니즘으로 주행을 할까?
- 각 나라 및 기업들은 자율차 개발에 어떤 전략을 가지고 있을까?
- 교통인들은 자율주행자동차 도입을 위해 무엇을 준비해야할가?

숙제

- 읽기 숙제
  - 자율주행자동차 센서 관련 자료 읽기