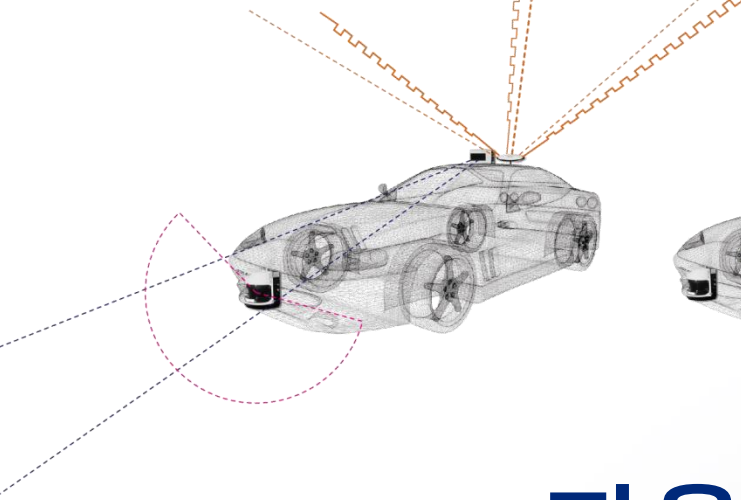


자율주행차량 기술발전과 미래 교통시스템

(주)언맨드솔루션 대표 / 공학박사 문 희 창

01 Movies



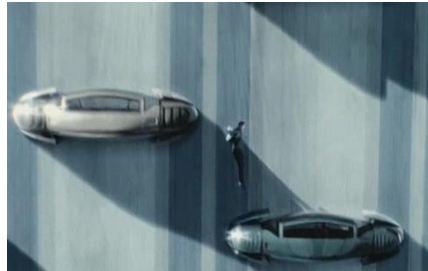
KNIGHT RIDER, 1982



Total Recall, 1990



Minority Report, 2002



Autonomous
Car



I, Robot, 2004



WALL-E, 2008



INTERSTELLAR, 2014



02 Autonomous Car

- 언맨드솔루션의 '자율주행자동차'

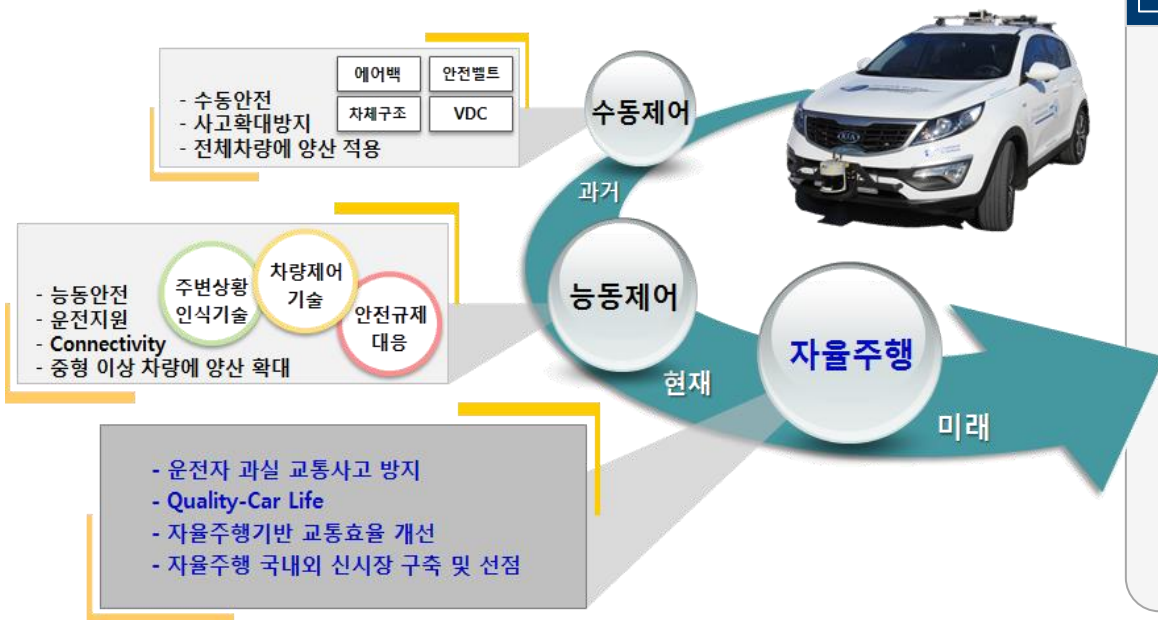


Recent Trend

미래의 자동차

미래자동차는 연료가 아니라 **Software**로 달린다.

- 디터 제체 벤츠 회장



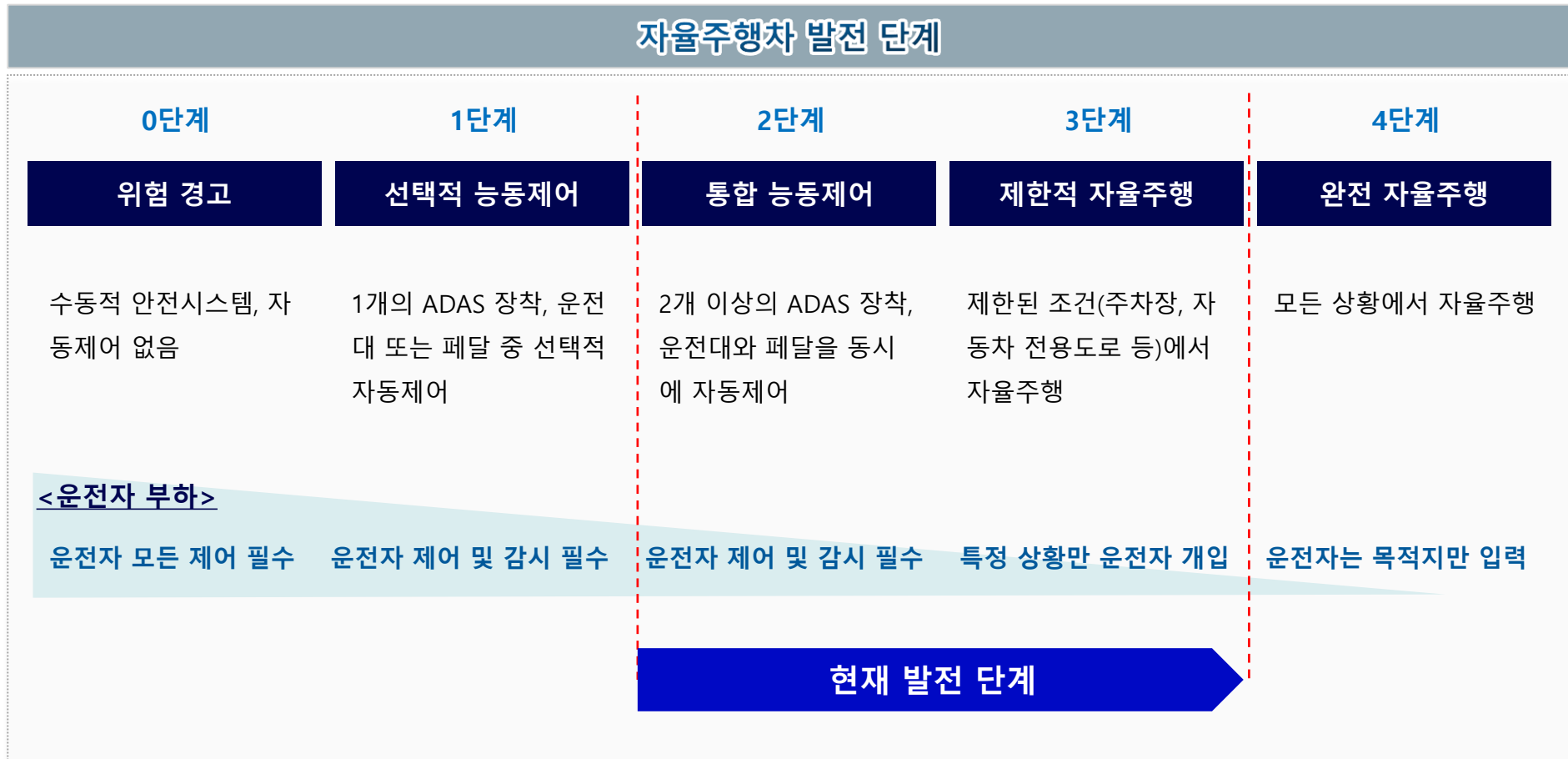
세계 자율주행 자동차 운행 대수 전망



* Source : BI 인텔리전스

Recent Trend

자율주행 자동차 발전 단계



Recent Trend

- 부분 자율주행 기술 - ADAS (첨단 운전자 보조 시스템 : Advanced Driver Assistance System)

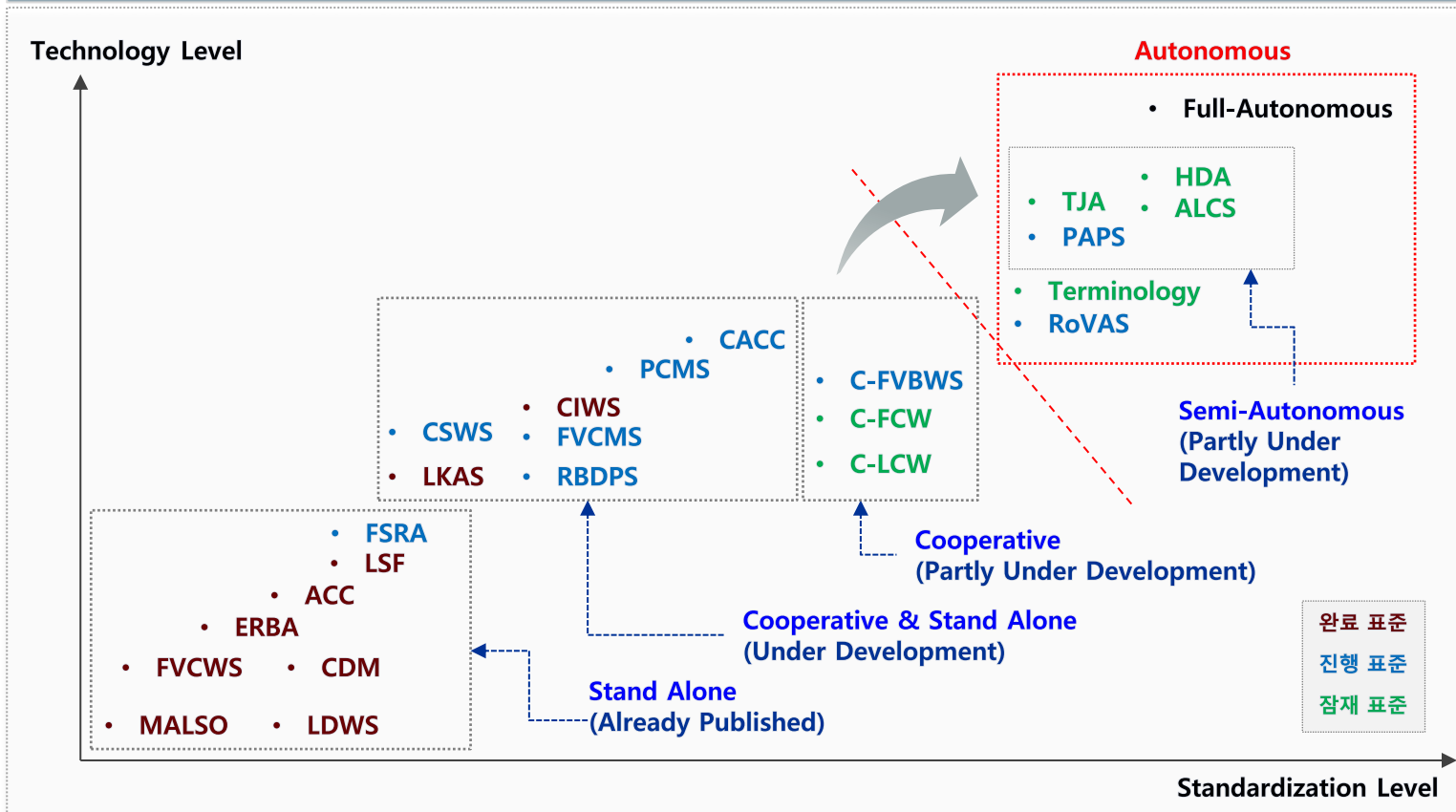


기능	기술 내용	센서
BSD	· Blind Spot Detection : 사각지대감시 · 사이드미러의 사각지대 상의 물체 접근 감지	Radar, LiDAR
LDW LKA	· Lane Departure Warning, Lane Keeping Assistance · 방향 지시등 점멸 없이 차선 이탈 시 경고, 능동적 차선 유지	Radar, Vision , LiDAR
AVM	· Around View Monitoring : 차량주변모니터링 · 차량 주변 360° 영상을 Top-View로 영상 제공	Vision
FCW PCW	· Forward/Pedestrian Collision Warning · 전방 차량 및 보행자 추돌 감지 및 경고	Radar, Vision , LiDAR
AEB	· Advanced Emergency Braking : 자동 긴급 제동 장치 · 차량의 속도와 물체와의 거리를 계산해 긴급 상황 시 급제동	Radar, LiDAR
NV	· Night Vision : 야간 시야 확보 · 열 에너지를 이미지로 전환, 야간에도 주변 상황을 감지	Vision
DDD	· Driver Drowsiness Detection · 운전자의 동공을 실내 카메라를 감지, 졸음 상황 경고	Vision , Health sensor
TJA	· Traffic Jam Assistance : 교통 정체 보조 장치 · 교통 정체 시 자동으로 차선 유지 및 차량 간 거리 유지 장치	Radar, Vision , LiDAR
RPAS	· Remote Parking Assistance System · 공주차 탐지 및 자동 조향 제어	Sonar, LiDAR , AVM

Recent Trend

ADAS 에서 자율주행으로...

ISO TC204 WG14의 ADAS 및 자율주행 관련 표준 추진 현황



독립형(Stand Alone) 시스템

- ERBA : Extended Range Backing Assist
- LSF : Low Speed Following
- FSRA : Full Speed Range ACC
- FVCWS : Forward Vehicle Collision Warning System
- MALSO : Maneuvering Aid for Low Speed Operation
- CSWS : Curve Speed Warning System
- FVCMS : Forward Vehicle Collision Mitigation System
- PCMS : Pedestrian Collision Mitigation System

협조(Cooperative) 시스템

- CIWS : Cooperative Intersection Warning System
- CACC : Cooperative ACC
- C-FVBWS : Cooperative Forward Vehicle Emergency Brake Warning Systems
- C-FCW : Cooperative FVCWS
- C-LCW : Cooperative Lane Change Warning

자율주행

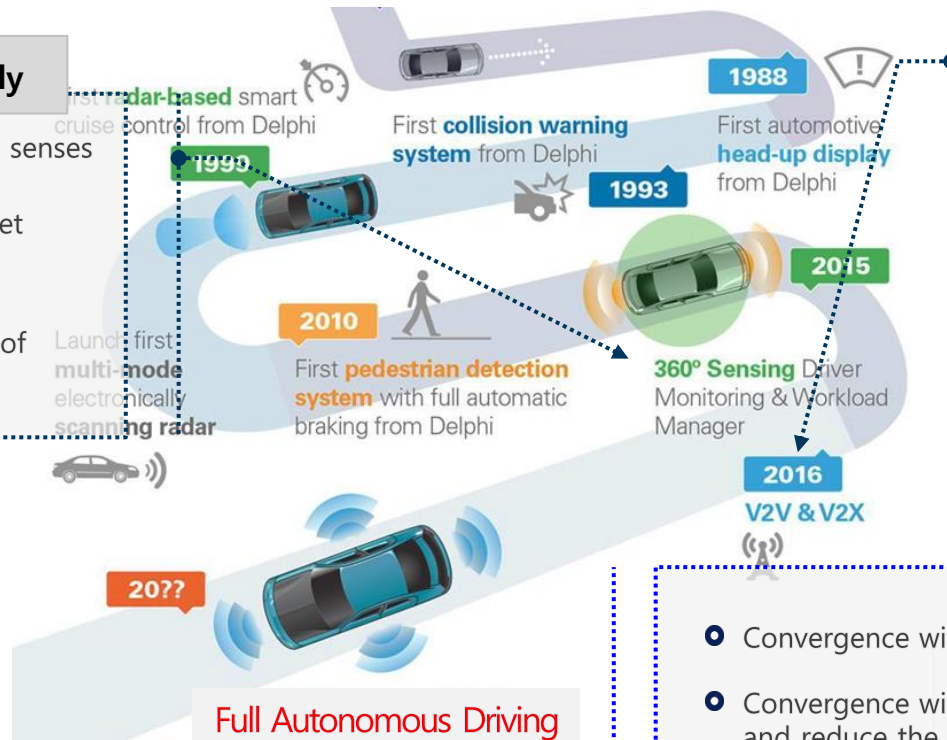
- RoVAS : Report on standardization for vehicle Automated driving systems
- PAPS : Partially Automated Parking Systems
- TJA : Traffic Jam Assist
- HDA : Highway Driving Assistance
- ALCS : Automated Lane Change Systems

Recent Trend

자율주행 자동차 기술

Sensor-based solutions only

- Cannot sufficiently mimic human senses
- Not cost-effective for mass market adoption
- Lack of adequate 360° mapping of environment in urban grids



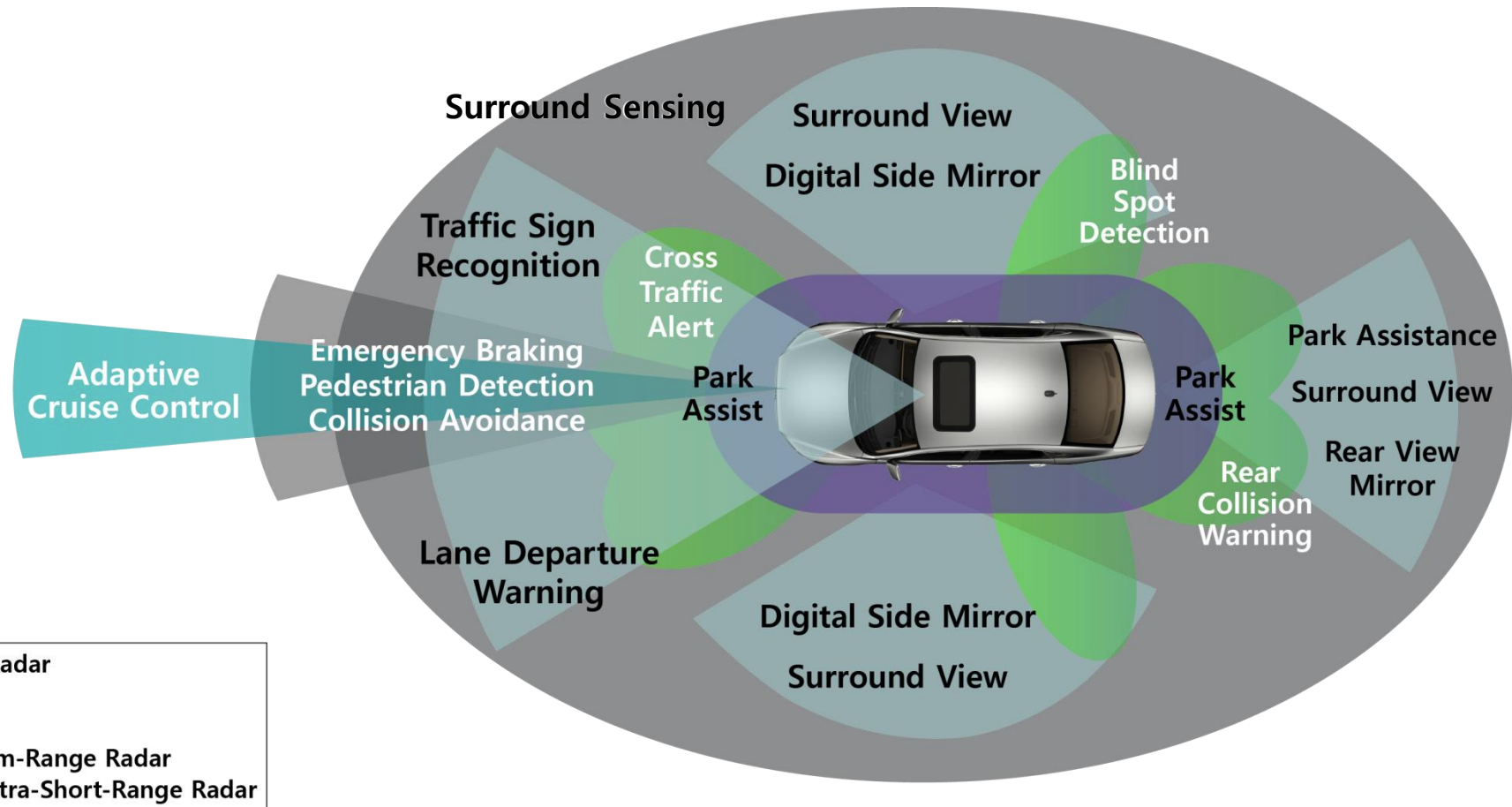
Connected vehicles solutions only

- DSRC does not currently work with pedestrians, bicyclists, etc.
- DSRC-based V2I might require significant infrastructure investment
- V2V requires high market penetration to deliver value reliably

Converged Solution

- Convergence will facilitate adequate mimicking of human senses
- Convergence will reduce need for an expensive mix of sensors and reduce the need for blanket V2I investment
- Convergence will provide the necessary level of functional redundancy to ensure that the technology will work 100 percent of the time

- 주변환경 인식 센서의 종류 및 인식범위



Sensor

■ ADAS용 센서 비교

RADAR

- 어두운 밤이나 악천후에서 사용 가능
- 장거리 탐지 (최대 200m)
- 형태인식 불가능
- 고가의 가격



LiDAR

- 측정각도가 넓음
- 주변을 3차원으로 인지 가능
- 환경의 영향을 많이 받음
- 고가의 가격



Camera

- 형태 인식이 가능
- 날씨와 시간대에 구애를 받음
- RADAR, LiDAR보다 정밀도가 떨어짐
- RADAR, LiDAR에 비해 저렴한 가격



Ultrasonic

- 주로 정차 시나 저속에서 이용
- 측정거리가 짧음 (3 - 4m)
- 저렴한 가격



■ 글로벌 부품업체들의 주변환경 인식 센서 제품 현황

* NB : Narrow band

* UWB : Ultra wide band

Supplier	Camera		RADAR			Night Vision		Potential Market		
	Mono	Stereo	77RADAR	24 NB RADAR	25 UWB RADAR	Far Infrared	Near Infrared	Rear View	Surround View	Stability Control
Autoliv	•	•	•	•	•	•				
Continental	•	•	•	•	•			•	•	•
Bosch	•	•	•				•	•	•	•
Delphi	•		•				•	•	•	•
Magna	•							•	•	
Valeo	•			•				•	•	
Denso	•		•				•	•	•	•
Gentex	•									
Hella				•				•		
TRW	•		•	•						•
Takata	•	•								

LiDAR (2D)

Manufactures	Field of view	Scanning frequency	Angular resolution	Operating range	Data Refresh Time	Interface	Operating voltage / Power consumption	Enclosure rating	Size
 IBEO LUX2010 FUSION SYSTEMS	2 layers : 110° 4 layers : 85°	12.5Hz / 25Hz / 50.5Hz	0.125°	200m	-	Ethernet, CAN, RS232	9 ~27V (Average 8W)	IP 68	164.5 x 93.2 x 88
 IBEO LUX HD	85°	12.5Hz / 25Hz / 50.5Hz	0.125°	90m	-	Ethernet, CAN, RS232	9~ 27V (Average 8W)	IP 68	164.5 x 93.2 x 88
 ScaLa	145°	-	0.25°	150 m	40/80 ms	-	7 W	-	105 x 60 x 100 mm
Manufactures	Field of view	Scanning frequency	Angular resolution	Operating range	Response time	Interface	Operating voltage / Power consumption	Enclosure rating	Size
 LMS511-10100	190 °	25 Hz / 35 Hz / 50 Hz / 75 Hz / 100 Hz	0.167 ° / 0.25 ° / 0.333 ° / 0.5 ° / 0.667 ° / 1 °	0 m ... 80 m	≥ 10 ms	RS-232, RS-422 / Ethernet / USB / CANbus	24 V DC / 22 W	IP 67	160 x 155 x 185
 LD-MRS400001	110°	12.5 Hz ... 50 Hz	0.125 ° / 0.25 ° / 0.5 °	0.5 m ... 250 m	-	RS-232 / Ethernet / CANbus	9 V ~27 V / 8 W	IP 69	94 x 165 x 88

LiDAR (3D)

Velodyne

Manufactures	Field of view	Scanning frequency	Distance Accuracy	Channels	Angular resolution	Points/sec	Operating range	Interface	Operating voltage / Power consumption	Enclosure rating	Size
 VLP-16	360°	-		16	-	300,000	100m	-	Low	-	100 x 65
 HDL-32E	360°	10Hz	< 2cm	32	1.33°	700,000	100m	Ethernet	9~32V / 12W(12V)	IP67	85.3 x 85.3 x 144.2
 HDL-64E	360°	5-15 Hz	< 2cm	64	0.09°	1.3 million	120m	Ethernet	15V (+/-1.5V)	IP67	203.2 x 203.2 x 260.2

QUANERGY

Manufactures	Field of view	Scanning frequency	Laser Wavelength	Range Accuracy	Angular resolution	Sensors	Measurement Range	Interface	Operating voltage / Power consumption	Enclosure rating	Weight	Size
	Horizontal:360°, Vertical:20° (+3° / -17°)	10-30 Hz	905nm	1.5cm	0.1°	8 laser /detector pairs, 3-axis accelerometer	300 m at 80% reflectivity 100 m at 10% reflectivity	1 Gbps Ethernet	9-32 VDC / 20W	IP69K	1kg	3.5"dia meter x 3" height

RADAR

DELPHI

Innovation for the Real World

Manufactures	Field of view	Scanning frequency	Mid Range/ Long Range	Target	Accuracy Range/ Range Rate	Angle	Update Rate	Operating voltage / Power consumption	mass	Size
 Delphi ESR	Mid-Range (100m) : +/-45 ° Long-Range (174m) : +/-10 °	76.5 GHz	60m/174m	64	0.5 m 0.12 m/s 0.5°	0.5°	< = 50ms	8v-16v, 24v <1 min <12w	575g	173.7 x 90.2 x 49.2 (mm)
 Delphi RSDS	+/-75 °	24 GHz	70m	-	- 50 (Closing) to +10 m/sec (Opening)	-	< = 50ms	8v-16v, 24v <1 min, 7w	380g	-

Manufactures	Frequency band	Distance / Accuracy	Azimuth angle augmentation	Elevation angle augmentation	Speed measurement range	Mains power supply / Power consumption	Interface	Dimensions (W x H x D)
	24.05..24.25 GHz	1 ...50 m 0.20 m for point targets	-20°...+20° up to -75°...+75°	-6°...+6° for -6 dB points	-146 km/h ...+146 km/h	+9.0 V...16 V DC / app. 4.5 W	2 x CAN 1, 2 (car, private) - high-speed 500 kbit/s	155 * 131.5 * 26
	76...77 GHz	0.25 ...200 m 0.25 m or 1.5 %@>1 m	-8.5°...+8.5° far field, -28°...+28° close-up range	4.3° at 6 dBm	-88 km/h ...+265 km/h	+8.0 V...27 V DC(12VDC) 7 W at 14 V DC / 7 W at 28 V DC	1 x CAN 1 - high-speed 500 kbit/s	120 * 90 * 46

Manufactures	Frequency range	Distance Accuracy	Relative speed Accuracy	Vision range	Modulation	Max. number of detected objects	Vehicle connector	Cycle time (incl. auto diagnosis)	Dimensions (H x W x D)	Power consumption
 LRR3	76...77 GHz	0.5...250 m ±0.1 m	-75 ...+60 m/s ±0.12 m/s	30 ° (-6 dB) 5 ° (-6 dB)	FMCW	32	MQS 8 Pin	Typically 80 ms	77 x 74 x 58 (mm)	typically 4 W
 MRR Front	76...77 GHz	Up to 160 m	-	45 °	-	-	-	-	60 x 70 x 30 (mm)	-
 MRR Rear	76...77 GHz	Up to 100 m	-	150 °	-	-	-	-	60 x 70 x 30 (mm)	14

 **BOSCH**

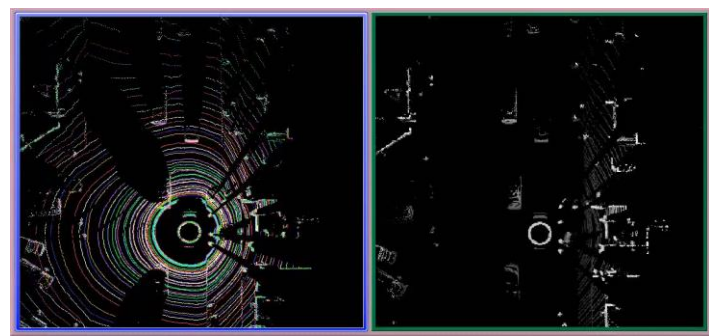
Camera

Manufactures	Distance range	Distance range for light spot(recognition)	Resolution imager horizontal/vertical	Accuracy distance measuring	Viewing angle horizontal/vertical	Response time	Power Supply / power consumption	Interface	Dimensions
  Multi-Function Camera	4 ... m (focus range)	Up to 500/600m	752pixel / 480pixel	$\pm 10\text{m}$ for $r < 150\text{m}$, $\pm 50\text{m}$ for $r > 150\text{m}$	$35^\circ / 20^\circ$	80ms	2.0W typ	1 x CAN maximum 500 kbit/s	95.1 x 44.8 x 96.7
 Stereo Camera	60 m	20 - 30cm (20 - 30m)	-	-	-	-	-	-	-
Manufactures	Suggested lens FOV over VGA	Imager Type	No. of Pixels	Image area (mm ²)	Pixel size (μm)	Video out	Frame Rate (fps)	Dynamic Range	Oper. Temp
 	38°	CMOS	752×480	4.51×2.88	6.0×6.0	10bit digital	60	60db linear, 100db, non-linear	-45 ~ + 85° C

Sensor

■ 센서별 데이터

*장소: 강남역

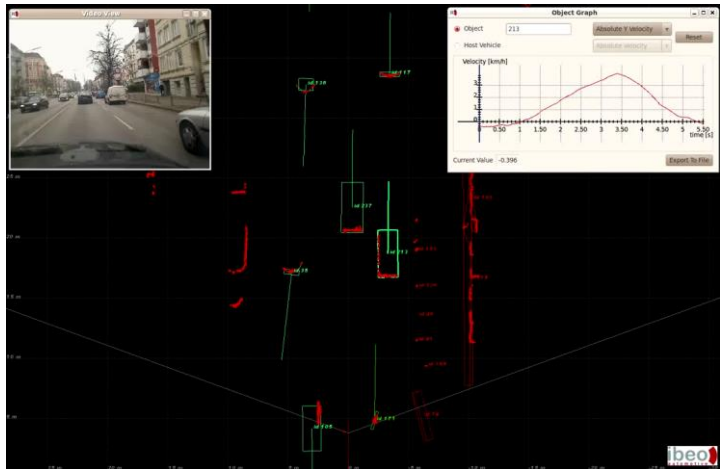


3D - LiDAR
(Velodyne)

*장소: 안매드솔루션 서초 사옥 주차장



AVM
(Around View Monitoring)



2D - LiDAR
(IBEO-ScaLa)

* Source : Youtube



Radar

* Source : Automotive RADARS, Robots in Search

Fusion

통합센서

각 센서 별 성능

	Camera	단거리 RADAR	장거리 RADAR	LiDAR
측정거리	++	+	+++	+++
측정각도	++	+	+	+++
측정안정성	++	+++	+++	+
가격	+	+	++	+++

FUSION

* 출처: 콘티넨탈, 프로스트&설리번

두 가지 이상의 센서를 융합한 통합센서 개발



Continental SRL-CAM



Delphi RACam

Fusion

통합센서

각 센서의 단점을 보완하여 성능향상 ➤ 비용절감 및 센서의 소형화 ➤ 보급형 제품으로 유리

Continental SRL-CAM

라이더는 실시간
신뢰성 높은 거리
정보를 획득



카메라는 차량 전방
사물을 분류

LiDAR + Camera

Delphi RACam

레이더는 실시간
신뢰성 높은 거리
정보를 획득



카메라는 차량 전방
사물을 분류

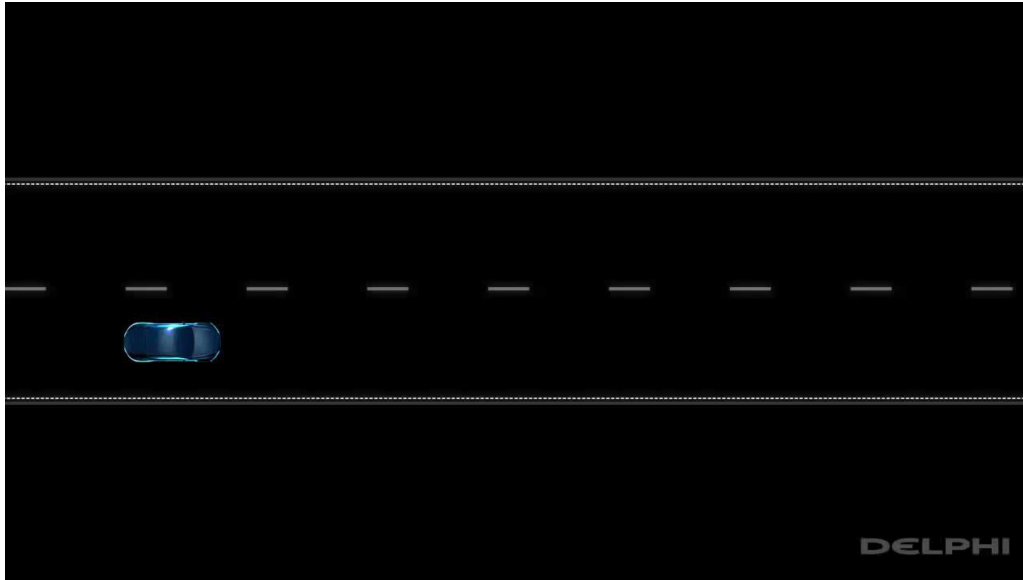
RADAR + Camera

정확한 사물 분류 및 거리측정 모두 가능

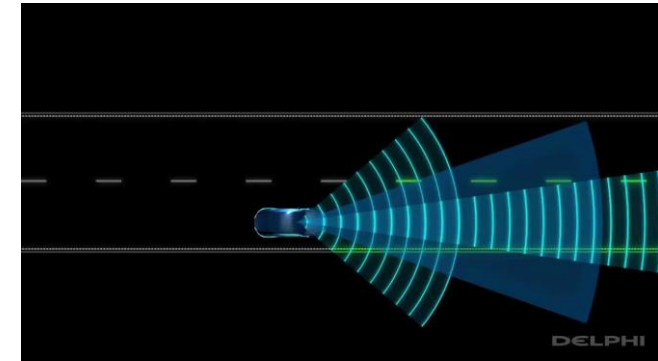
Fusion

- 통합센서 어플리케이션 영상

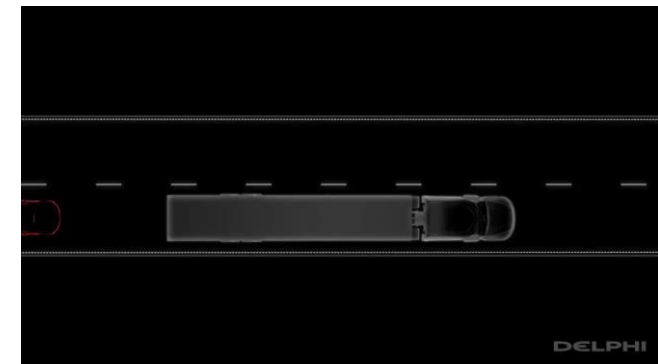
RACam



Forward Looking Radar



Lane Tracking



Collision Avoidance With Vehicles

Connected vehicle

센서의 한계

사각지대 존재

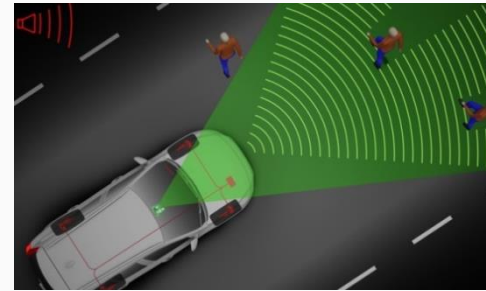


◀ 교차로 진입 차량 인지 불가

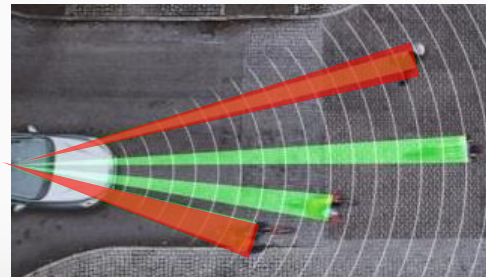


◀ 전방 차량 앞의 상황 인지 불가

인지능력 한계



◀ 센서 감지 범위의 한계



◀ 보행자 인지 실패

ADAS를 넘어 'V2X 기술' 및 '고정밀 지도' 개발 본격화

Connected vehicle

V2X

※ 출처: Strategy Analysis / 이미지 - Google

차량-차량간 통신 (V2V)

- 다른 차량의 진행경로, 속도 정보 제공



◀ 교차로 지원



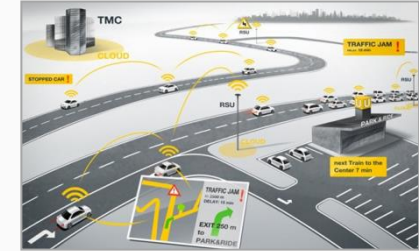
◀ 군집 자율주행

차량-인프라간 통신 (V2I)

- 신호등, 공사구간 등 도로상황정보 제공



◀ 공사구간정보 알림



◀ 교통흐름 제어

V2N (차량-네트워크 간 통신)

5Km 전방 교통 상황

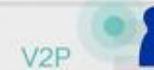


V2V (차량-차량 간 통신)
응급차량 접근



V2P (차량-보행자 간 통신)

전방 보행로를 지나가는 보행자

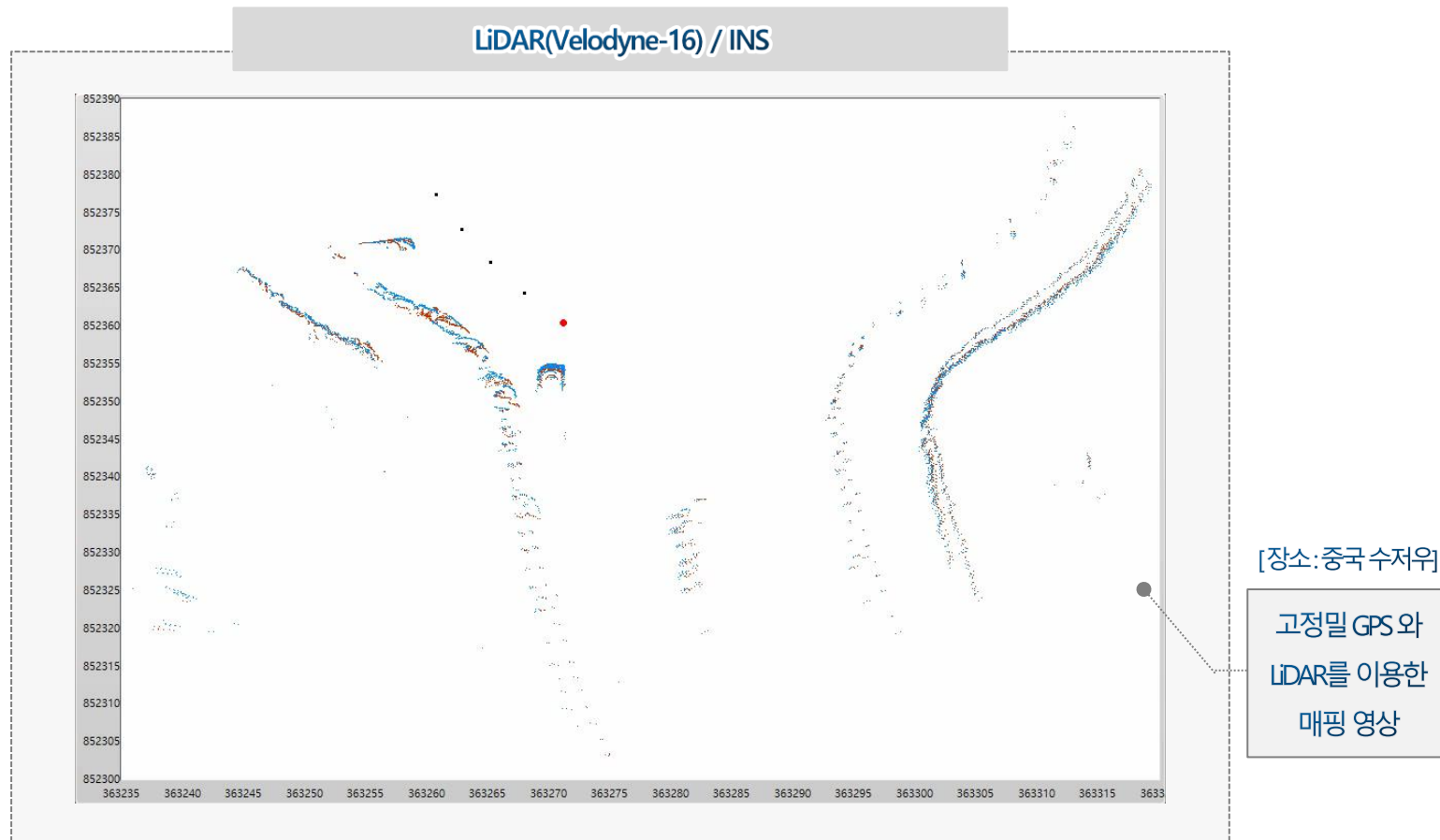


V2I (차량-인프라 간 통신)
적색으로 바뀌는 신호등



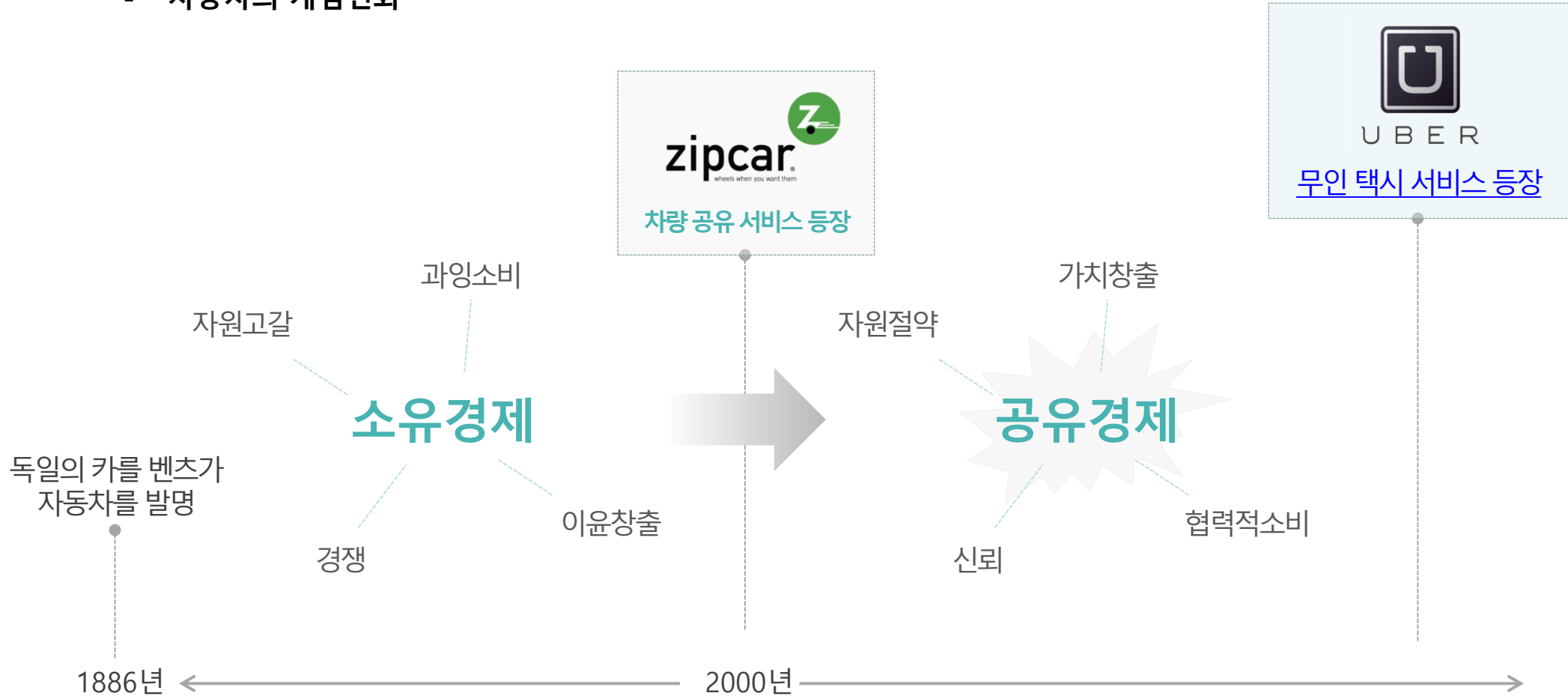
Infrastructure

- 언맨드솔루션 '센서 퓨전 맵핑 영상'



Change

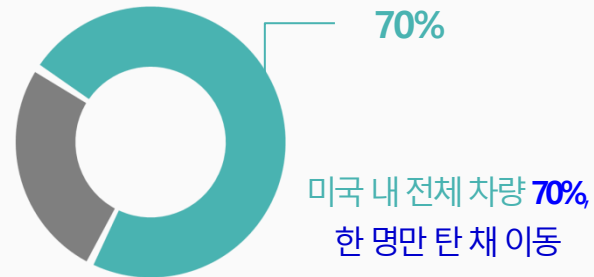
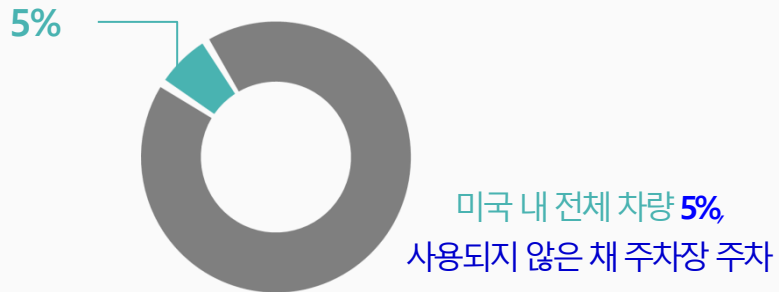
자동차의 개념변화



Change

공유 자동차 시장 전망

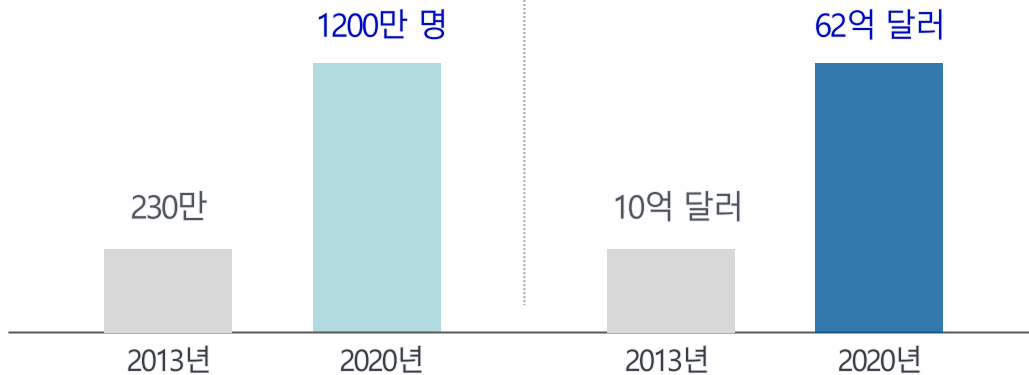
변화의
배경



카셰어링(Car Sharing) 세계 시장 전망

[이용자수]

[시장규모]



* Source : 시장조사기관 '내비건트 리서치(Navigant Research)

카셰어링(Car Sharing) 사업에 뛰어드는 완성차 업체

도요타	- 우버와 전략적 투자 MOU체결 - 우버 운전자들에게 리스로 차공급
GM	- 미, 카셰어링 업체 리프트에 5억달러 투자 - 자율주행 무인 콜택시 네트워크 공동 구축
다임러 그룹	2008년부터 카셰어링 서비스 '카투고' 운영 - 전 세계 30개 도시에 회원 100만명
BMW	- 자체 카셰어링 서비스 '드라이브나우' 운영 - 유럽지역 회원 45만명, 하반기 미국 진출

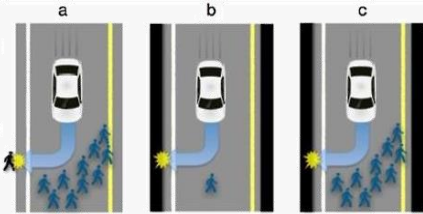
* Source : 조선일보 & Chosun.com, '마이카 시대'의 종말?, 이혜운 기자, 2016.04.09

Sharing

자율주행 기술의 딜레마

[상용화의 위험]

- 윤리적 문제: 극단적인 상황에서의 자율주행 자동차의 선택



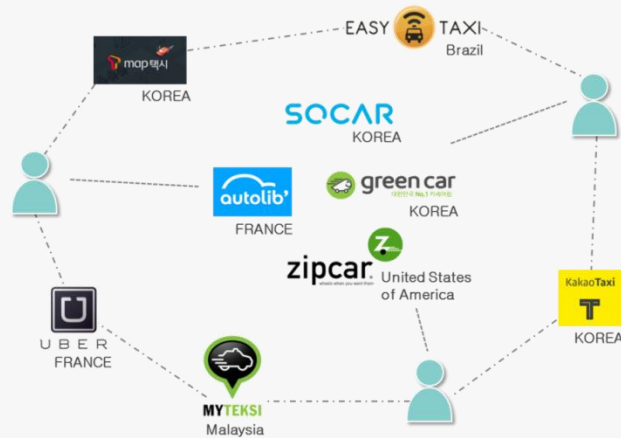
- 안전의 위협: 자율주행기술의 범죄 악용 우려



자동차 개념 변화

[공유경제 - 카셰어링]

- 자동차 소유에 대한 비용이 '사치'라는 관점



자율주행 차량의 트렌드

[변화 - 자율주행 셔틀]

- 새로운 형태의 교통수단 등장



무인 '대중교통 시스템' 발달

Public transportation

대중교통

- 언맨드솔루션 자동주행 PRT 차량 개발



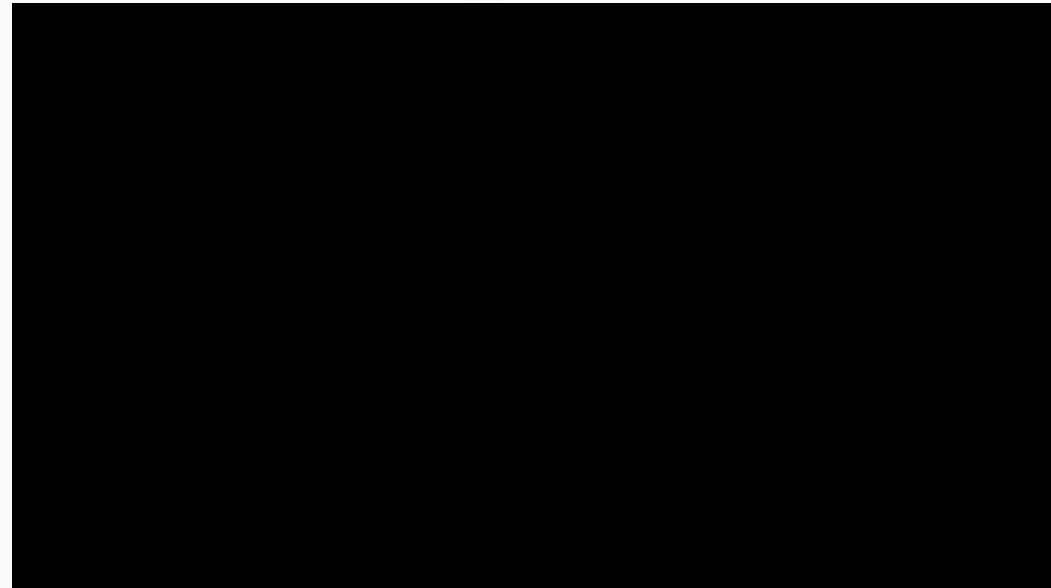
PRT



- 차세대융합기술원과 언맨드솔루션 공동개발 '퍼스널 모빌리티'

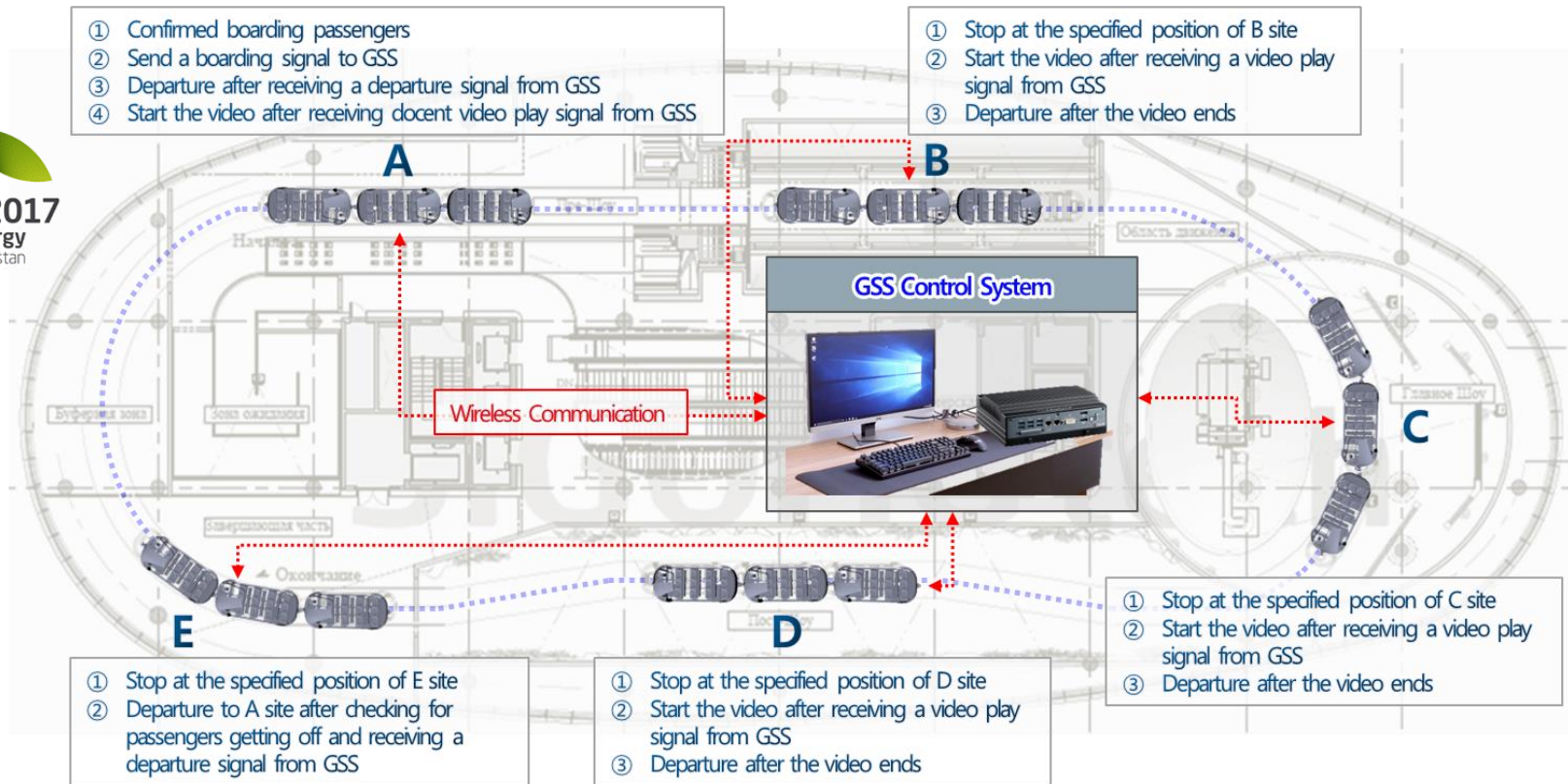
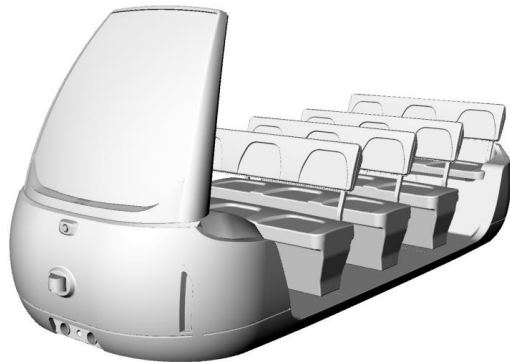


SPM



Shuttle Tram

- 언맨드솔루션 자동주행 셔틀트램 개발

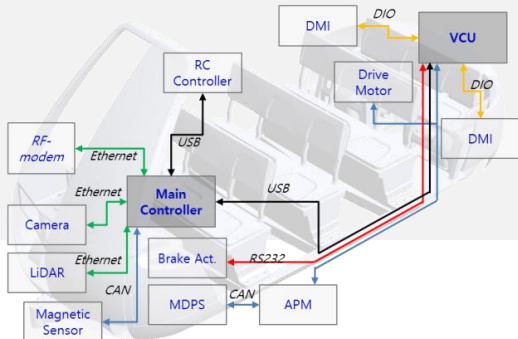


Shuttle Tram

- 언맨드솔루션 자동주행 셔틀트램 개발



셔틀트램
(이동 플랫폼)



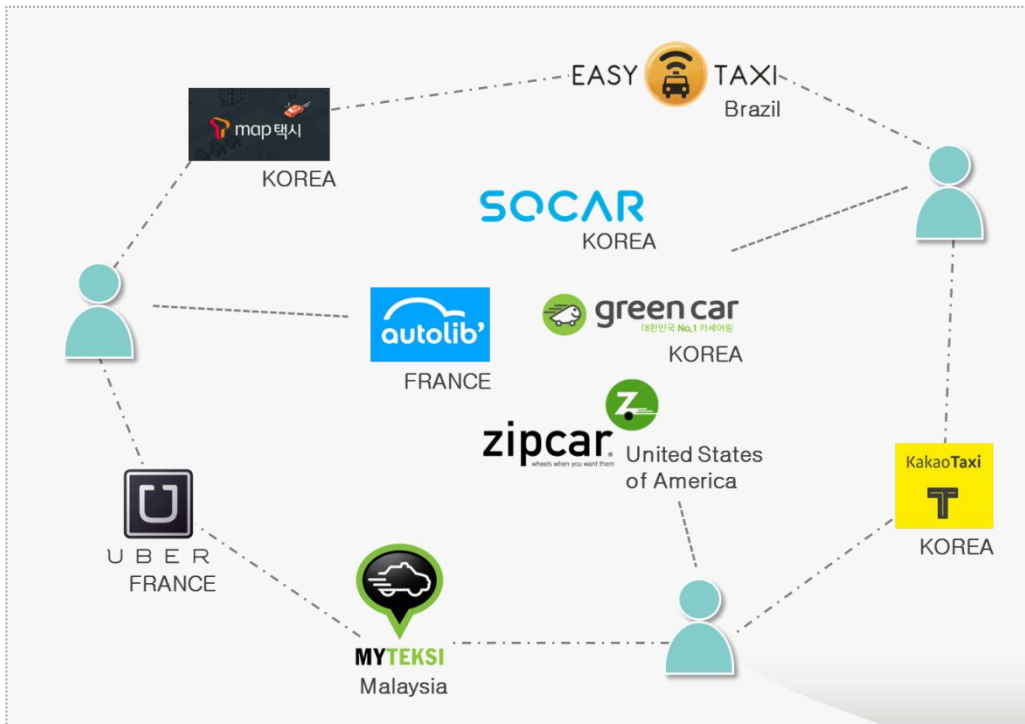
2017' 아스타나 엑스포
- 카자흐스탄 -



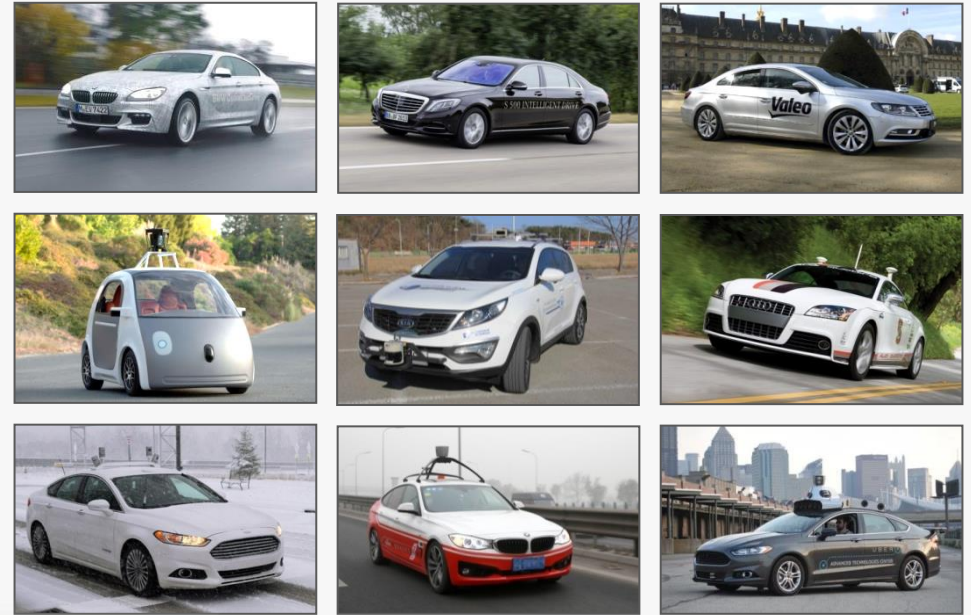
조향, 구동 형태	- 전륜 조향, 후륜 구동
구동모터	- 5.5kW
사이즈	- L x W x H (mm) : 4,300 x 1,780 x 1,860
승차인원	- 12인승
타이어	- 14"
브레이크	- 디스크 (유압, 전기 식)
적재하중	- 840kg (MAX.)
최대 속도	- 10kph
운용시간	- 약 12시간 (충전시간 : 약 6시간)
배터리	- DC 72V battery * 2ea - DC 12V battery * 2ea
센서	- LiDAR *1ea - Camera *1ea - Magnetic sensor * 1ea

Application

공유경제



첨단기술



공유경제와 첨단기술은 타분야인 농업기술에도 적용

대중교통

- 동양물산 & 언맨드솔루션 공동개발 트랙터 시연 영상



Tractor



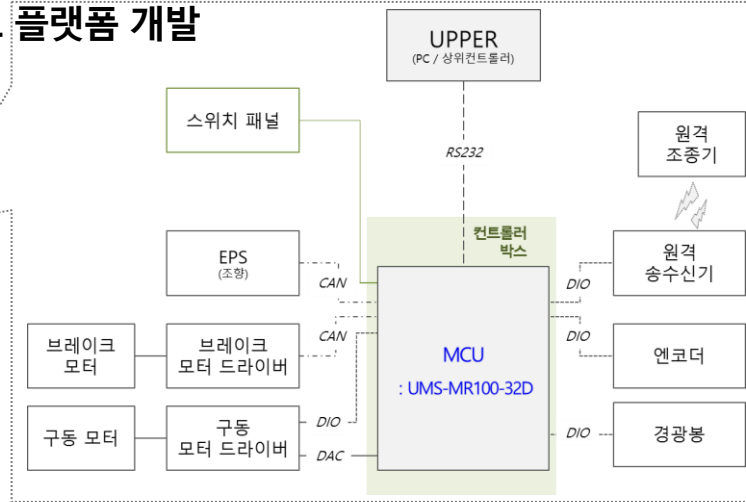
- 카이스트 & 언맨드솔루션 공동개발 드론 시연 영상



Drone



Test Platform



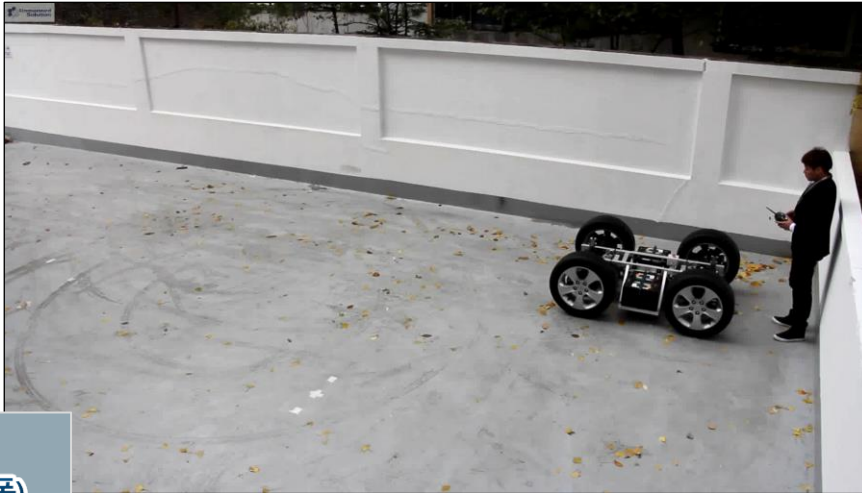
ERP42
(교육 플랫폼)

[illegible]

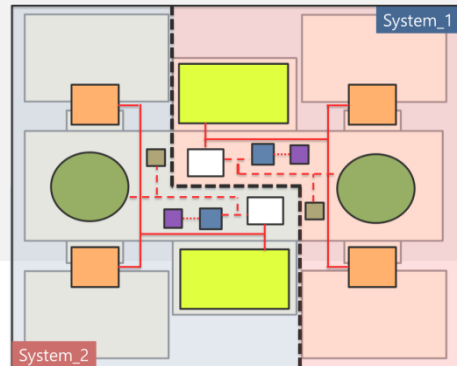
조향, 구동 형태	- 전륜 조향 , 후륜 구동
구동축	- Differential gear
사이즈	- L x W x H (mm) : 1,600 x 1,160 x 550 (지상고 : 110mm / 축거 : 1,040mm)
브레이크	- 유압 디스크
서스펜션	- 듀얼 A암 (앞, 뒤)
휠 타이어	- 13 Inch (175/60R13)
구동 모터	- 3kW급 AC 모터 * 1EA - 최대회전속도 : 3,000rpm(rate), 6,000rpm(peak) - 토크 : 9.55Nm(rate), 45Nm(peak)
원격조종	- 송수신 채널 : 12ch - 2.4GHz 송신주파수 대역 - 운용거리 : 600 m
적재하중	- MAX. 100 kg
최대 속도	- MAX. 40 kph
운용시간	- 약 3시간 (충전시간 : 3시간)
플랫폼 컨트롤러	- MCU : UMS-MR100-32D - Communication interface · Serial : RS232, RS485 · CAN / DIO / Encoder Input

Test Platform

- 자율주행 기술 개발을 위한 테스트 플랫폼 개발



X44
(이송 플랫폼)



조향, 구동 형태	- 전륜, 후륜 조향 / 4륜 독립구동
구동모터	- 600W급 BLDC Motor *4ea
사이즈	- L x W x H (mm) : 1,700 x 1,250 x 650 (지상고 : 130mm / 축거 : 1,070mm)
서스펜션	- 듀얼 A암 (앞, 뒤) , 300mm
휠 타이어	- 225/40R18
브레이크	- 디스크 (유압, 전기 식)
적재하중	- 200kg 미만
최대 속도	- 15kph
운용시간	- 약 1시간 (충전시간 : 약 2시간)
배터리	- 리튬 이온(36.0V, 35Ah with 70A BMS) - 연속/최대전류 : 70A / 120A (≤5sec.) - 수명 : 700cycle@(0.2C Charge / 2C Discharge) - 크기 : L300*W245*H78 mm (단자 제외) - 무게 : 9.5 Kg - 외형 : 알미늄 CNC 아노다이징

Test Platform

- 자율주행 기술 개발을 위한 테스트 플랫폼 -> 차세대 플랫폼에 적용

Base Platform



쉐보레



혼다 '뉴브이'



아우디 '자율주행 전기 트럭'



CST(Cargo Sous Terrain) '무인 배송 트럭'



" PRT, PM 과 같은 차세대 교통수단 "

" OUTDOOR 물류 이송 플랫폼 "

Test Bed

■ 실험도시 계획

무인자동차의 일반도로 주행 허용



- ✓ 2011년 6월 네바다주는 주 교통국에 자율주행 자동차 운행허가 법안을 통과: 세계 최초로 자율주행차 운행을 합법화
- ✓ 2012년 4월에는 플로리다주에서 자율주행 자동차 운행을 승인하는 법안이 통과
- ✓ 2012년 10월에는 캘리포니아주가 공공도로에서 자율주행차 테스트 차량의 도로 주행을 허용하는 법안을 통과
- ✓ 2013년 12월에는 미시건주, 자율주행차 운행 승인
- ✓ 2014년 4월에는 워싱턴DC가 자율주행차 운행 승인



- ✓ 2014년 말 네덜란드는 자율주행차가 다닐 수 있는 지역과 도로 확정발표하였고, 2015년 초 자율주행차의 도로주행을 허용하는 법안을 통과시킬 계획
- ✓ 2015년 1월 영국은 자율주행차 시험 운영을 시작한다고 발표 (런던 근교 밀턴케인스, 코번트리, 브리스톨, 그리니치 등 네 곳)
- ✓ 2015년 1월 독일은 무인차의 아우토반 주행을 위한 법규정을 마련할 예정이라 발표
- ✓ 2017년 스웨덴 고텐버그에서 볼보에 100대의 무인차를 시험주행할 수 있도록 허가



- ✓ 2012년 국토교통성 주도로 도쿄올림픽이 개최되는 2020년까지 고속도로의 자율주행차 전용차선 구축 방안을 확정하고 관련 표준 및 법률, 인프라 개선에 착수
- ✓ 2014년 일본 정부는 자율주행차의 도로주행을 위한 제도 정비에 착수

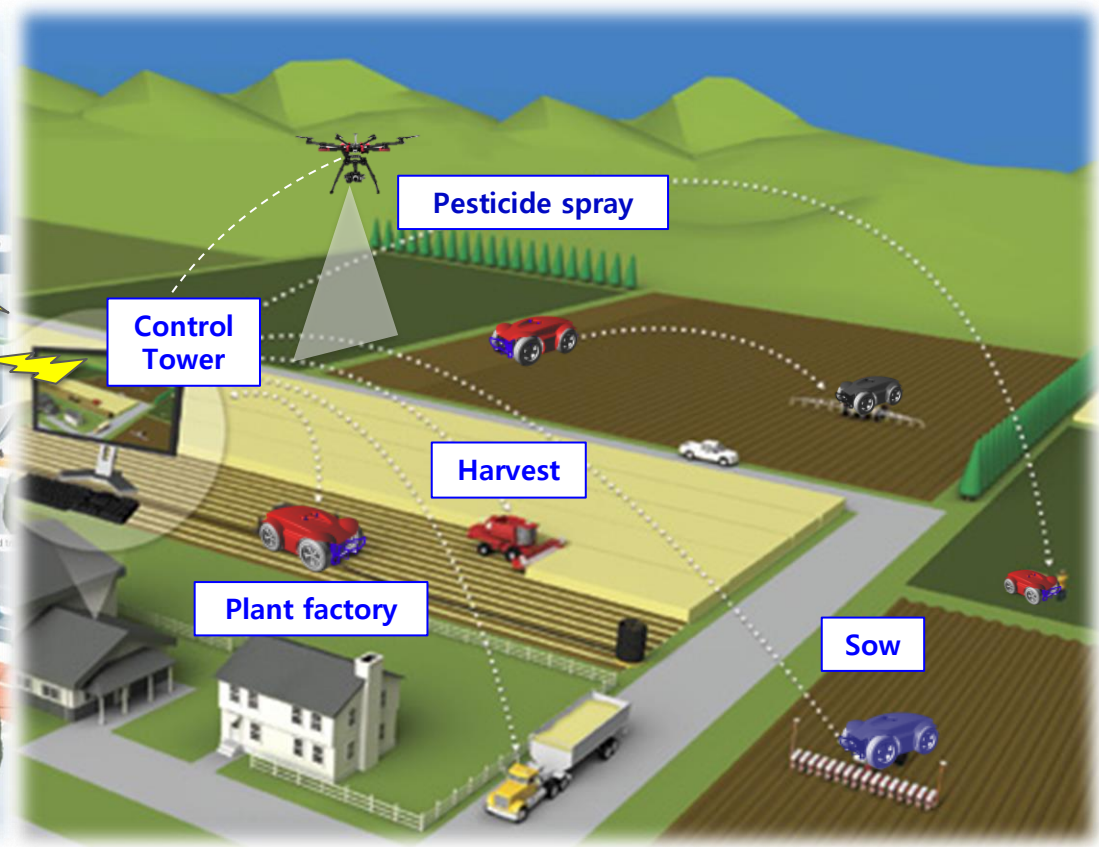
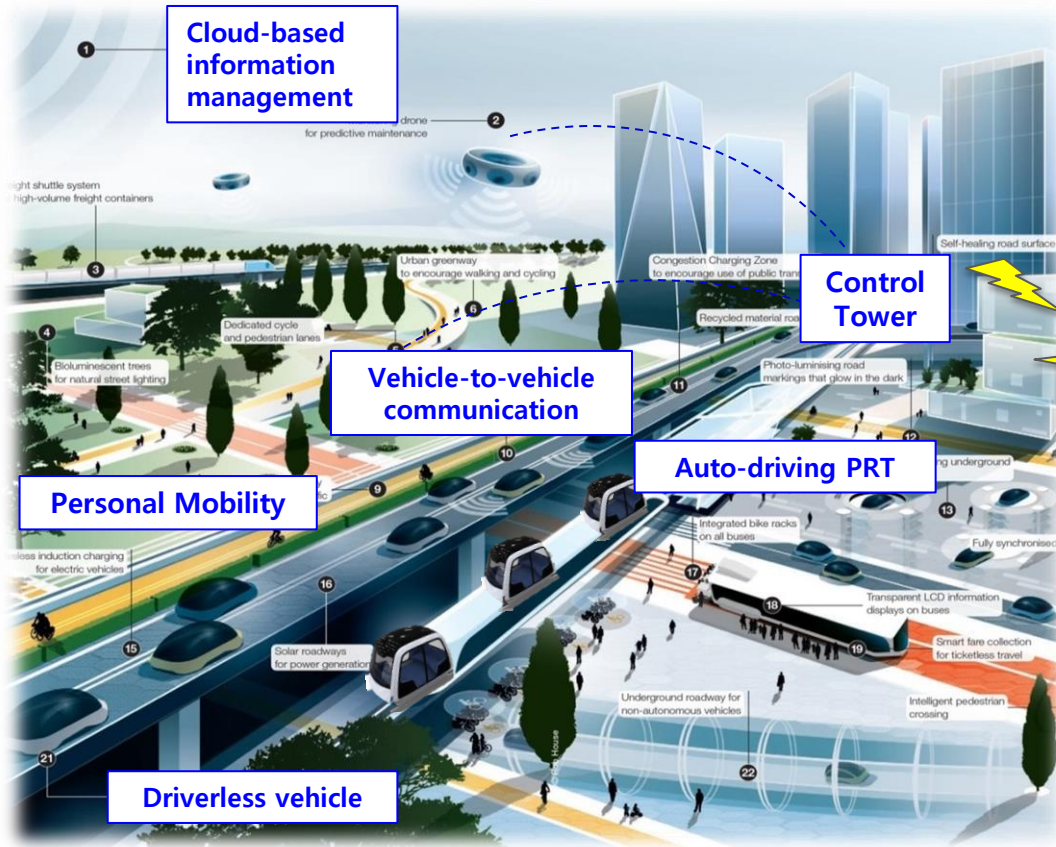


- ✓ 2016년 2월 12일부터 자율주행자동차의 시험운행 접수를 받고 허가증을 발부할 계획

자율주행차를 위한 실험도시 계획

The future of City

Smart City & Farm



* 출처 : ARUP 'Report says future roads will be more than just pavement (w/infographic)' / USDOT

Unmanned Solution
THANK YOU