



UTMANINGAR OCH TEKNOLOGIER FÖR AUTOMATISERAD KÖRNING,

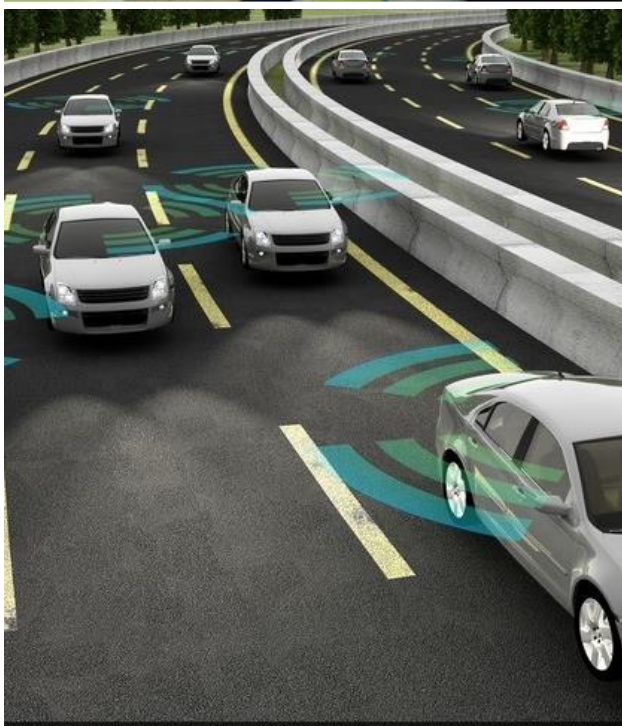
Stefan Nord

Kartdagarna i Linköping

2018-03-22

Research Institutes of Sweden

**Säkerhet och Transport
Mätteknik**



Innehåll

- Varför automatiserade körning?
- Definitioner för Automatiseringsgrad
- Viktiga teknologier för automatiserade fordon
 - Kommunikation för uppkopplade automatiserade fordon
 - Sensorer för automatiserade fordon
- Sammanfattning
- Spaning kring komplexiteten i framtidens fordon

Varför automatiserade körning?

	Increase in fuel efficiency Steering wheels, columns, pedals and gear sticks can be removed, saving weight and fuel.
	Removal of Driving Stipulations Older, disabled, and intoxicated drivers can still have auto access.
	Reduced Vehicle Insurance With fewer crashes, insurance will be heavily reduced.
	Increase in Productivity Americans spend nearly 100 hours sitting in traffic every year.
	Reduction of Car Parking Spaces Acting like a taxi, users can summon their car with a smartphone.
	Fewer Traffic Collisions Humans are to blame for 93% of crashes.

Google's Aspiration	Potential Annual Benefits (US only)
90% reduction in ACCIDENTS	4.95 million fewer accidents 30,000 fewer deaths 2 million fewer injuries \$400 billion saving in cost
90% reduction WASTED COMMUTING	4.8 billion fewer commuting hours 1.9 billion gallons in fuel savings \$101 billion saved in lost productivity and fuel cost
90% reduction in CARS	Reduce cost per trip-mile by 80%+ Car utilization from 5-10% to 75%+ Better land use.

- Aktiva säkerhetssystem, som t.ex. Volvos City Safety, har redan visat sig vara lönsamma ur ett försäkringsperspektiv

I. Isaksson-Hellman, M. Lindman. "Real-World Performance of City Safety Based on Swedish Insurance Data," 24th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV). No. 15-0121, Gothenburg, Sweden, June 8-11, 2015.

Ref: <http://www.carloan4u.co.uk/infographics/the-ultimate-car-of-the-future/>

Google, US NHTSA, AAA, Texas A&M Transportation Institute, Columbia University Earth Institute and Devil's Advocate Group's analysis

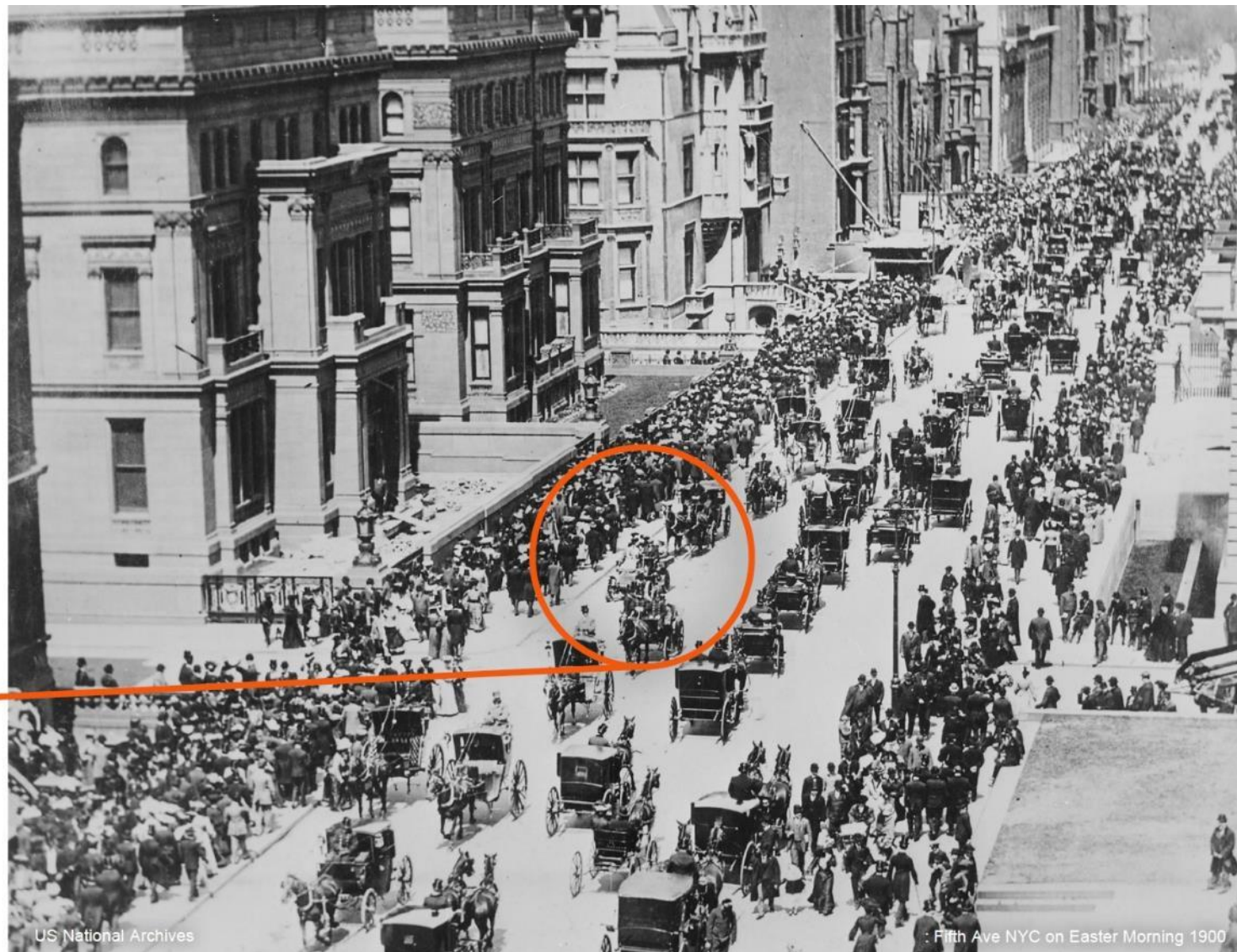
Hur sker omvälvande förändringar och hur fort?

5th AVE NYC

1900

Where is

the
car?



Hur sker omvälvande förändringar och hur fort?

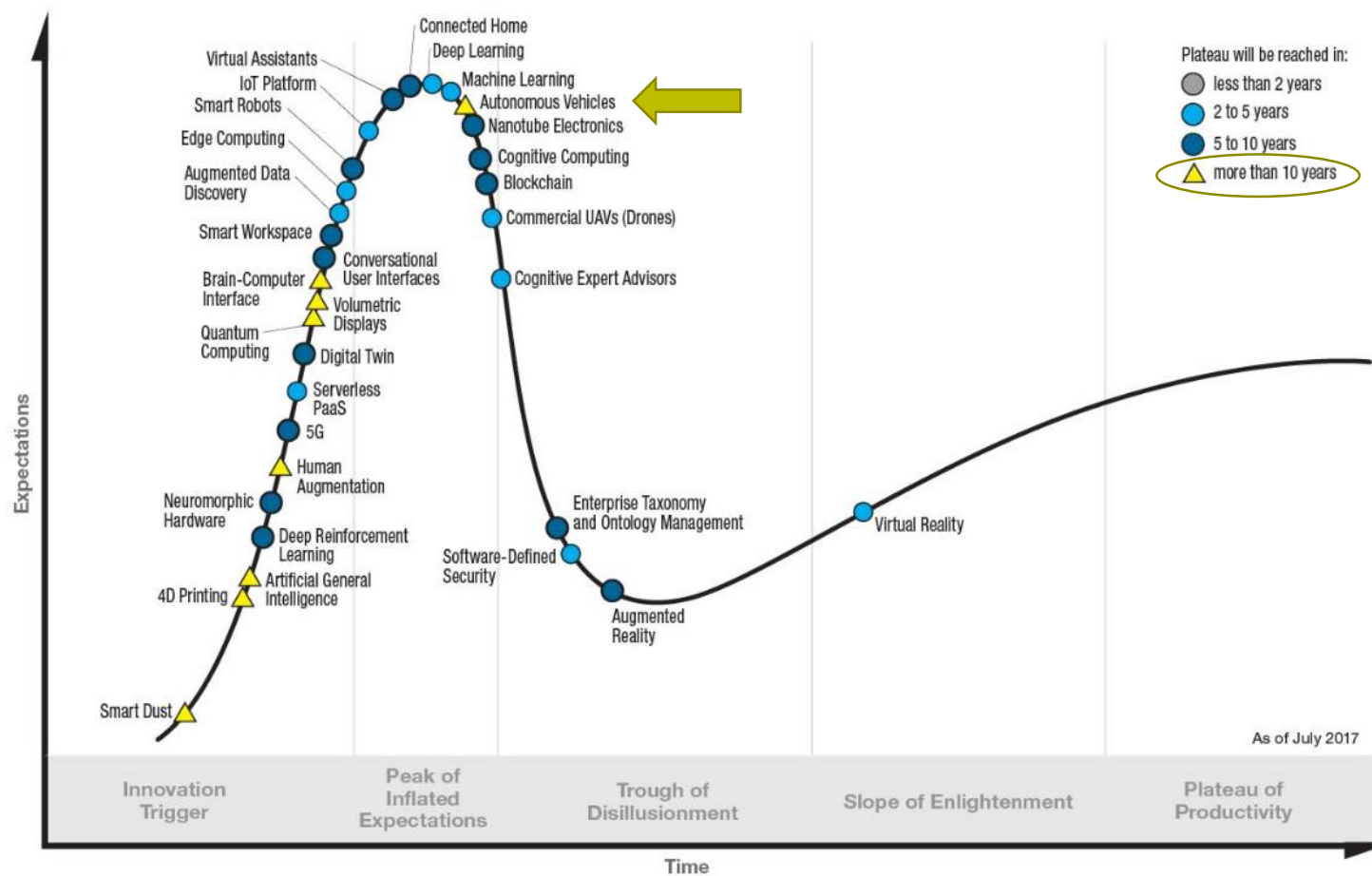
5th AVE NYC
1913

Where is
the
horse?



Hur sker omvälvande förändringar och hur fort?

Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017



gartner.com/SmarterWithGartner

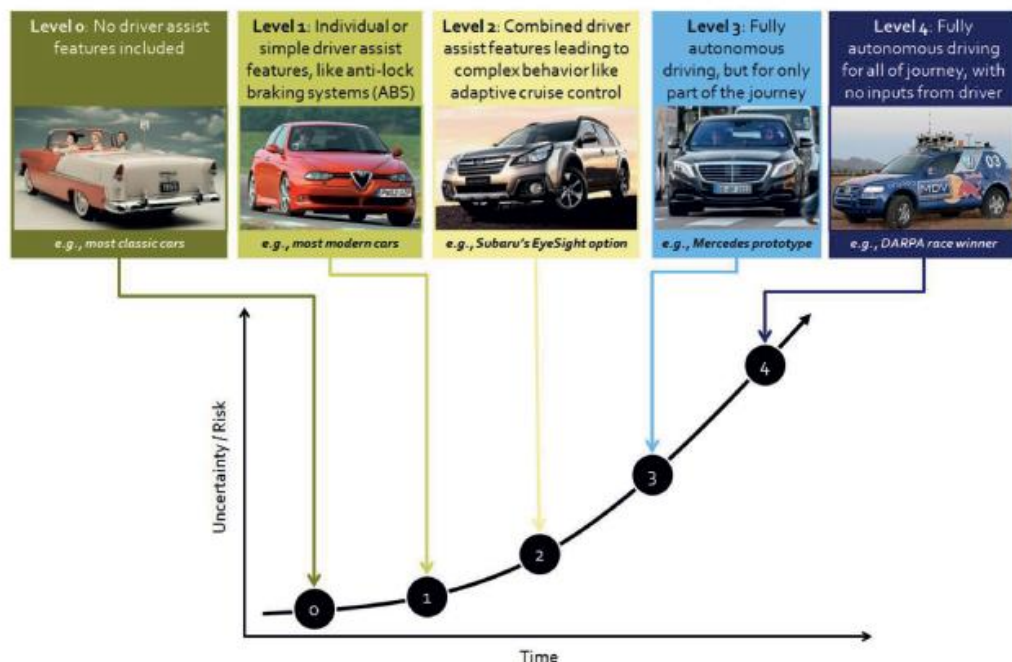
Source: Gartner (July 2017)
© 2017 Gartner, Inc. and/or its affiliates. All rights reserved.

Gartner®

RI
SE

Definitioner för Automatiseringsgrad

Autonomous Vehicles Are Actually Part of a Continuous Evolution of Driver-Assist Features



Source: Lux Research - Set Autopilot for Profits: Capitalizing on the \$87 Billion Self-Driving Car Opportunity, April 2014

© Lux Research

SAE J3016 (SEP 2016):

ADS = Automated Driving System

DDT = Dynamic Driving Task

OEDR = object and event detection and response

ODD = Operational Design Domain

Level	Name	Narrative definition	DDT		DDT fallback	ODD
			Sustained lateral and longitudinal vehicle motion control	OEDR		
Driver performs part or all of the DDT						
0	No Driving Automation	The performance by the <i>driver</i> of the entire DDT, even when enhanced by <i>active safety systems</i> .	Driver	Driver	Driver	n/a
1	Driver Assistance	The <i>sustained</i> and <i>ODD-specific</i> execution by a <i>driving automation system</i> of either the <i>lateral</i> or the <i>longitudinal vehicle motion control</i> subtask of the DDT (but not both simultaneously) with the expectation that the <i>driver</i> performs the remainder of the DDT.	Driver and System	Driver	Driver	Limited
2	Partial Driving Automation	The <i>sustained</i> and <i>ODD-specific</i> execution by a <i>driving automation system</i> of both the <i>lateral</i> and <i>longitudinal vehicle motion control</i> subtasks of the DDT with the expectation that the <i>driver</i> completes the <i>OEDR</i> subtask and <i>supervises</i> the <i>driving automation system</i> .	System	Driver	Driver	Limited
ADS ("System") performs the entire DDT (while engaged)						
3	Conditional Driving Automation	The <i>sustained</i> and <i>ODD-specific</i> performance by an <i>ADS</i> of the entire DDT with the expectation that the <i>DDT fallback-ready user</i> is <i>receptive to ADS-issued requests to intervene</i> , as well as to <i>DDT performance-relevant system failures</i> in other vehicle systems, and will respond appropriately.	System	System	<i>Fallback-ready user (becomes the driver during fallback)</i>	Limited
4	High Driving Automation	The <i>sustained</i> and <i>ODD-specific</i> performance by an <i>ADS</i> of the entire DDT and <i>DDT fallback</i> without any expectation that a <i>user</i> will respond to a <i>request to intervene</i> .	System	System	System	Limited
5	Full Driving Automation	The <i>sustained</i> and unconditional (i.e., not <i>ODD-specific</i>) performance by an <i>ADS</i> of the entire DDT and <i>DDT fallback</i> without any expectation that a <i>user</i> will respond to a <i>request to intervene</i> .	System	System	System	Unlimited

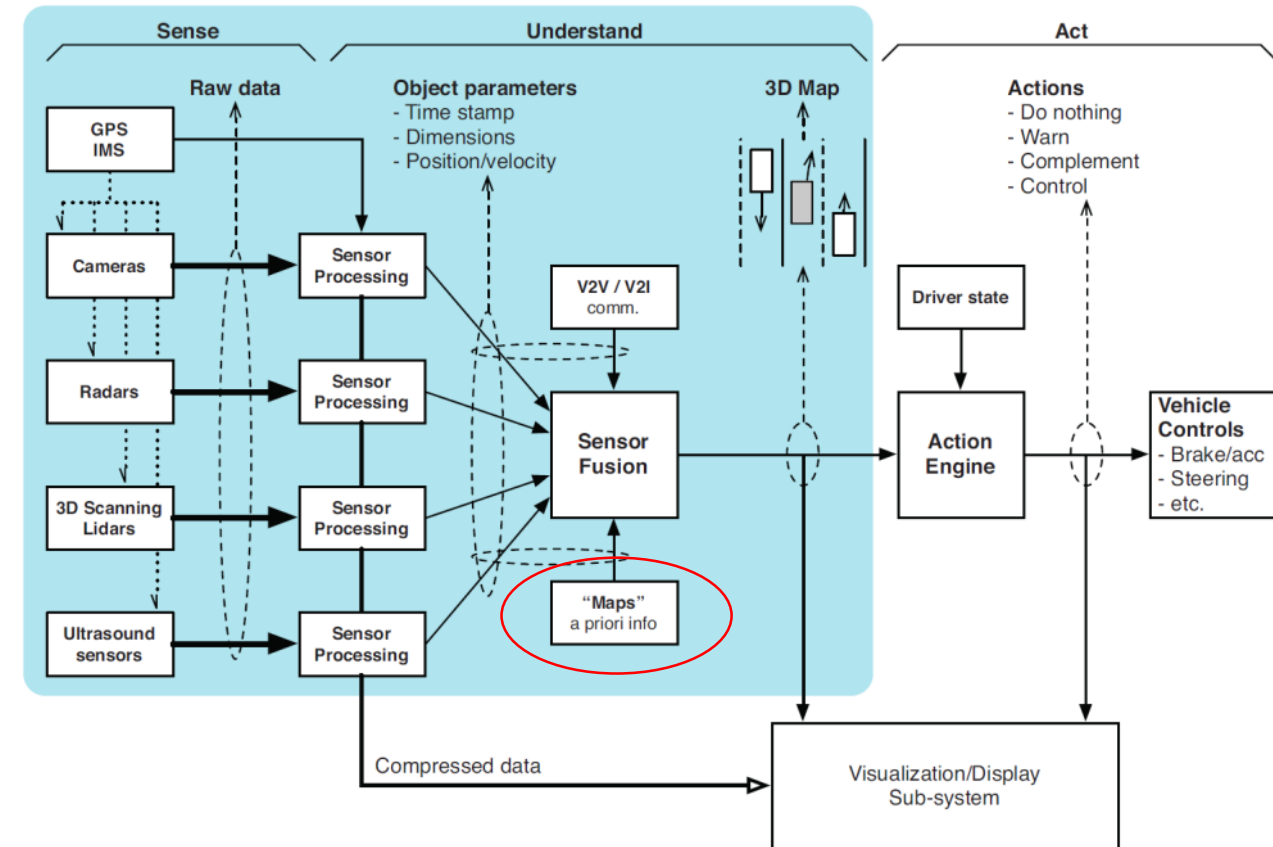
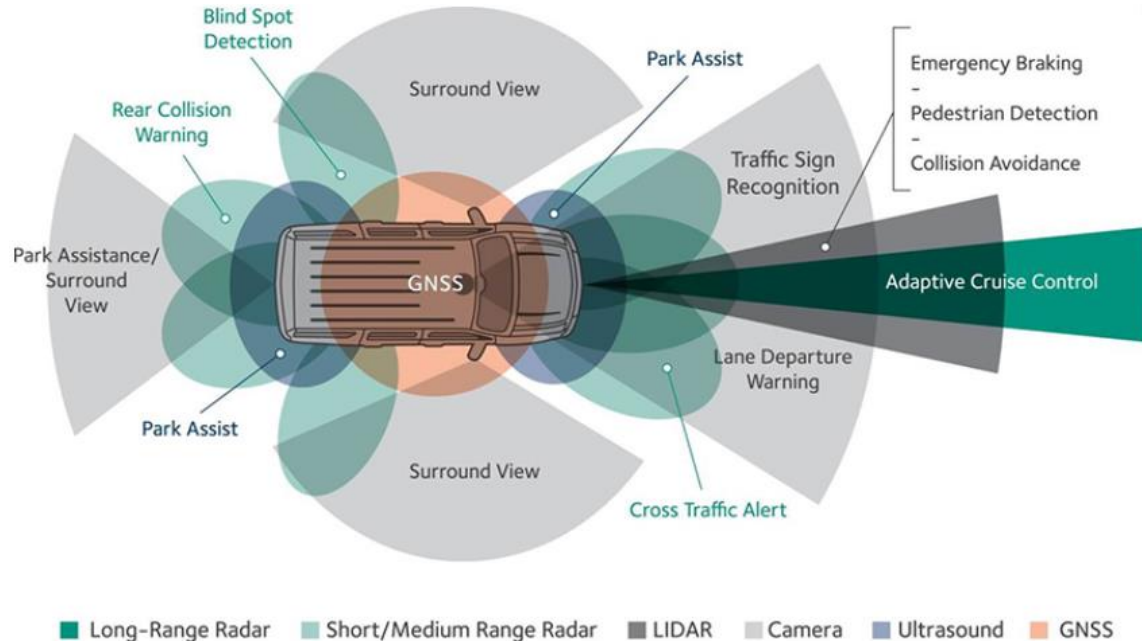
Viktiga teknologier för automatiserade fordon

Viktiga teknologier som möjliggör automatiserade fordon:

- **Sensorer**
 - För att identifiera vägmärken, vägmarkeringar och andra föremål (inklusive människor).
 - För att bestämma fordonets position (i relation till andra objekt samt kartdata)
 - Typiskt Radar, LIDAR/Laserscanner, Kameror, Ultraljud, GNSS, Accelerometrar, Gyron, fordonssensorer, m.m.
- **Beräkningskraft och algoritmer**
 - För att behandla och fusionera data från de olika sensorerna.
 - För objektidentifiering, klassificering och utvärdering
 - Machine Learning
- **Trådlös kommunikation och antenner**
 - ETIS C-ITS för V2X (802.11p/G5, LTE, 5G)
 - GNSS mottagare
 - Antenner
- **Datasäkerhet/Integritet**
 - För att skydda data och fordon från intrång/stöld/"spoofing"
 - Skydda personliga data (Integritet - GDPR)
- **Kartor**
 - Högupplösta kartor
 - Teknologier för att hantera uppdatering av förändringar detekterade av t.ex. fordonens sensorer

Viktiga teknologier för automatiserade fordon

- Fordonet behöver sensorer för att "se", ta beslut och agera på indata på ett tillförlitligt sätt
- Sensor Data Fusion och Machine Learning behöver information om kvaliteten på indata.



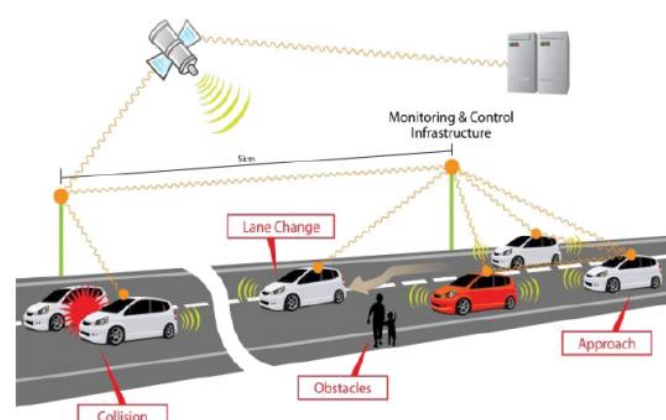
Kommunikation för uppkopplade automatiserade fordon

Vehicle to Vehicle (V2V) communication



(Courtesy of autoevolution)

Vehicle to Infrastructure (V2I) communication



V2V and V2I-I2V Communications
(Courtesy of Embedded System Technology)

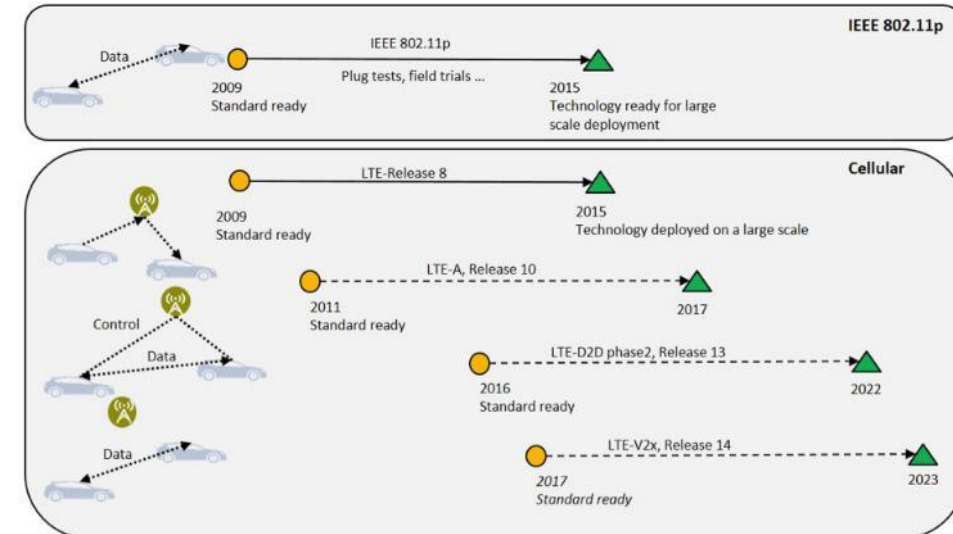
Communication protocol is based on IEEE 802.11p

Ref: <http://www.autoevolution.com/news/gm-begins-testing-of-vehicle-to-vehicle-communication-in-ann-arbor-48560.html>

Ref: http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11p

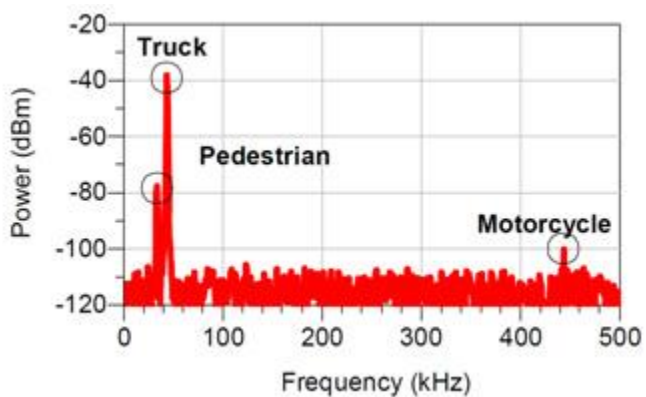
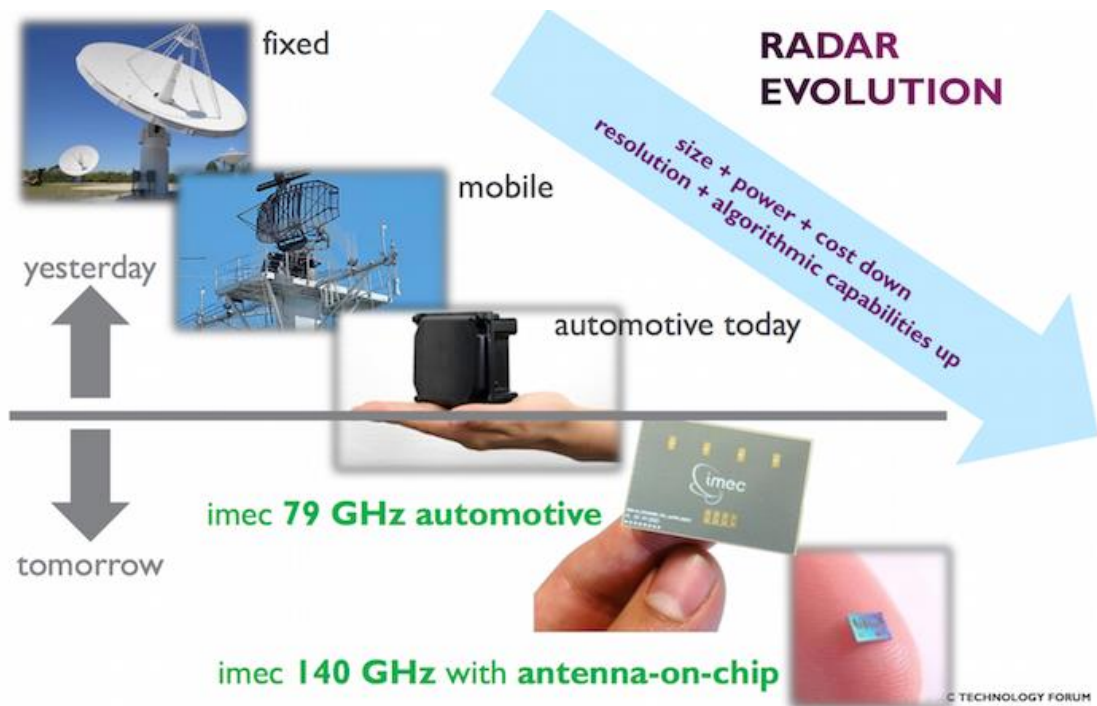
Ref: http://www.uwicore.umh.es/files/paper/2012_international/uwicore_IEEE_Communications_802.11p%20vehicle%20to%20infrastucture%20communications%20in%20urban%20environments.pdf

- I dagsläget oklart om vilken kommunikationsteknologi som kommer att dominera
- Eventuellt kombinationer mellan IEEE 802.11p och 5G (“hybrid communication”)
- Utbyggnadstakt och tillgänglighet viktiga faktorer



Source: <http://www.eenewsautomotive.com/design-center/why-80211p-beats-lte-and-5g-v2x>

Sensorer för automatiserade fordon: Radar



LRR3

SOP: 2009

- Range: up to 250 m
- SiGe MMICs (bare chip)
- Opening Angle: 30°
- Dimensions (HxWxD) 77 x 74 x 58 mm
- Weight: 285 g

MRR Front

SOP: 2013

- Range: up to 160 m
- SiGe MMICs (packaged chip)
- Opening Angle: 45°
- Dimensions (HxWxD) 60 x 70 x 30 mm
- Weight: 200 g

MRR Rear

SOP: 2014

- Range: up to 100 m
- SiGe MMICs (packaged chip)
- Opening Angle: 150°
- Dimensions (HxWxD) 60 x 70 x 30 mm
- Weight: 190 g

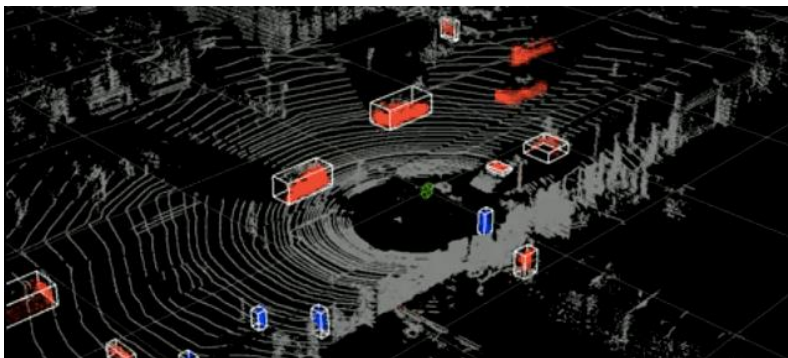
Sensorer för automatiserade fordon: Kameror

- Kameratyper:
 - Mono-kamera
 - Stereo-kamera
 - Trifocal-kamera
- Typiska prestanda:
 - 40-60 m
 - RGB 740x480
 - FOV (Field Of View):
 - 42° horisontellt
 - 30° vertikalt
 - Trifocal-kamera ger 3 olika FOV horisontellt (140°, 45° och 34°)
 - Med stereo- och trifokal-kameror kan avstånd till objekt mätas direkt.

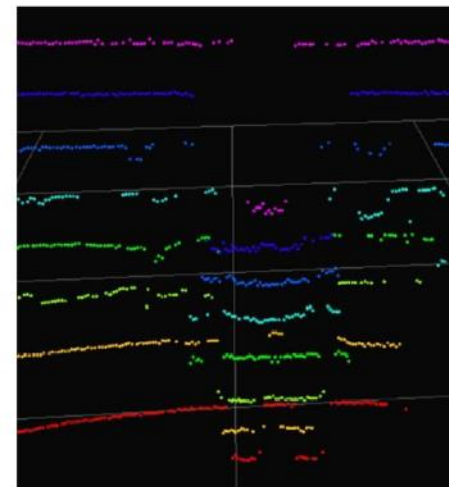
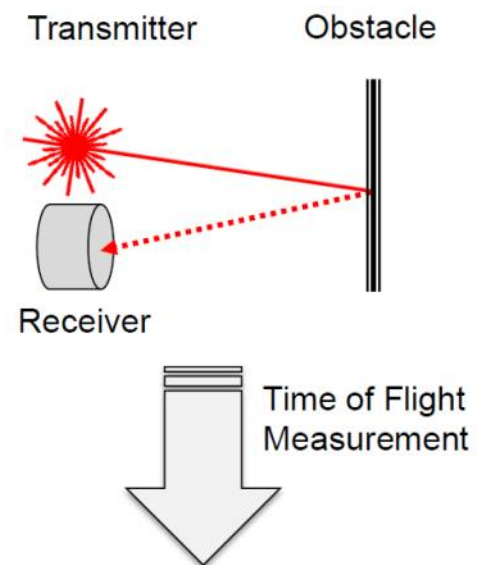


Sensorer för automatiserade fordon: LIDAR

- LIDAR (statisk) och Laserskanner (en dynamisk LIDAR)
 - LIDAR = Light Detection And Ranging
 - Vanlig våglängd: 905 nm
- Avstånd mäts med ToF (Time of Flight)



LIDAR-data som används för att detektera och klassificera objekt.
(Bild: University of Oxford)



Sensorer för automatiserade fordon: LIDAR

- Från Elektroniktidningen Februari 2018:

TEMA: OPTO, LED OCH DISPLAYER

Det här är robotbilarnas

Här är 23 företag som håller tummarna för att Elon Musk har fel. De utvecklar nästa generation ljusradar, lidar, för självkörande fordon.

Elon Musk, vd för elbilstillverkaren Tesla, säger sig vara "rätt säker" på att hans bilar inte behöver någon lidar-sensor för självkörning. Han varnar tvärtom alla andra för att lidar är en sämre lösning än kamera plus radar, och en teknisk återvändsgränd.

Han är helt ensam i branschen om att uttrycka den uppfattningen.

Konsensus är att lidar är en nyckelteknik som kommer att möjliggöra autonom körning, säger Stéphane Duquet, produktmarknadschef på kanadensiska Leddartech.

Han påpekar att det inte är lidarn ensam som gör jobbet, utan att kamera, radar och lidar integreras och ger varandra redundans.

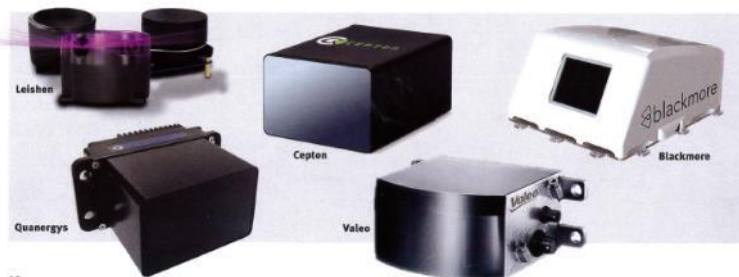
De som utvecklar självkörande bilar idag använder en dyr och klumpig konstruktion från amerikanska Velodyne.

LEDARTTECH ÄR ETT AV 23 FÖRETAG som Elektroniktidningen lyckats googla upp, som konkurrerar om att ta fram en ny generation lidar med pris och prestanda för massvolym.

De kommer att bli enklare, enklare, robustare och billigare än Velodynes roterande laserskiver. De kommer också att bli smidigare och kunna gömmas i kaross, grill, kofångare

Företag	Kickoff	Hemvist	Rötter
Aeva	2017	Palo Alto, USA	Apple
Ascar/Continental	2012	Santa Barbara, USA	ASC
Baraja	2015	Sydney, Australien	Finisar
Blackmore	2016	Bozeman, USA	-
Cepton	2016	San Jose, USA	AEP
Hesai	2013	Shanghai, Kina	Stanford
Ibeo	1998	Hamburg, Tyskland	-
Innoviz	2016	Kfar Saba, Israel	-
Leddartech	2007	Quebec, Kanada	INO
Leishen	2016	Guangzhou, Kina	-
Luminar	2012	Portola Valley, USA	Stanford
Oryx	2016	Petah Tikva, Israel	Vishay
Osram	-	Regensburg, Tyskland	-
Ouster	2016	San Francisco, USA	Quanergy
Phantom	2015	Quebec, Kanada	-
Pioneer	2015	Japan	-
Princeton/Ford	2000	New Jersey, USA	Sovjet
Quanergy	2012	Sunnyvale, USA	-
Strobe/GM	2014	Pasadena, USA	OE Waves
Tetravue	2008	Carlsbad, USA	LLNL
Valeo	1923	Frankrike	-
Velodyne	2005	San Jose, USA	-
Waymo	2016	Mountain View, USA	-

Dessa företag utvecklar en ny generation lidar för självkörande bilar.



12

ELEKTRONIKTIDNINGEN 2/18



nya laserögon

och lampinsats. Detta i motsats till Velodynes lidar som är en estetisk och aerodynamisk katastrof till kaffebråk på bilaket.

Inget ont om Velodyne. Företaget är själv långt kommet i utvecklingen av en ny generation lidar, med svenska Autoliv som kund. Kring år 2020 börjar lidarsensorer börja bli en volymprodukt, eftersom det är då fordon väntas få självkörning i större omfattning.

Det enda som tros kunna få planen att spåra ur är priset.

Idag saknas lidarlösningar som har såväl lång räckvidd, hög upplösning och prestanda, som rimligt pris, säger Wei Wei, senior affärsutvecklingschef på amerikanska Cepton.

Många har upptäckt det här glöppet och sett möjligheterna. Det har skapat en tveklings om vem som kan bli snabbast att ta fram teknik som uppfyller kraven, tillägger han.

Det finns många sätt att bygga ett lidar-system, och det är mycket svårt. Det förklarar varför det finns så många utvecklingsgrupper, säger Stephen Crouch, teknikchef på Blackmore i Bozeman, Montana.

Velodynes standardbråk kostar runt 70 000 dollar. Den nya lidargenerationen hamnar på några hundra dollar. En del nämner belopp under hundra, men man måste komma ihåg att burkarna har olika räckvidd, upplösning, täckningsvinkel, uppdateringsfrekvens, och så vidare.

LIDARTILLVERKARE SJUTER UPP som svampar. Halften av företagen i vår lista finns inte för tre år sedan.

Allra färskast är Aeva, två avhoppade Apple-ingenjörer som dök upp i september med en typ av lidar som inte bara mäter position utan även hastighet hos objekten kring bilen.

Marknaden har höga förhoppningar. En av de 23 har investeringar över en miljard kronor.

Lidar ses som en stor affärsmöjlighet, säger Stephen Crouch.

Continental och franska Valeo tror sig bli först att producera massvolym, år 2019. Valeos lidar Scala kommer bland annat att göras sig i grillen på Audi A8 och utlösa nödbromsen när hinder dyker upp framför bilen. Den skannar upp till 145 grader hori-



Stephen Crouch

sonellt med en räckvidd på 150 meter.

En stor andel av lidartillverkarna är amerikanska. Halften av alla är från Kalifornien. Tekniken kan typiskt spåras tillbaka till amerikanska universitet och forskningsinstitut.

Ett kul undantag är Princeton Lightwave som ligger i Fords självkörningsavdelning Argo och vars teknik har anor ända tillbaka till nobelprisbelönad sovjetisk laserforskning.

FORDON ÄR DEN HETASTE marknaden för lidar, men andra tillämpningar är en lågt hängande frukt som de flesta lidartillverkare också passar på att utveckla för.

Monterade på drönare finns tusen tillämpningar, allt från att kartlägga en brandutbredning och inspektera kraftledningar till att dokumentera olycksplatser och upptäcka okända gigantiska städer från mayatiden under tät djungel i Guatemala, för att ta ett aktuellt exempel.

JAN TÄNGRING
jant@vsn.se



ELEKTRONIKTIDNINGEN 2/18

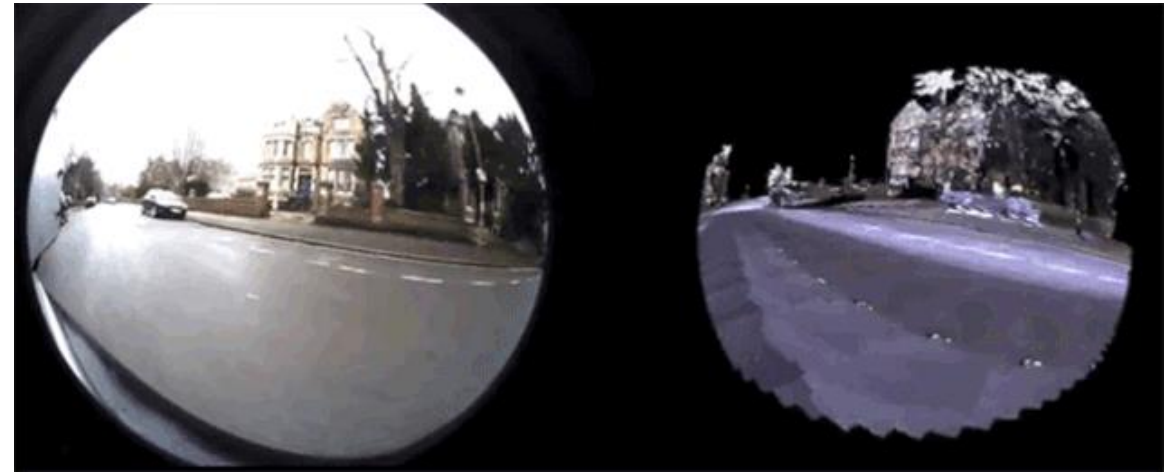
13

Sensorer för automatiserade fordon: LIDAR+Kamera

- **LIDAR kombinerat med kamera**
- En punktmolnskarta skapad med LIDAR som sedan används för att matchas mot bilder från t.ex. en monokamera för positionering



Punktmolnskarta från Oxford baserat på data från en kombinerad LIDAR och stereokamera (Bild: University of Oxford)

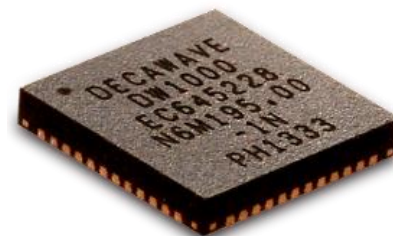
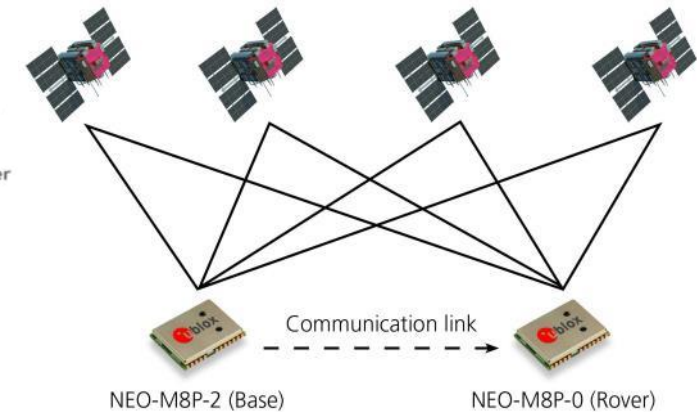
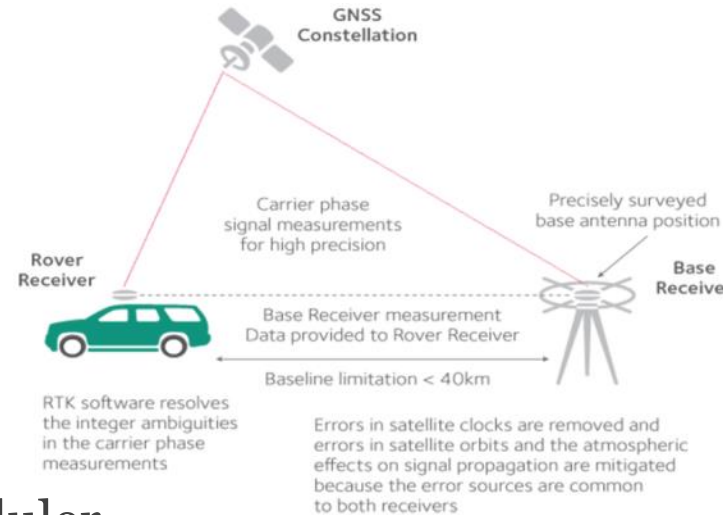


Bilder från monokamera matchas med existerande karta (Bild: University of Oxford)

Sensorer för automatiserade fordon: Positionering

Teknologier:

- GNSS
 - DGPS
 - PPP (Precise Point Positioning)
 - Nätverks RTK (Real Time Kinematic)
- Trend: Utveckling av billiga GNSS-moduler
- GNSS i kombination med t.ex.
 - Accelerometrar och gyron
 - Fordonssensorer (yaw rate, wheel speed, steering angle m.m.)
- UWB Ranging
 - Hjälper t.ex. till där GNSS-täckning saknas

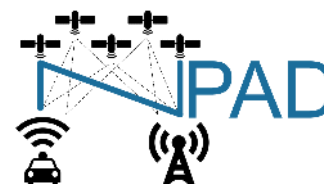


Sensorer för automatiserade fordon: Positionering - krav

- Robust och säker positionering behövs för att det automatiserade fordonet skall kunna fastställa vart det befinner sig i förhållande till kartan och vägen.
- Absolut positionering ett krav när t.ex. sensorinformation, position, tid och hastighet delas mellan uppkopplade (V2X via ETSI C-ITS, 5G o.s.v.) och/eller automatiserade fordon.
- Absolut positionering också viktigt för att kunna hantera uppdatering av kartor baserat på information från fordonet.
- Robust avseende att position alltid måste finnas även
 - när tunnlar passeras,
 - höga hus skymmer,
 - vid olika typer av störningar.
- Säker avseende att positionen
 - har tillräckligt hög precision och
 - att precisionen och dess kvalitet är känd.



HORIZON 2020



FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation



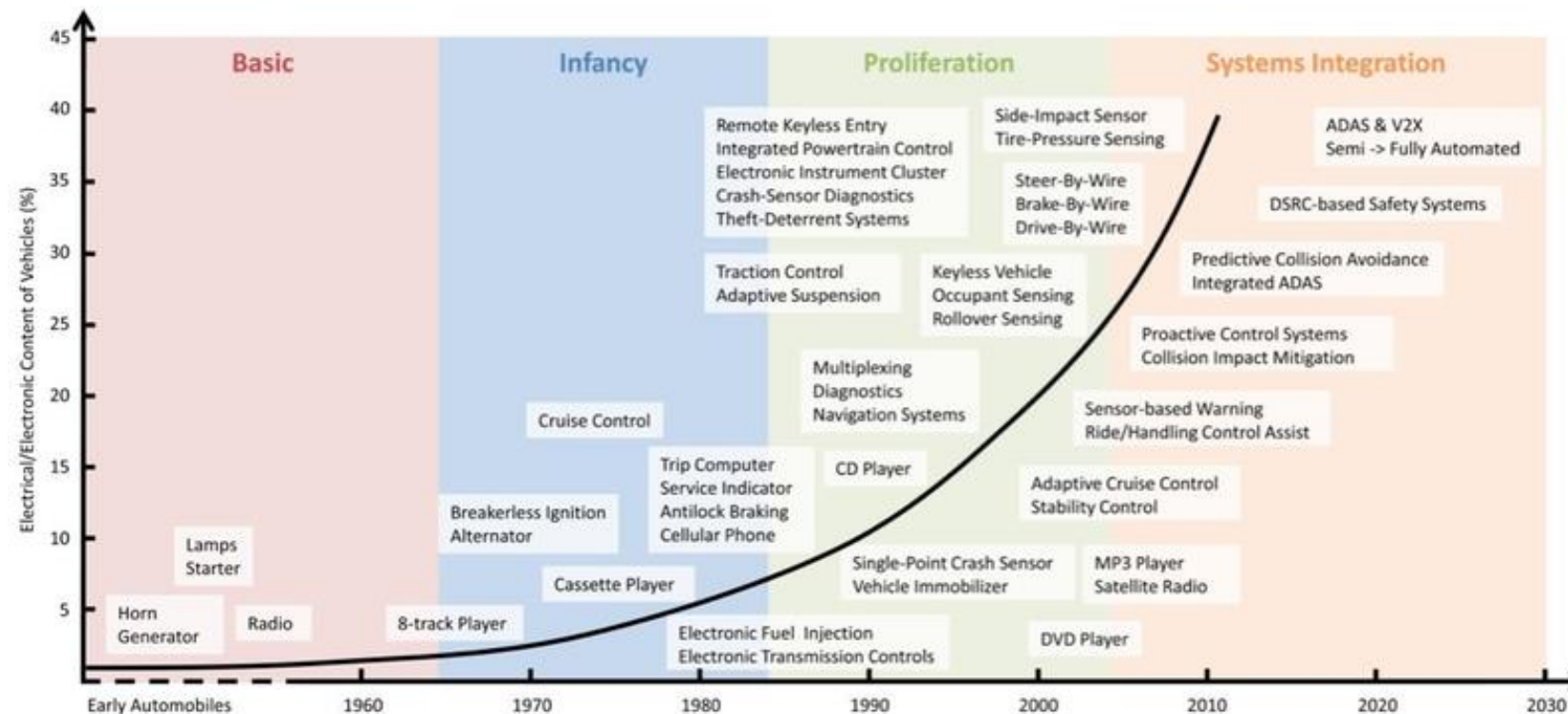
Sammanfattning

Utmaningar för Automatiserad Körning

- En mängd nya sensorer (utöver de som mäter internt i fordonet) som mäter:
 - Avstånd
 - Position
 - Hastighet
- Hur påverkas sensor data fusion av kvaliteten/osäkerheten hos sensordata?
- Hur skall dessa mätsystem verifieras och kalibreras?
- Hur skall koordinatsystem definieras?
- Hur skall vi testa att de:
 - Klarar de miljöer de skall fungera i (regn, dimma, snö m.m.)?
 - Är robusta mot yttre störningar och påverkan?
- Hur kan vi bygga den testmiljö och testverktyg som behövs för att testa/validera/certifiera?
- Lagkrav?

Spaning

Mängden funktioner i fordon ökar...



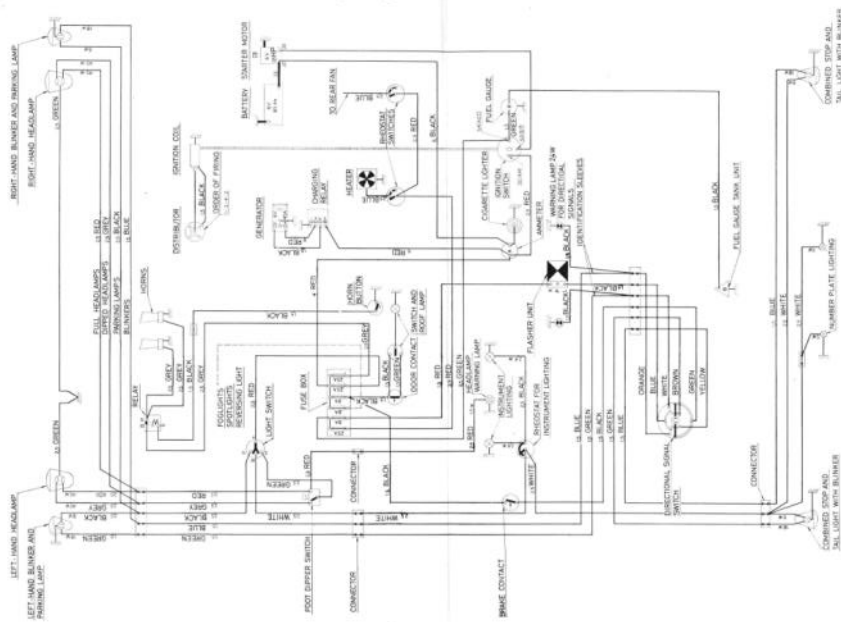
Källa: CAR 2013, adapted from Hellestrand 2005 and Fedewa 2013.

Spaning

...och driver på elsystemets komplexitet.



Wiring diagram for the PV 444



(figures refer to the cross section of the cables in sq.mm.)

1950: 1 page



VOLVO
WIRING DIAGRAM V70/N70R/XC70/XC90

TP 3977201
2005

2005: 150 pages



TACK!

Stefan Nord

stefan.nord@ri.se

010-5165931

Research Institutes of Sweden

Säkerhet och Transport

Mätteknik

www.ri.se

