

Eletrônica Automotiva

Veículos Autônomos

17 de maio de 2018

Prof. Leopoldo Yoshioka



30 empresas que estão atuando na área de Veículos Autônomos



Fonte: CB Insights, abril 2016)

<https://www.cbinsights.com/blog/autonomous-driverless-vehicles-corporations-list/>

O que é **disrupção** ?

Google, Netflix, Apple, Tesla, Amazon

Foi cunhado pelo prof. **Clayton Christensen** de Harvard

Descreve **inovações** que **transformam**
o mercado e a **vida** das pessoas



Quando foi criada em **2005** os estúdios riram. Quem vai querer assistir vídeos de má qualidade, feito em casa? Não estavam preparados.



Inicialmente foi ignorada pelos fotógrafos profissionais. Qualidade ruim. Mas, ganharam a simpatia dos fotógrafos amadores. Substituíram completamente os filmes.



Começou substituindo locadoras de vídeos. Ameaça as emissoras de TV e os próprios estúdios. Produção própria de filmes e séries.
(valor de mercado > U\$ 100Bi e 100M usuários)



Lançado em 29 de junho de 2007.

O que disse um engenheiro de umas das maiores fabricantes de celular ?

“Ah, o som desse iPhone é ruim”

Antes de 2007



Depois de 2007



O que é **Veículo Autônomo** ?

Trata-se* de uma **disrupção** para indústria, sociedade e mobilidade das pessoas.

** tem grande potencial*

Um carro com **habilidade em nível humano***, capaz de se **guiar por si mesmo** de forma **segura** em ambientes **imprevisíveis**.

** ou superior*

DARPA Grand Challenge



Defense Advanced Research Projects Agency

DARPA Grand Challenge

- **2004: Carnegie Mellon University (12 km)**
- **2005: Stanford University 1º lugar (6h54m) – U\$ 2M**
Carnegie Mellon 2º lugar (7h05m) - U\$ 1M
- **2007: Urban Challenge (11 teams / U\$ 1M in funding)**

Google's Autonomous Car

- **2009**: início do projeto liderado por **Sebastian Thrun** com uma equipe de 15 engenheiros.
- **2012**: Google postou um vídeo no YouTube um passeio com o **Toyota Prius autônomo**.
- **2014**: Protótipo do **Self Driven Car** (sem volante)
- **2017**: 6,5 milhões de km de rodagem em testes em estradas públicas de 23 cidades.

2012



2018



DARPA Grand Challenge

The final route will be chosen from the highlighted segments.

DEATH VALLEY
NATIONAL MONUMENT
CALIFORNIA

NEVADA

Las Vegas

LAKE MEAD N.R.A.

Primm

FINISH
(Near Las Vegas/
Primm)

**OFF-ROAD
START**



Baker

MOJAVE
NATIONAL
PRESERVE

Kingman

Trajeto: 240 km

Barstow

Needles

ARIZONA

San Bernardino

Los Angeles

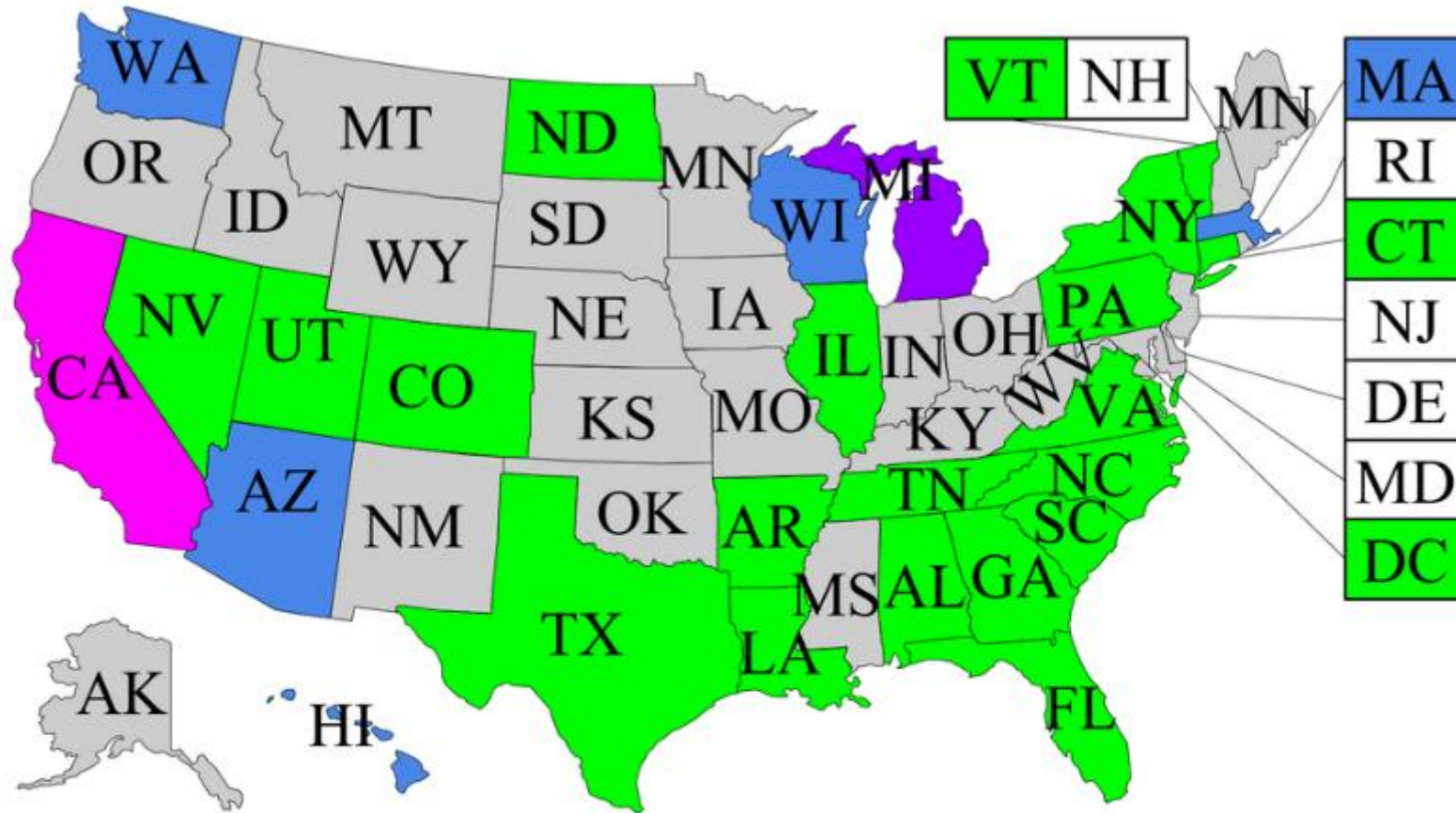
Palm Springs

JOSHUA TREE
NATIONAL MONUMENT

20 miles



MSNBC

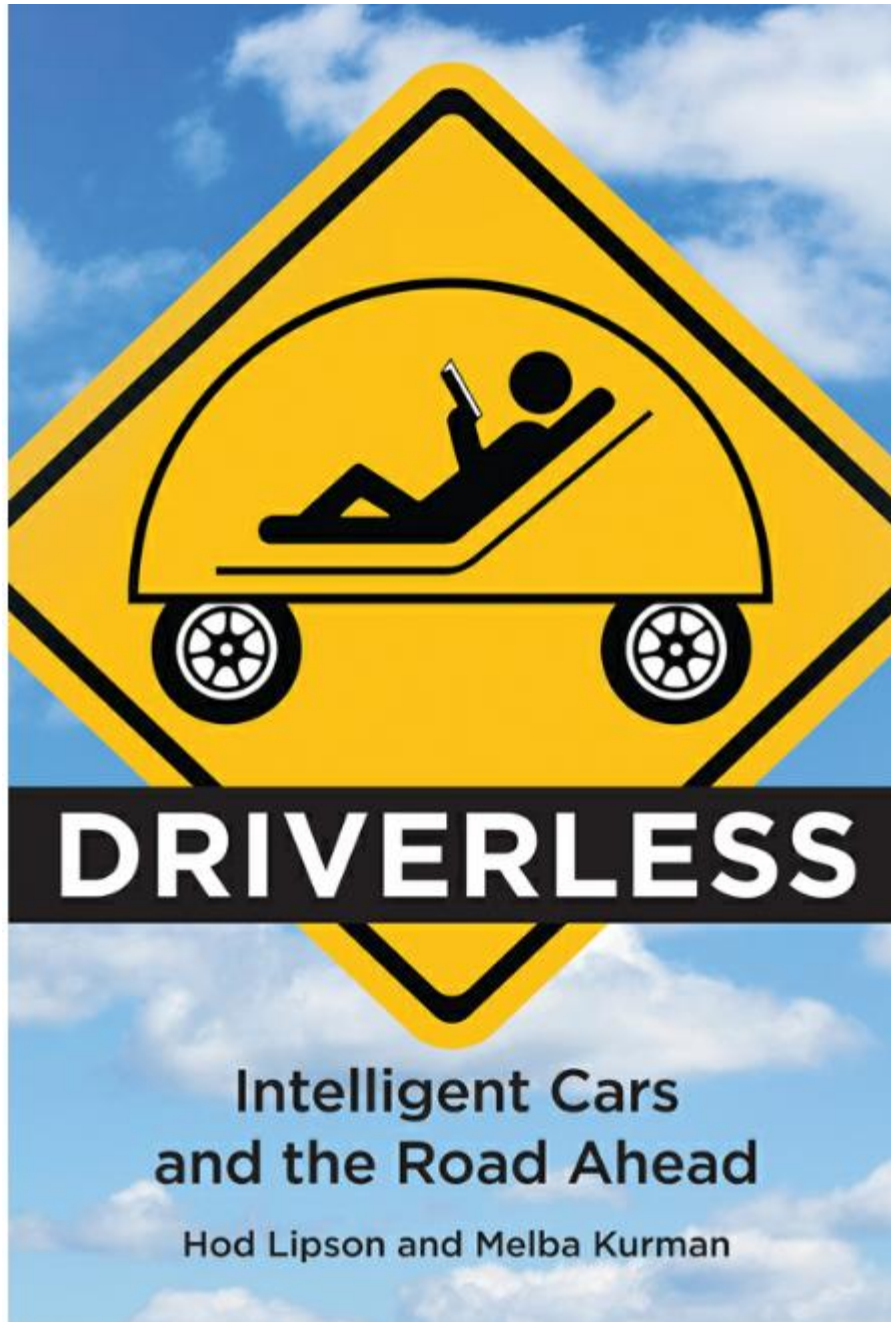


Legend

With Driver: **Enacted** | Executive Order | In Progress

Driverless: **Enacted** | Executive Order | In Progress

Driverless assuming already enacted with driver



Melba Kurman
Writer about
technology

Hod Lipson
Prof. Columbia
University

Num futuro não muito distante

Um **automóvel** de fabricado em **2018** é exibido em museu

O visitante senta atrás do **volante**, observa a tela do **GPS**, pisa no **freio** e ficará sabendo que numa época não muito distante as pessoas usavam um **meio de transporte** tão **inconveniente e perigoso**.

Os carros de hoje **não possuem inteligência**

Basicamente, possuem **4 rodas, motor a combustão, chassis, carroceria ...**

Essencialmente não houve uma grande mudança nos últimos **100 anos**

Entretanto, o carro causou enorme transformação no nosso **modo de vida**

1 bilhão de carros no planeta



Walking Robot

O **software** para **guiar** os movimentos de um robô para caminhar é extremamente complexo por conta de infinitas combinações de movimentos e posições.

Vehicle Automation



A tarefa de **guiar** um carro é mais **propício** para se **automatizar** do que fazer um **robô caminhar** sobre um piso irregular.

Humanos de vários níveis de inteligência e habilidades são capazes de obter licença para dirigir.

Vehicle Automation



- Esterçar rodas
- Acelerar
- Frear
- Desviar de obstáculos
- Planejar rotas
- Obdecer as regras de trânsito

Caminhão autônomo - Austrália



Trator autônomo - agricultura



AGV – Armazéns



Aeroporto de Heathrow (PRT)



Onde está a dificuldade?

99% do tempo dirigir o carro costuma ser uma tarefa **simples e previsível**

1% do tempo costuma se tornar, de repente, emocionante por conta de **eventos inesperados** (*corner cases*)

Como escrever um software

Capaz de tratar uma variedade infinita de situações que o carro autônomo irá encontrar no trânsito?

*Os processos industriais são em geral **previsíveis e repetitivos** e operam num **ambiente fechado**, razão pela qual os engenheiros industriais conseguem produzir softwares capazes de automatizar uma planta de produção industriais*

Para dirigir o carro de forma segura são necessárias duas habilidades essenciais

- Comunicação não verbal complexa
- Reconhecer o mesmo objeto em uma vasta gama de cenários e situações

Dirigir requer uma **comunicação social** entre **motoristas** e com os **pedestres**

- balançar a cabeça
- acenar
- contato olho-no-olho

Com o objetivo de **anunciar a intenção**

Acenar e sorrir é uma ação simples para humanos, mas é uma tarefa extraordinariamente difícil escrever um software capaz de reconhecer expressões faciais e linguagem corporal e reagir apropriadamente.

Dirigir requer ainda capacidade de

- **perceber** a situação
- **julgar** se o que está vendo **faz sentido**
- **ter consciência e entendimento**
preciso da **realidade**
- **reagir** de acordo com a situação

Até recentemente não existia
um software capaz de
resolver esses problemas

Por mais 50 anos os cientistas do campo da **Inteligência Artificial** não tiveram sucesso em desenvolver **software** capaz de **automatizar** a “**percepção**”.

A falta de um software capaz de entender rapidamente o ambiente visual foi a maior barreira tecnológica na pesquisa de robôs móveis.

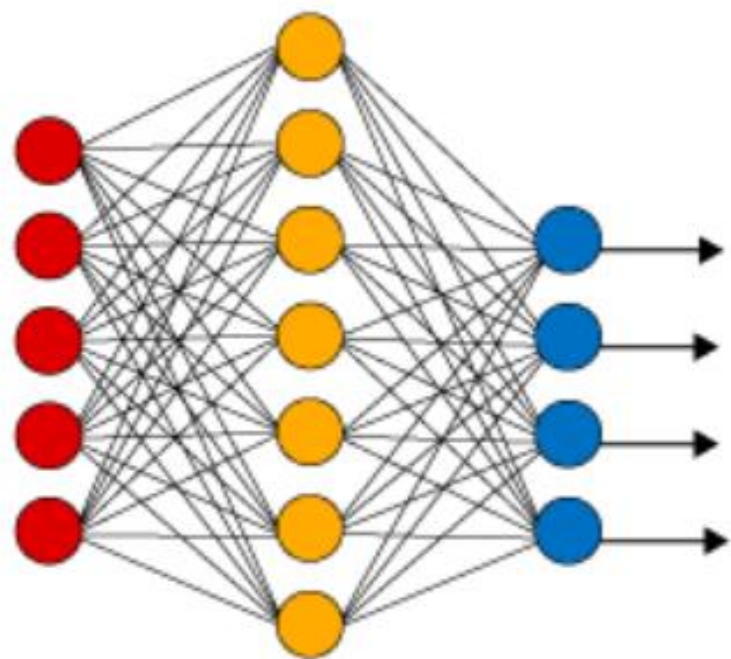
As barreiras incluíam ainda:

- Poder computacional insuficiente
- Reconhecer objeto familiar em cenários não-familiares

Em 2012 surgiu um **novo tipo** de software
de **Inteligência Artificial**

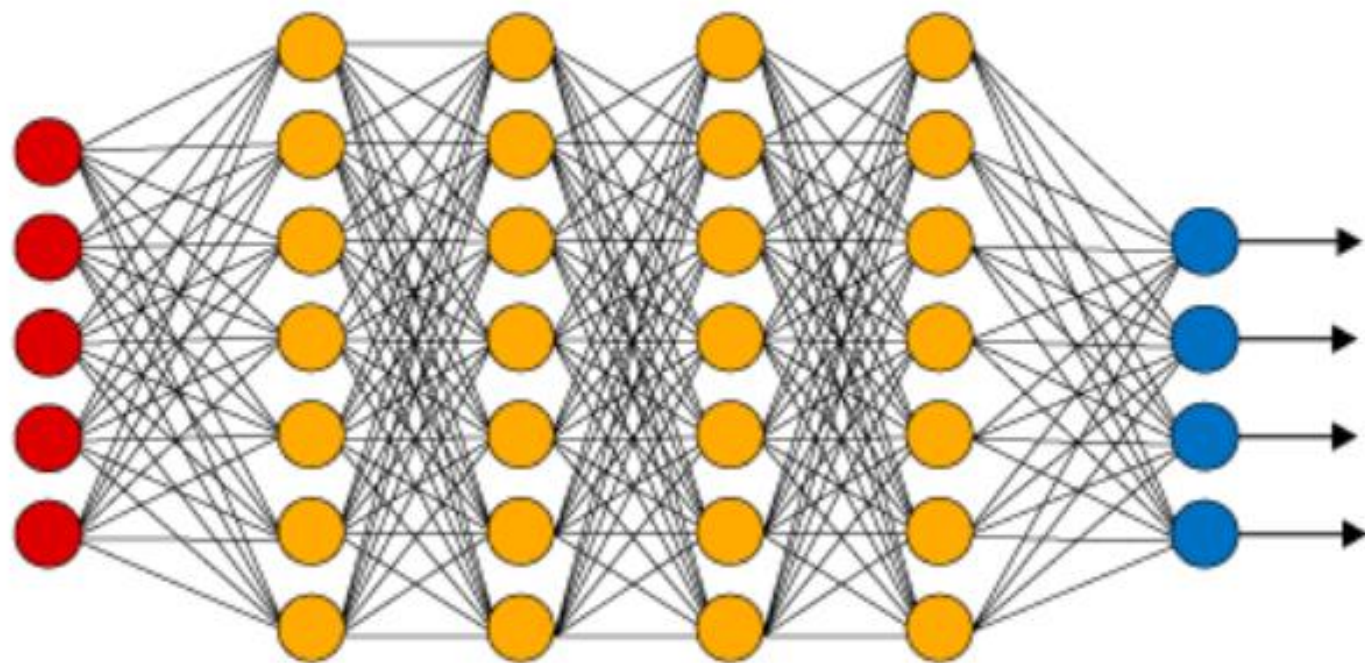
deep learning

Simple Neural Network



● Input Layer

Deep Learning Neural Network



● Hidden Layer

● Output Layer

O **deep learning** é capaz de aprender (modelar) ambientes não-estruturados. Razão pela qual ser efetivo para tratar de problemas encontrados no trânsito.

Ao invés de tentar construir **modelos do mundo real** utilizando **lógicas** formais e regras, o **software** de aprendizagem de máquina é **treinada** para **executar** uma **tarefa** por meio de uma grande quantidade de **dados de testes**.

Para desenvolver um **software *deep learning*** para um **carro autônomo**, o software é alimentado diariamente com gigabytes de **dados de vídeos** coletados por **câmeras instalados** em milhares de carros.

O fato do software *deep learning* **aprender vendo** o mundo proporciona uma grande vantagem: não é limitado pelas regras.

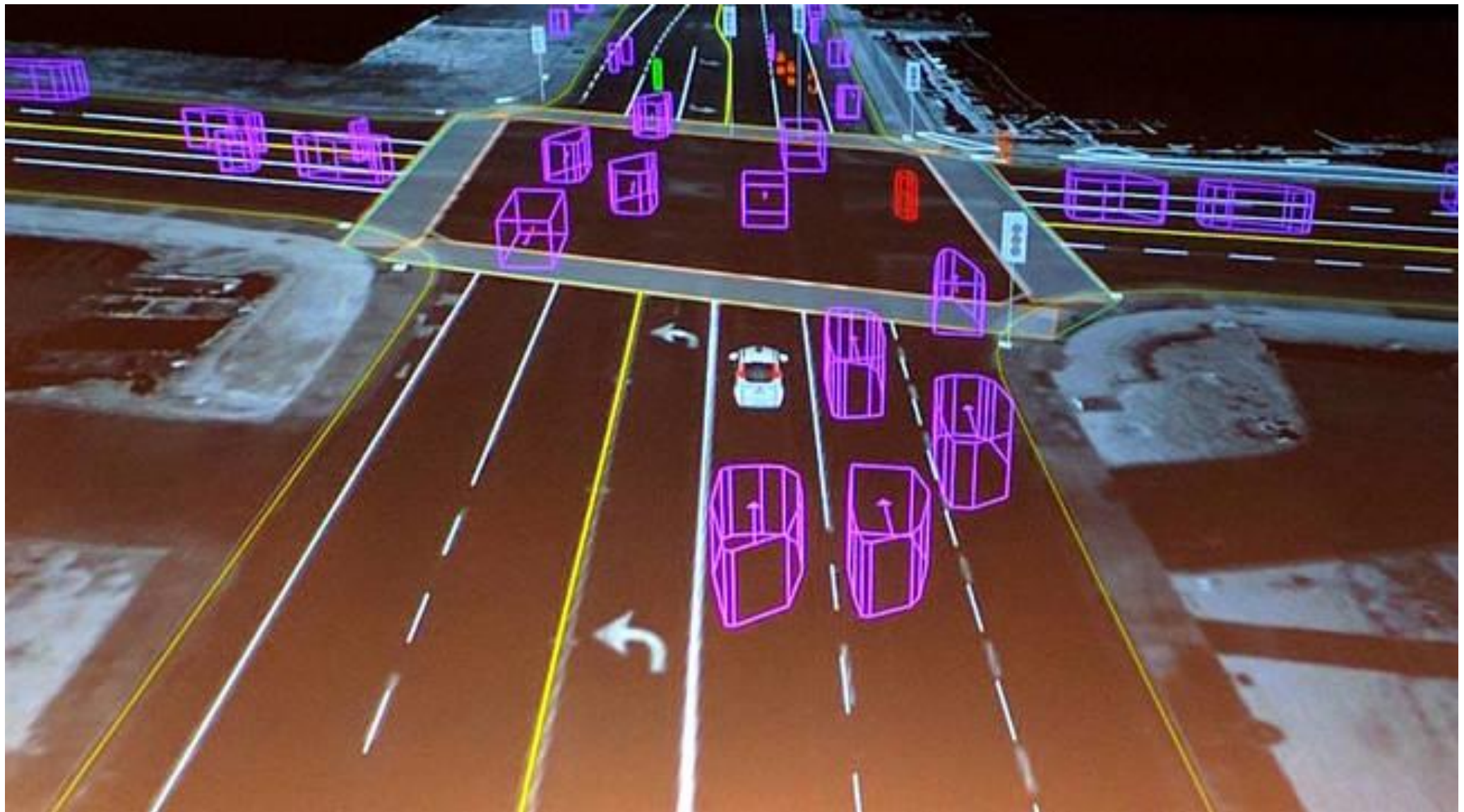
Ou seja, o *deep learning* classifica os atributos visuais.

Por exemplo, se um gato andando de bicicleta, o software reconhece que é um gato por conta dos atributos

gato andando de bicicleta?



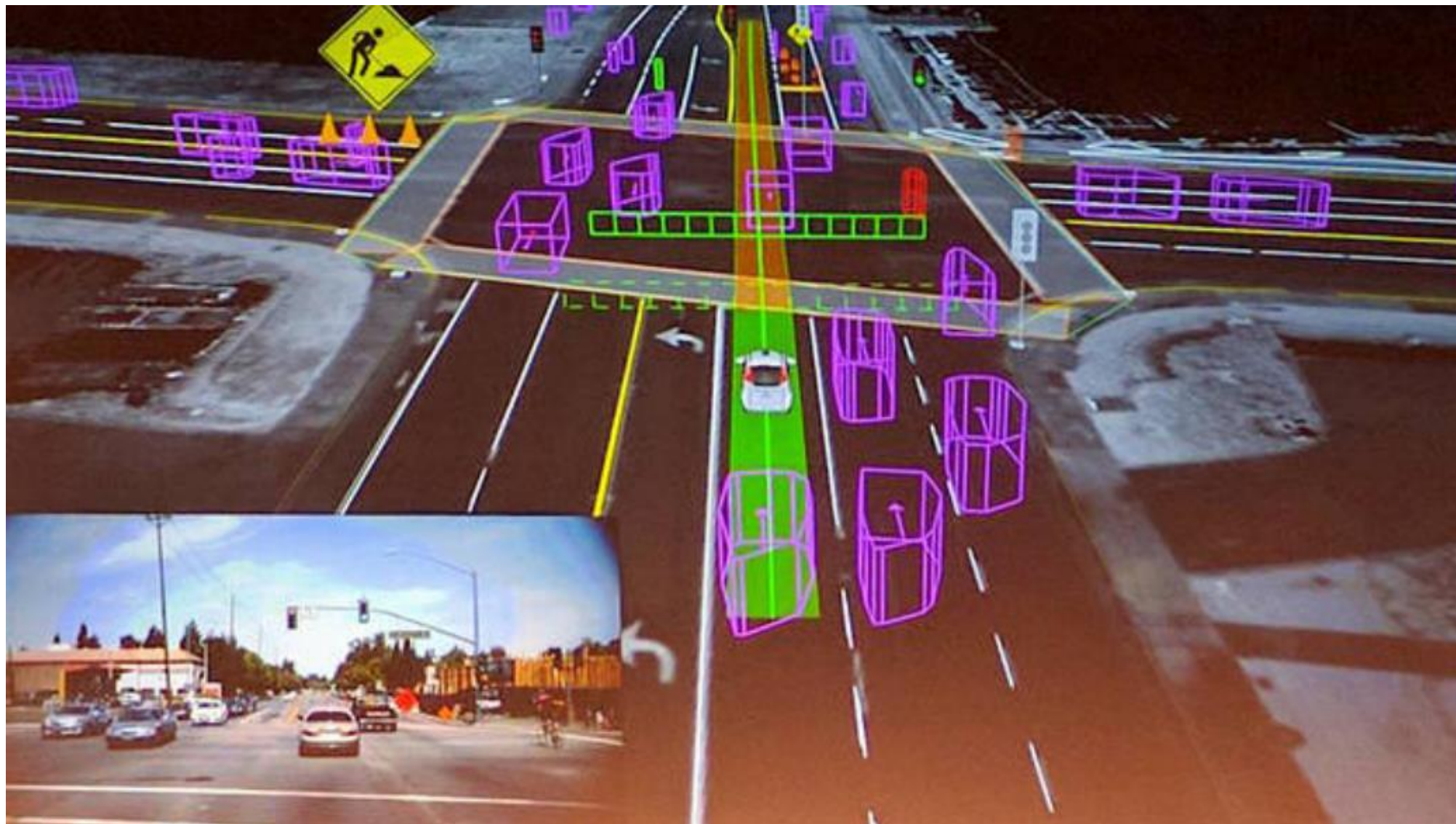




Isto é o que um carro autônomo basicamente vê. **Veículos** detectados em **cor-de-rosa** e **faixas** marcadas em **branco** e **amarelo**. Ciclista em **vermelho**.



Agora, o sistema incluiu a vista de **elementos mais importantes presentes na cena que precisa considerar.**



Agora, o sistema reduziu a visão anterior para os elementos mais importantes: a **cerca verde horizontal** à frente representa uma **barreira virtual** que o carro **não pode atravessar** porque irá colidir com veículos à frente. A **barreira verde pontilhada** é um **alerta**, como **pedestre** atravessando no local. Uma faixa livre é desenhada no centro da via, levando em consideração as **obras** nas laterais.







Visão do semáforo
obstruído pelo ônibus
à frente

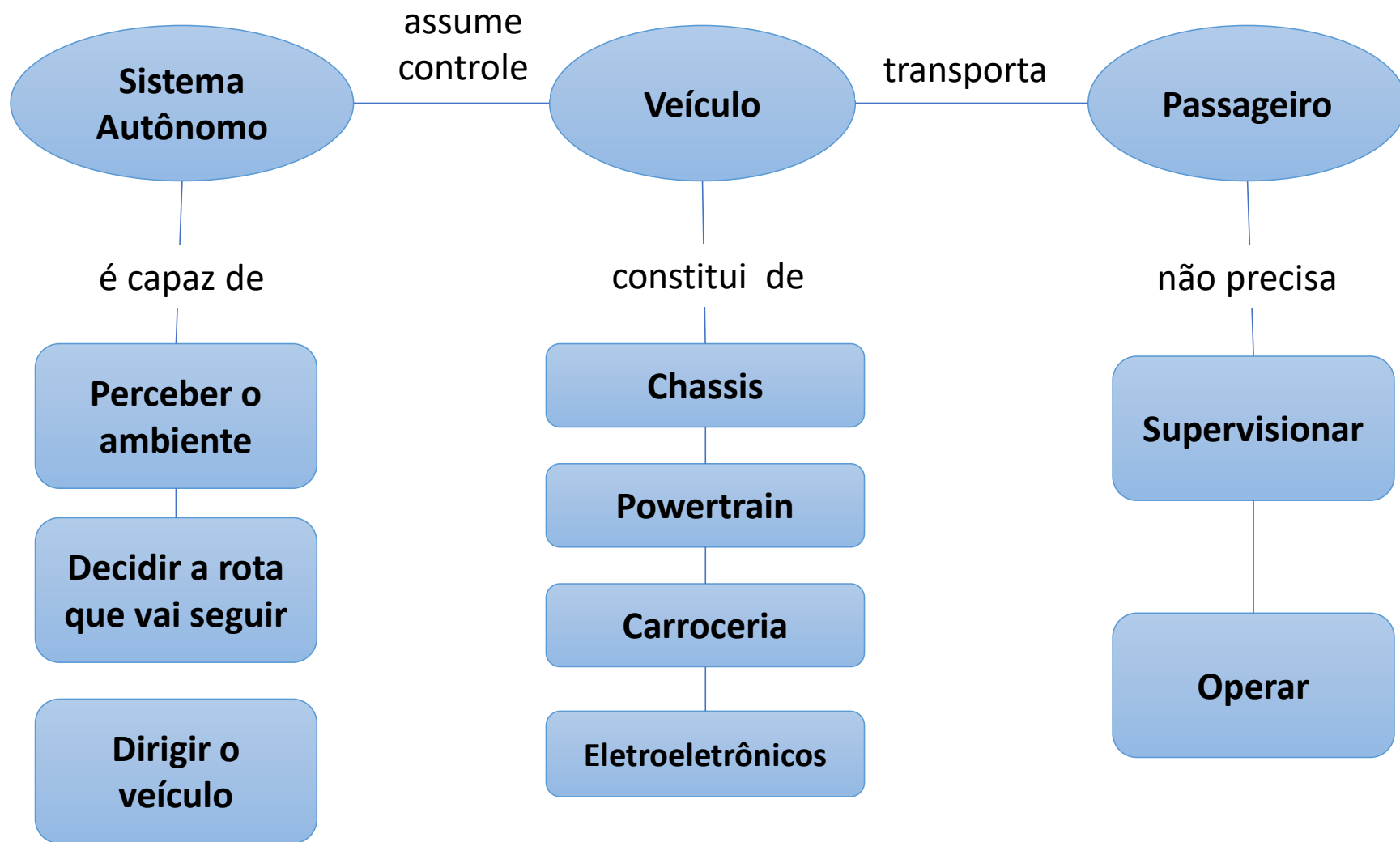


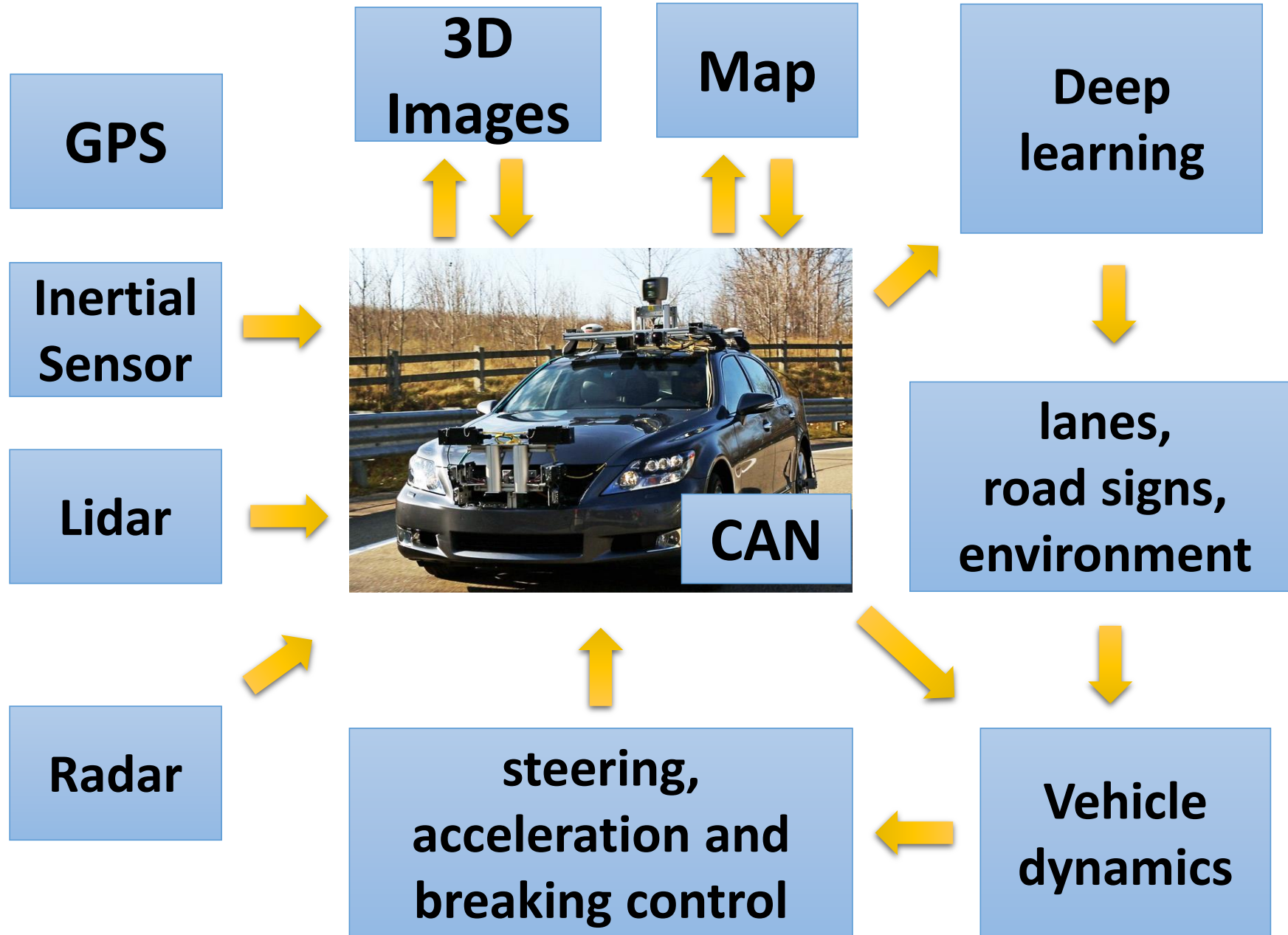
LEFT TURN

YIELD

ON GREEN





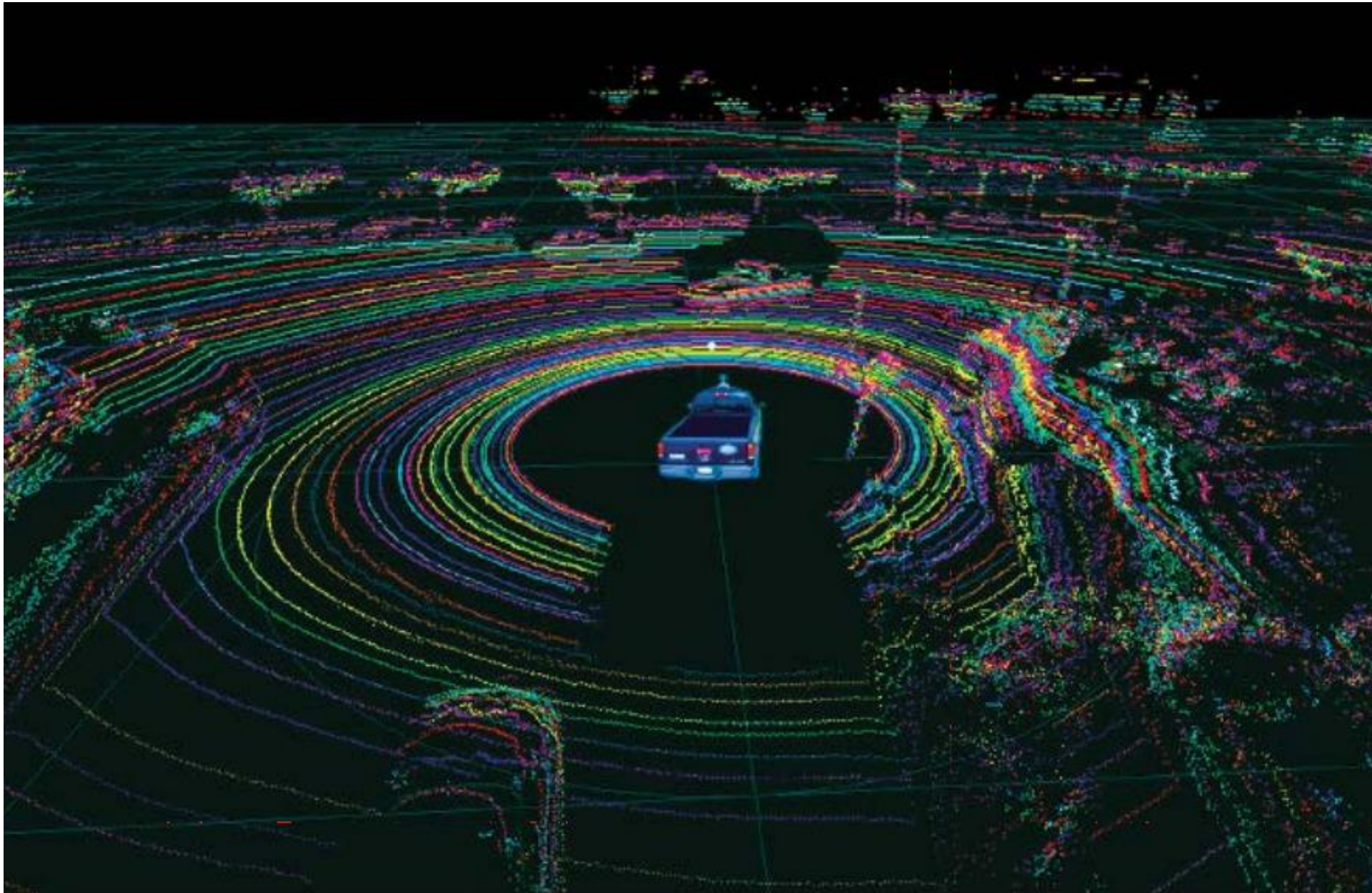


LIDAR – Light Detection And Ranging

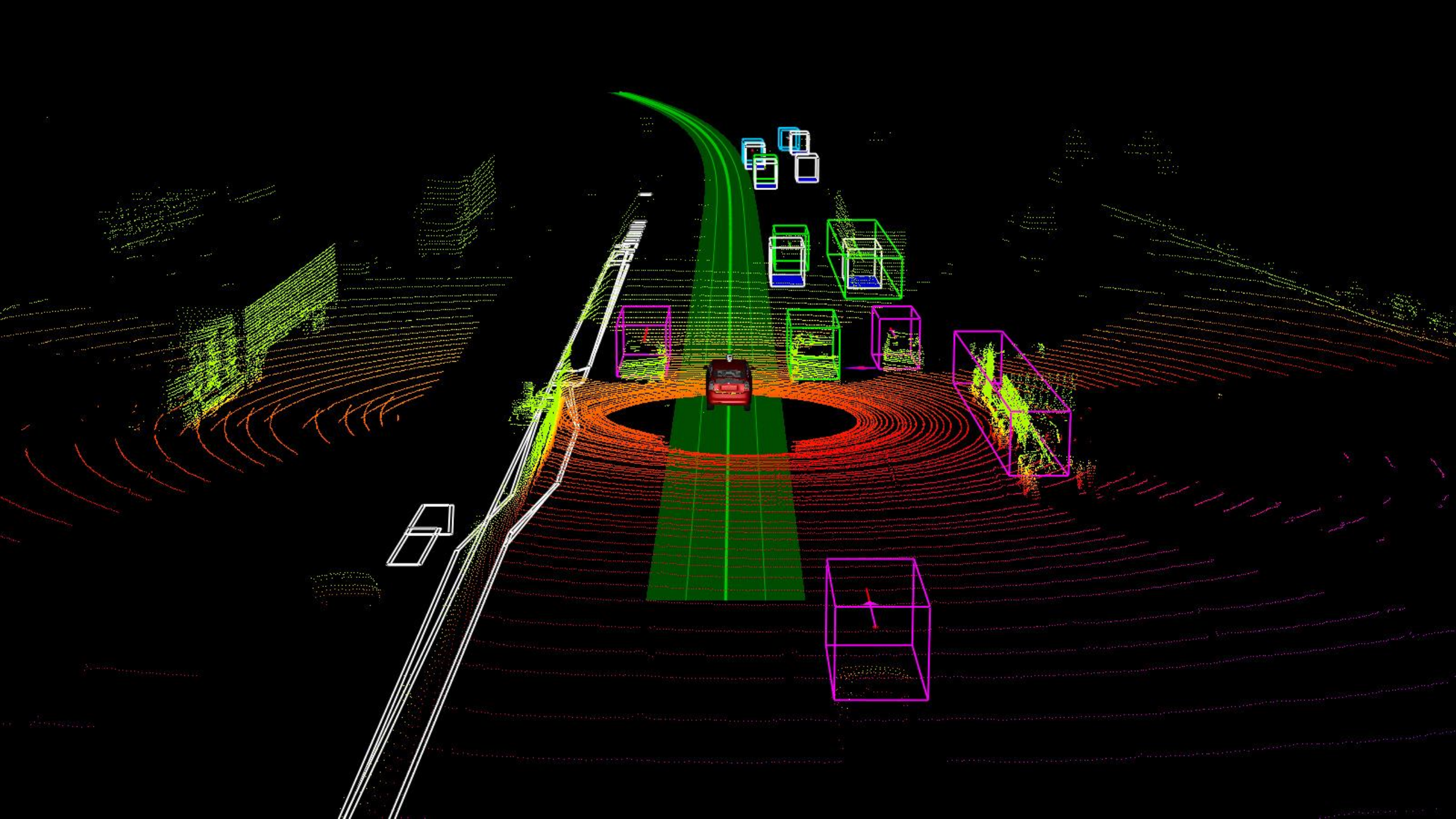


- 5 – 20 Hz frame rate
- 2.2 million points per second
- 64 lasers/detector
- 360 degree field of view
- 0.08 degree angular resolution
- 2 cm distance accuracy
- 50 m range for pavement
- 120 m range for cars
- Laser: 905 nm, ~ 10 ns pulse
- 300 – 1200 RPM spin rate

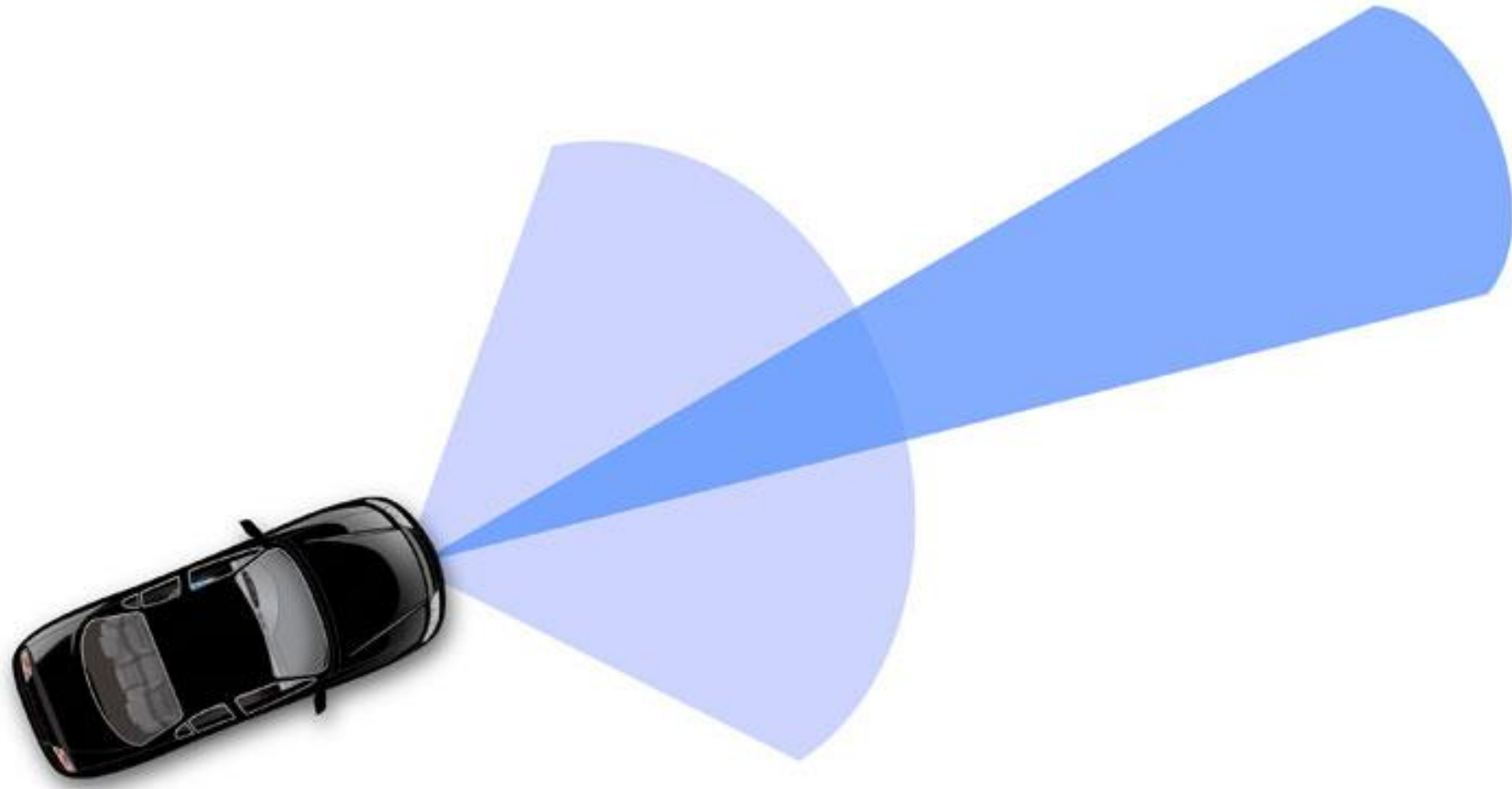
HDL-64E

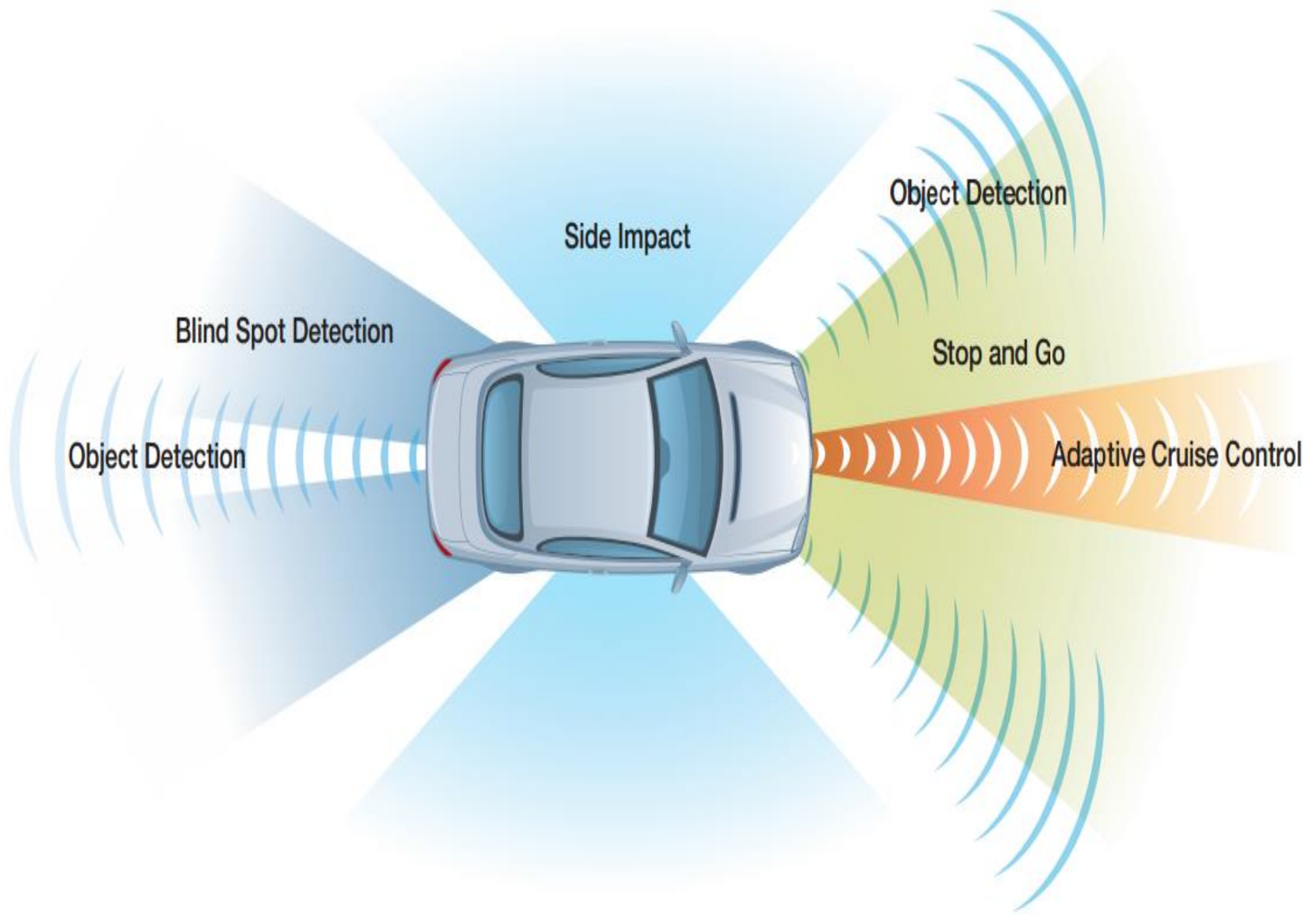


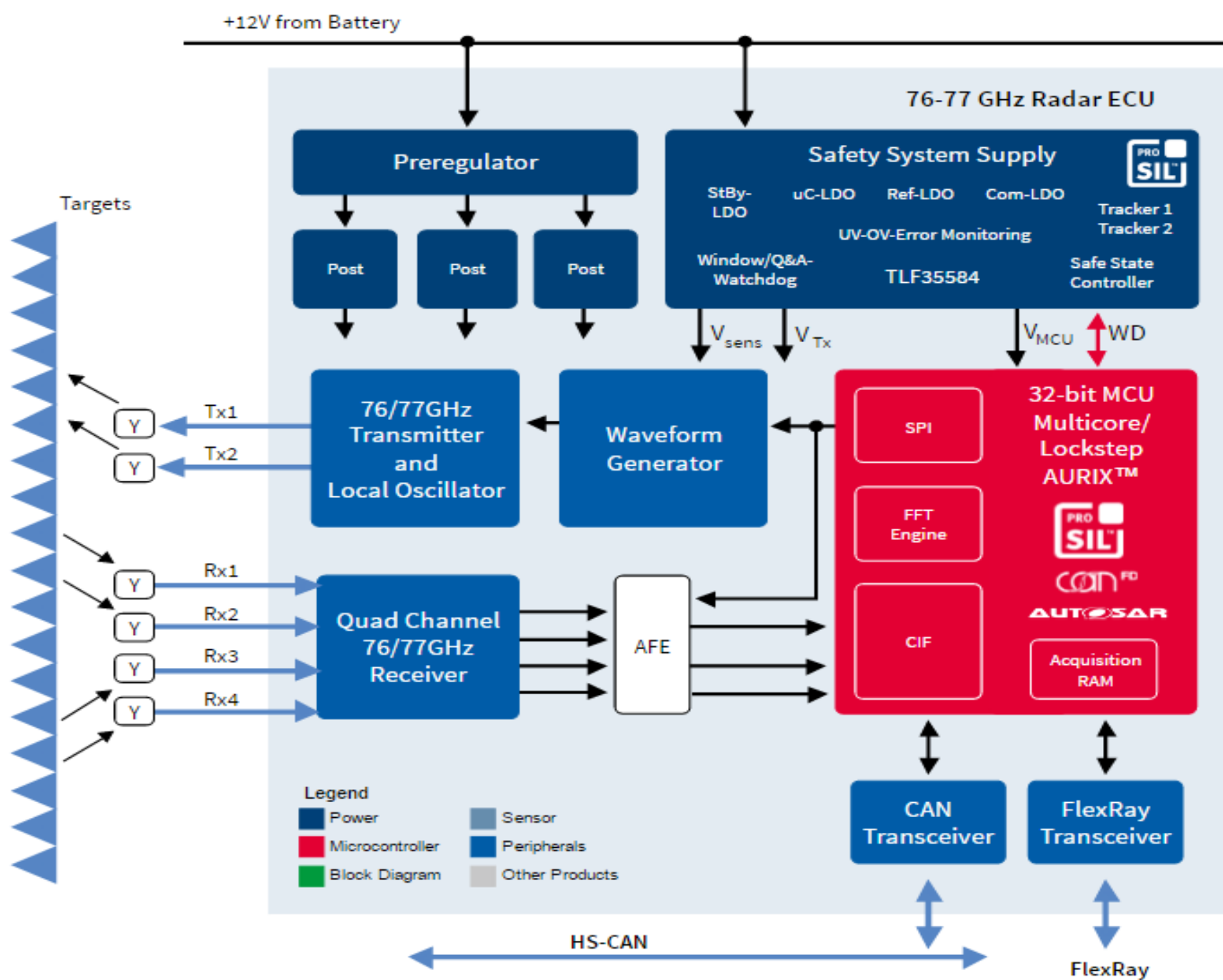
Actual point cloud image from HDL-64E S3 showing vehicle at intersection and other vehicles in vicinity along with road features.



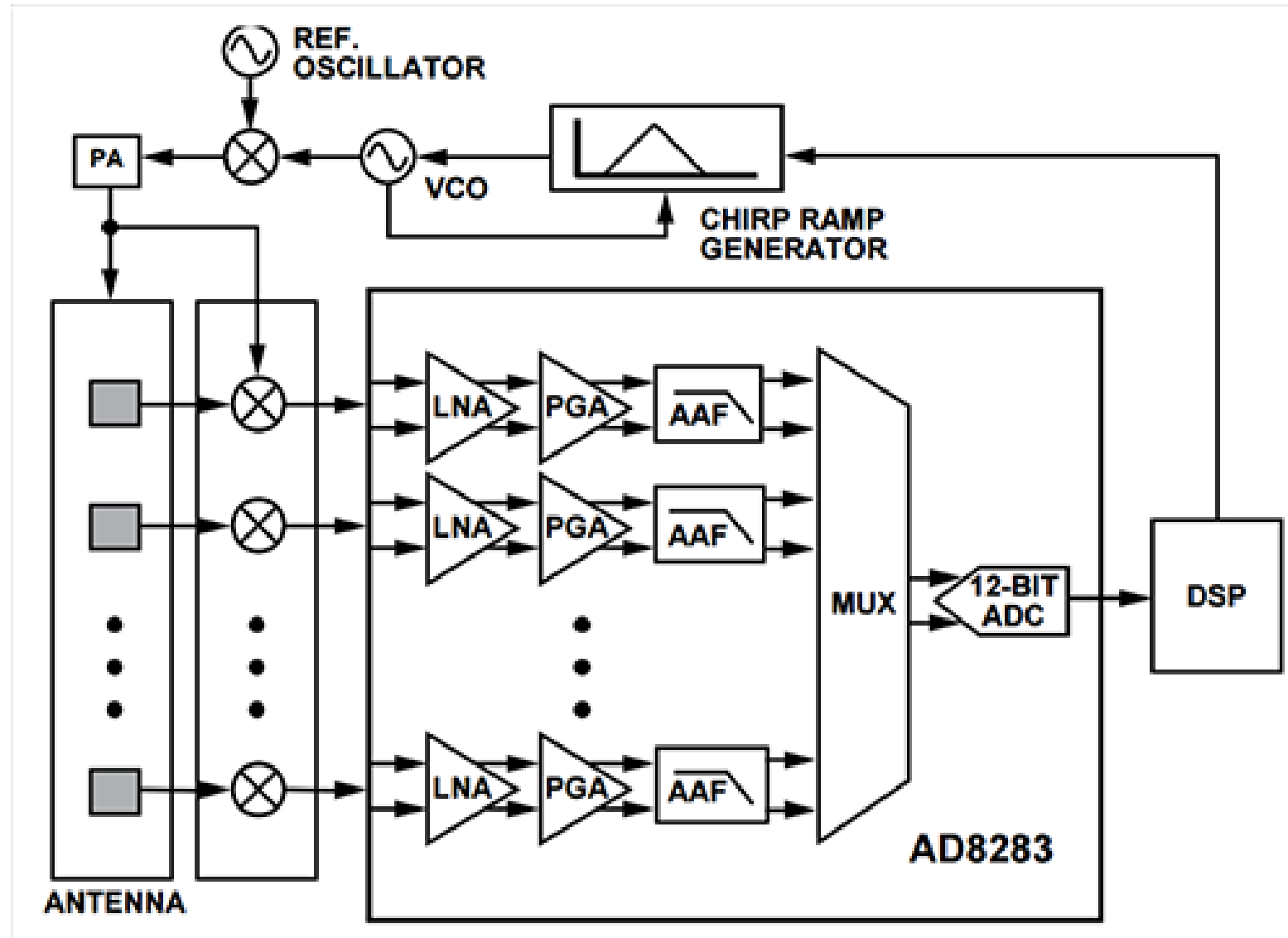
RADAR (Radio Detection And Ranging)





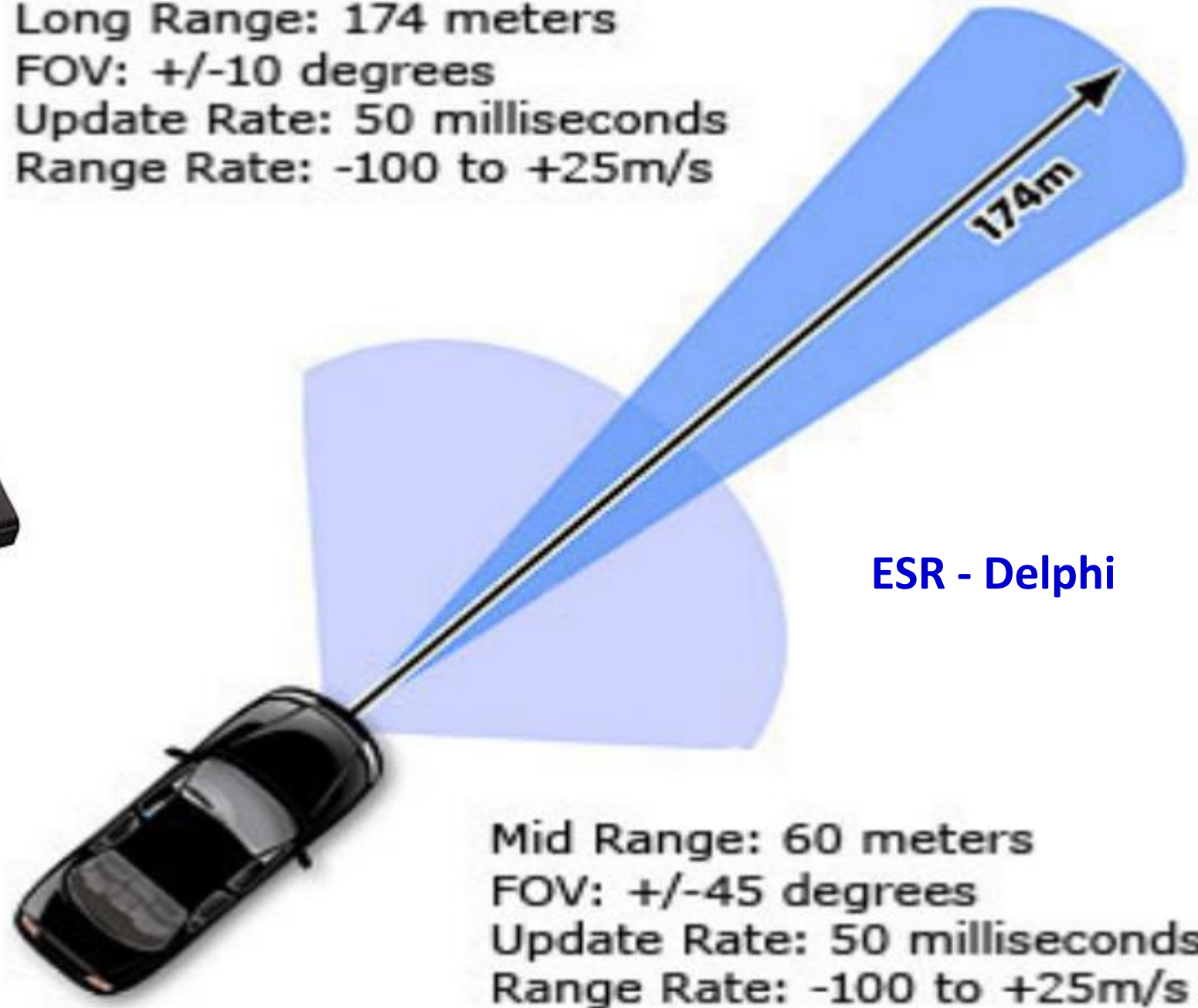


Radar Automotivo (77 ~ 79 GHz)



(6 canais - captura de múltiplas reflexões)

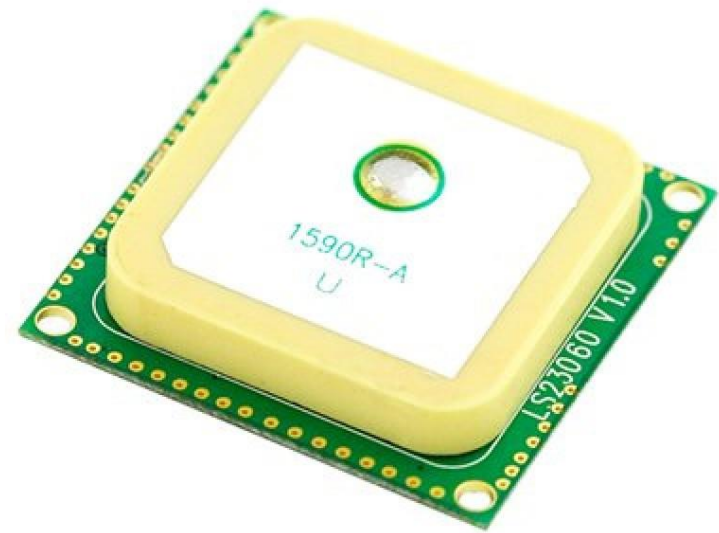
Long Range: 174 meters
FOV: +/-10 degrees
Update Rate: 50 milliseconds
Range Rate: -100 to +25m/s



ESR - Delphi

Mid Range: 60 meters
FOV: +/-45 degrees
Update Rate: 50 milliseconds
Range Rate: -100 to +25m/s

Global Positioning System (GPS)



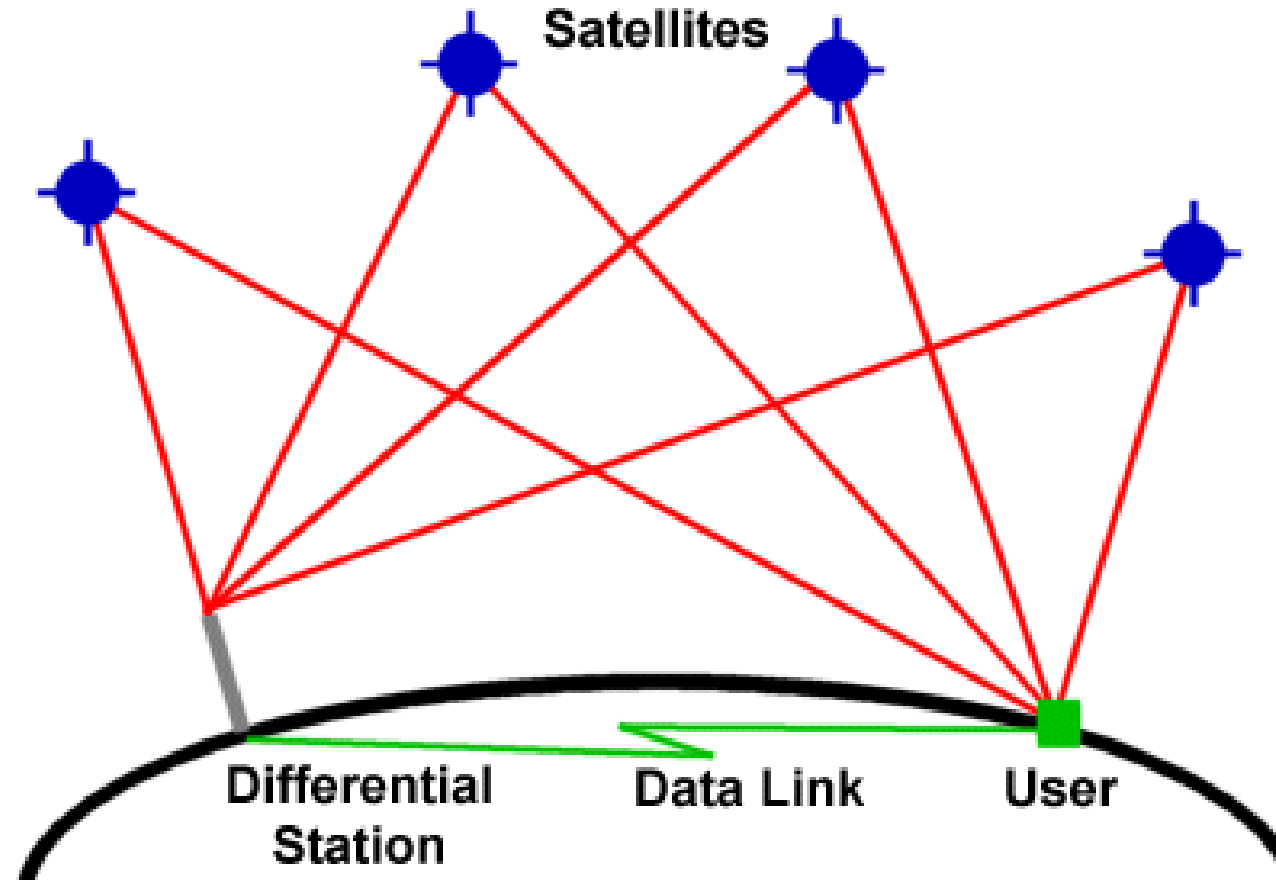
**LS20031 66 Channels 5 Hz
GPS Receiver
(3 m accuracy)**

#1 Navegação e Guiagem

- **Saber onde estou indo**
 - Onde estou, quais são os caminhos para chegar onde quero?
- **GPS (48 canais)**
 - Regiões com obstruções
- **Inertial Measurement Unit (IMU)**
 - Acelerômetro (MEMS)
 - Giroscópio

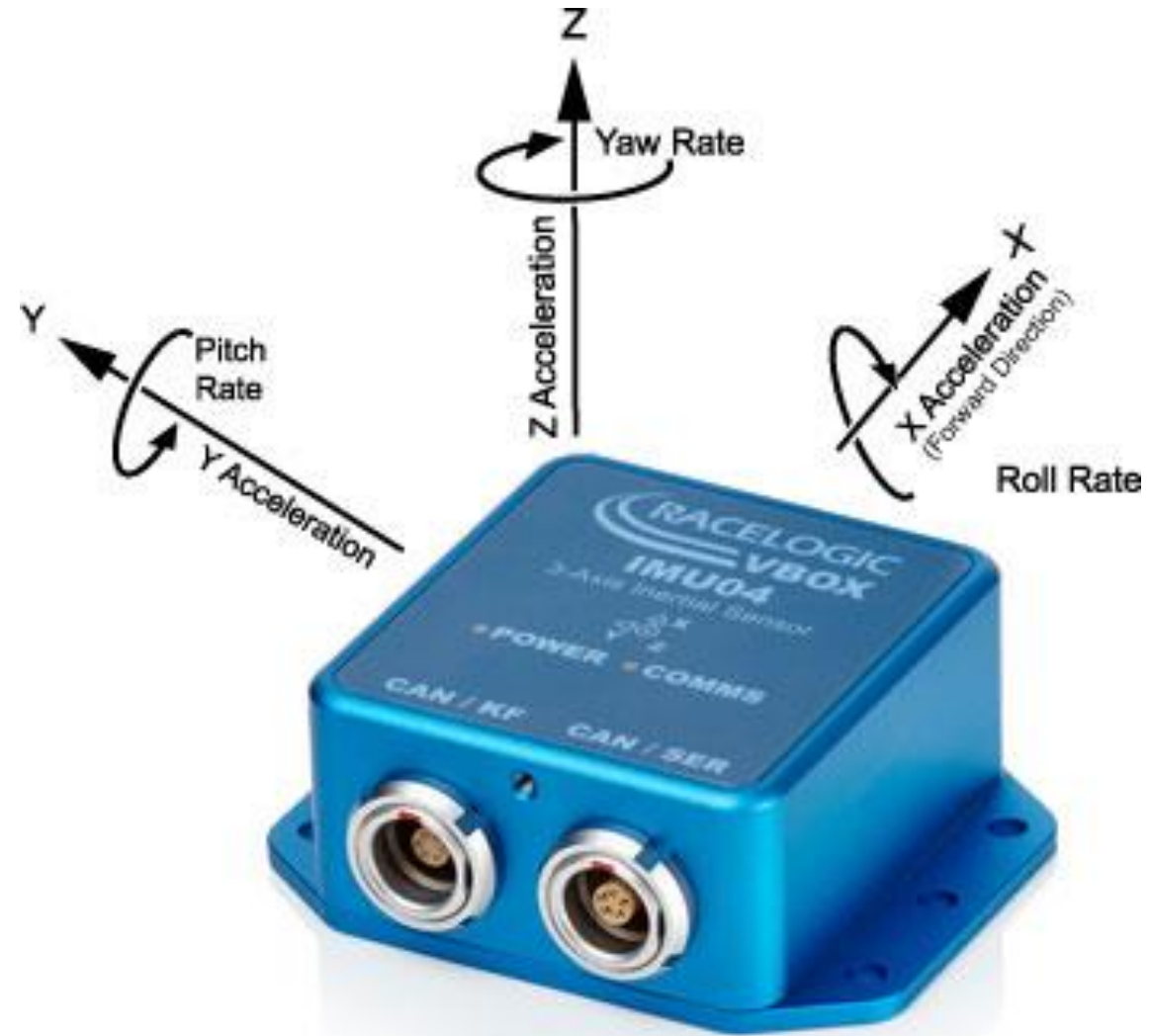


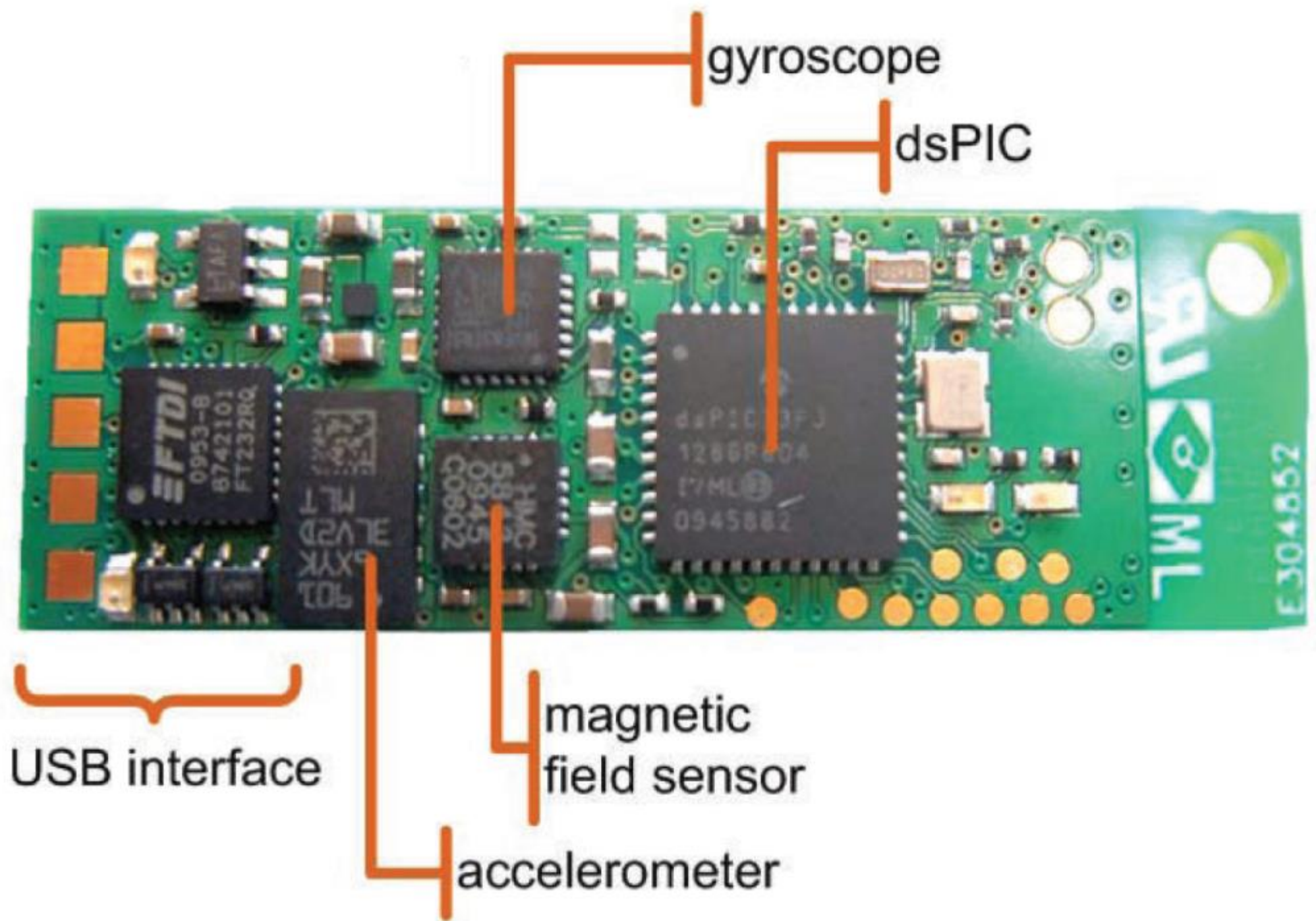
Diferential GPS (DGPS)



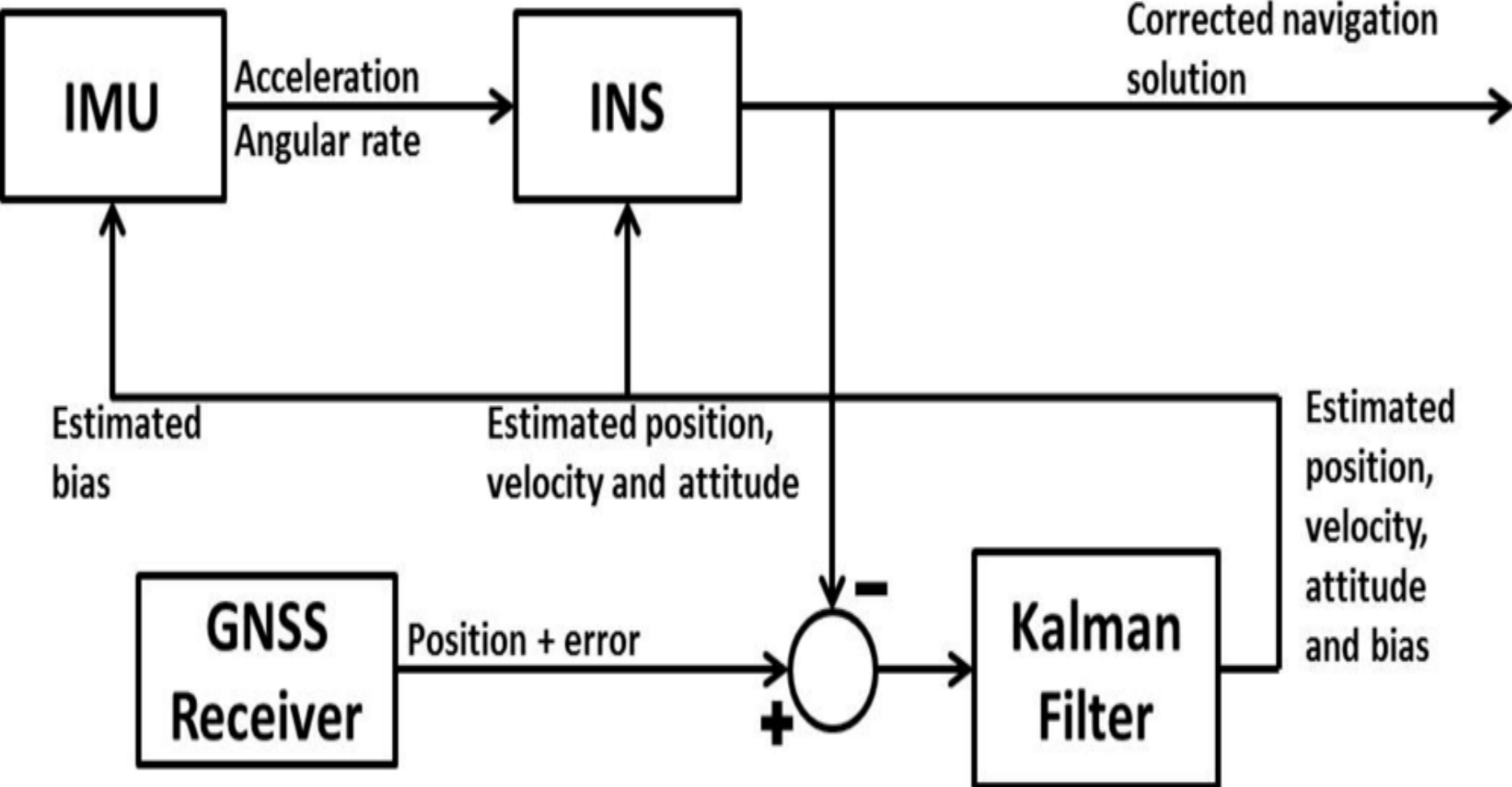
(10 cm accuracy)

Inertial Measurement Unit (IMU)

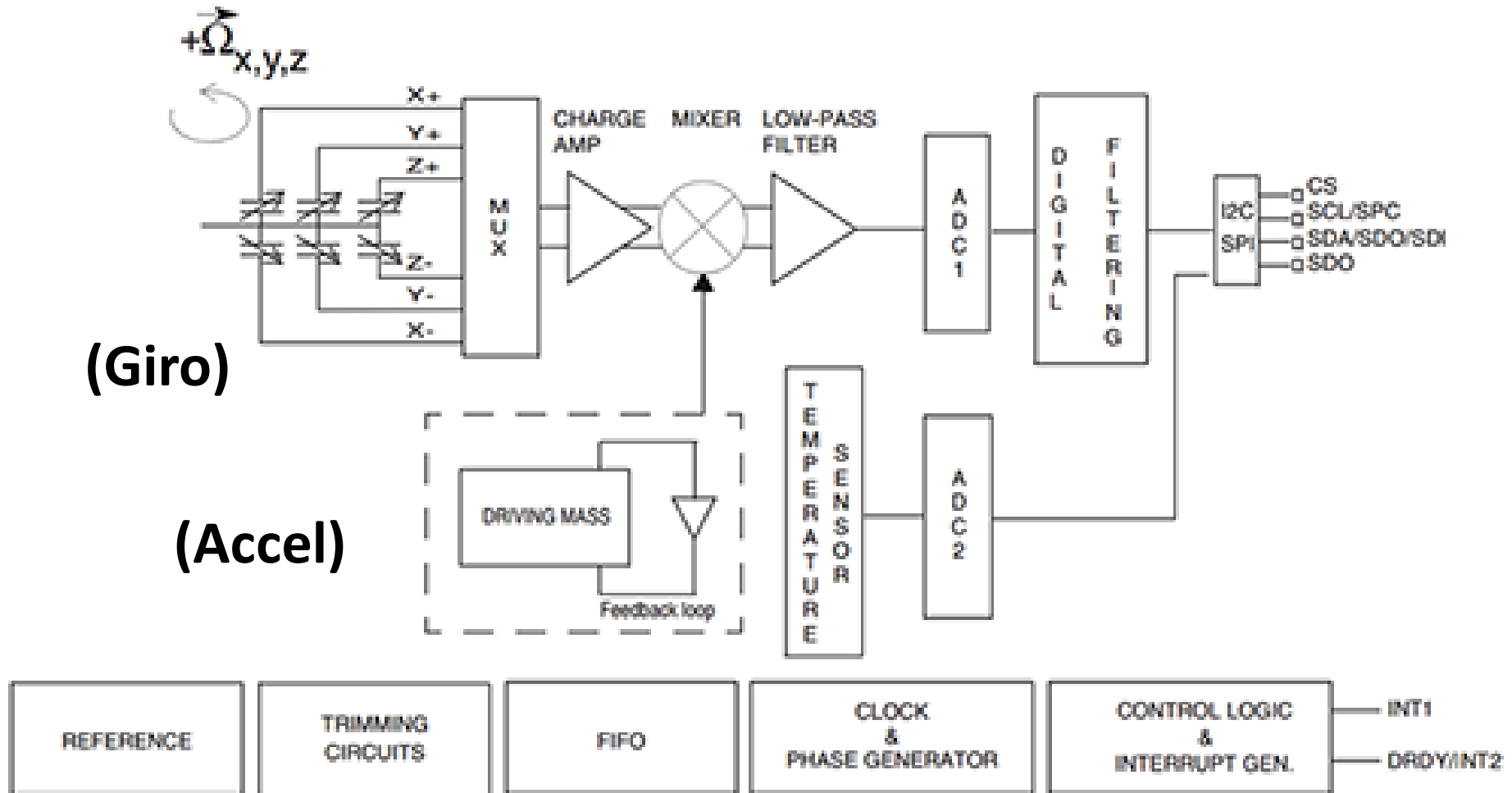




GPS and IMU Integration



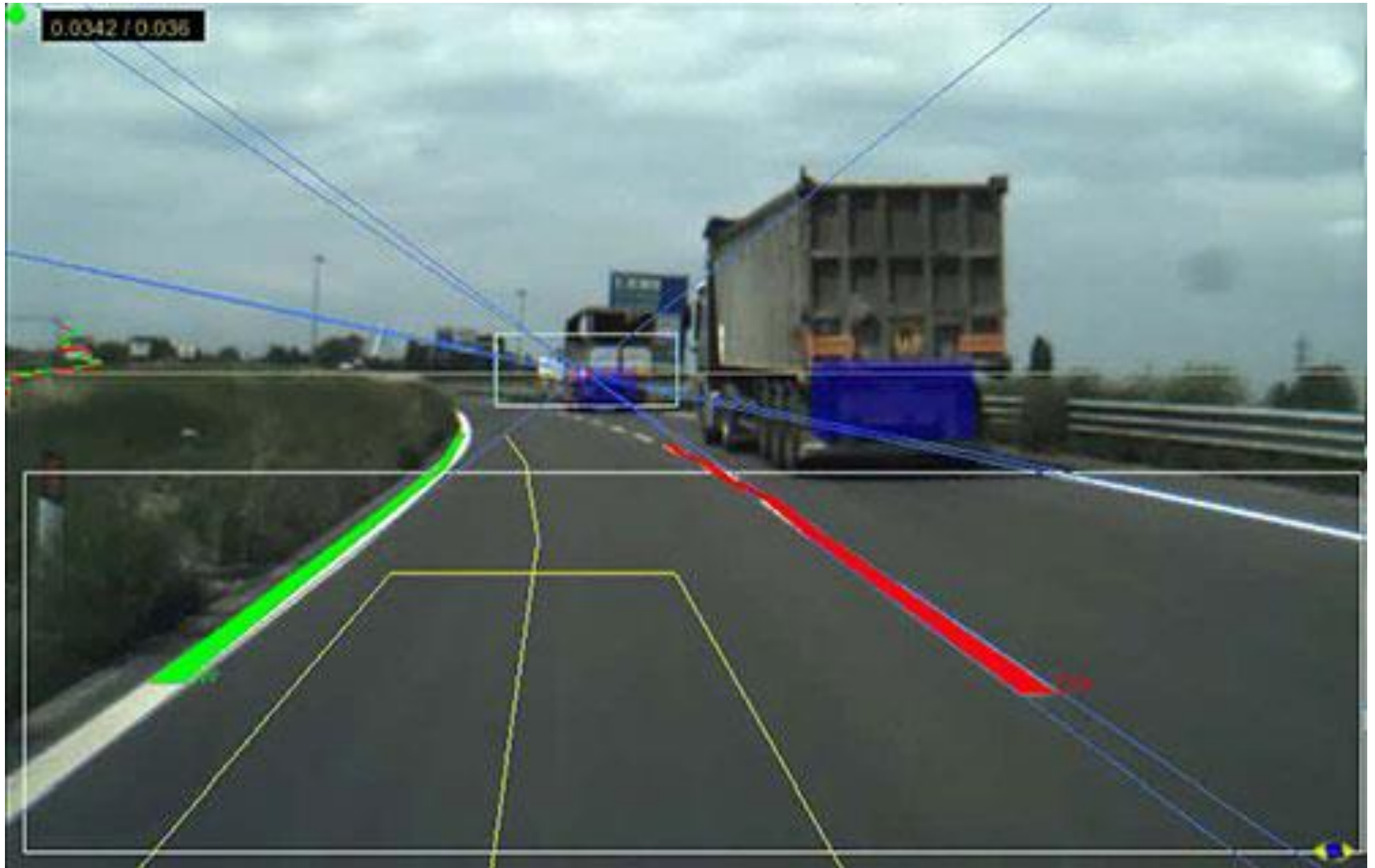
Sistema de Navegação Inercial (IMU)



#2 Ver onde estou indo

- **Interpretar o cenário em volta**
 - Visão 360°
 - **Matriz de câmeras de vídeo**
 - Dificuldade mecânicas de fixação múltipla
 - Volume de dados para processamento
 - Percepção
 - Iluminação, sombras, interferência de raios
 - **LIDAR (Light Detection and Ranging – laser radar)**
 - Fornece informações 3D do ambiente em volta.

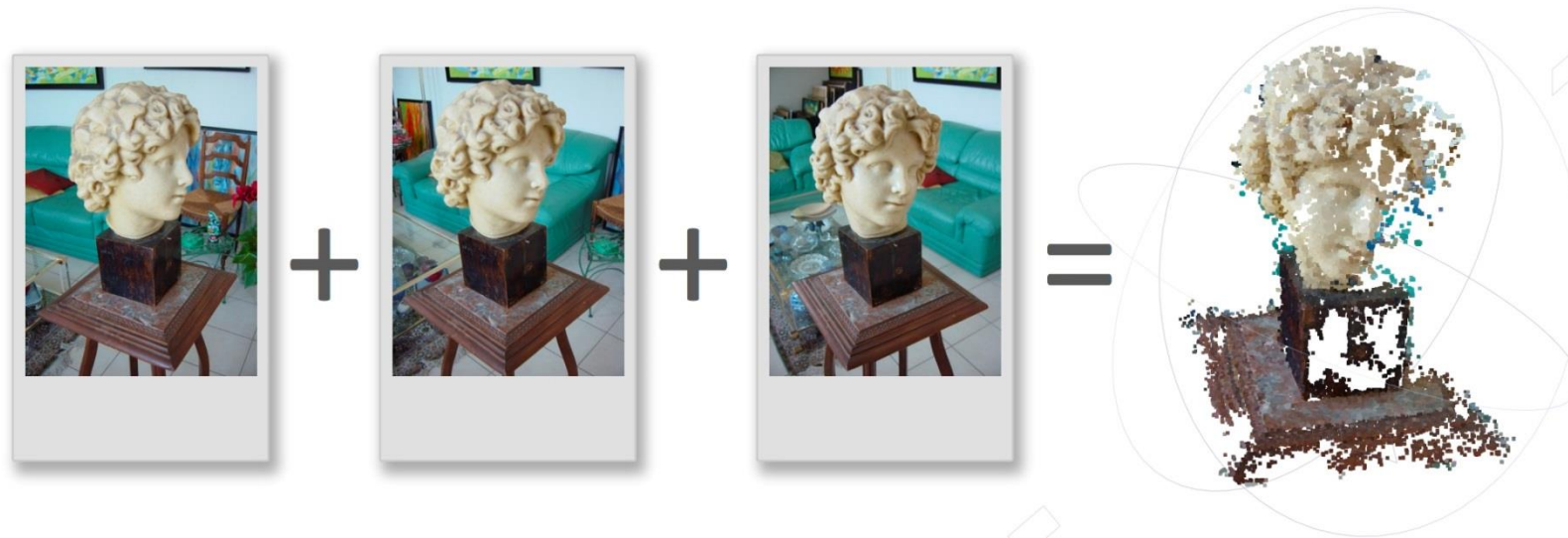
Video Cameras



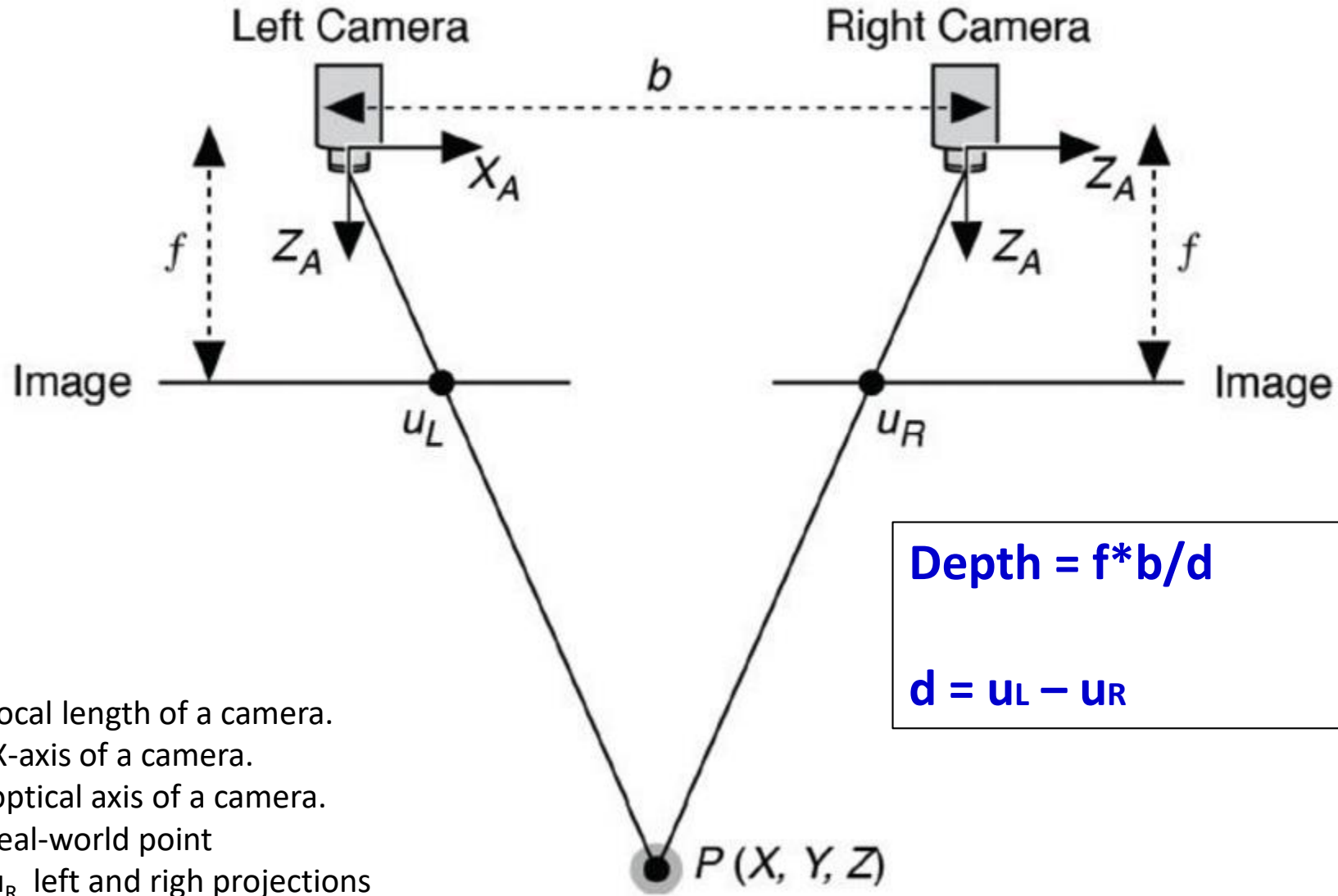
Structure from Motion (SfM)

Processo de estimação de estruturas 3D a partir de sequencias de imagens 2D.

Problema similar à reconstrução de imagem 3D a partir de visão estéreo.

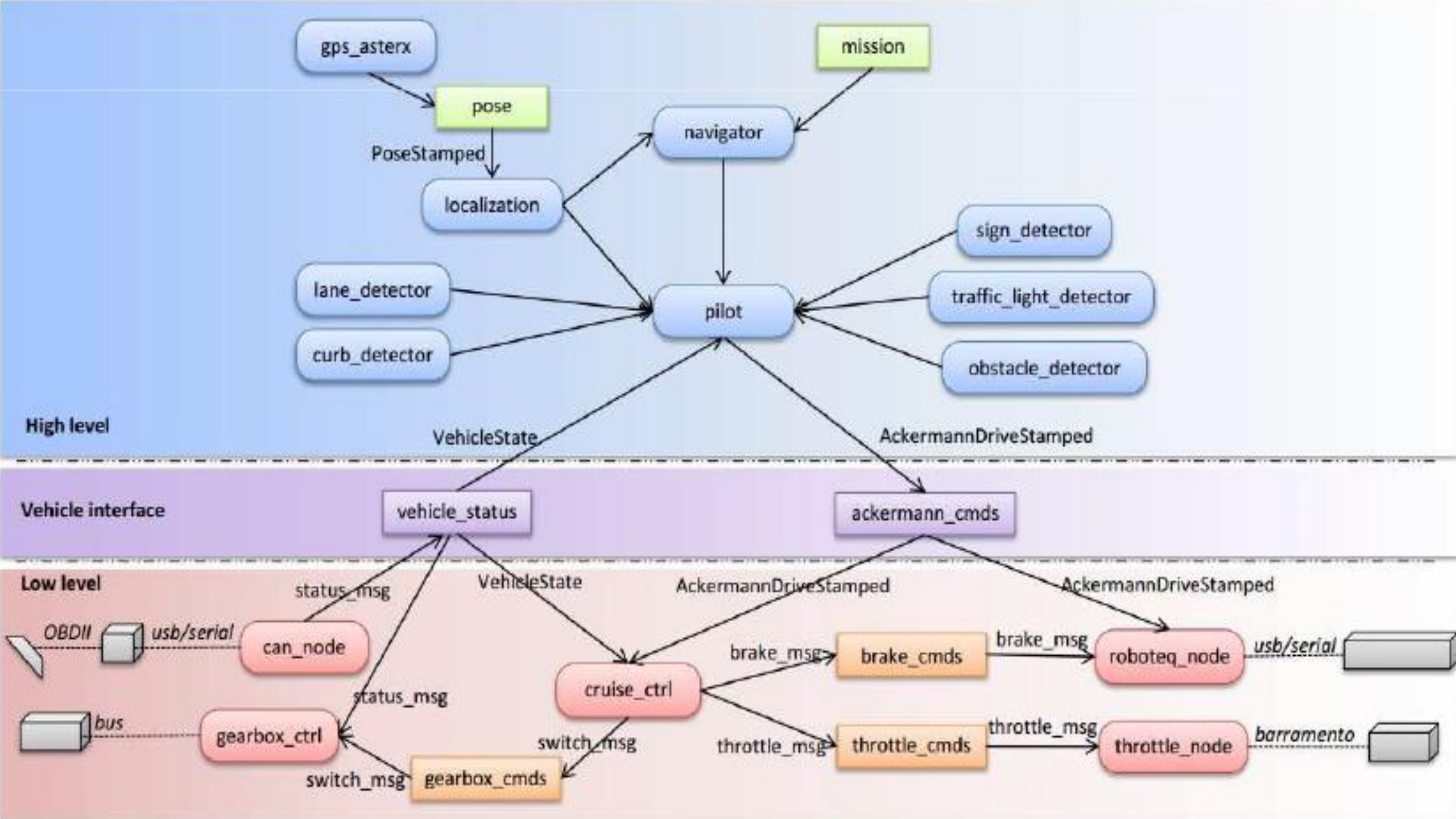


Visão estéreo e imagem 3D

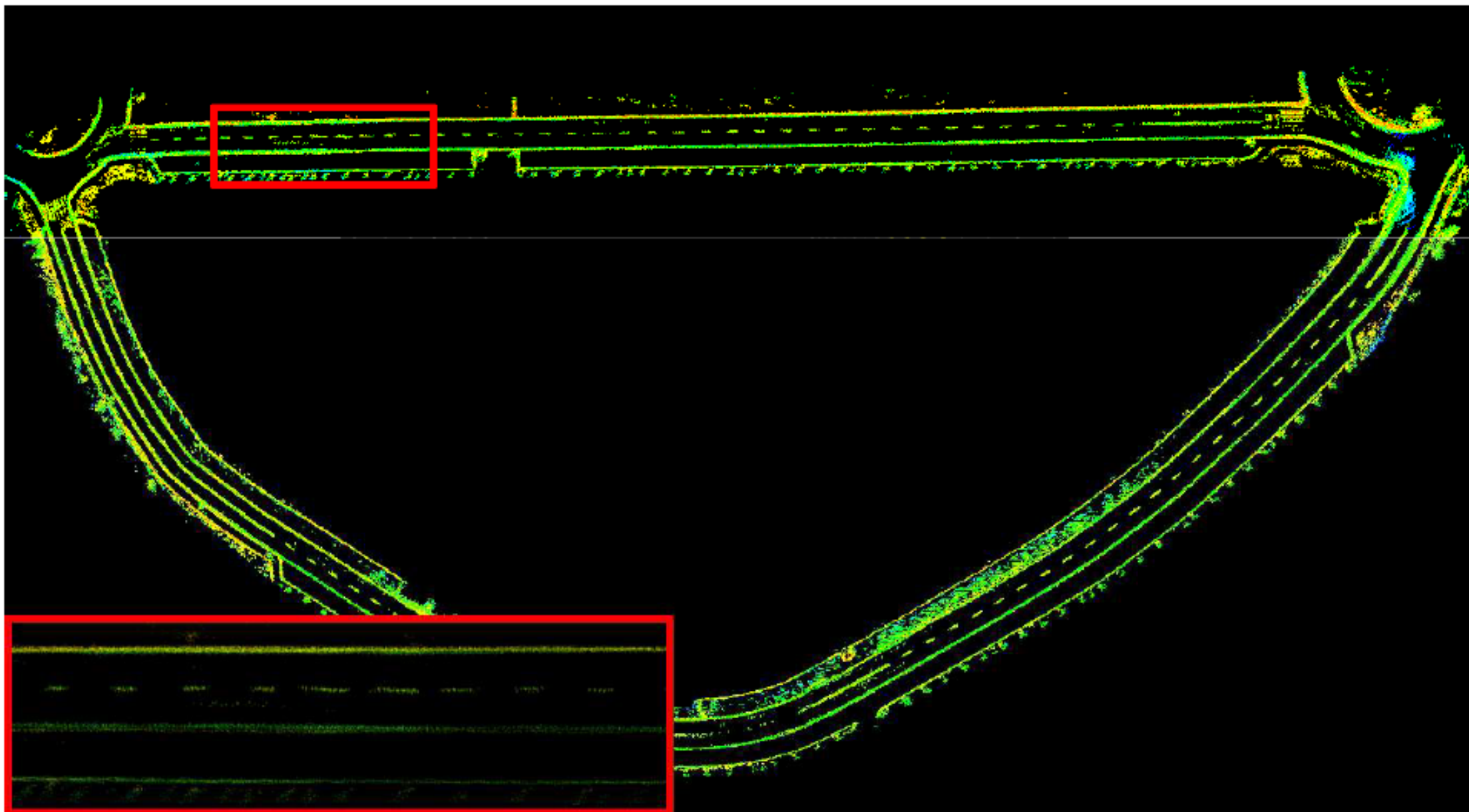


- f : focal length of a camera.
- X_A X-axis of a camera.
- Z_A optical axis of a camera.
- P real-world point
- u_L u_R left and right projections

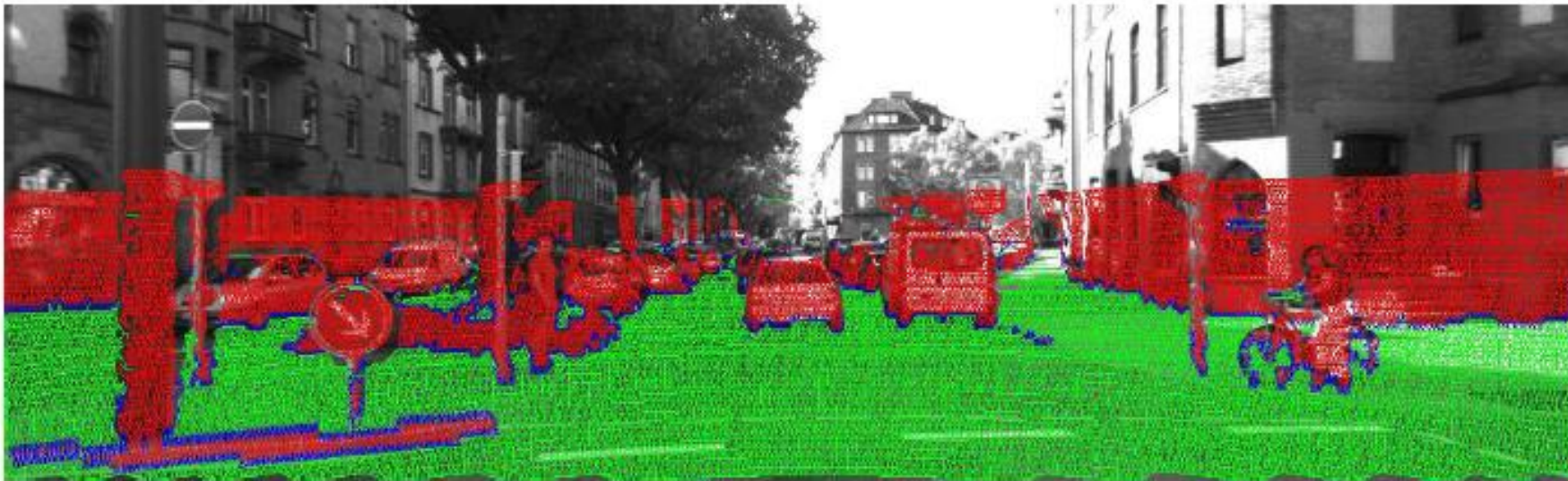
- **Software**
 - **Comportamento dinâmico**
 - **Outros motoristas**
 - **Pedestres**
 - **Objetos do entorno**
 - **Aprendizagem com experiências:**
 - Veículo lento na faixa da direita
 - Buraco ou algo estranho na via
 - Congestionamento na faixa esquerda



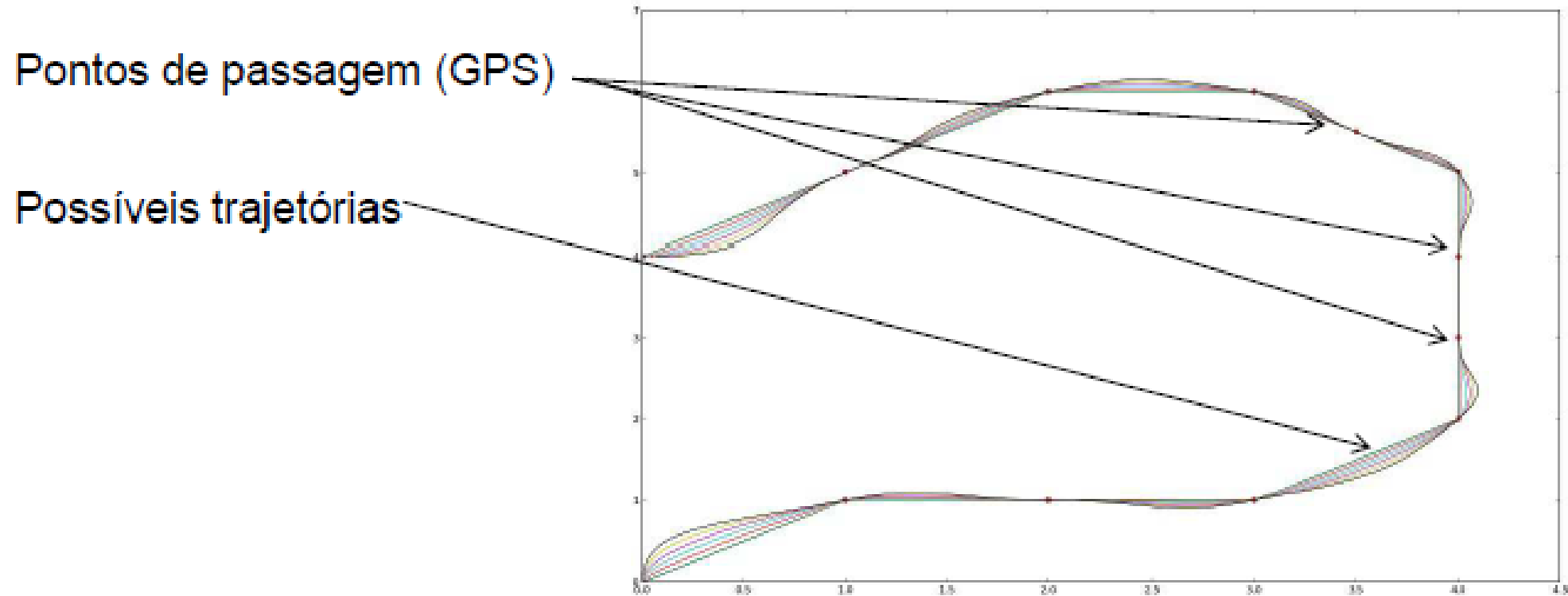
Detecção de guias e sinalização horizontal



PERCEÇÃO



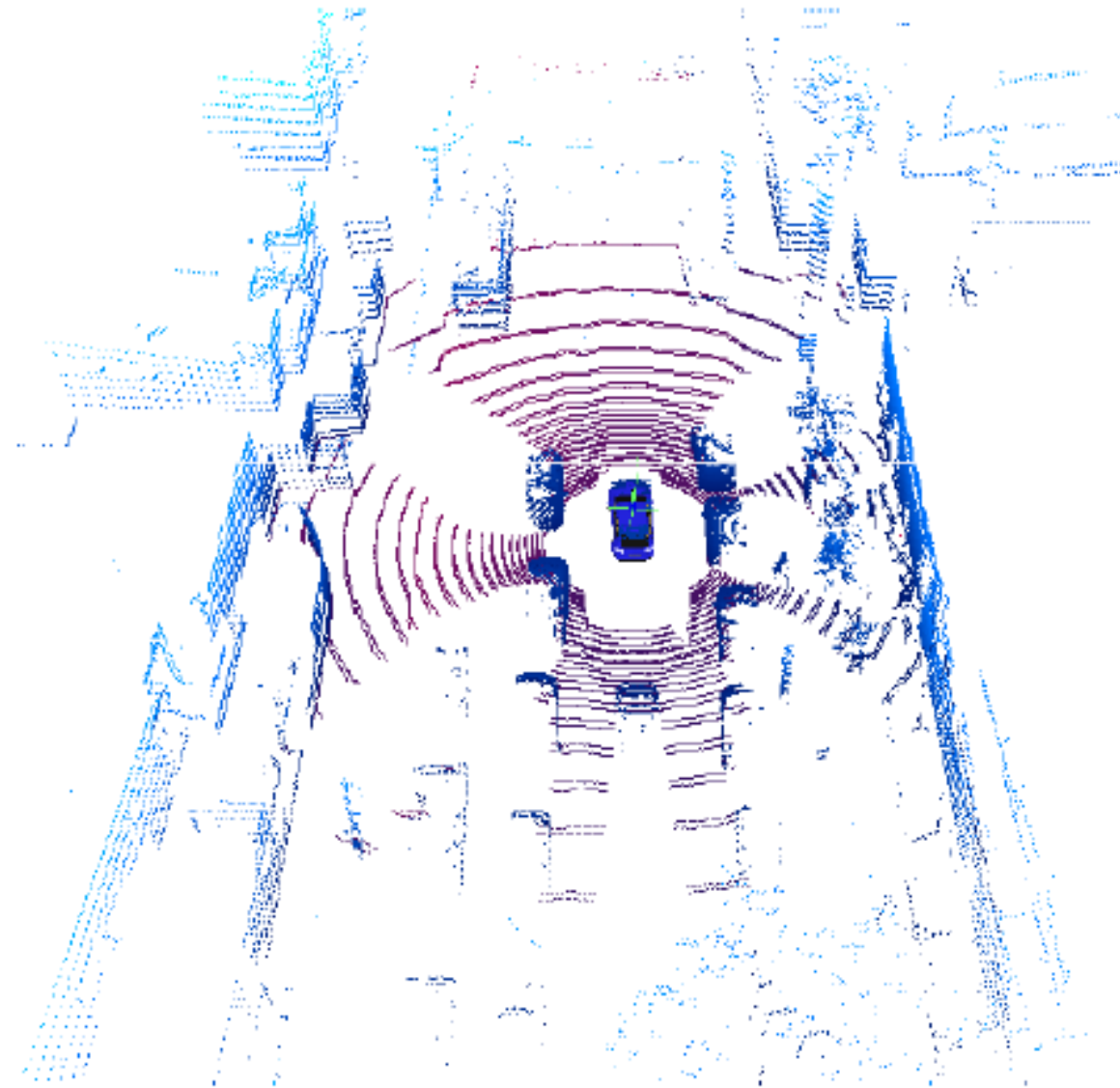
Planejamento de trajetórias



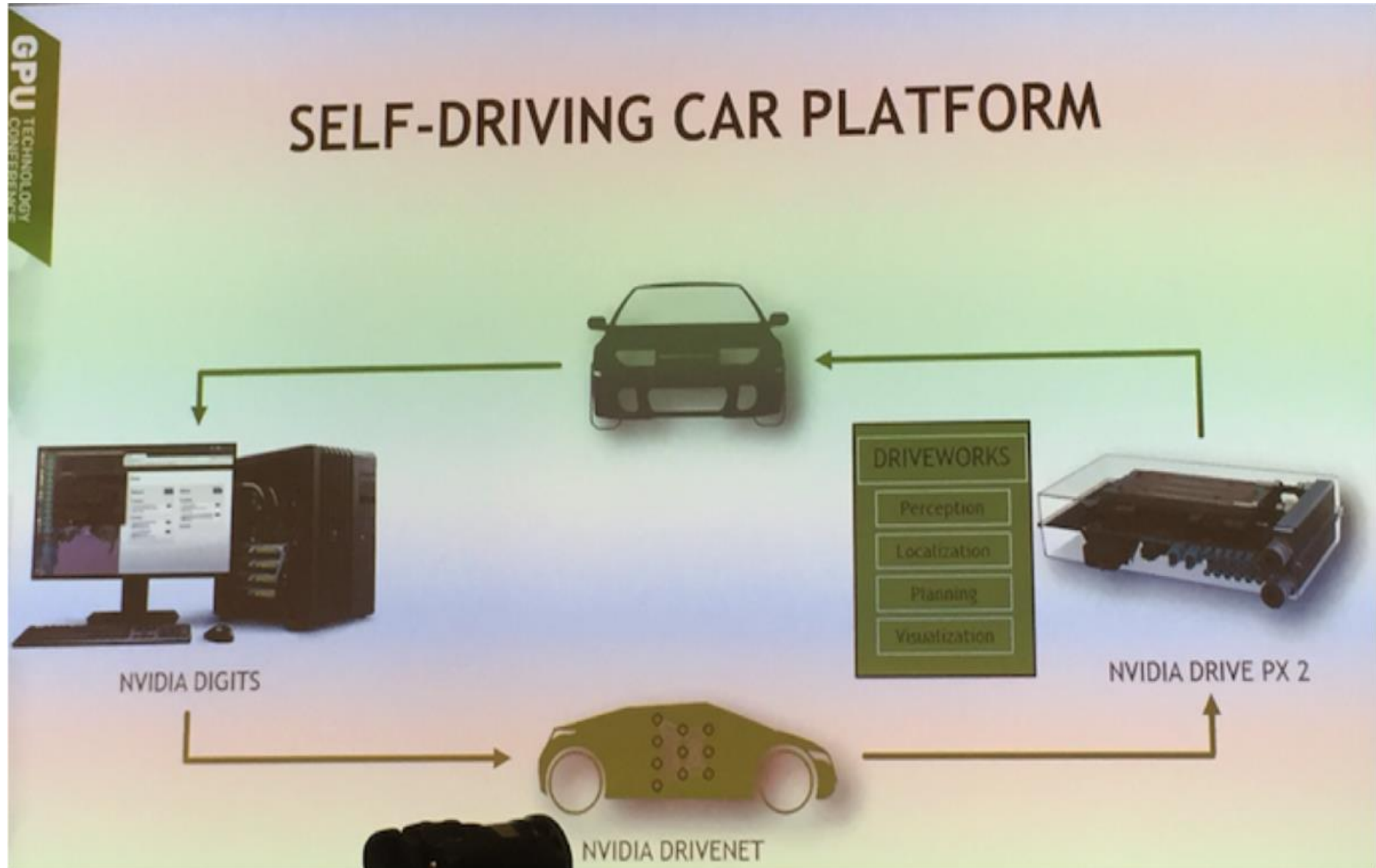
$$\mathbf{C}(t) = (1-t)^3 \mathbf{A} + 3(1-t)^2 t \mathbf{A}' + 3(1-t) t^2 \mathbf{B}' + t^3 \mathbf{B}$$

Spline de Bézier

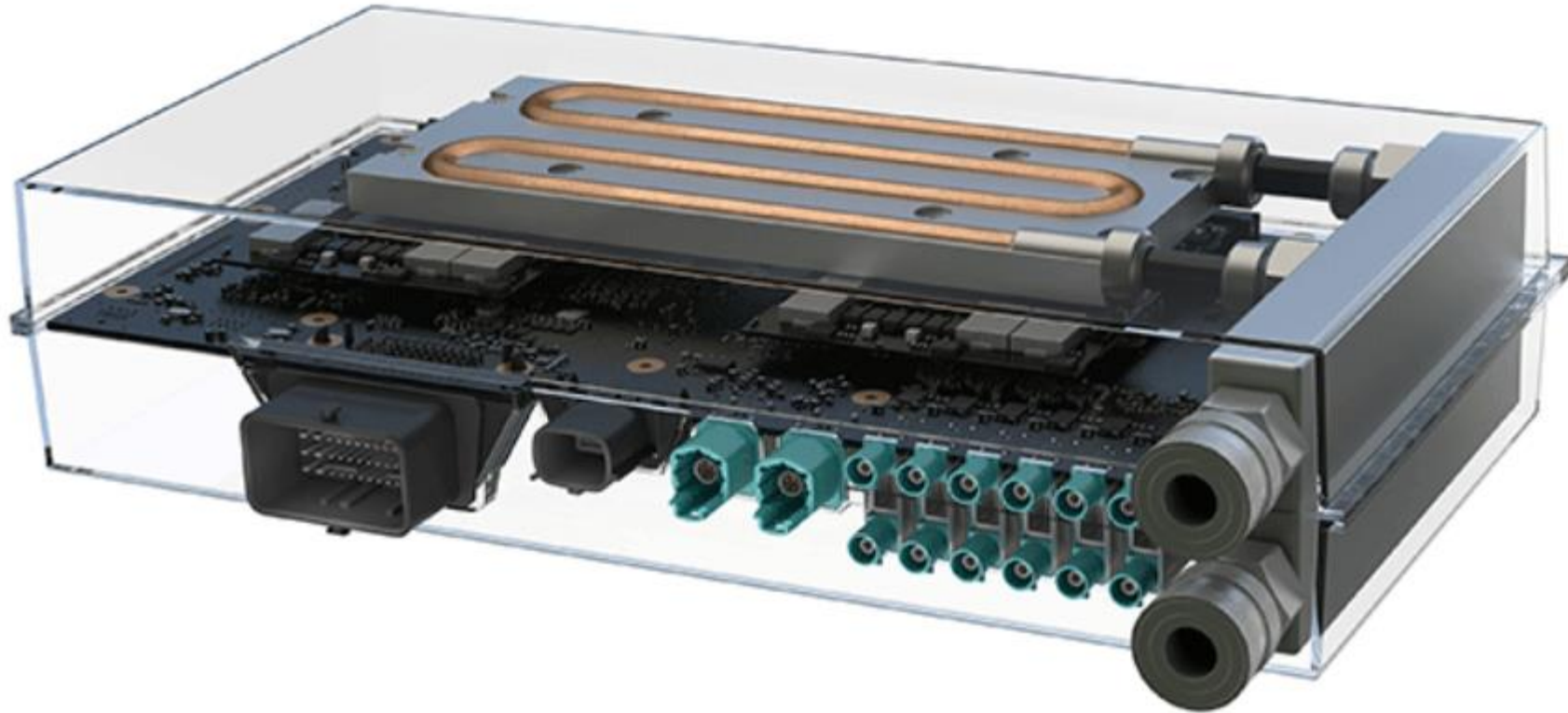
Nuvem de pontos – Sensor Velodyne



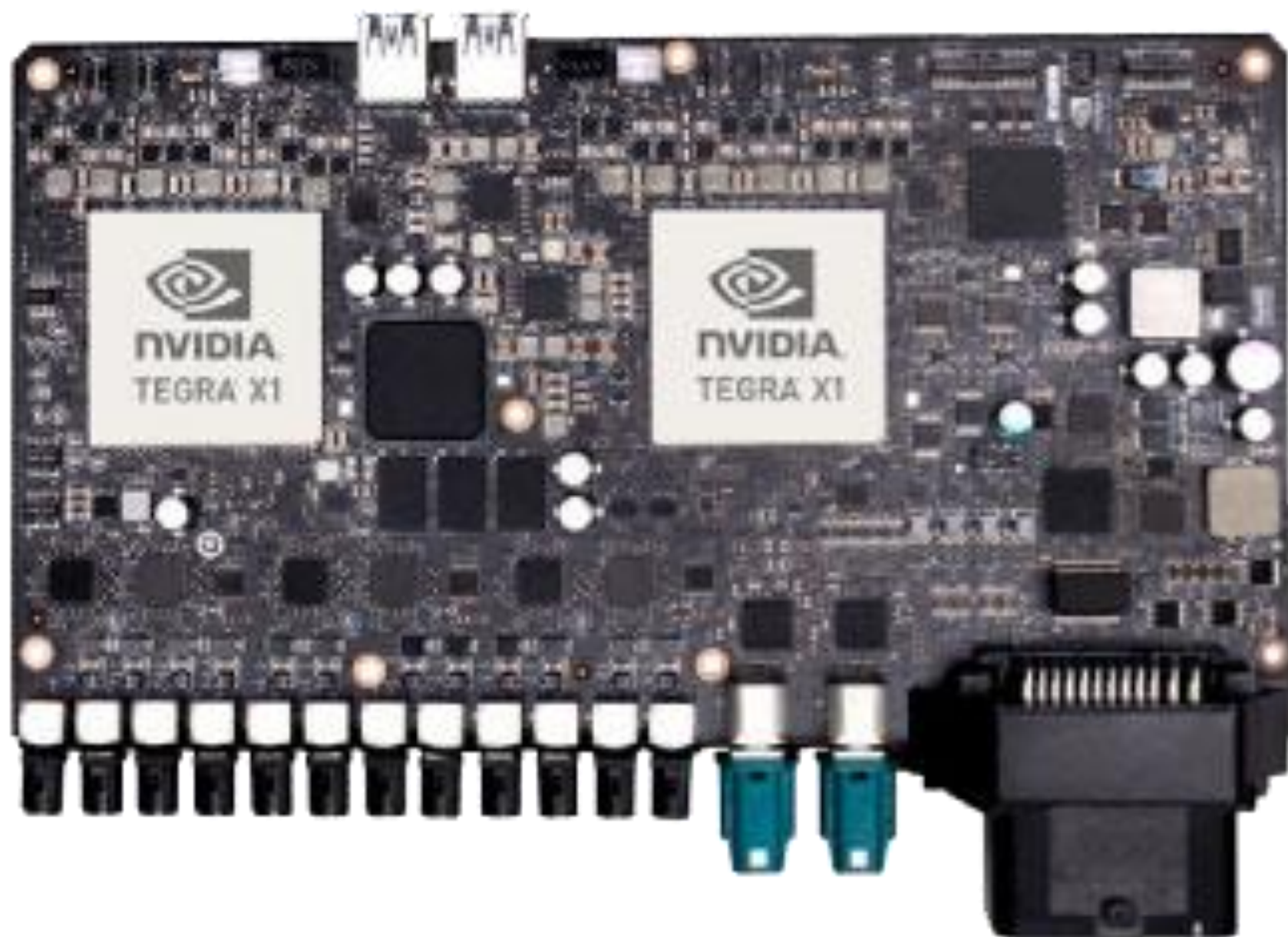
Sistema Computacional



GPU and Deep-learning platform



**Nvidia Drive PX2 – 12 CPU cores, 4 GPU, liquid-cooled,
8 Teraflops of processing power (150 x MacBook Pro)**



COMPUTATION ENGINES

24 DL TOPS, 8 TFLOPS,
High Performance CPU Complex

Dual CPU-GPU Cluster
Connected over
Gigabit Ethernet

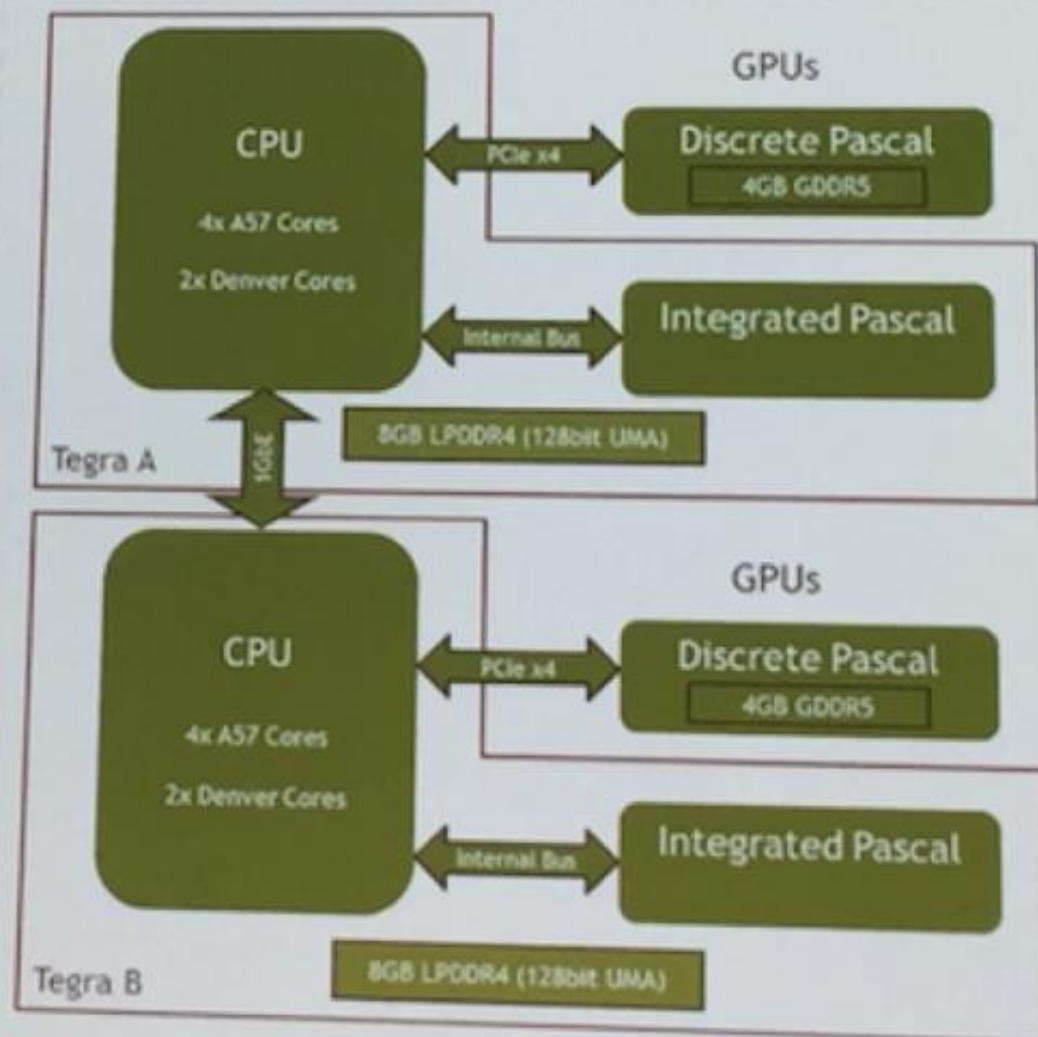
- Scalable + Redundancy Capable

Each GPU has
dedicated memory

- Independent and specialized
compute

Specialized
Instructions for
Discrete GPU

- Greatly accelerate DNN
performance



High Definition Mapping





Roborace car with Nvidia's Drive PX 2 computer

<http://www.cnet.com/roadshow/news/self-driving-race-car-series-to-use-nvidias-brains/>

IARA – Intelligent Autonomous Robotic Automobile (UFES)





HDL-32E Velodyne LIDAR

Câmeras Bumblebee

Xsens MTIG



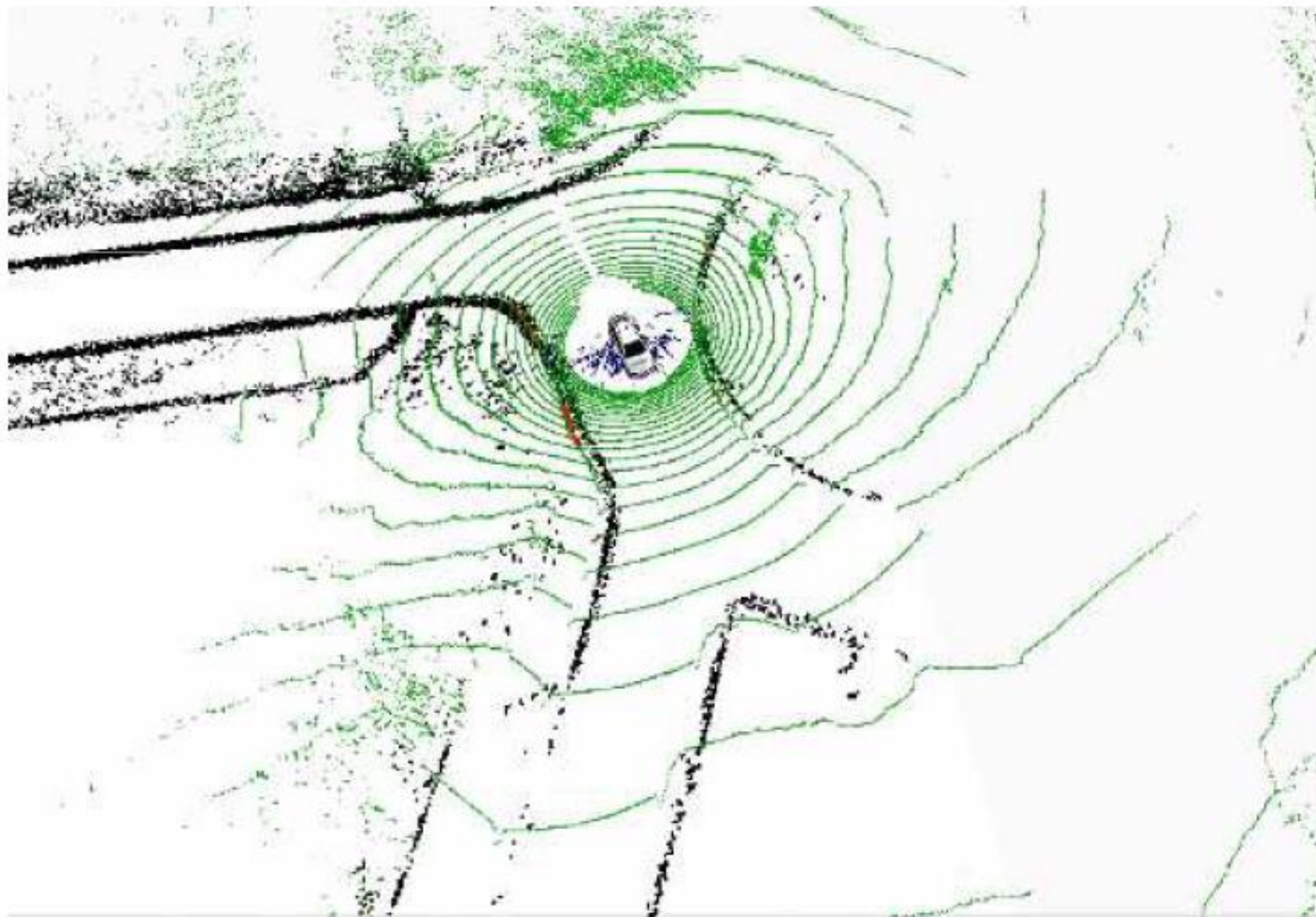
CARINA (USP São Carlos)



CARINA (USP São Carlos)



Localização





FIM