

应用全新自动驾驶模拟方案评测感知功能物理局限对自动驾驶的影响

通过高保真度场景仿真改善汽车毫米波雷达视野

Mr. Ma Jianrui, China Business Manager
Automotive and Energy Solutions
Keysight Technologies

自动驾驶等级

SAE 自动化等级



完全自动化

0

1

2

3

4

5

无自动化

驾驶员辅助

部分自动化

有条件的自动化

高度自动化

完全自动化

无自动化功能：
驾驶员执行
各种驾驶任务。

车辆由驾驶员控制，
但车辆设计中
可能会包含某些
驾驶辅助功能。

车辆具有加速
和转向等综合自动化
功能，但是驾驶员
必须始终专心驾驶，
同时注意观察
周边环境。

需要驾驶员，
但不需要观察
周边环境。
驾驶员必须
始终保持注意力，
随时准备
接管方向盘。

车辆能够在
某些条件下
执行所有驾驶功能。
驾驶员可以
选择控制车辆。

车辆能够在
所有条件下
执行所有驾驶功能。
驾驶员可以
选择控制车辆。

自动驾驶等级与环境感知传感器

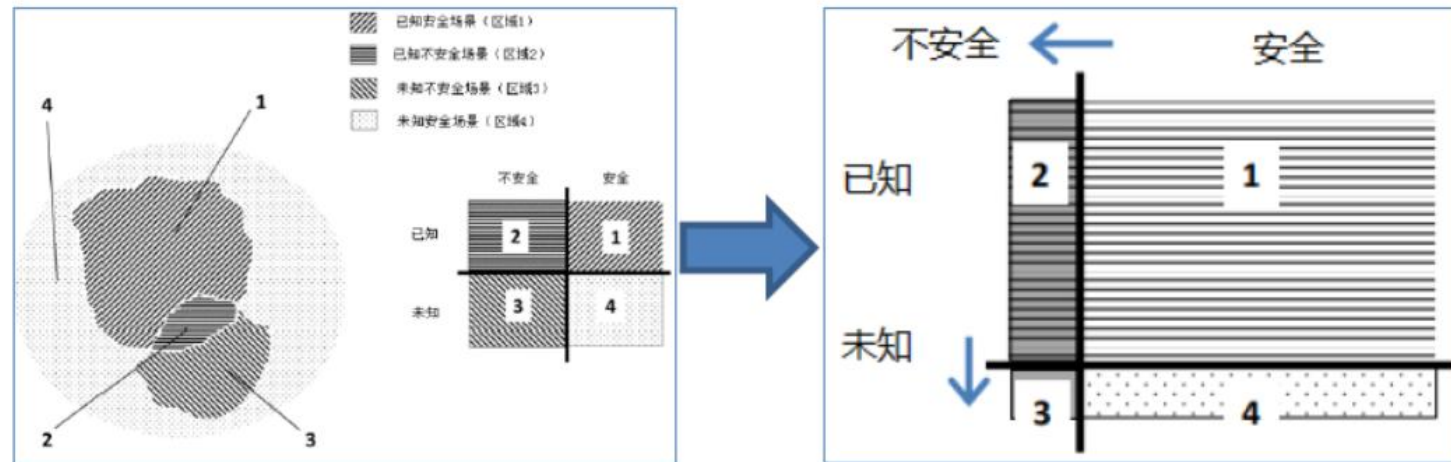
- 实现辅助驾驶/自动驾驶需要环境感知传感器的支持，包括：摄像头、毫米波雷达、激光雷达、超声波雷达、红外传感器、卫星定位、V2X等。

传感器	L0	L1	L2	L3	L4
雷达	N/A	0~3	0~5	3~6	6-20
摄像头	N/A	0~1	3~5	3~6	3-6
超声波雷达	N/A	4~8	8~12	Radar	Radar
激光雷达	N/A	0	1	2~3	3+
V2X	No	No	Some	Yes	Yes

环境传感器的功能和局限

以汽车毫米波雷达为例^[1]

- 功能：探测前方障碍物及其速度。
- 雷达的优势：
 - 环境适应性强，受天气影响小，几乎全天候，
 - 穿透力强，能够穿透雾、烟尘，有一定的透视效果。
 - 是ADAS辅助驾驶的主力传感器，价格相对低廉
- 雷达的局限：
 - 漏检：
 - 雷达对横向切入和静态目标的检测能力弱；
 - 雷达的角度分辨率低；
 - 极限角度附近的目標检测能力受限；
 - 对摩托车、自行车等小物体检测能力受限；
 - 复杂行驶环境，目标多且相互遮挡影响；
 - 盲区：
 - 雷达测量角度范围小，导致探测盲区；



引用：《预期功能安全国际标准ISO21448及中国实践白皮书》全国汽车标准化技术委员会 2020.12.31

[1] 参考：

- 《CAICV智能网联汽车预期功能安全场景库建设报告 发布版 2020.12》
- 《自动驾驶测试场景技术发展与应用》，中国汽车技术研究中心有限公司 冯屹 王兆 /2020-04-29 /机械工业出版社

在实验室中加入真实传感器的影响，如何测试？

- 基于场景技术的测试方法测试验证自动驾驶、高级辅助驾驶系统：

→ 在实验室环境中进行大规模虚拟场景测试- Verification

→ 通过道路测试完成最终验证- Validation

软件在环



使用传感器总线数据注入方式进行基于理想传感器模型的虚拟场景测试。

- 存在的问题：

在软件在环（SiL）没有加入真实传感器的影响，需要通过硬件在环（HiL）将真实传感器的真实物理局限性考虑进来。

硬件在环



使用 HiL 进行集成测试

- 存在在的问题：

目前的 HiL 系统缺乏真实感，只能提供很有限的场景覆盖，不能充分评测真实传感器的物理局限性引入的安全风险：

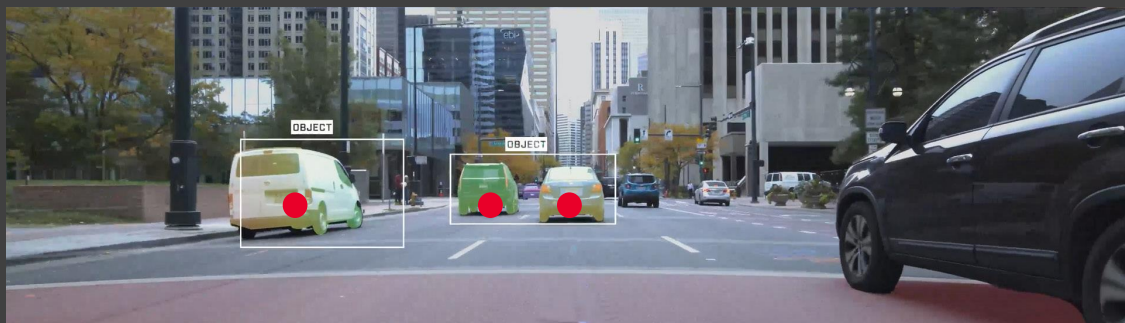
- 只能模拟有限数量的目标和视场 → 场景细节遗漏，无法覆盖复杂交通场景
- 有限的近距离目标测试能力 → 较大盲区无法完整覆盖紧急制动场景
- 目标分辨率不高 → 场景细节缺失

道路测试



需要一种允许在实验室中搭载**真实传感器**在尽可能逼近**真实环境**的场景下进行**可重复测试**的解决方案

从目标模拟到场景模拟



目标模拟：模拟有限方向的数十个雷达目标物体

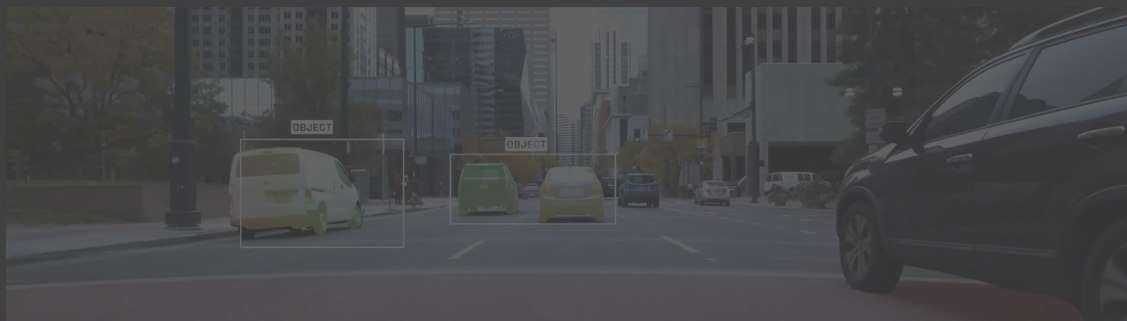


Scene Emulation: Model hundreds of radar targets

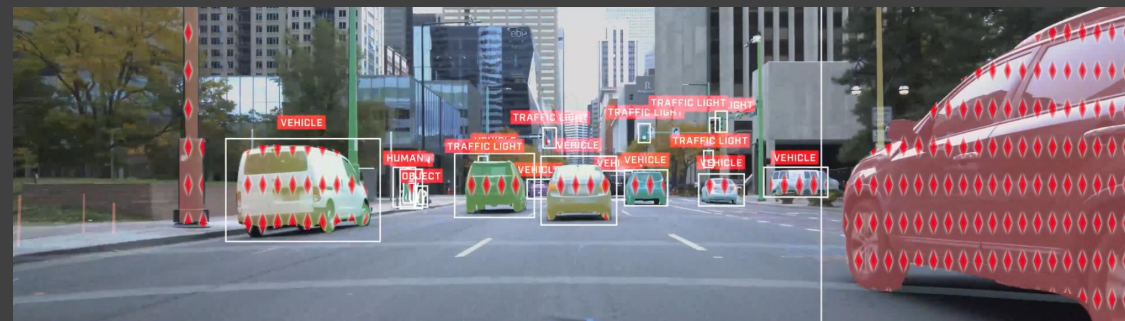
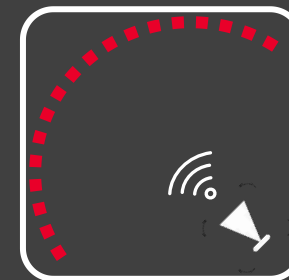
现实情况

- 雷达目标模拟器 (RTS) 只能模拟几个目标
- 每个目标只有 1 个回波

从目标模拟到场景模拟



Target Simulation: Model tens of radar objects



场景模拟：模拟数百个雷达回波

- 512 个“像素”（Rixel）构建一个宽的弯曲屏幕
- 每个“像素”可独立调整物体的距离、速度和回波强度
- 一组“像素”协同工作以模拟物体动态运动（从远到近，横向运动等）

典型用例——主动巡航控制 ACC

更宽的视场 FOV， 提供远超32个交通目标

为了充分感知和适应各种场景，自动驾驶系统需要时刻能检测所有目标……

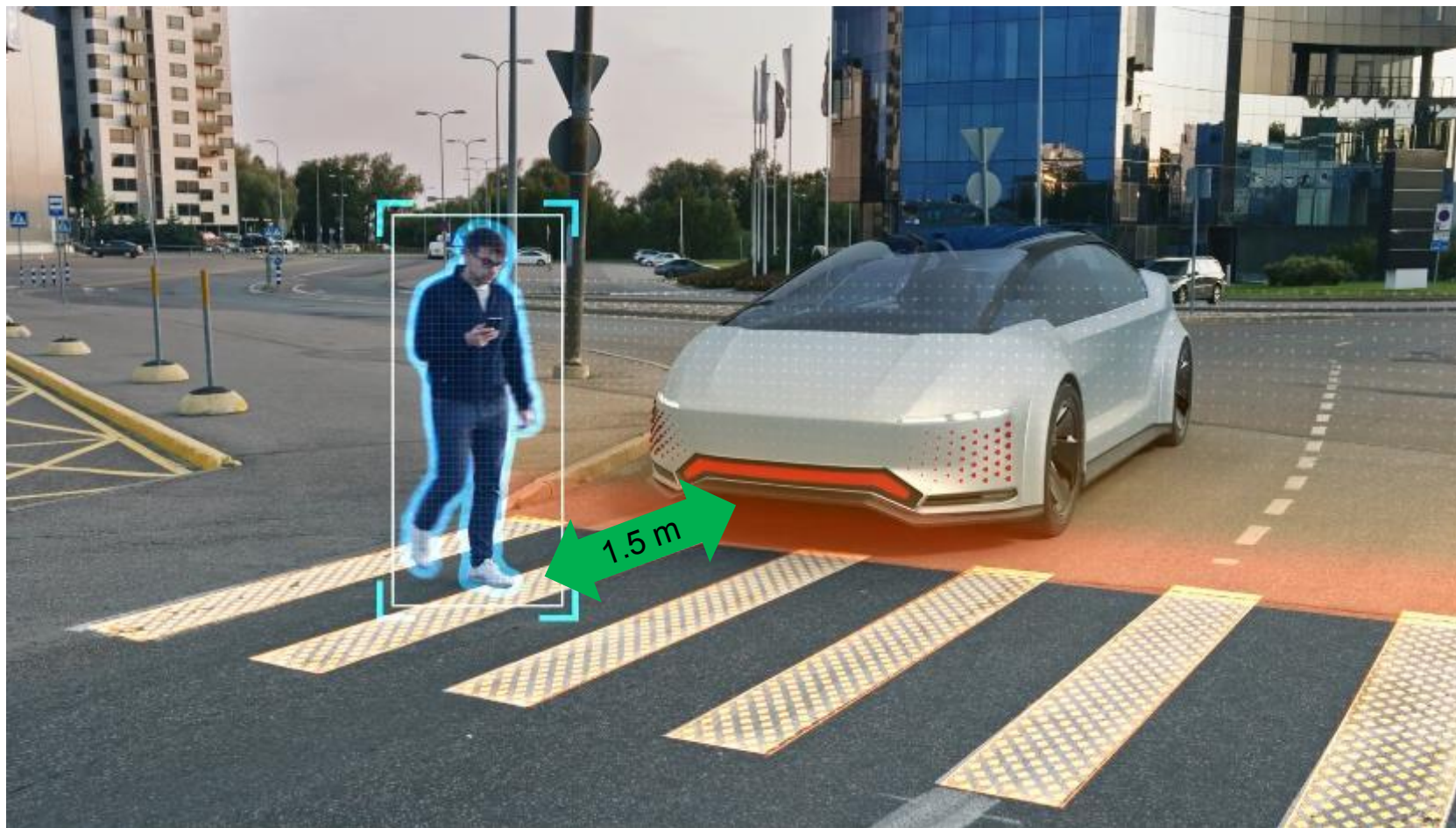


... 当有许多目标同时在视野内、彼此靠近（窄到达角）或者在视场边缘时，才能考察到雷达的实际性能水平。

典型用例——紧急制动 AEB

对靠近车辆的行人的探测

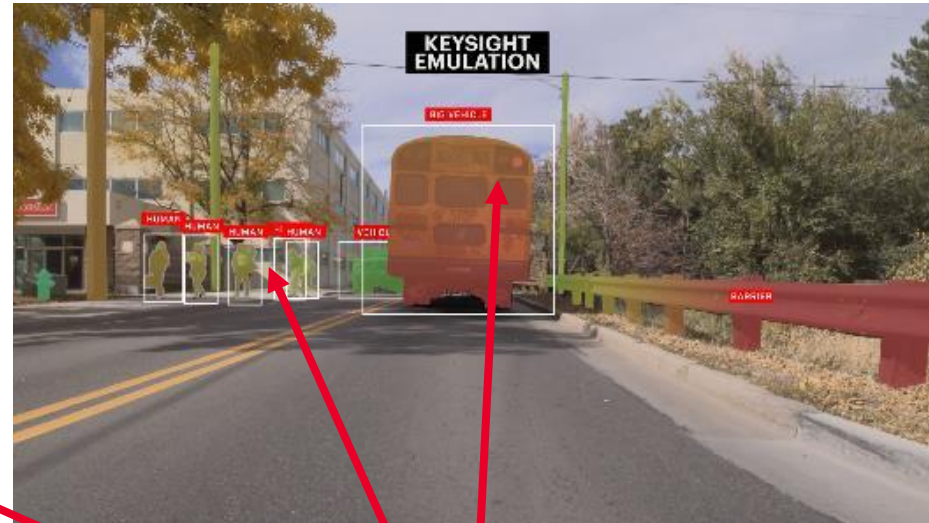
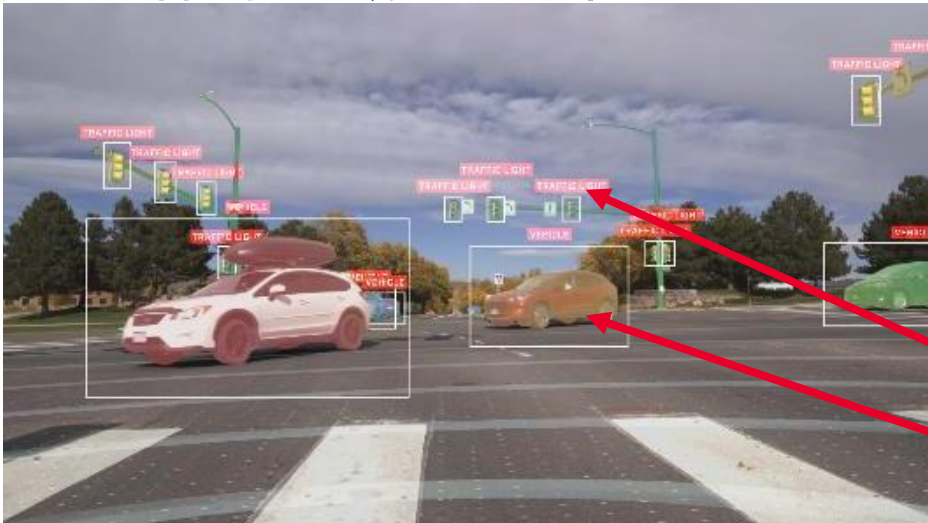
在实验室中测试自动测试算法如何处理 2 米内的意外目标，



... 在真实道路上碰到类似场景可能需要很长一段时间!

典型用例 – 垂直方向目标分辨

使用 4D 雷达在垂直方向上进行检测



拥有全图视野意味着彻底掌握周围的环境.....包括物体的高度和多层道路上的交通情况。

一个实际的场景就是当雷达检测到有物体从天桥经过时，应该能探测出这是另一条道路上的目标移动，而**不应该**采取紧急刹车

是德科技雷达场景仿真器覆盖强制测试场景和更多典型测试场景

可用于测试基于雷达的 ADAS/AD 功能

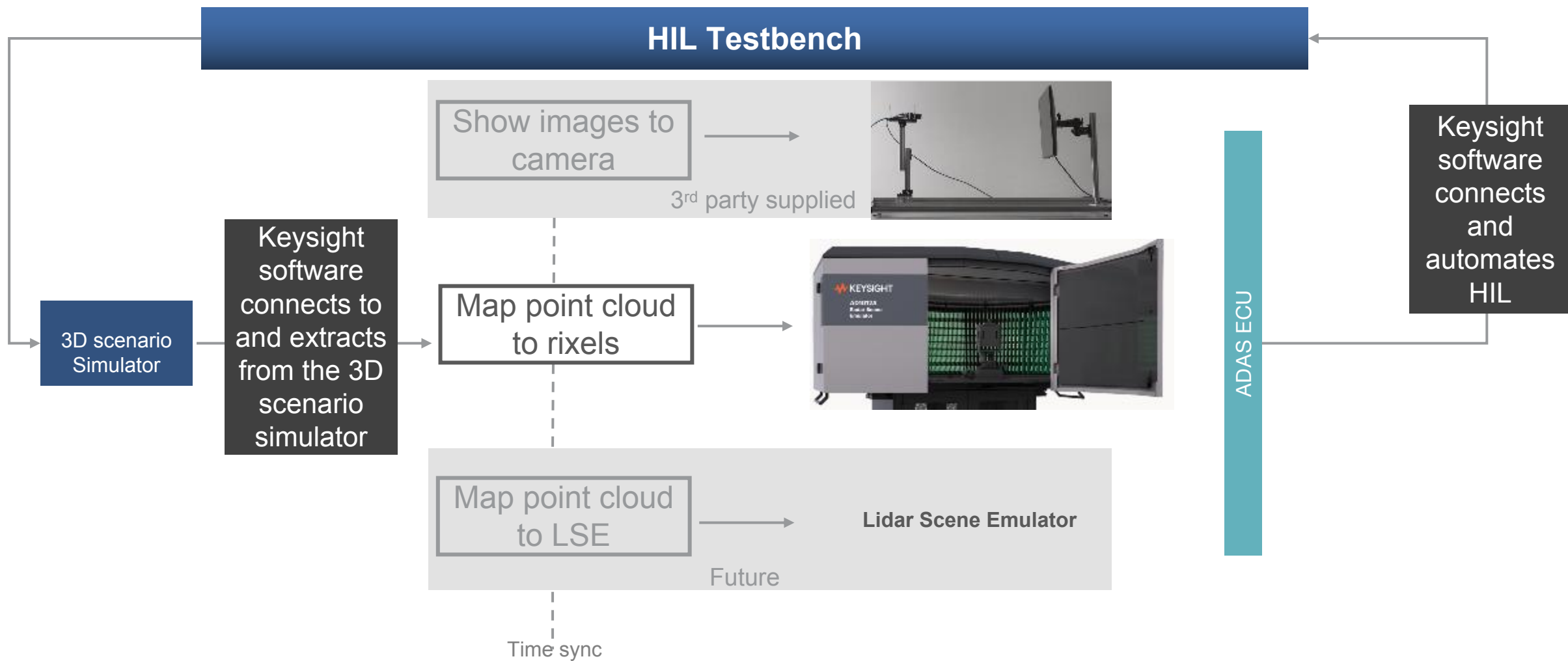
C-NCAP 2021 增加主动安全部分	N-CAP/NHTSA 2022.03	常见的基于雷达的ADAS功能测试
<ul style="list-style-type: none">增加了车辆自动紧急制动系统 (AEB) 的试验场景, 增加对两轮车骑行者的保护性的考核;增加了车道保持辅助系统 (LKA) 试验及评价方法;增加了对于车道偏离报警系统 (LDW)、盲区监测系统 (BSD)、速度辅助系统 (SAS) 的审核项目及技术要求	<ul style="list-style-type: none">收紧现有推荐清单中的ADAS测试标准<ul style="list-style-type: none">forward collision warning (FCW)lane departure warning (LDW)crash imminent braking (CIB)dynamic brake support (DBS)增加对弱势交通参与者的保护<ul style="list-style-type: none">lane-keeping supportpedestrian automatic brakingblind spot detectionblind spot intervention	<ul style="list-style-type: none">前向碰撞预警(FCW)车道偏离预警(LDW)车道保持辅助(LKA)主动巡航控制(ACC)规避转向辅助(ESA)两侧来车警告(CTA)盲点检测(BSD)后方自动刹车(RAB)

更多典型场景和边缘场景的功能和测试。

- 复杂的城市场景, 包含公共汽车、小轿车、行人、电动滑板车和摩托车
- 孩子跑到小区的街上
- 汽车评测立交桥的高度
- 动物在白天跑到道路上
- 动物在夜间跑到道路上
- 在双车道乡村道路上驾驶车辆
- 驾驶时有摩托车经过
- 路上的椅子 (或其他意外障碍物)

Keysight 提出的自动驾驶模拟器测试方案

多传感器在HIL 测试中可实现时间同步



是德科技雷达场景模拟器

与真实世界一样复杂的实验室测试场景。

技术规格

频率范围	76-81 GHz
射频带宽	4 GHz
范围	1.5 – 300 m
速度	±400 km/h
目标数量	512
方位视场	±70 °
仰角视场	±15 °



是德科技简史



1939–1998:
惠普岁月

一家以电子测量创新为基础的公司



1999–2013:
安捷伦科技岁月

从惠普分拆出来，安捷伦成为世界首屈一指的测量公司

2013年9月，宣布分拆电子测量业务

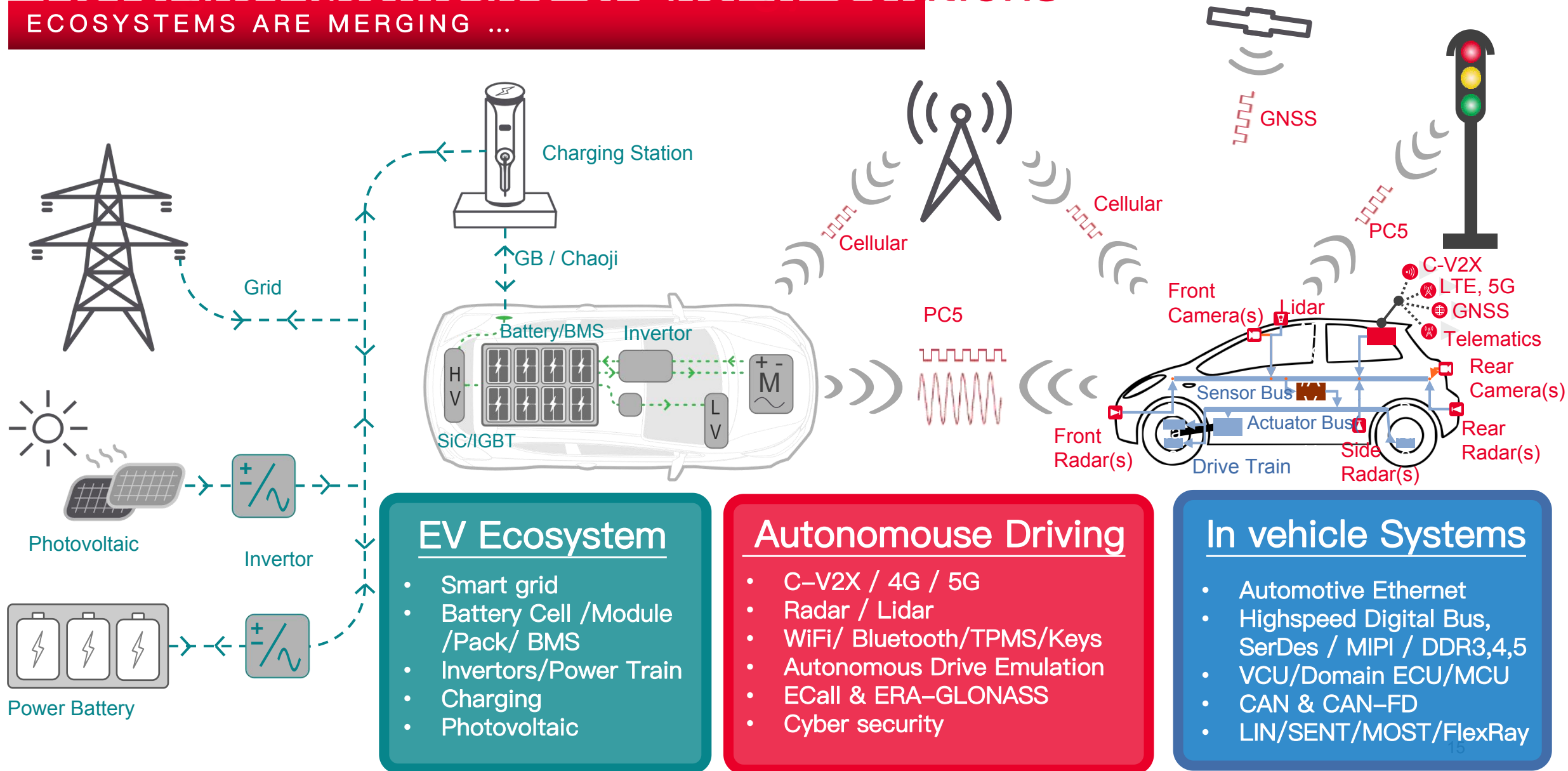


2014+:
是德科技岁月

11月1日，是德科技成为专注于电子测量行业的独立公司

Keysight Automotive & Energy Solutions

ECOSYSTEMS ARE MERGING ...



EV Ecosystem

- Smart grid
- Battery Cell /Module /Pack/ BMS
- Invertors/Power Train
- Charging
- Photovoltaic

Autonomous Driving

- C-V2X / 4G / 5G
- Radar / Lidar
- WiFi/ Bluetooth/TPMS/Keys
- Autonomous Drive Emulation
- ECall & ERA-GLONASS
- Cyber security

In vehicle Systems

- Automotive Ethernet
- Highspeed Digital Bus, SerDes / MIPI / DDR3,4,5
- VCU/Domain ECU/MCU
- CAN & CAN-FD
- LIN/SENT/MOST/FlexRay

