



一种可扩展的先进驾驶辅助系统和自动驾驶方法

ABiresearch
THE TECH INTELLIGENCE EXPERTS™

James Hodgson, 研究总监

目录

- 引言..... 1
- ADAS和主动安全..... 3**
 - 安全评级机构的核心作用 3
 - 技术影响..... 4
- 有人监督自动驾驶..... 6**
 - 2+级 6
 - 技术影响 - 360度感知和高性能计算..... 7
- 无人监督自动驾驶..... 9**
 - 3级和4级 9
 - 技术影响 — 感知、处理和软件中的冗余 11
- 结论..... 14**
 - 可扩展性与重用性 15

引言

汽车行业正与人工智能、高性能计算、地图绘制和位置智能领域的主要供应商合作，大力投资于辅助驾驶和自动驾驶的开发和部署。一系列广泛的应用要么将为驾驶员提供辅助，帮助驾驶员更安全地驾驶、代替驾驶员执行某些任务，或最终通过整个驾驶过程的自动化完全取代驾驶员。

每个自动驾驶应用都结合了一组特定的功能和一定程度的驾驶员脱离，即在一定程度上由驾驶员负责的前提下进行纵向和横向自动化的组合。这里所说的驾驶员负责是指，可能需要驾驶员进行持续监督，或者也可能允许驾驶员“脱手”、“脱眼”或“脱脑”，具体取决于系统的架构。

一个极端是主动安全系统，其设计用于仅在特殊情况下通过警告或减轻碰撞的操作辅助驾驶员，并保持驾驶员完全控制；而另一个极端是无人驾驶汽车，将完全取代驾驶员执行所有驾驶任务，实现驾驶员完全脱离，达到无需人类驾驶员的程度。

图1：自动驾驶应用 – SAE J3016标准中的功能/介入组合

(资料来源：ABI Research)



从消费者的角度来看，这些功能/监管组合在价值、成本和对个人出行体验的整体影响方面似乎有着根本的不同。然而，从架构的角度来看，这些应用共享一套通用的支持技术，通过添加额外的组件，以在更全面的自动驾驶汽车实现中实现更多功能，并提高冗余度。

因此，汽车行业应该采取可扩展的方法来实现他们的主动安全、半自动驾驶和全自动驾驶应用。在不同功能/脱离组合之间最大限度地重复使用组件将为市场带来以下好处：

- **降低成本：** 由于无需为每个自动驾驶应用构建一个新平台，使用一套通用的支持技术来支持主动安全、有人监督自动驾驶和无人监督自动驾驶，使得在短期机会（ADAS和2+级）中获得的更高销售量能够使长期应用（高度自动驾驶和无人驾驶）变得更为可行。
- **规模化和经验积累：** 同样，将通用组件部署到ADAS、有人监督自动驾驶和无人监督自动驾驶中，可以在短期、高销量机会中获得大量经验，为无人监督自动驾驶的未来成功部署奠定基础。

ADAS和主动安全

汽车行业短期内最大的机会是先进驾驶辅助系统(ADAS)，它通过识别障碍物和危险情况来辅助驾驶员，并辅助驾驶员避免碰撞。在大多数情况下，这涉及使用主动传感器来检测和分类道路使用者，确定是否可能发生碰撞，并采取主动措施，如自动刹车或自动转向。

安全评级机构的核心作用

公平竞争环境

一般而言，汽车制造商通常不会通过安全性来区分。这反映了消费者的普遍态度，即每辆汽车都应该在最先进技术允许的情况下尽可能安全。因此，典型车辆的安全规范由法规和准法规推动。例如，欧洲GSR 2法规要求从2022年7月起的所有新车型和从2024年起的所有新汽车都要配备一定数量的ADAS功能，包括自动紧急刹车(AEB)、智能车速辅助系统(ISA)和驾驶员疲劳和注意力警告(DDAW)等。

在正式法规之外，安全评级机构的关键工作对汽车安全方面产生了“准法规”的效果，并在过去10年中证明在推动主动安全的采用方面非常有效。这些机构履行两项重要职能：

- **标准化测试和评分：**通过将每个原始设备制造商的ADAS置于一组通用的测试条件下，无论汽车制造商或品牌如何，消费者都可以保证一定程度的性能。
- **安全性传达：**通过使用5星安全评级或最高安全评价为某些ADAS的配置评分，安全评级机构有效地向消费者传达了主动安全的价值，推动了其采用。

路线图和应用趋势

在不同地区的新车碰撞测试组织（NCAP）/公路安全保险协会（IIHS）中，引入新的测试协议并在安全评分中反映这些测试的性能的具体路线图各不相同。然而，总体而言，安全测试领域的以下趋势正在塑造ADAS/主动安全市场：

- **检测更多的道路使用者：**尽管最初的ADAS系统在检测其他车辆方面非常有效，但ADAS测试路线图已经发展，以更好地测试ADAS系统检测其他道路使用者（如自行车和行人）的能力。
- **更加真实的测试场景：**最初的测试协议在能见度良好的日光条件下测试车辆。越来越多地在夜间进行测试将提高ADAS在现实条件下的有效性。
- **车内监测：**除了使用主动传感器识别车辆外部的危险，NCAP和IIHS的路线图越来越多地奖励使用主动传感器检测和缓解车辆内部危险的系统。典型的应用包括疲劳和驾驶员分心检测，以及检测被意外遗留在锁定车辆中的儿童。

- **超视距和非视距(NLOS):** 尽管大多数ADAS依靠主动传感器进行视距(LOS)危险检测, 但未来安全评级机构的路线图越来越多地奖励使用蜂窝连接和广播V2X等非视距(NLOS)技术识别视野范围之外和拐角处的危险的系统。

技术影响

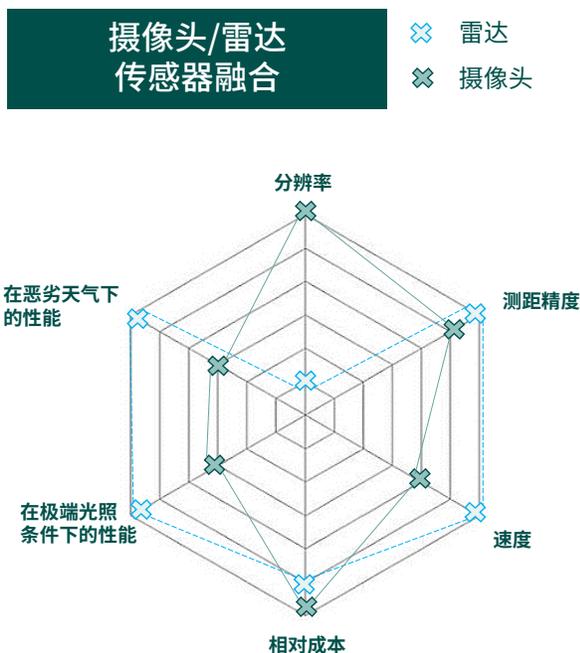
虽然安全评级机构制定了测试协议来奖励能够成功检测和缓解特定事故场景的ADAS, 但他们采用的是技术中立的策略, 允许汽车制造商在采购ADAS解决方案时从各种竞争性的替代方案中进行选择。然而, 汽车行业已经开发出了能够以可扩展且经济实惠的方式提供所需性能的技术解决方案。

摄像头/雷达传感器融合和立体视觉

为了对各种潜在障碍物进行稳定可靠的检测、识别和测距, 汽车制造商通常采用两种感知方法中的一种。最广泛采用的方法是摄像头/雷达传感器融合, 两种传感器模态的对比优势能够提供更可靠的感知。CMOS摄像头传感器成本较低, 提供丰富的语义洞察力, 以帮助进行物体分类, 并通过使用光流分析和运动结构, 还可以通过非概率方法提供深度输入。然而, 在极端光照和恶劣天气条件下, 摄像头传感器可能会遇到困难。相比之下, 雷达传感器分辨率相对较低, 但在影响摄像头性能的相同情况下仍能继续正常工作。雷达传感器还提供诸如距离和相对速度等有用的输入。

图2: 摄像头/雷达传感器融合

(资料来源: ABI Research)



在提供高性能ADAS方面证明有效的另一种方法是立体视觉，它利用立体视觉构建环境的3D模型，方式类似于人类使用双目视觉确定深度和距离。这种方法实现了一种计算效率极高的方式，提供了实现可靠障碍物检测和避免碰撞所需的语义、距离和速度洞察力。

图3： 立体视觉ADAS性能， Subaru Eyesight

(资料来源：NCAP)

2021 - Rating → ABOUT 2021 RATING

Make & Model	Safety Equipment	Overall rating				
Subaru Outback	Standard	★★★★★	88%	89%	84%	95%
Polestar 2	Standard	★★★★★	93%	89%	80%	83%
Genesis G80	Standard	★★★★★	91%	87%	77%	91%
Nissan Qashqai	Standard	★★★★★	91%	91%	70%	95%
Mercedes-EQ EQS	Standard	★★★★★	96%	91%	76%	80%
VW ID.4	Standard	★★★★★	93%	89%	76%	85%

高效、低内存占用计算

由于汽车制造商通过主动安全实现差异化的途径有限，成本效益是关键。为此，汽车制造商通常选择独立/专用计算来提供必要的处理、图像信号处理、安全性和汽车级设计。特别是，将主动安全所需的功能安全负担限制在专用SoC中的能力已经帮助汽车制造商限制了与主动安全相关的成本。

有人监督自动驾驶

2+级

SAE J3016将2级自动驾驶定义为“.....为驾驶员提供转向和刹车/加速度辅助.....”，驾驶员必须“持续监督”。对于大多数2级自动驾驶汽车，这种纵向和横向辅助的组合通常以两个不同的ADAS系统同时运行的形式呈现，例如，自适应巡航控制系统通过与前车保持安全距离来提供纵向辅助，而独立的车道保持辅助系统通过使车辆保持在行车道内来提供横向辅助。

越来越多的原始设备制造商将提供协调的纵向和横向辅助的2级系统推向市场，利用最初为3级和4级系统设计的计算平台和软件来提供更具吸引力的消费者体验。

在实际应用中，可以将许多功能定义为“为驾驶员提供转向和刹车/加速度辅助”。例如：

- 自动变道操作
- 自动驶入高速公路出口或匝道
- 自动超车操作以保持高速公路上的目标速度，有或无驾驶员介入
- “脱手”城市化驾驶，在市中心复杂的多主体环境中行驶

如果这些功能在人类驾驶员的持续监督下执行，根据SAE J3016的定义，这些部署可以被指定为2级自动驾驶，尽管它们提供了比典型的ACC和LKA组合丰富得多的体验。

将多种自动化功能与驾驶员持续监督结合起来的半自动驾驶应用在汽车行业被称为“2+级”或“2.5级”自动驾驶应用，这一定义在SAE J3016中并不存在，但它传达了对驾驶员责任的强调，同时仍提供比迄今为止部署的传统2级系统多得多的功能。

给汽车制造商和供应商带来的优势

对于汽车制造商及其供应商来说，2+级趋势有许多优势：

- **满足当今的监管环境：**在全球范围内，制定无人监督自动驾驶的监管框架一直是一个漫长的过程。虽然一些地区现在正开始制定无人监督自动驾驶汽车的类型批准和保险流程，但整体前景仍然复杂，汽车制造商将在可预见的未来应对不同市场的不同要求。相比之下，汽车制造商可以在现有监管环境的框架内在全球部署2+级系统。
- **最大限度降低品牌风险：**即使在无人监督自动驾驶责任认定的正式法规生效的地方，汽车制造商仍然担心他们的品牌与车辆在无人监督的情况下行驶时可能发生的任何事故相关联。即使调查得出的最终结论认定另一道路使用者为过错方，但在此期间备受瞩目的事故对品牌完整性造成的影响可能会在许多原始设备制造商中产生一定程度的风险规避。保持人类驾驶员在驾驶过程中的中心地位，同时通过2+级功能为他们提供辅助，有助于规避风险的原始设备制造商在未来试水自动驾驶。

- **尽可能降低物料清单成本(BOM):** 与较高级别的自动化（即无人监督）相关的大部分物料清单成本来自于引入冗余传感器和处理器，以取代缺席驾驶员的角色。例如，激光雷达(LiDAR)、成像/高清雷达和双AV SoC。让驾驶员保持介入意味着与冗余相关的先进技术是不必要的（因为人类驾驶员提供了这种冗余）。这使得2+级部署的成本效益在中短期内要高出许多。随着时间的推移，一些额外的传感器技术，特别是成像/高清雷达，预计将被引入2+级系统，以进一步提高其安全性。与通常受安全评级机构测试协议影响的主动安全系统不同，2+级系统的成功将取决于它们的实际性能，这为未来的成像/高清雷达提供了机会。

总体而言，2+级策略利用了有人监督自动驾驶相对较低成本、较低风险和更广泛的法规适应性，从而推动自动驾驶汽车的革命。原始设备制造商及其供应商和合作伙伴已经投资了数十亿美元进行自动驾驶汽车技术的开发，但在无人监督自动驾驶和无人驾驶汽车领域几乎没有实质性的成果。2+级将交付支持技术的中短期出货量，从而降低利用相同支持技术的3级和4级部署的成本。

给消费者带来的优势

对于消费者而言，2+级现象代表了对传统2级系统的重大升级，传统2级系统经常受到高度受限的运行设计域(ODD)的阻碍，并在特定速度范围之外或当道路曲率超过特定角度时会停止运行。通过利用最初打算在高度自动驾驶汽车中部署的软件，原始设备制造商可以提供一种比消费者以前使用过的自动驾驶更具吸引力的有人监督自动驾驶形式。

技术影响 – 360度感知和高性能计算

利用摄像头/雷达传感器融合实现360度感知

在特殊情况下，主动安全先进驾驶辅助系统(ADAS)在单一维度上提供辅助。例如，AEB提供纵向辅助，而BSD和LKA提供横向辅助。相比之下，2+级系统是“领航”系统，旨在持续提供大范围的纵向和横向驾驶辅助。

为了提供这种一体化的纵向和横向辅助，2+级系统需要覆盖整个道路环境的360度感知。通常，与主动安全实现相同的原因，摄像头传感器通常由雷达传感器支持，两种传感器的对比优势实现互补。然而，由于驾驶员在持续监督系统的运行，因此无需激光雷达或成像/高清雷达等额外的冗余传感器。

表1: 自动驾驶汽车传感器套件, SAE 2至5级

(资料来源: ABI Research)

制造商	车型	系统	SAE级别	摄像头	长距离雷达	中距离雷达	激光雷达	US
奔驰(2016)	E Class	智能领航	2	2 (立体视觉)	1	4	0	4
奥迪(2018)	A8	AI Traffic Pilot	3	5 (1个长距离1摄像头、4个短距离摄像头)	1	4	1 (Valeo SCALA)	4
尼桑(2016)	Rogue, Serena	ProPILOT	2	1	0	0	0	0
尼桑(2019)	Skyline, Q50	ProPILOT 2.0	2+	7	5	0	0	12
特斯拉(2019)	Model 3	Autopilot 3.0	2+	8	1	0	0	12
Mobileye (2021)	吉利车型 (Geely, Polestar, Smart)	SuperVision	2+	11	1	0	0	0
奔驰(2022)	S Class	智能领航 (DRIVE PILOT)	3	2 (立体视觉)	1	4	1	4
通用(2021)	Cruise	Cruise	5	16	11 (5个长距离摄像头、4个中距离摄像头/广角摄像头)	10 (全部短距离摄像头)	5	0
Mobileye / Luminar (2022 - 2025)		Full-stack	4/5	11	6		3 (SWIR ToF)	0
Zoox		Full-stack	5	14	10		8	0
Mobileye (2025-)		Full-stack	4/5	11	6个高清雷达		1 FMCW	0
蔚来(2023)	ET7/ET5	NAD	L2+ NOA	11	1	0	1	12
蔚来(2023)	EC6/ES8	NAD	L2+ NOA	11	1	0	1	12
小鹏(2023)	G6/P7i/G9	XNGP	L2+ NOA	11	0	2	1	12
理想汽车(2023)	L9/L8/L7 Max	AD Max	L2+ NOA	11	1	0	1	12
华为问界 (2023)	M7/M5	Huawei ADS2.0	L2+ NOA	11	1	0	1	12
SAIC IM Motors (2023)	LS6	IM AD2.0	L2+ NOA	11	0	1	1	12

高性能计算

主动安全系统通常依靠高能效的精益计算, 在尽可能最小的成本和计算功耗范围内提供确保最高安全评级或遵守当地ADAS法规所需的功能。相比之下, 2+级系统不仅需要更高的计算性能来支持各种驾驶功能, 而且往往还需要超出销售点功能的必要范围的额外处理能力, 以便能够在销售后交付新的2+级应用。

这一点尤其重要, 因为2+级系统的订阅业务模式非常普遍, 在这种模式下, 消费者需要支付月费或年费来维持对2+级功能的使用权限。在这种商业模式中, 最大限度地减少客户流失并为消费者保持价值至关重要, 而定期提供新功能是留住消费者并让消费者为2+级订阅付费的最佳策略。这一战略反过来要求原始设备制造商在ADAS/AV处理领域以过剩计算能力的形式为市场提供发展“空间”, 从而创造了售后变现的新机会。

通常，2+级系统的软件内容包含更多的人工智能和神经网络，要求大多数2+级SOC中包含神经网络加速IP。这通常采用GPU核心、FPGA或更定制的ASIC或加速器核心的形式，最佳SoC构成由AV部署者的软件路线图决定。

这些2+级计算平台比通常用于主动安全的离散智能传感器更为集中，但在实际应用中，市场可能仍然会同时使用一些离散的计算集群和一个高性能SoC。在某些情况下，这将采取在中央SoC内融合之前预处理传感器数据的形式，但也适用于一些倾向于驻留在专用计算上的应用，如自动泊车。

驾驶员监控系统

由于驾驶员在所有2+级应用中发挥着持续观察者的关键作用，大多数原始设备制造商在其2+级系统中配置一个强大的驾驶员监控系统，以确保驾驶员持续观察外部环境。基于摄像头的驾驶员监控对于确定视线方向和驾驶员姿势至关重要。

高清地图和位置智能

数字地图具有丰富的属性信息，可以帮助车辆在行车道内更好地定位，即使在没有可见车道线的情况下，也可以帮助车辆在繁忙的十字路口顺利穿行。即使摄像头传感器受到极端照明或遮挡标志的影响，交通标志车道相关性和道路标志语义内容等特定AV属性也可以在理解当地道路限制方面与主动传感器相辅相成。

总而言之，与ADAS/主动安全系统相比，2+级应用需要更高比重的摄像头和雷达传感器来实现360度感知，需要更高的计算能力来提供更多功能和未来更新空间，需要驾驶员监控来确保在自动驾驶系统和人类驾驶员之间保持平衡，并且还需要具有特定AV属性的位置智能/地图。

无人监督自动驾驶

3级和4级

在3级和4级系统中，人类驾驶员能够脱离驾驶过程。在3级自动驾驶实现中，这种脱离只是部分脱离，驾驶员在驾驶过程中可以“脱手”和“脱眼”，但如果3级应用不能在道路情况中安全地行驶，驾驶员需要能够恢复控制，并有合理的时间接管控制权。如果驾驶员未能响应接管控制请求，车辆必须能够执行风险最小的操作，将车辆带到安全状态（例如，停在路边）。

相反，4级系统能够完成运行设计域内的所有驾驶任务，无需人类驾驶员的任何介入、监督或干预。

虽然从消费者价值的角度来看，这两种实现（3级和4级）存在很大的不同，但从支持技术角度来看，它们在2+级架构上都有相同的额外要求，即冗余。随着人类驾驶员的脱离，无论是在感知还是处理方面，他们的监督角色都必须由基于技术的替代品取代。

无人驾驶出租车和无人驾驶商用汽车

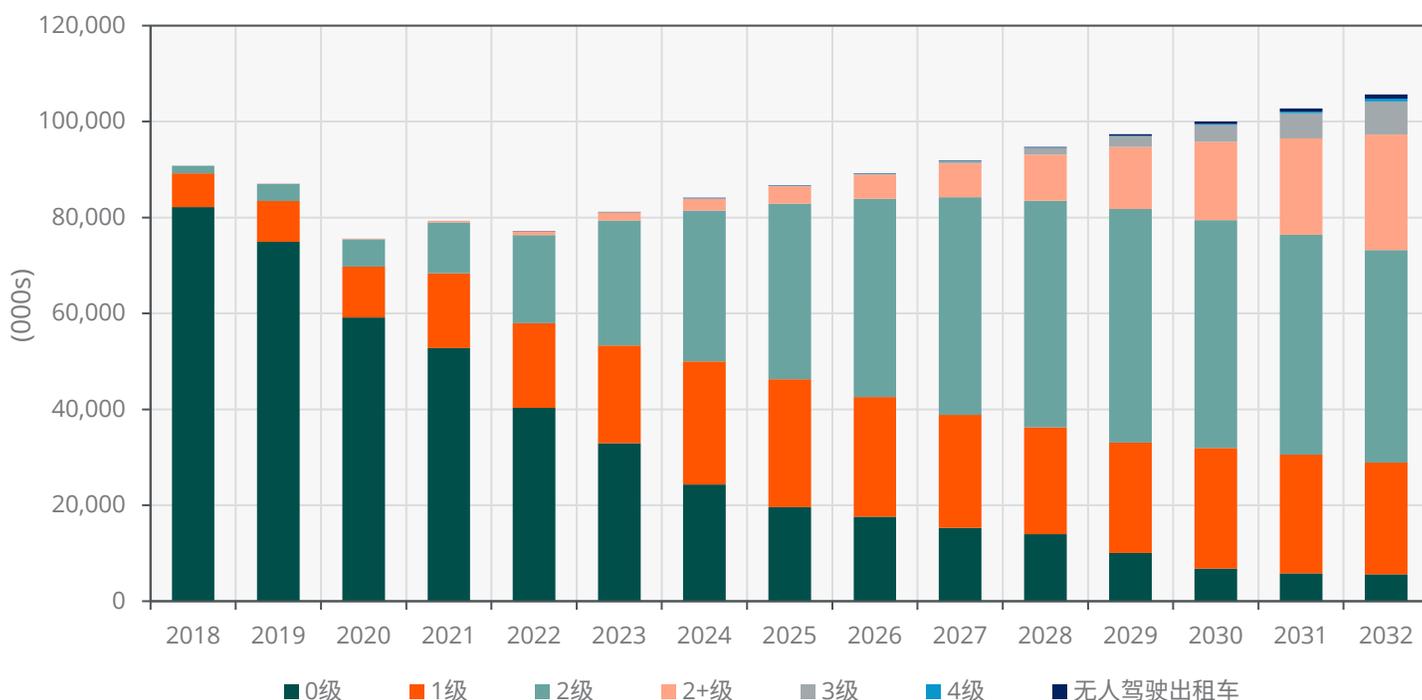
虽然4级自动驾驶汽车配备了更高比重的AV技术，但它们的中短期销量预计将与乘用车市场中部署的2+级和3级应用处于不同的量级。事实上，全自动无人驾驶汽车将部署在无人驾驶出租车环境中，车队运营商将部署尽可能少的车辆来满足出行需求。

用于辅助在公共道路上进行人员运输的无人驾驶汽车部署仍然非常有限，并且在立法发展到适应大规模引入无人驾驶汽车之前，预计将继续保持这种状态。然而，商用车辆的使用案例预计在短期内将从无人驾驶操作中受益，原因有以下几点：

- **明确的商业案例：** 无论是为了弥补驾驶员不足问题，还是为了减少由于驾驶员失误造成的损失，在车队环境中建立商业案例都更容易。
- **非公路：** 许多商用车辆用例可以在非公路环境中实现全自动驾驶操作，与复杂的城市环境相比，这是一个更容易实现的机会，复杂的城市环境具有多种易生危险且有时不可预测的因素。在货场和其他受控的私人环境中编组、移动拖车和重新定位资产可以在相对容易的环境中交付企业价值。

表1： 世界市场中的新车出货量（按SAE级别）：2018年至2032年

(资料来源：ABI Research)



技术影响——感知、处理和软件中的冗余

为了取代人类驾驶员的监督作用，3级和4级部署中的自动驾驶汽车感知系统需要测距、速度和语义洞察力方面的冗余。两种特定的传感器模式将为基于摄像头的机器视觉提供补充——高清/成像雷达和激光雷达。

高清/成像雷达

多年来汽车领域已采用雷达为ADAS感知提供支持。虽然该模式因其与摄像头传感器的正交性以及光线和天气不佳情况下的可靠性能而受到重视，但传统配置存在诸多缺点。

- **更高的仰角/垂直分辨率：**若垂直轴上的分辨率较低，则难以确定障碍物的高度，因此很难区分静止的车辆和静止的道路设施，如悬垂的门架或道路标志。
- **更高的方位角/水平分辨率：**若角度分辨率差，则难以区分道路上的不同主体，例如车辆和行人。通常无法检测到横穿车辆行驶路径的过街行人，也很难区分场景中的其他主体。
- **最小化旁瓣/误报：**雷达传感器辐射图主瓣旁边存在光栅瓣，导致多重误报。这又是由当前汽车雷达芯片组内有限的通道数量造成的。在实际应用中，很难区分反射性较低的物体（如行人）的真实反射和反射性较高的相邻物体（如停放的卡车）的旁瓣。

解决上述所有缺点的方法是向收发器阵列添加更多的虚拟通道。这是通过增加物理射频(RF)通道（发射(Tx)和接收(Rx)）的数量来实现的，因此，即通过典型的多输入多输出(MIMO)技术大幅增加虚拟通道的数量来实现。

这些新一代雷达收发器产生的数据量远远高于目前水平，这就要求新一代雷达处理系统能够处理新的数据量，并支持分辨率大幅提高带来的新应用，如地图绘制。

案例研究：Arbe Robotics

Arbe成立于2015年，专注于高清雷达收发器、处理器和平台的开发。为了增加其新一代雷达技术中的Tx和Rx通道数量，Arbe利用Global Foundries的22 FDX/22纳米FDSOI CMOS工艺，在其RFIC芯片组中提供24个输出通道和12个输入通道，同时保持了每个通道的低成本。这些物理通道可以支持2000多个虚拟通道，提供1°方位角（水平）和2°仰角（垂直）的角度分辨率以及300米的测距范围。为了处理如此大量的数据，Arbe开发了一种雷达处理单元(RPU)，将嵌入式信号处理算法集成到其基带中。这使得处理芯片能够容纳48Rx和Tx通道，同时将功耗降至最低。

案例研究: Continental ARS540

2020年9月,领先的一级汽车雷达模块供应商 Continental发布了新一代4D雷达设备——ARS540,用于解决雷达传感器的遗留缺点。ARS540具有12个TX通道和16个RX通道,是上一代旗舰雷达模块ARS430天线通道数量的1.75倍。因此,ARS540能够提供192个虚拟天线通道,大大提高了方位角和仰角分辨率。实际上,该系统具备准确的高度估算能力,可以检测悬垂的标志和隧道顶部,具备足够的角度分辨率以区分复杂城市环境中的道路主体(例如,大型停放车辆旁边的摩托车)和检测不可逾越的地面障碍物。

为了提供处理数量增加八倍的虚拟通道所需的计算性能,Continental选择使用AMD公司的Zynq™ UltraScale+自适应SoC,其利用16纳米技术创建基于雷达的点云,可以在距离、速度、方位角和仰角4个“维度”上满足性能需求。与上一代Zynq 7000自适应SoC相比,Zynq UltraScale+ SoC提供了20倍的原始数据处理能力和10倍的目标跟踪能力。

激光雷达

自“DARPA自动驾驶挑战赛”(DARPA Grand Challenges)以来,激光雷达一直是自动驾驶汽车原型样车感知套件的重要组成部分,并一直在无人监督自动驾驶部署中发挥重要作用。在过去15年的持续发展中,激光雷达技术的核心原理已经发生了多次迭代,其利用红外线对物体进行测距,以足够的分辨率进行物体分类。激光雷达解决方案的一些不同技术选项包括:

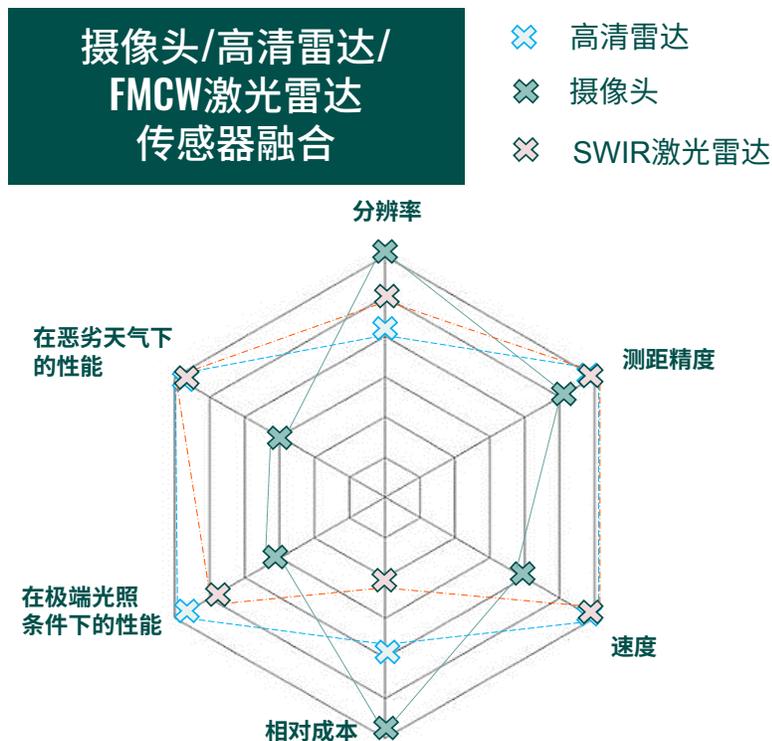
- **脉冲/飞行时间(ToF)与调频连续波(FMCW)对比:** 在Pulse/ToF配置中,以固定频率发射单独的光脉冲,通过测量反射的响应时间来确定不同点的距离。然后利用算法来识别和跟踪物体,分类和测量速度等。较新的替代方案是FMCW激光雷达,其工作原理与传统汽车雷达相同。这种新一代激光雷达技术并非以固定频率发送短激光脉冲,而是调制连续发射的激光频率。将发射波和反射波的频率与基准振荡器进行比较能够实现距离测量和速度测量。
- **NIR与SWIR对比:** 大多数激光雷达解决方案采用近红外(NIR)发射器(800纳米至905纳米),这种方法使其能够使用已经大规模采用并受益于规模经济的常见激光技术。然而,这种波长可以穿透人眼视网膜,因此在NIR波长范围内的激光器的输出功率受到严格的法规限制,进而限制了NIR激光雷达的应用范围。而1400纳米以上的SWIR波长则不能穿透人类角膜,可以实现更高的输出水平,因此应用范围更广。
- **扫描:** 最初的激光雷达利用大型旋转镜扫描场景中的发射光,这种方法导致了较大的磨损。可使用数字MEMS镜和光学相控阵光束控制技术作为替代方案。

总体来说,激光雷达不仅提供距离测量、速度测量,并且在光线和天气条件不佳情况下提供相对可靠的性能,同时还提供物体分类、语义分割和自由空间检测所需的分辨率。因此,激光雷达被视为无人监督自动驾驶中必不可少的第三传感器模态或“第三视角”。

最后，最近有一个有趣的动态，特别是在大中华区等竞争激烈的电动汽车市场，越来越多汽车制造商使用激光雷达作为其他传感器的补充，甚至在2+级平台，以区别于采用“仅使用摄像头”策略的热门电动汽车制造商。

图4：摄像头、高清雷达和激光雷达传感器融合

(资料来源：ABI Research)



高性能计算

无人监督自动驾驶需要比2级自动驾驶更高水平的计算性能。首先，高清/成像雷达和激光雷达均为采用计算密集型算法的高分辨率传感器，可实现测距、测速、物体分类、语义分割和地图绘制等功能。因此，添加多个高清/成像雷达和激光雷达传感器需要更高的计算性能。

此外，配置双重计算资源，确保能够在出现错误时保证性能，确保平稳的故障处理或通过执行最小风险的操作使车辆返回至安全状态，这一点非常重要。

因此，总体趋势将是，其比在有人监督自动驾驶汽车中性能更强大、更具异构性且更集中。同样，将在使用具有数据预处理功能的智能传感器和在集中式模块内提取原始数字数据之间取得平衡。

案例研究：AMD Zynq UltraScale+ MPSoC

AMD (XA) Zynq™ UltraScale+™ MPSoC 7EV和11EG设备提供高度可编程的容量、性能和I/O功能，支持高速数据聚合、预处理和分发，以及针对2+级到4级自动驾驶的计算加速。这些设备提供超过650,000个可编程逻辑单元和近3,000个DSP切片；与上一代设备相比，其性能提升了2.5倍，比Zynq-7000自适应SOC的系统级性能功耗比提高了5倍。XA 7EV配有一个视频编解码器单元，用于H.264/h.265编码和解码，而XA 11EG包括32个12.5Gb/s收发器。它们得到了该公司新的统一软件平台——Vitis™的支持，使开发人员能够利用硬件适应性。因此，除Continental ARS540 4D成像雷达平台外，AMD (XA) Zynq UltraScale+ MPSoC也被用于各种ADAS应用。最近发布的一些功能包括Subaru（前视主动安全摄像头(Forward Camera)）、Denso（激光雷达）和Aisin（Surround View、自动泊车辅助功能(Automated Park Assist)）等。百度阿波罗(Baidu Apollo)在XA Zynq UltraScale+ MPSoC (XAZU5EV)上运行。Pony.ai也在其AV平台中使用了AMD技术。随着这些高性能设备的加入，AMD为1级到4级系统提供了处理灵活性和可扩展性。

随着人工智能(AI)在新一代先进传感器中发挥越来越重要的作用，AMD将通过其新一代Versal™ AI Edge系列来满足日益增长的AI性能要求。

结论

图5： 驾驶员脱离对传感器和计算要求的影响

(资料来源：ABI Research)

	ADAS	PILOT	
	主动安全	有人监督	无人监督
			有人为干预 无人为干预
SAE级别	1-2级	2+级	3级 4级
驾驶员介入	注视前方、保持警觉、手握方向盘	注视前方、保持警觉、脱手	脱眼、保持警觉、脱手 脱眼、脱脑、脱手
传感器	摄像头/雷达传感器融合、立体视觉	360°、摄像头、雷达传感器融合	360°、摄像头、雷达传感器融合、多个激光雷达、高清雷达 360°、摄像头、雷达传感器融合、多个激光雷达、高清雷达
处理	精益ASIC	异构高性能计算、NNA	异构高性能计算、NNA、冗余处理 异构高性能计算、NNA、冗余处理

➔

+传感器密度
+计算空间
+异构计算

➔

+传感器多样性
+计算空间
+异构计算

➔

+传感器密度和多样性
+计算空间和冗余

推动提高计算能力、异构性、传感器数量和传感器多样性的最大因素是驾驶员脱离。然而，更高水平的驾驶员脱离具有明确的技术要求，但在主动安全、有人监督自动驾驶和无人监督自动驾驶之间有很大程度的组件重复使用。

可扩展性与重用性

降低成本

采用可扩展的方法，最大限度地跨应用重复使用组件，将在短期内提供更高的交货量机会，如ADAS和有人监督自动驾驶将为未来更具成本竞争力的无人监督自动驾驶的部署铺平道路。同样，受限制的运行设计域的无人监督自动驾驶汽车的出货量将扩大第三传感器技术的生产规模，从长远上促使无人监督自动驾驶实现具有成本效益的广泛运行设计域(ODD)部署。

积累体验和不断改进

除了组件重复使用的明显成本优势外，可扩展架构还会从已部署到市场中的应用的现实经验中受益。自BlueCruise推出以来，福特汽车(Ford)在多个国家的“全脱手”无人驾驶行驶里程已超过1亿英里，这为优化未来的算法提供了重要的见解。类似地，Mobileye利用EyeQ4系统为ADAS提供支持的经验来构建在其Supervision和Chauffeur产品中发挥着关键作用的REM/路程指南地图。

总而言之，实现功能丰富的无人监督自动驾驶的唯一可行方法是在一种架构上构建当今的有人监督自动驾驶应用，这种架构必须有可能通过添加替代人类驾驶员今天所扮演的监督角色的技术来实现扩展。



2023年10月出版

ABI Research
美国纽约州纽约市哥伦布大道157号，
邮编：10023
电话：+1 516-624-2500
www.abiresearch.com

关于ABI RESEARCH

ABI Research是一家全球性的技术情报公司，为世界各地的技术领袖、创新者和决策者提供切实可行的研究和战略指导。我们的研究重点是正在显著重塑当今行业、经济和人力资源的变革性技术。

©2023 ABI Research.经许可使用。ABI Research是一家独立的市场分析和洞察公司，这份ABI Research白皮书是ABI Research员工在收集数据时进行的客观研究的结果。ABI Research公司或其分析师将根据最新可用的数据不断修正对任何问题的观点。本白皮书中所包含的信息来自据信可靠的消息来源。ABI Research不提供与本研究相关的任何明示或暗示的担保，包括对适销性或特定用途适用性的任何担保。