

在 ADAS 和 AD 中应用原始数据传感器融合进行传感和感知的必要性、技术与优势

概述

本技术说明介绍了将基于原始数据传感器融合的感知解决方案用于高级驾驶辅助系统 (ADAS) 与自动驾驶 (AD) 系统的需求。本文档解释了传感器融合的原理、配置和工作原理，并通过姿态估算演示了传感器融合在 ADAS 中的实际应用，最后介绍了目前市售的商业解决方案。

什么是传感器融合和感知技术？

传感器融合是指将至少两个传感器的数据合并起来。在自动驾驶车辆中，感知是指对传感器数据进行处理和解释，以对目标进行检测、识别、分类与跟踪。传感器融合和感知技术能够使自动驾驶汽车创建周围环境的 3D 模型，并将该模型输入汽车控制单元。

在 ADAS 和 AD 解决方案中对传感器融合的需求是什么？

现有的 ADAS 和 AD 传感器融合解决方案属于目标级融合，其中每个传感器（例如，毫米波雷达、摄像头、激光雷达），都有各自固有的局限性，且相互独立地对目标进行识别和分类。这会导致解决方案的性能较差，无法达到最佳水平，因为没有哪个传感器能够独立完成各种环境下所有目标的检测。每个传感器都有其局限性，下面的表 1 概述了其各自的优势和劣势。

表 1 – ADAS 与 AD 应用场景下各传感器的对比

| | 摄像头 | 毫米波雷达 | 激光雷达 |
|------|--------------------|------------|-------------|
| 深度感知 | 较差 | 优秀 | 尚可 |
| 分辨率 | 优秀 | 较差 | 良好 |
| 成本 | 低 | 低 | 高 |
| 耐候性 | 较差 | 优秀 | 尚可 |
| 特性 | 能够识别标识、车道、颜色 (RGB) | 测量范围广，分辨率低 | 测量范围中等，分辨率高 |

摄像头在检测 RGB 信息、识别和区分物体方面表现出色，并拥有很高的分辨率。然而，在恶劣的天气条件下，如雾、雪、雨或阳光照射在摄像头镜头上时，摄像头的表现并不理想，在夜间等低光照条件下也不理想。

毫米波雷达可以提供周围环境中物体的距离和速度信息。此外，毫米波雷达在恶劣的天气条件下表现良好，但存在一个关键问题，即分辨率低。在远距离条件下，毫米波雷达无法区分彼此距离较近的两个物体。该缺点严重影响了 ADAS 的安全性与可靠性。无法区分两个不同物体的毫米波雷达可能导致车辆在本应停下时继续行驶。

激光雷达克服了雷达的弱点，改善了远距离条件下的分辨率性能。但是，激光雷达成本高昂。

传统的感知解决方案根据每个传感器对环境的理解做出决策。原始数据传感器融合使用来自所有传感器模态的原始数据，通过利用其他传感器（毫米波雷达和/或激光雷达）来减少单个传感器的限制影响（例如，摄像头在恶劣天气下的限制）。

此外，传感器数据未融合时，系统可能会从传感器得到相互矛盾的输入，从而无法确定下一步要采取的行动。例如，假如摄像头检测到障碍物，但激光雷达或毫米波雷达没有检测到，系统就会犹豫车辆是否应该停下来，这可能引发事故。

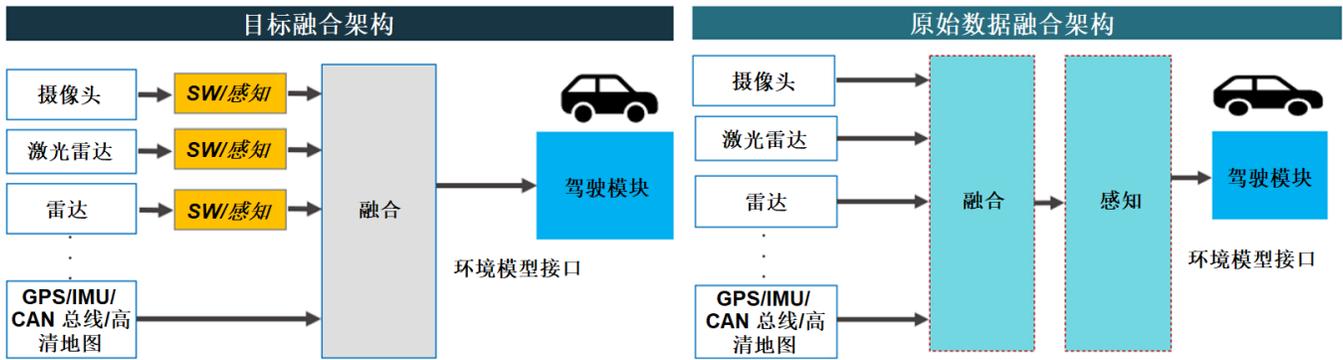


图 1 – 目标融合和原始数据融合架构的对比

现有的传感器融合和感知解决方案以摄像头为中心，而其他传感器一般属于目标级别的融合。这种基于二维摄像头的解决方案在以下方面表现不佳：

- 定位
- 精度
- 对物体大小和方向的估计
- 光线昏暗情况下的目标检测

ADAS 与 AD 应用中的传感器融合配置

在确定了基于传感器融合的感知解决方案的效果更好之后，本节将深入探讨并解释传感器融合中使用的一些技术。如科学文献中所述¹，传感器融合提供三种主要配置。

- **互补融合：**在互补式配置中，将每个传感器的数据“拼接”在一起，以提供所需的完整信息。例如，可以结合安装在车辆不同侧面的多个雷达，警告驾驶员出现在车辆附近的物体，以此提供 360 度的保护覆盖率。
- **竞争融合：**在竞争式配置中，每个传感器提供相同的测量数据，系统处理这些测量数据以提供更可靠的读数。该系统的一大优势是增强了冗余性，因为如果一个传感器发生故障，可以用另一个传感器来提供相同的测量数据。例如，一辆车可以安装两个速度计（模拟和数字速度计），可以通过每个传感器输出的平均值来确定车辆的实际速度。

竞争融合的另一个例子是使用毫米波雷达和激光雷达来测量与前车的距离。两个传感器测量相同的参数，由传感器融合算法处理来自两种类型传感器的数据。在传感器融合算法中纳入多种模态（传感器）所带来的灵活性对于 ADAS 和 AD 的可靠性与安全性至关重要。用于

¹ H. F. Durrant-Whyte. “Sensor Models and Multisensor Integration.” International Journal of Robotics Research, 7(6):97–113, Dec. 1988. <https://networkt.wordpress.com/2011/03/30/the-different-types-of-sensor-fusion-complementary-competitive-and-cooperative/>

ADAS 和 AD 的未来传感器融合和感知解决方案必须在不需要重写算法的情况下灵活地与任何传感器组协同工作。

- **协同融合：**在协同式配置中，两个传感器可提供仅使用一个传感器时无法获得的数据。在自动驾驶汽车的背景下，该配置的形式可以是使用立体摄像头进行三维成像和深度理解，这些要求都不可能通过单独一个摄像头来得到满足。

另一个协同融合的例子是使用摄像头和雷达或摄像头和激光雷达来制作一个三维 RGBD 环境模型，用于检测、分类和跟踪目标。

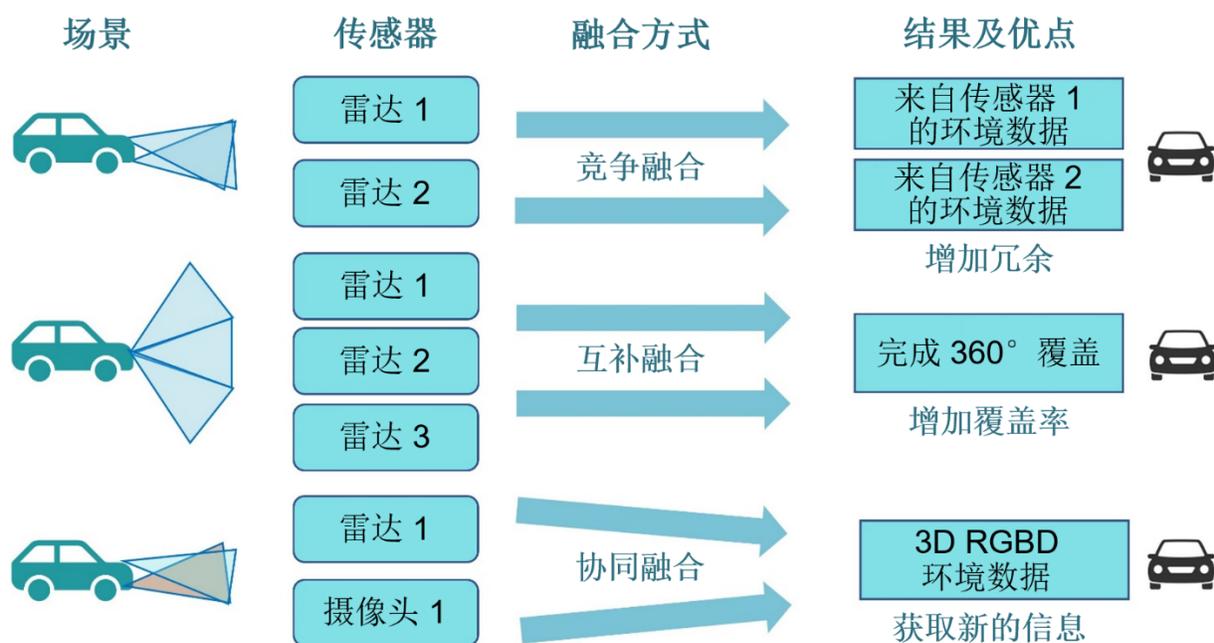


图 2 – 互补、协同和竞争融合技术

利用传感器融合进行姿态估算的理论研究方法

姿态估算也被称为方向估计，其构成惯性测量单元 (IMU) 系统的基础。在描述在 IMU 系统中如何运用传感器融合之前，请了解以下定义。

- **磁力计：**一种测量磁场的设备。在该应用中，磁强计测量地球的磁性。
- **陀螺仪：**测量或保持物体角速度和方向的设备。
- **加速度计：**测量物体加速度的设备。
- **侧倾：**以前后（头灯到尾灯）轴线为中心旋转。车辆高速转弯，导致车身一侧抬起，就是典型的侧倾运动。

- **俯仰：**以侧面到侧面（左侧后视镜到右侧后视镜）轴线为中心旋转。车辆驶过凹坑，导致车尾或车头弹跳，就是典型的俯仰运动。
- **横摆：**以垂直轴为中心旋转。

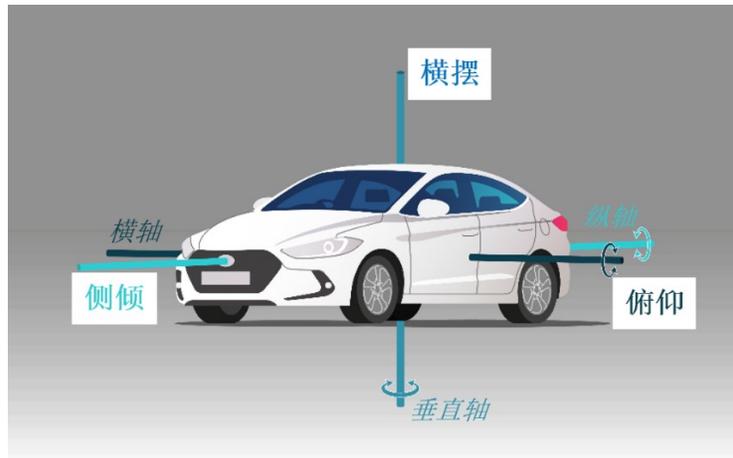


图 3 – 图解车辆的侧倾、俯仰和横摆轴

可以通过给 x 、 y 和 z 轴赋值来表示一个物体在三维环境中的位置。侧倾、俯仰和横摆定义了一个物体在三维空间中的方向。时间 $t = 0$ 时，如果已知物体的方向，那么时间 $t = 5$ 时（5 秒后），如果陀螺仪、加速度计、磁力计（因此也包括侧倾、俯仰和横摆）在这个时间间隔内的数值是已知的，那么就会知道物体的方向。

陀螺仪提供侧倾、俯仰和横摆的数据。陀螺仪的特点是偏置不稳定和低噪声，因此随着时间的推移数值会失真。

加速度计提供 x 、 y 与 z 轴线方向的加速度数据。由此，可以用下面的数学公式计算出侧倾和俯仰数据：

$$\text{侧倾} = \phi = \arctan(a_y/a_z)$$

$a_y = y$ 方向加速度

$a_z = z$ 方向加速度

$$\text{俯仰} = \theta = \arcsin(a_x/g)$$

$a_x = x$ 方向加速度

$g =$ 重力

同样地，可以使用磁力计的读数进行数学计算，以获得横摆数据。

虽然仅陀螺仪就可以提供所需的所有数据（侧倾、俯仰和横摆数据），但陀螺仪传感器有一些弱点，如偏置不稳定以及随着时间推移的数值失真，因此，仅使用陀螺仪无法提供可靠数据。另一方面，加速度计可以提供侧倾和俯仰数据；然而，加速度计存在高噪声的问题。因此，为了获得准确可靠的数据，要融合两个传感器的数据（加速度计和陀螺仪），以补偿另一个传感器的弱点。然而，由于加速度计不能用于计算横摆，仅由陀螺仪提供的横摆数值并不准确；因此，有必要结合磁力计的数据，使输出的数据更加可靠可信。

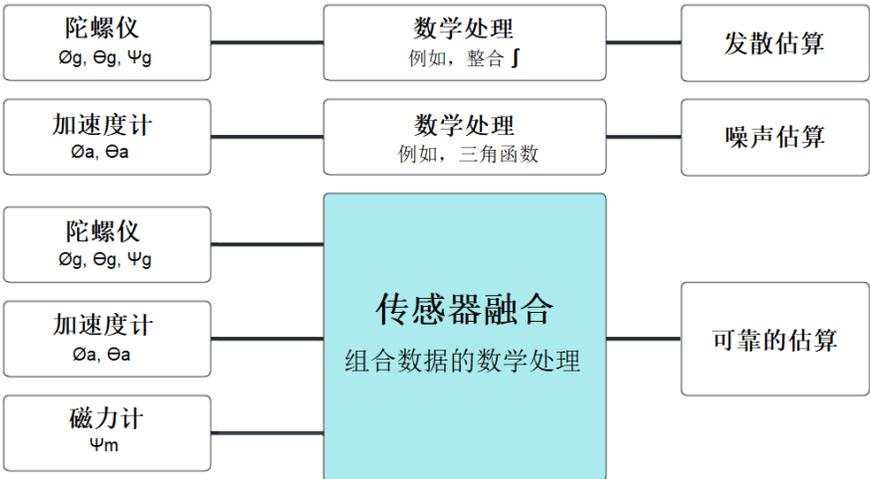


图 4 – 融合陀螺仪、加速度计和磁力计进行姿态估算的优点

基于传感器融合的 ADAS 与 AD 商用感知解决方案

LeddarVision™ 是一个原始数据传感器融合和感知解决方案，可生成全面的 3D RGBD 环境模型，为高级驾驶辅助系统 (ADAS) 和自动驾驶汽车的 GPS、IMU、摄像头、毫米波雷达和激光雷达架构提供多传感器支持。

适用于 ADAS 与 AD 应用的 LeddarVision 解决方案

[LeddarVision](#) 以原始数据传感器融合为基础，为车企和一级和二级汽车供应商带来四大优势。

- **性能优越：** 提供准确的目标检测、分类和追踪。
- **灵活性：** 该解决方案适用于各种硬件，与多种传感器架构兼容，并支持摄像头、毫米波雷达和激光雷达。
- **可扩展性：** 满足可扩展性的解决方案。其设计满足 L2、L2+ 和 L3 ADAS 系统以及 L4 和 L5 AD 系统的需求。
- **可靠性：** 因素包括内置冗余、安全监控以及适合汽车工业标准的可靠质量管理和产品开发实践。



LeddarVision's 以其原始数据传感器融合能力、传感器同步和上采样技术为基础，可实现卓越的目标检测性能和精确的三维 RGBD 环境模型重建。LeddarVision 增加了带时间戳的时间信息（即来自多个数据帧的信息），并对单个目标进行多次测量，从而减少了测量误差并提高了测量精度。在 2019 年至 2021 年间向 nuScenes™ 递交的所有解决方案中，LeddarVision 的 RCF360v2 是用于 3D 目标检测的顶级雷达/摄像头解决方案。LeddarVision 的特点包括：

- 实现即准确又精确的检测
- 假阳性结果更少
- 假阴性结果更少
- 自运动和路径规划
- 性能优越，可胜任恶劣的工作环境
- 解决传感器输入冲突问题
- 提供内置冗余

可访问 leddartech.com 获取更多资源，了解更多关于原始数据传感器融合和 LeddarVision 的详细信息。

[演示视频](#)

[参数表](#)

[传感器融合和感知技术的电子书](#)

[感知技术相关常见问题](#)

LeddarTech®

加拿大 - 美国 - 奥地利 - 法国 - 德国 - 意大利 - 以色列 - 香港 - 中国

总部

4535, boulevard Wilfrid-Hamel, Suite 240
Québec (Québec) G1P 2J7, Canada
leddartech.com

电话: + 1-418-653-9000
免费电话: 1-855-865-9900

LeddarTech (Shenzhen) Sensing Technology Co., Ltd.

No. 04-110, Suite 401, Floor 4, Building B
Rongchao Business Center, No. 6003, Yitian Street
Fuxin Community, Lianhua Street
Futian District, Shenzhen

Clive Szeto (司徒智恒)
General Manager
Mobile: 13172007828
Email: clive.szeto@leddartech.com
www.leddartech.com

© 2023 LeddarTech Inc. 保留所有权利。Leddar™ 技术受以下一项或多项美国专利的保护：7855376B2、7554652、8319949B2、8310655、8242476、8908159、8767215B2 或国际等效专利。还有其他专利正在申请中。可从我司官网上获取本技术说明的最新版。Leddar、LeddarTech、LeddarSteer、LeddarEngine、LeddarVision、LeddarSP、LeddarCore、LeddarEcho、VAYADrive、VayaVision、XLRator 及相关标识是 LeddarTech Inc. 及其子公司的商标或注册商标。

本规格表的内容可能随时更改，如有更改，恕不另行通知。

20230331 / TF ID 044683