

# 自动驾驶需要高精度IMU的7个理由

惯性测量单元 ( Inertial Measurement Unit, IMU ) 可以直接测量载体相对于惯性空间的三轴加速度和三轴角速度 ( 6-DoF ) 。在自动驾驶所涉及的传感器中，IMU因其不受外部环境影响而显得特别。

自动驾驶汽车通常综合利用多种不同的技术，例如：LIDAR用于建立周围环境的精确3D图像；雷达通过电磁波不同波段测量车辆到目标的距离；摄像头用于识别路标和检测颜色；高分辨率地图用于定位等等。但是，不同于IMU，上述每种技术都需要获取外部环境数据，并将数据提供给软件用于进行定位、识别和控制。这意味着它们可能受外部环境的影响而出现性能下降，因此，IMU的“独立性”使其成为安全驾驶和传感器融合的核心技术。



Figure 1 An Accurate IMU can Mitigate Issues in RED

下面列举的7个重要原因并不是全部，读者可以回复本文并讨论在自动驾驶中应用高精度IMU的其他原因和优势。

## 1.安全第一

系统工程师需要考虑该系统的每一种可能的应用场景，并为失效准备备份方案。失效分析 ( Failure Mode Effects Analysis, FMEA ) 将这一要求引入设计需求以消除风险。对于自动驾驶，FMEA需要分析这样一个问题：如何处理LIDAR、雷达和摄像头同时失效的情况？IMU数据可用于进行航迹推算 ( dead-reckon ) ，在短时间内独立保证一定的位置和姿态确定精度。上述故障情况下，可以利用IMU以受控的方式降低汽车速度并使之停止，这在极端条件下提供了可行的解决方案。尽管这看起来像是一个凭空想象的需求，但对成熟的自动驾驶汽车安全策略来讲，这实际上是基本要求。

## 2.良好的姿态

高精度的IMU可以确定并跟踪载体姿态。通常我们会关心汽车的位置，但驾驶汽车时，行进方向同样重要，稍微偏离正确方向很短时间即有可能导致驶入错误的车道。对汽车的动态控制需要车体状态的动态测量，高精度的IMU可以很好的跟踪车体的姿态和位置变化。由于IMU的自主性，即便在复杂场景下，例如轮胎失去抓地造成的打滑，IMU仍能完成测量。此外，精确的姿态测量通常也可以作为其他算法的有用输入。LIDAR和摄像头同样可用于姿态测量，但GPS对此用处不大。最后，稳定的、独立的姿态参考对于校准和对齐同样有其价值。

## 3.精确车道保持

正常情况下，人可以很好的进行驾驶。通常，驾驶者将车辆保持在车道内的精度可以优于10cm，这实际上是很高的精度。良好的自动驾驶同样要稳定可靠的将车辆保持在车道内。IMU是车辆动态转向控制的关键传感器，此外，当其他传感器不可用时，IMU可以在短时间内（10sec）保证优于30cm的位置测量精度。IMU同样可以用于交叉比较多种定位算法的结果，并给出最终定位结果的可信性。如果没有IMU，可能无法知道LIDAR的定位误差是否增大。

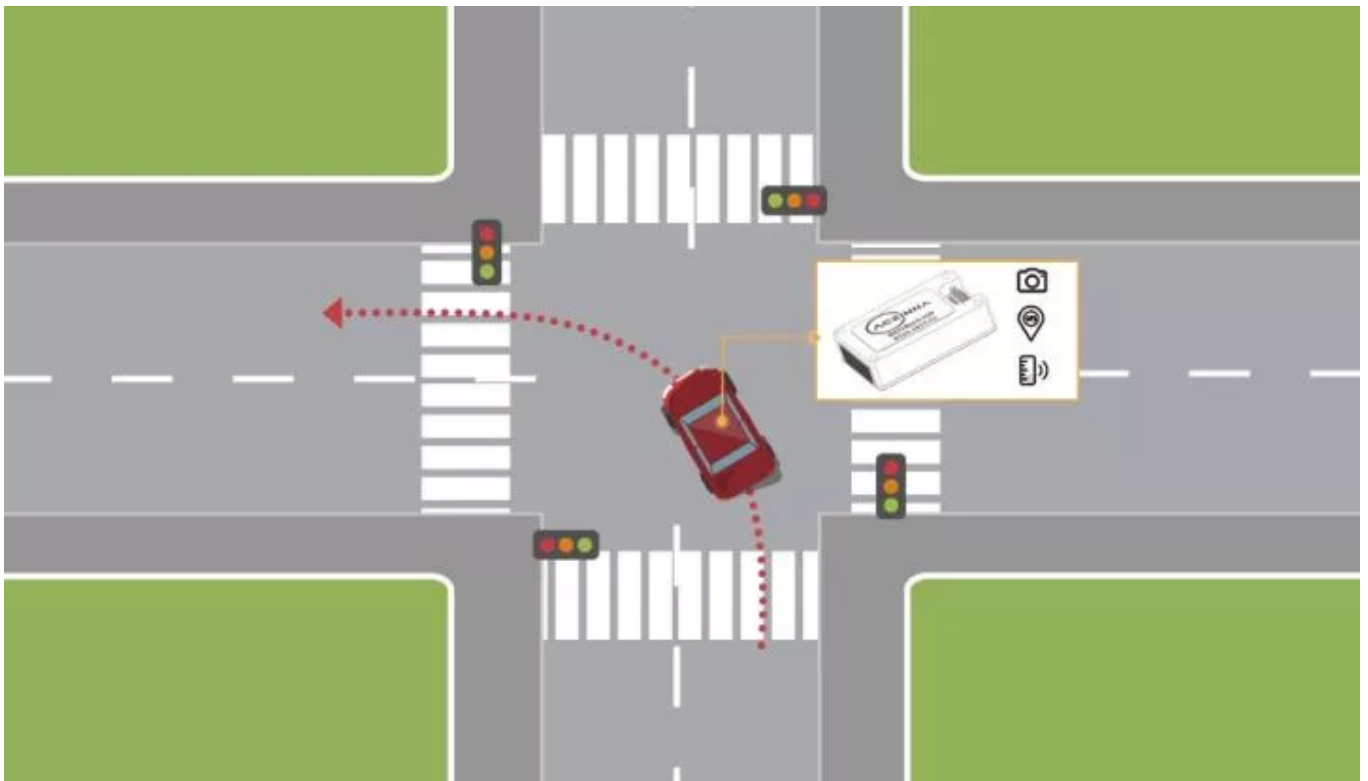


Figure 2 During turns, an accurate IMU plays a key role in lane keeping

## 4.LIDAR成本高

Tesla因其“不需要LIDAR”的自动驾驶技术而出名。如果不使用LIDAR，优良的IMU则显得更为重要。基于摄像头的定位方法对捕捉到的图像使用“SIFT”特征跟踪以计算姿态，受环境

物体和外部光线条件的影响，基于摄像头的汽车定位更容易出现频繁的精度下降。如果采用的不是立体相机（通常如此），IMU提供的惯性测量数据也是初始位置和姿态计算方法的重要组成部分。

## 5.计算量

高精度LIDAR和高分辨率地图相结合是大多数Level-4自动驾驶的核心。在此类系统中，通过卷积信号处理（convolutional signal processing）将LIDAR扫描实时匹配到高分辨率地图上。根据匹配，完成对车辆位置和姿态的高精度估计。这一过程的计算量很大。尽管我们通常认为计算相关的成本可以忽略，但这一点对车辆并不成立。车辆初始位置和姿态越精确，算法完成匹配所需要的计算量就越小。此外，通过引入IMU数据，算法错误的收敛到高分辨率地图的局部最优解的风险也会被降低。

## 6.GPS/INS融合

当前车载GPS通常采用低成本的单频接收机，而低精度的GPS对车辆自动化几乎没有作用。现在，多家半导体公司正在研发并推出低成本的多频GNSS接收机。因此，基于网络修正的定位方案，例如RTK和PPP，理想情况下可以将GPS定位精度提高到厘米级。这些解决方案对应用环境很敏感：例如桥梁、树木和建筑物遮挡。我们确信，克服这一挑战改善高精度GPS定位可靠性的方法就是在GPS定位精度下降时引入高精度的IMU进行辅助。GPS/INS融合技术包括紧耦合和超紧耦合GPS/INS。这些技术即将出现在自动驾驶市场。

## 7.车辆已经需要IMU

目前量产的车辆已经安装有完整或部分的IMU。例如，车身稳定系统严重依赖Z轴陀螺仪和X-Y向加速度计；翻滚检测依赖于敏感轴沿车身前进方向的陀螺仪。作为车辆安全系统的一部分，这些传感器在车辆上的应用已经超过10年。唯一的问题是这些传感器的精度太低，无法应用到前述的六种场景。那么，为什么不升级为高精度的可用于自动驾驶的IMU？主要的障碍就是成本。