

## Apollo进阶课程 ⑦ | 高精地图的采集与生产

各式各样传感器和算法相结合，自动驾驶汽车才能生成可用的高精地图。

因此，高精地图的采集与生产 是一系列非常复杂的行为。

高精地图采集所需要的传感器主要有 **GPS**、**IMU**、**轮速计** 三类。

### GPS

GPS既可以说非常好用也可以说非常难用。

**空间点位置的计算原理（通过GPS）：**

空间点位置是一个「三维坐标」，TA有「三个变量」，需要「三个方程」。

从理论上来说，如何才能得到空间点位置相关的三个方程？

通过观测三颗卫星与空间点位置的距离，利用三角测量法，就可以准确地得到地球上任何一点的空间位置。

但三颗卫星的测量方案在实际应用中，可能会存在「误差」。

因此，在空间点位置的计算过程中，我们经常要检测四颗或四颗以上卫星，才能实现「精确的定位」。

1

## 高精地图采集-传感器



确定四颗或者更多卫星的位置并计算出GPS接收设备与每颗卫星之间的距离，然后用这些信息使用三维空间的三边测量法推算出自己的位置。要使用距离信息进行定位，接收机还必须知道卫星的确切位置。GPS接收机储存有星历，其作用是告诉接收机每颗卫星在各个时刻的位置。在无人车复杂的动态环境，尤其在大城市中，由于各种高大建筑物的阻拦，GPS多路径反射（Multi-Path）的问题会更加明显。导致GPS定位信息很容易就有几十厘米甚至几米的误差。



一般使用6轴运动处理组件，包含了3轴加速度和3轴陀螺仪。加速度传感器是力传感器，用来检查上下左右前后哪几个面都受了多少力（包括重力），然后计算每个上的加速度。陀螺仪就是角速度检测仪，检测每个上的加速度。假设无人车以Z轴为轴心，在一秒钟转动到了90度，那么它在Z轴上的角速度就是90度/秒。从加速度推算出运动距离需要经过两次积分，所以，但凡加速度测量上有任何不正确，在两次积分后，位置错误会积累然后导致位置预测错误。

### 4颗以上卫星即可实现精准GPS定位

举例来说，在高速路等非常空旷的地方时，自动驾驶汽车所能接收到的GPS的信号非常好。

不需要复杂的策略，就能得到很好的定位结果。

因此，**空旷地带的GPS精确、好用。**

这就是为什么很多公司刚进入自动驾驶领域研发时，都会选择「高速路线」的原因。

而在城市道路环境下，GPS将会非常难用。

这是由于高楼等障碍物遮挡，导致自动驾驶汽车所能接收到的GPS信号发生偏移。一般来说，GPS在城市中定位的「平均偏差」在50米左右。

众所周知，在城市复杂道路中，自动驾驶车辆上搭载的GPS偏差0.5米，所造成的事故后果都是不可估量的，更不用说如此大的偏差了。

# IMU

1

## 高精地图采集-传感器



确定四颗或者更多卫星的位置并计算出GPS接收设备与每颗卫星之间的距离，然后用这些信息使用三维空间的三边测量法推算出自己的位置。要使用距离信息进行定位，接收机还必须知道卫星的确切位置。GPS接收机储存有星历，其作用是告诉接收机每颗卫星在各个时刻的位置。在无人车复杂的动态环境，尤其在大城市中，由于各种高大建筑物的阻拦，GPS多路径反射（Multi-Path）的问题会更加明显。导致GPS定位信息很容易就有几十厘米甚至几米的误差。



一般使用6轴运动处理组件，包含了3轴加速度和3轴陀螺仪。加速度传感器是力传感器，用来检查上下左右前后哪几个面都受了多少力（包括重力），然后计算每个上的加速度。陀螺仪就是角速度检测仪，检测每个上的加速度。假设无人车以Z轴为轴心，在一秒钟转到了90度，那么它在Z轴上的角速度就是90度/秒。从加速度推算出运动距离需要经过两次积分，所以，但凡加速度测量上有任何不正确，在两次积分后，位置错误会积累然后导致位置预测错误。

惯性测量单元（右）

目前 IMU（惯性测量单元）是自动驾驶汽车的标配。

IMU是测量三轴加速度的一个装置，通过算出积分，得到任意两帧间的相对运动。

IMU有「高端」和「低端」之分。高端IMU能保持较长时间的计算精确度，而低端IMU在GPS信号丢失的情况下，能够维持比较精确的时间非常短。

实际工作中，由于不可避免的各种干扰因素，如果不对该运动加以校正，IMU的误差会就随着时间的推移变得越来越大。

## 轮速计

轮速计 本身存在缺陷。

目前，轮速计的使用非常普遍，很多汽车都配备了轮速计。

在现代汽车技术的应用中，轮速计被用来做「运动约束」，如从A点到B点，汽车行驶的距离。

1

## 高精地图采集-传感器



我们可以通过轮测距器推算出无人车的位置。汽车的前轮通常安装了轮测距器，分别会记录左轮与右轮的总转数。通过分析每个时间段里左右轮的转数，我们可以推算出车辆向前走了多远，向左右转了多少度等。可是由于在不同地面材质（比如冰面与水泥地）上转数对距离转换的偏差，随着时间推进，测量偏差会越来越大。



通过首先向目标物体发射一束激光，然后根据接收 - 反射的时间间隔来确定目标物体的实际距离。然后根据距离及激光发射的角度，通过简单的几何变化可以推导出物体的位置信息。LiDAR系统一般分为三个部分：一是激光发射器，发出波长为600nm到1000nm的激光射线；二是扫描与光学部件，主要用于收集反射点距离与该点发生的时间和水平角度；三是感光部件，主要检测返回光的强度。因此我们检测到的每一个点都包括了空间坐标信息以及光强度信息。

轮速计（左）受地面材质的影响很大

但是由于车型差异、地面交通路况不同。

如地面结冰与水泥路面，二者 **路况不同**，路面的摩擦系数也不一样，就会导致轮速计统计结果的差异。

这是为什么轮速计本身存在缺陷的原因所在。

## 高精地图采集过程中的制图方案

apollo 开发者社区

目前主流的制图方案有基于 **激光雷达** 和 **Camera融合激光雷达** 两种方案。

### 方案一 激光雷达

**激光雷达** 通过「发射」和「接收」激光光束得到两点之间的距离，因此其精确度非常高。



激光雷达内部的扫描部件与光学部件，通过收集反射点与反射点发生的时间和水平角度，从而得出任意一点的空间信息和光强度。

该坐标信息扫描的是某个局部，通过一定的坐标转换，能够形成一个全局的坐标系。

无论是GPS，还是IMU、轮速计，各个传感器都存在一定的缺陷，我们无法仅运用单一的传感器，采集出一个精确的数据。



高精地图的制作流程

所以要综合运用各种传感器。

通过将GPS、IMU和轮速计测出的数据进行「融合」，再运用「Slam算法」，对Pose进行「矫正」，最终才能得出一个「相对精确的Pose」。

最后把空间信息通过激光雷达「扫描出三维点」，转换成一个「连续的三维结构」，从而实现整个空间结构的「三维重建」。

2

## 高精地图生产-计算模型

$$J = Q(z - h(m, x))$$

该公式是一个高度简化的高精地图计算模型。Q代表优化方程，z代表激光雷达扫描出的点，h为方程预测最新扫描点的位置，m为扫描到的点在地图中的位置，x代表无人车当前位置。这个方程的目的是通过最小化J求出测量点在地图中的准确位置。在计算模型中，m与x开始都是未知的，可以先通过多传感器融合求x，再求出测量点在地图中的准确位置m。

### 高精地图的计算模型

通过扫描的激光点和GPS、IMU的测量数据综合运用，能够计算出一个 预测结果与实际结果最小差距的数值信息。

但这只是我们在高精地图采集过程中一个最优化的计算模型，实际情况比这个要复杂得多。

## 方案二 Camera融合激光雷达

虽然激光雷达采集的信息非常精确，但它采集的信息非常少，无法提供像图像那样丰富的语义信息、颜色信息。

因此，目前 主流自动驾驶研发公司，如百度，采用的是 Camera融合激光雷达 的方案。

通过融合二者的优势，综合运用丰富的图像信息和精确的激光雷达数据，最终得出一个非常精确的高精地图。

## 其他方案

3

### 高精地图生产-视觉制图

视觉是获取高精地图生产-视觉制图采用纯视觉的制图方案



与激光雷达融合



宽凳科技纯视觉制图



NVIDIA



DeepMotion

高精地图生产，部分厂商采用视觉制图的方案

高精地图生产的方案供应商还有英伟达、宽凳科技、DeepMotion和Level 5公司等。

其中，**英伟达** 做GPU出身，其**计算硬件** 非常强大。

国内的 **宽凳科技** 号称是用纯视觉制图，精度能做到20厘米，能够通过在线检测实时生成制图。

**DeepMotion** 运用的也是纯视觉制图方案，其理论精度可达厘米级。

此外，还有来自国外的 **Level 5** 公司，该公司运用车载行车记录仪或手机上较低端的Camera就能够实现众包制图，但它的具体效果还不是很明确。

----- END -----

