

# 无人驾驶技术入门（三）

## 百度无人车传感器 GPS 深入剖析

陈 光

上一次的分享里，我对百度 Apollo 计划的技术框架做了介绍，如图。



Apollo1.0 封闭场地循迹自动驾驶

如果要完成 Apollo 1.0 的“封闭场地寻迹自动驾驶”功能，需要解决一个重要的问题：我（无人车）在哪？

“我在哪”这个问题，在 Apollo 1.0 的架构中完全依赖 GPS（全球定位系统）和 IMU（惯性测量单元）。

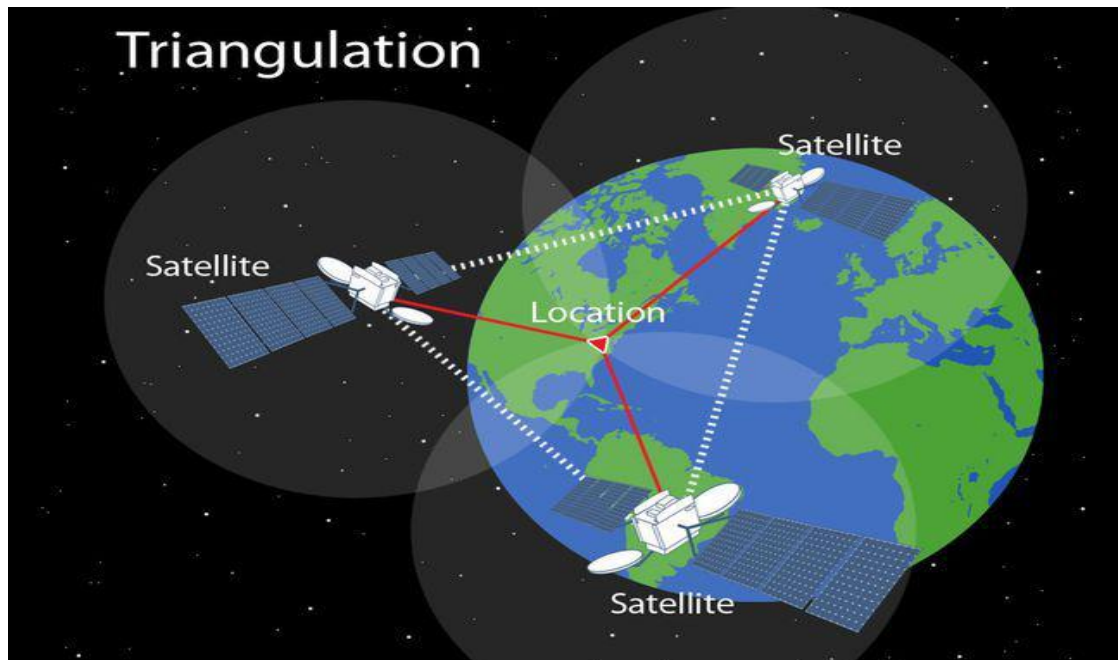
今天的分享，我会用尽可能简单的语言，介绍 GPS 的原理及特性，并谈一谈，为什么无人车的定位不仅要依赖 GPS，还依赖 IMU。我会在下次的分享中，着重地介绍 IMU 的功能。

## 1 GPS 定位原理

GPS 是全球定位系统 (Global Position System) 的简称，常见于汽车、手机

中。民用 GPS 的定位精度在 10-20 米之间，这是为什么用手机的 GPS 定位，有时候明明在陆地上，却被认为在河里的原因。

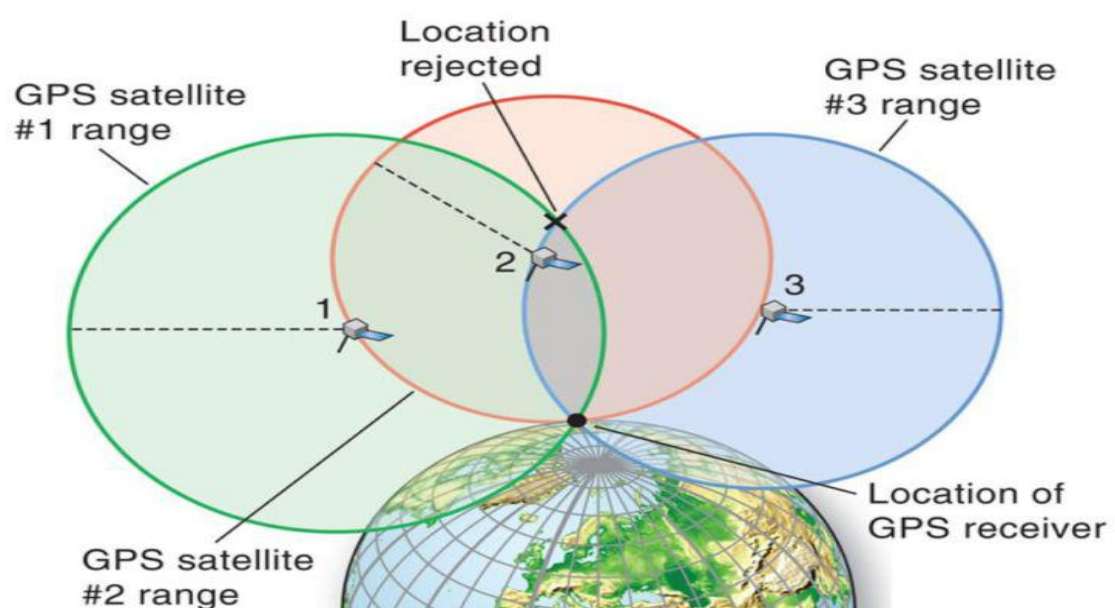
GPS 定位的原理很简单，叫做三角定位法 (Triangulation)。原理如图：



图片出处：

<https://www.nationalgeographic.org/photo/triangulation-sized/>

装在无人车上的 GPS 接收机，首先量测无线电信号到达卫星的传播时间，再将传播时间乘以光速，即可得到当前 GPS 接收机到达卫星的距离，有了距离，就可以根据几何原理求得位置了。



图片出处：<http://slideplayer.com/slide/5717261/>

若已知 GPS 接收机到达 1 号卫星和 3 号卫星的距离,那么 1 号和 3 号卫星根据距离产生两个球体(图中绿色和蓝色的球体),两个球体的相交的部分为圆形,该圆形与地球表面靠近的任何一个点都有可能是当前无人车(GPS 接受装置)的位置。

因此仅根据这两个距离信息,还无法确定当前无人车的具体位置。此时通过引入第三个卫星的距离,就能较为准确地确定无人车的位置。这就是三角定位法的原理。

## 2 GPS 定位精度不太够

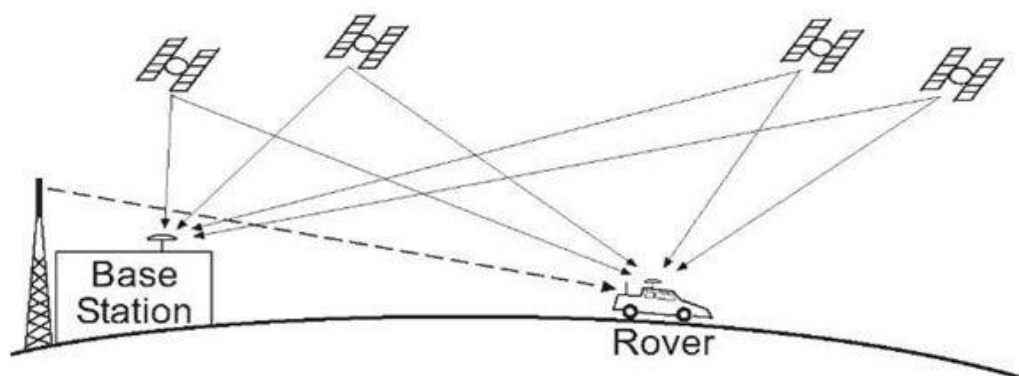
根据上面的介绍,只要得到无线电信号达到三颗卫星的传播时间,似乎就能计算得到无人车的位置。

可是工程问题永远没有理论计算那么简单!

在空旷且云层稀薄的情况下,无线电信号的传播时间乘以光速确实与实际的距离接近。

但无线电信号的传播时间多少会受到传播介质的影响的。诸如云层的稀薄情况、天气好坏等都会影响到传播时间,进而影响到距离的计算。距离不准,得到的定位结果当然也不准了。

为了降低天气、云层对定位的影响,工程师们引入了差分 GPS 的技术。如下图所示:



图片出处:

<http://what-when-how.com/gps-with-high-rate-sensors/carrier-smoothed-code-gps/>

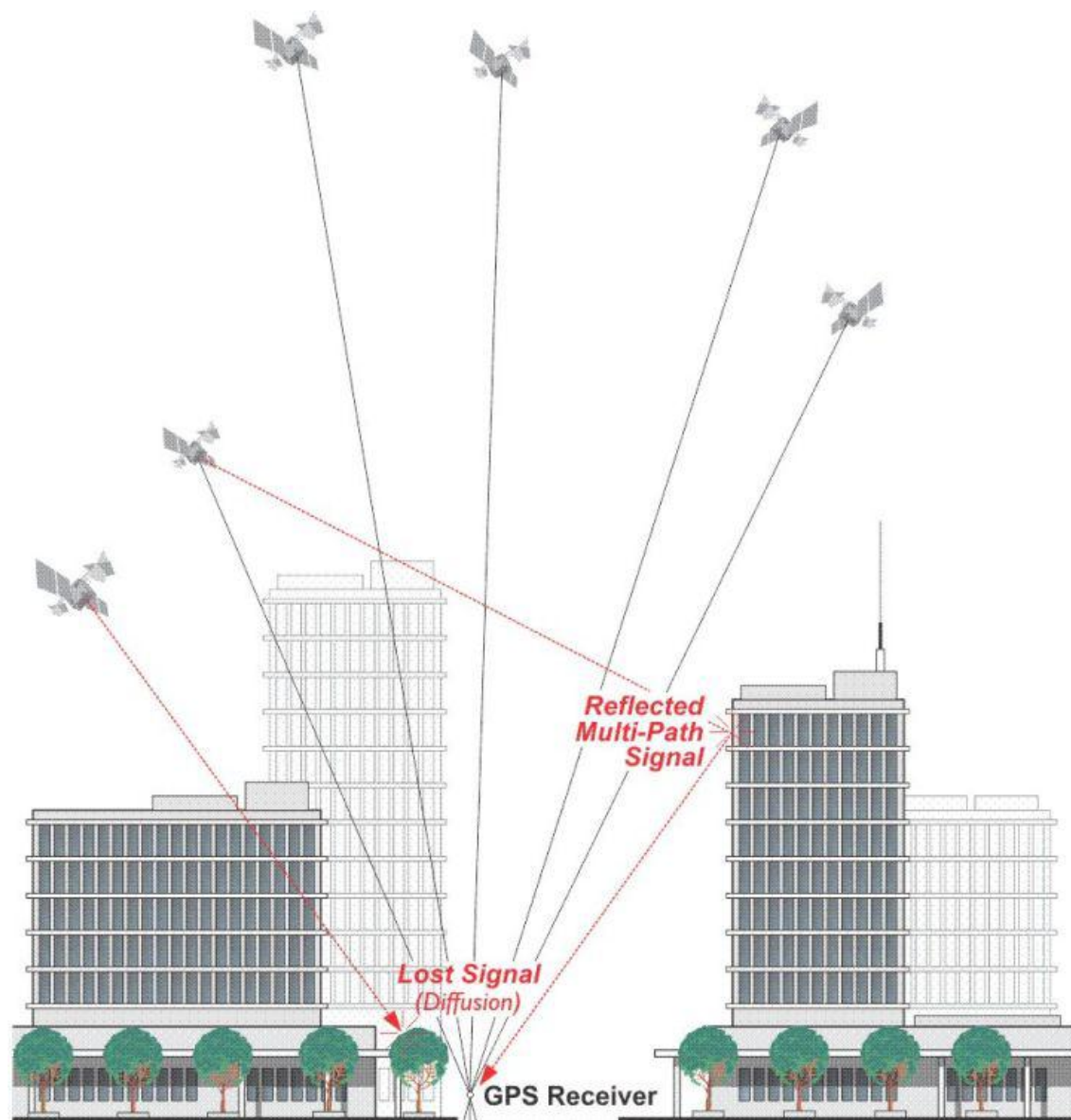
在地面上建基站(Base Station)，基站在建立时，可以得到基站的精确位置信息（经纬度）。同时基站具有接收卫星信号的功能。

当基站的 GPS 接收机与车载 GPS 接收机相距较近时(<30km)，可以认为两者的 GPS 信号通过的是同一片大气区域，即两者的信号误差基本一致。根据基站的精确位置和信号传播的时间，反推此时天气原因导致的信号传播误差，之后利用该误差修正车载的 GPS 信号，即可降低云层、天气等对信号传输的影响。

使用差分 GPS 技术，可以使无人车的定位精度从 10 米级别提升至米级。

差分 GPS 可以解决定位的精度问题，但是解决不了遮挡和反射问题。

当无人车在高楼林立的环境中行驶时，这就会发生如下问题。



图片出处: <https://www.e-education.psu.edu/geog862/node/1721>

## 2.1 信号丢失

GPS 接收机在高楼周围，很容易失去某一方向、所有的卫星信号，仅依靠另外三面的卫星信号求得的定位结果，在精度上很难满足无人驾驶的需求。

## 2.2 多路径问题

在高楼周围也可能导致原本收不到的卫星信号，经过大楼楼体的镜面反射被接收到，这种信号被称为多路径信号 (Multi-Path Signal)。从图中可以看出，根据多路径信号计算得到的距离会明显大于实际距离。而无人车是很难判断，当前接收到的信号是单路径还是多路径的。

鉴于以上各种原因，可以看出，单靠 GPS 这一种传感器，无人车在复杂场景中，很难实现精确定位。

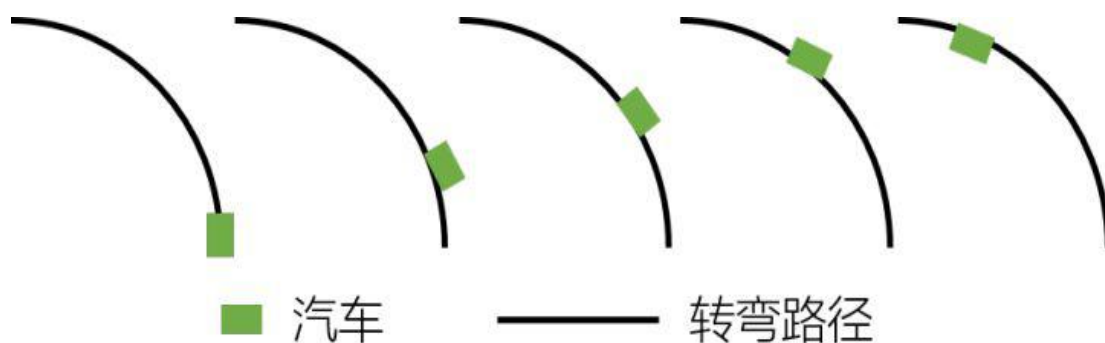
## 3 GPS 定位频率不太高

GPS 定位的频率不怎么高，只有 10Hz，即 100ms 才能定位一次。

通过一个简单的例子，说一说为什么 10Hz 不够高。

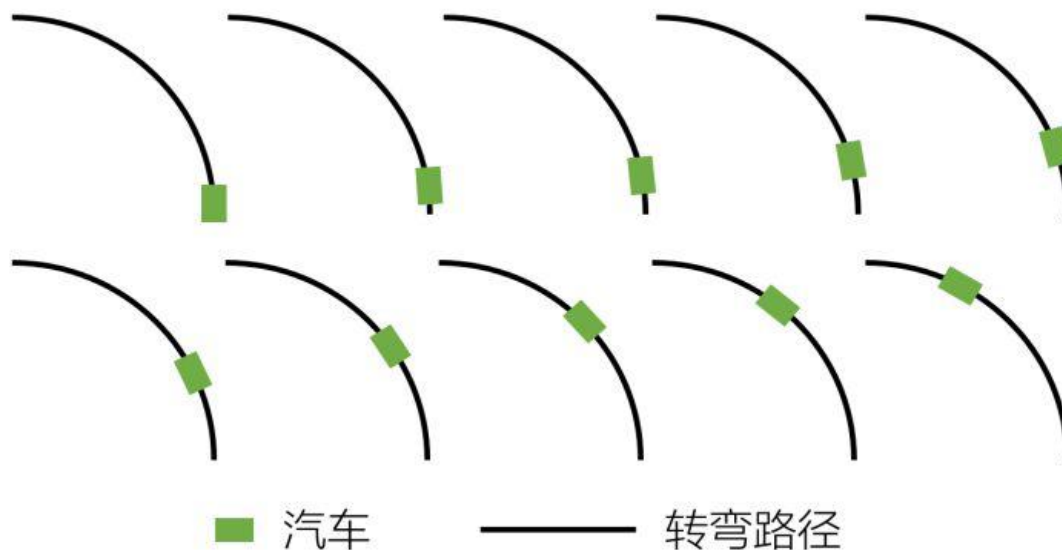
假设一辆汽车正以 72km/h(20m/s)的速度在路上直线行驶，GPS 定位的周期为 100ms，则一个周期后，汽车相对于前一次定位的结果移动了  $20\text{m/s} * 0.1\text{s} = 2\text{m}$ ，即两次的定位结果相距 2 米。

如果无人车行驶在一条有曲率的路径上，那就意味着，每隔 2m，才能根据自车所在的位置，进行一次控制（方向盘转角、油门开度等）的计算。这种控制频率下的车辆行驶效果如下图。无人车在实际轨迹两侧忽左忽右，无法精确地沿着轨迹行驶。





相对于理想情况下的控制方法，无人车的行驶轨迹应当如下图，保持极高频率的定位和控制，每走一小步，都重新进行控制的计算，并执行控制。



为了解决 GPS 频率太低所带来的问题，工程师引入了其他传感器信号（IMU、激光、视觉）用以提高无人车的定位频率。

这些辅助手段如何实现会在以后分享给大家。

## 4 小结

上面的分享不仅介绍了 GPS 的原理（三角定位）及特性（精度、频率），同时也从无人车控制的角度，讨论了为什么仅有 GPS 无法满足无人车的定位要求。

如果你想对 GPS 的信号接口有更为细致的了解，可以参看 Apollo 公开的 proto 文件。链接如下：[ApolloAuto\\_gnss.proto](https://github.com/ApolloAuto/apollo/blob/master/docs/specs/gnss.proto)。我会在以后的软件部分着重分析这些 proto 文件，敬请期待。

我将在下一次分享中介绍 IMU 如何与 GPS 相辅相成，实现无人车的稳定定位。

好了\(^o^)/~，这篇分享基本上让大家对无人车所用到的 GPS 技术有了大致了解。

本文原载：知乎号“陈光”，作者授权转载。



临菲信息技术港



临菲信息技术港公众号



临菲学堂