

无人驾驶技术入门（五） 没有视觉传感器，还谈什么无人驾驶？

陈光

上一次的分享里，我介绍了 GPS+IMU 这组黄金搭档，这两个传感器的组合能够实现城区道路自动驾驶的稳定定位功能，解决了第一个大问题“我”在哪的问题。

为了能让无人车能像人一样，遇到障碍物或红灯就减速，直到停止；遇到绿灯或前方无障碍物的情况，进行加速等操作。这就需要车载传感器去周围的环境进行感知。

应用于无人车上的传感器目前有四大类，分别是摄像机，激光雷达、毫米波雷达和超声波雷达。不同的传感器根据其传感特性，布置在车身的不同位置。

今天我以百度 Apollo 2.0 开放的摄像头及其模块作为引子，对无人车上的摄像机进行详细介绍。

下图就是百度 Apollo 2.0 推荐使用的摄像机 LI-USB30-AR023ZWDR。



Apollo 2.0 摄像机 LI-USB30-AR023ZWDR

Apollo 2.0 中使用了两个同样的摄像机，通过 USB3.0 的转接线接入控制器，传递彩色图像信息。两个摄像机的镜头的焦距分别是 6mm 和 25mm，分别用于检测近处和远处的红绿灯。

1 摄像机的分类

摄像机根据镜头和布置方式的不同主要有以下四种：单目摄像机、双目摄像机、三目摄像机和环视摄像机。

1.1 单目摄像机



单目摄像机模组

单目摄像机模组只包含一个摄像机和一个镜头。

由于很多图像算法的研究都是基于单目摄像机开发的，因此相对于其他类别的摄像机，单目摄像机的算法成熟度更高。

但是单目有着两个先天的缺陷。

一是它的视野完全取决于镜头。

焦距短的镜头，视野广，但缺失远处的信息。反之亦然。因此单目摄像机一般选用适中焦距的镜头。

二是单目测距的精度较低。

摄像机的成像图是透视图，即越远的物体成像越小。近处的物体，需要用几百甚至上千个像素点描述；而处于远处的同一物体，可能只需要几个像素点即可描述出来。这种特性会导致，越远的地方，一个像素点代表的距离越大，因此对单目来说物体越远，测距的精度越低。

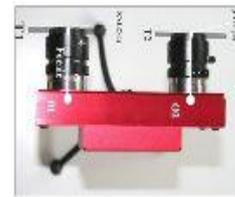
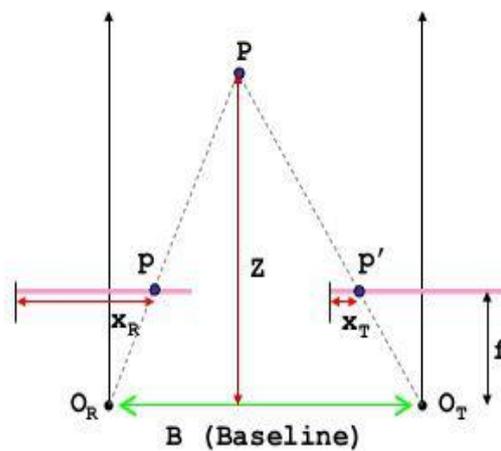
1.2 双目摄像机



双目摄像机模组

由于单目测距存在缺陷，双目摄像机应运而生。相近的两个摄像机拍摄物体时，会得到同一物体在摄像机的成像平面的像素偏移量。有了像素偏移量、相机焦距和两个摄像机的实际距离这些信息，根据数学换算即可得到物体的距离。原理图下图。

Disparity and depth



With the stereo rig in standard form and by considering similar triangles ($PO_R O_T$ and Ppp'):

$$\frac{b}{Z} = \frac{(b+x_T) - x_R}{Z-f} \rightarrow Z = \frac{b \cdot f}{x_R - x_T} = \frac{b \cdot f}{d}$$

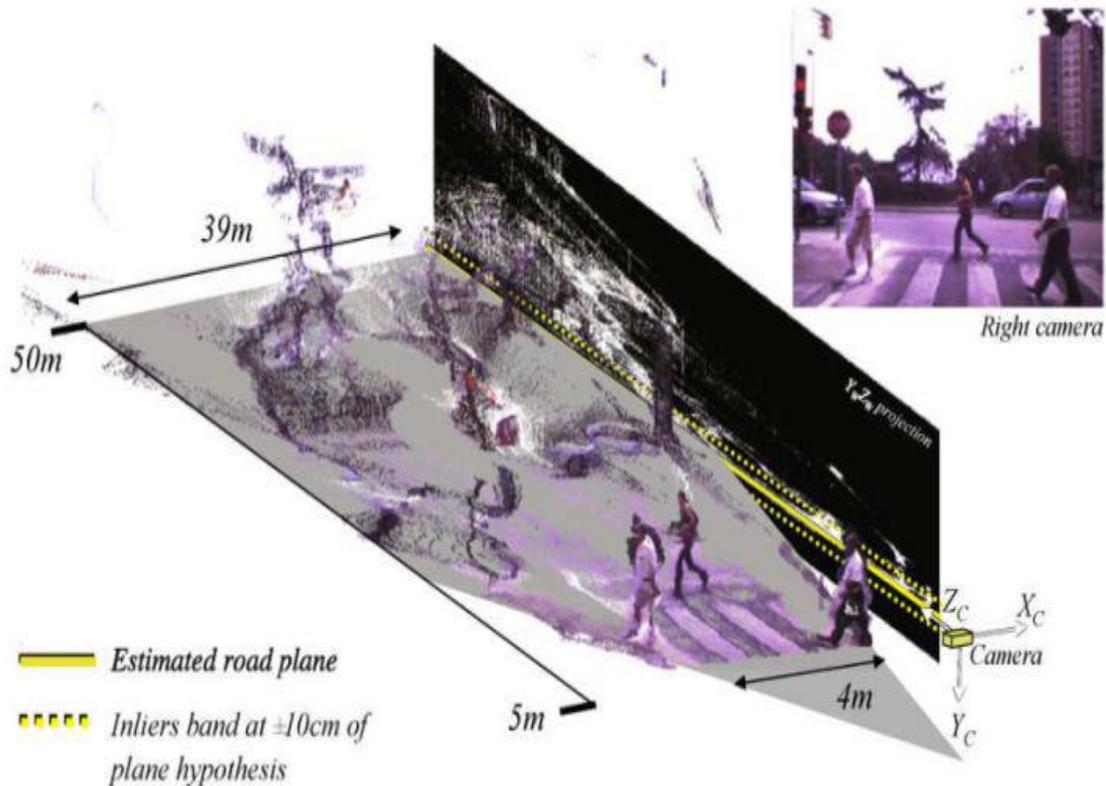
$x_R - x_T$ is the disparity

Stefano Mattoccia

图片出处:

<https://www.slideshare.net/DngNguyn43/stereo-vision-42147593>

根据双目测距原理应用在图像上每一个像素点时，即可得到图像的深度信息，如下图。



图片出处：

[Computer Vision and Image Understanding 《2D-3D-based on-board pedestrian detection system》](#)

深度信息的加入，不仅能便于障碍物的分类，更能提高高精度地图定位匹配的精度。

虽然双目能得到较高精度的测距结果和提供图像分割的能力，但是它与单目一样，镜头的视野完全依赖于镜头。而且双目测距原理对两个镜头的安装位置和距离要求较多，这就会给相机的标定带来麻烦。

1.3 三目摄像机

由于单目和双目都存在某些缺陷，因此广泛应用于无人驾驶的摄像机方案为三目摄像机。三目摄像机其实就是三个不同焦距单目摄像机的组合。下图为特斯拉 AutoPilot 2.0 安装在挡风玻璃下方的三目摄像机。



三目摄像机模组

根据焦距不同，每个摄像机所感知的范围也不尽相同

如下图，可以看出三个摄像头的感知范围由远及近，分别为前视窄视野摄像头（最远感知 250 米）、前视主视野摄像头（最远感知 150 米）及前视宽视野摄像头（最远感知 60 米）。



特斯拉 AutoPilot 2.0 视觉传感器感知范围

对摄像机来说，感知的范围要么损失视野，要么损失距离。三目摄像机能较好地弥补感知范围的问题。因此在业界被广泛应用。

那么测距精度的问题怎么办？

正是由于三目摄像机每个相机的视野不同，因此近处的测距交给宽视野摄像头，中距离的测距交给主视野摄像头，更远的测距交给窄视野摄像头。这样一来每个摄像机都能发挥其最大优势。

三目的缺点是需要同时标定三个摄像机，因而工作量更大。其次软件部分需要关联三个摄像机的数据，对算法要求也很高。

1.4 环视摄像机

之前提到的三款摄像机它们所用的镜头都是非鱼眼的，环视摄像机的镜头是鱼镜头，而且安装位置是朝向地面的。某些高配车型上会有“360°全景显示”功能，所用到的就是环视摄像机。

安装于车辆前方、车辆左右后视镜下和车辆后方的四个鱼镜头采集图像，采集到的图像与下图类似。鱼眼摄像机为了获取足够大的视野，代价是图像的畸变严重。



图片出处：

<https://www.aliexpress.com/item/360-bird-View-Car-DVR-record-system-with-4HD-rear-backup-front-side-view-camera-for/32443455018.html>

通过标定值，进行图像的投影变换，可将图像还原成俯视图的样子。之后对四个方向的图像进行拼接，再在四幅图像的中间放上一张车的俯视图，即可实现从车顶往下看的效果。如下图。



图片出处：

<https://www.aliexpress.com/item/360-bird-View-Car-DVR-record-system-with-4HD-rear-backup-front-side-view-camera-for/32443455018.html>

图片出处：<https://www.aliexpress.com/item/360...>

环视摄像机的感知范围并不大，主要用于车身 5~10 米内的障碍物检测、自主泊车时的库位线识别等。

2 摄像机的功能

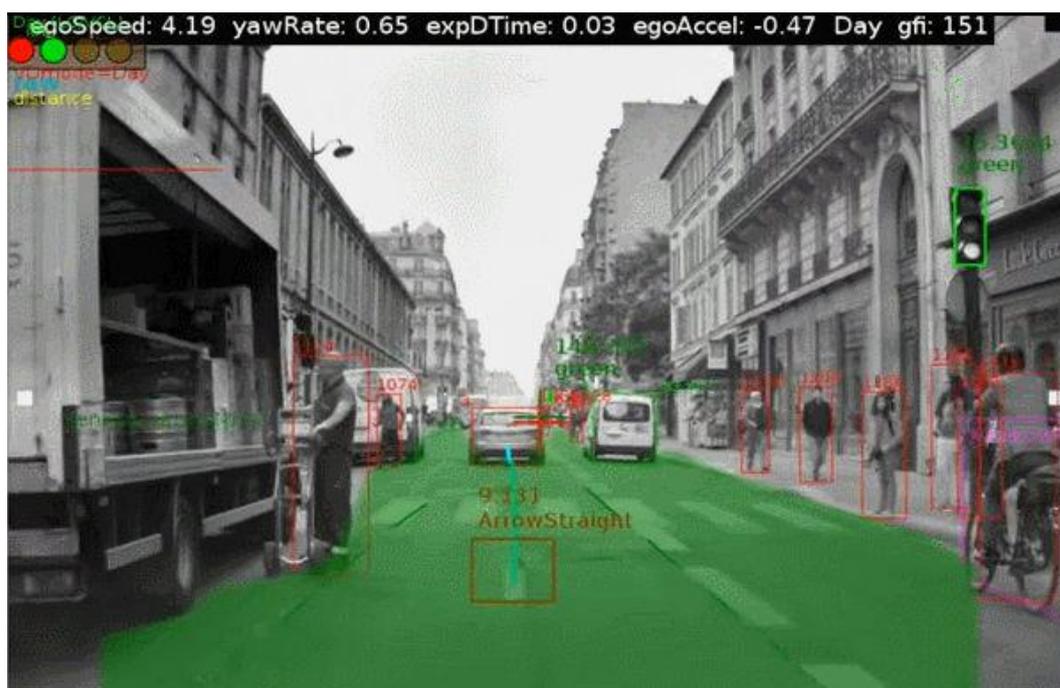
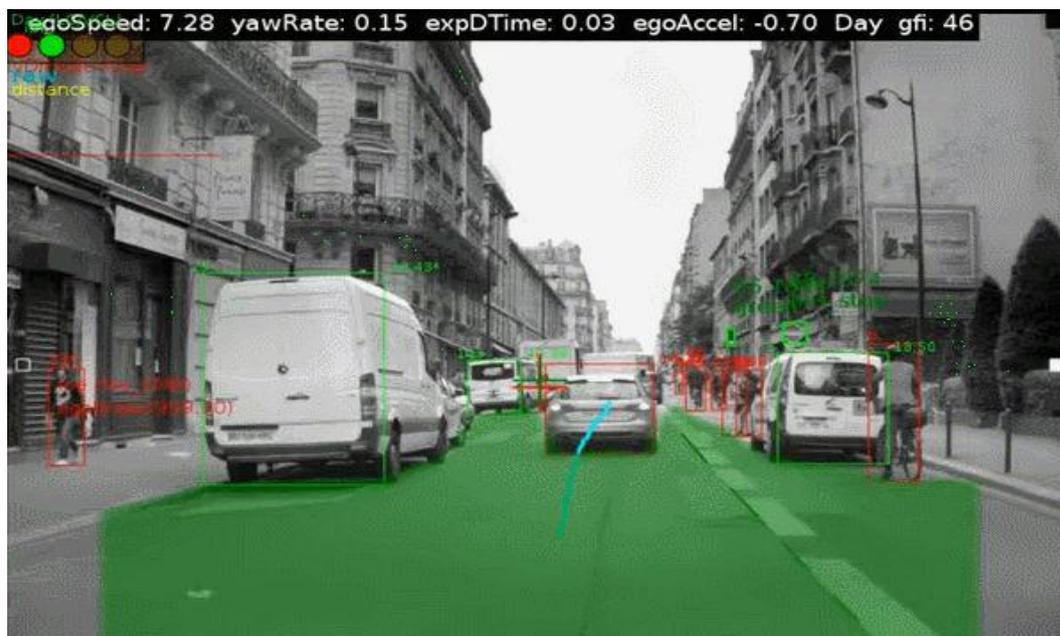
摄像机在无人车上的应用，主要有两大类功能。主要是感知能力，其次是定位能力。

2.1 感知能力

在无人驾驶领域，摄像机的主要功能是实现各种环境信息的感知。接下来我会以 Mobileye 为例介绍摄像机能够实现的功能。Mobileye 是国际上公认是做视觉最牛的公司之一。先来一段视频。

<https://link.zhihu.com/?target=https%3A//www.bilibili.com/video/av15816802/>

如果流量告急，就直接看图吧。



可以看出摄像机可以提供的感知能力有：

①车道线(lane)

图中的深绿色线。车道线是摄像机能够感知的最基本的信息，拥有车道线检测功能即可实现高速公路的车道保持功能。

②障碍物(Obstacle)

图中使用矩形框框中的物体。图中仅有汽车、行人和自行车等物体。其实障碍物的种类可以更丰富，比如摩托车、卡车，甚至动物都是可以检测到的。有了障碍物信息，无人车即可完成车道内的跟车行驶。

③交通标志牌和地面标志(Traffic Sign and Road Sign)

图中使用绿色或红色矩形框框出的物体。这些感知信息更多的是作为道路特征与高精度地图做匹配后，辅助定位。当然也可以基于这些感知结果进行地图的更新。

④可通行空间(FreeSpace)

图中使用透明绿的覆盖的区域。该区域表示无人车可以正常行使的区域。可通行空间可以让车辆不再局限于车道内行驶，实现更多跨车道的超车功能等，把车开的更像老司机。

⑤交通信号灯(Traffic Light)

图中使用绿框框出来的物体。交通信号灯状态的感知能力对于城区行驶的无人驾驶汽车十分重要，这也是为什么百度 Apollo 2.0 实现“简单路况自动驾驶”所必须开放的功能。

2.2 定位能力

相信大家都对视觉 SLAM 技术都有所耳闻，根据提前建好的地图和实时的感知结果做匹配，获取当前无人车的位置。视觉 SLAM 需要解决的最大问题在于地图的容量过大，稍微大一点的区域，就对硬盘的容量要求很高。如何制作出足够轻量化的地图，成为 SLAM 技术商业化的关键。

Mobileye 在已实现的道路经验管理 (Road Experience Management, REM) 功能，能够实现复杂路况的全局定位能力。再看个视频感受一下。



https://link.zhihu.com/?target=https%3A//v.qq.com/x/page/e0396h1k_evi.html

3 小结

目前百度 Apollo 2.0 仅开放了摄像机的交通信号灯检测能力，障碍物的感知还是强烈依赖于激光雷达和毫米波雷达。相信在未来，文章中介绍的这些功能都会慢慢开放的。

摄像机是所有车载传感器中，感知能力最强的，没有之一。这也是为什么特斯拉采用了纯视觉的感知方案，而坚持不使用激光雷达的原因（当然激光雷达贵也是一个因素）。

好了(^o^)/~，这篇分享基本上让大家了解了无人车所使用到的视觉感知技术。

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