

根据两单目相机拍摄图像的位姿求某点的世界坐标

星期一, 八月 24, 2020 4:41 下午

摘要

本文将展示位姿估计的一种应用，即通过两个单目相机完成对物体距离的测量。简单来说，本文的工作就是利用两幅图，在已知P1、P2、P3、P4四点世界坐标的情况下，计算出P5的世界坐标。

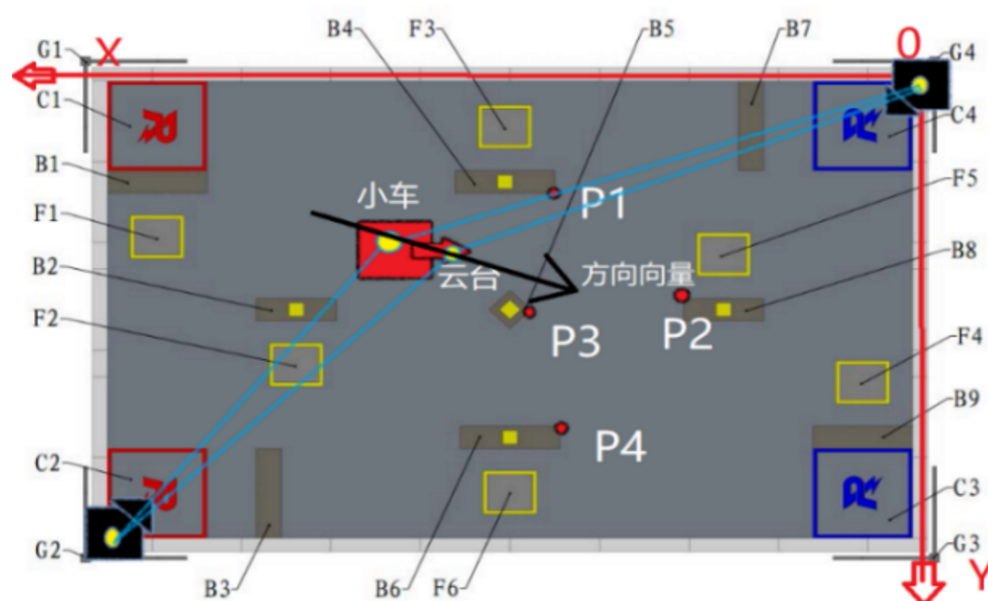
原理

在一开始，先设待求点为 P 。

根据**两条直线确定一个点**的原理，在二维平面中只要知道两条相交直线的方程，就可以解出它们的交点坐标。现在假设我们是在二维平面中拍照的，如下图：

根据PNP原理的内容，我们根据P1、P2、P3、P4四点的空间坐标，可以估计出两次拍照的相机位姿Oc1与Oc2，也就知道了相机的坐标Oc1与Oc2。那么将Oc1与P，Oc2与P联成直线，则可以获得两条直线方程，组成方程组求解得到它们的交点，即为待求点P的坐标。

到三维空间中，原理跟二维是一样的，只是两条直线从二维空间升到了三维空间成为了两条空间。通过解PNP求出了相机两次拍摄的空间位置Oc1、Oc2，在根据P在图像中的坐标，可以知道P点在空间中位于相机的哪个方向（**将二维图像中的P点用公式映射到三维空间中，需要使用到内参数与外参数矩阵**），也就是可以确定一条从相机指向点P的射线。用两幅图像确定了关于P的两条射线，那么解方程求出他们的交点坐标，就能得到P的空间坐标。



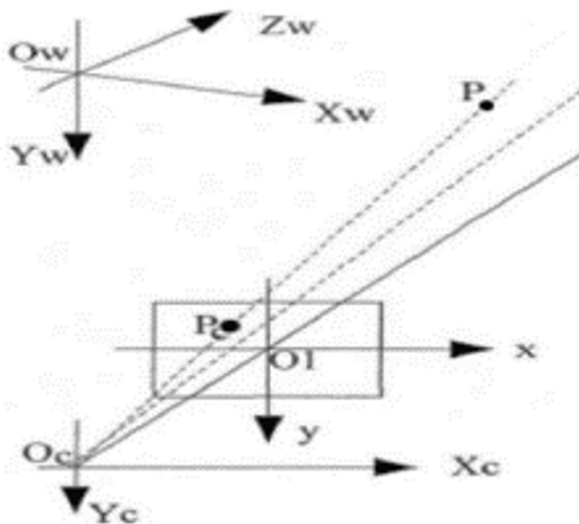
1. 求出P点的相机坐标系坐标 P_c

关于P点如何从二维映射到三维，参考上图，O_c的坐标通过解PNP已经求出，待求点P在图像中的像素坐标为(u,v)。根据公式求出P在相机坐标系中的坐标P_c（也就是上图中的P_c点）。具体的转换公式如下，式中F为相机镜头的焦距(mm)，u、v为点的像素坐标，其余为相机内参数。

$$X_c = (U - U_0) \cdot F / f_x$$

$$Y_c = (V - V_0) \cdot F / f_y$$

$$Z_c = F$$



2. 求出P点在世界坐标系中的方向向量

此时我们得到了P_c(x_c, y_c, z_c)，但这个点坐标是在相机坐标系中的，而我们需要知道的其实是P点在世界坐标系中对应的坐标P_w(x_w, y_w, z_w)。为了将P_c转为P_w，需要用到解PNP求位姿时得到的三个欧拉角。

我们知道相机坐标系C按照z轴、y轴、x轴的顺序旋转以上角度后将与世界坐标系W完全平行（详见PNP原理），在这三次旋转中P_c显然是跟着坐标系旋转的，其在水世界系W中的位置会随着改变。为了抵消旋转对P点的影响，保证C系旋转后P点依然保持在水世界系W原本的位置，需要对P_c进行三次反向旋转，旋转后得到点P_c在相机坐标系C中新的坐标值记为P_{c'}，P_{c'}的值等于世界坐标系中向量OP的值。那么P_{c'}的值+O_c的世界坐标值=P点的世界坐标P_w。

上面的代码中获得了一条射线A的两个端点，其中A1为相机的世界坐标系坐标，A2为求出的**P点映射到世界坐标系时的方向向量+相机的世界坐标系坐标**

3. 最后，根据两幅图得到的两条直线，计算出P点的世界坐标

对另外一幅图也进行1、2的操作，得到点B1，B2。于是获得两条直线A、B，求出两

条直线A与B的交点，大功告成。然而在现实中，由于误差的存在，A与B相交的可能性几乎不存在，因此在计算时，应该求他们之间的最近点坐标。

利用已经完成的GetDistanceOf2linesIn3D类，可以求出两条直线的交点或者说两条直线的最近点坐标。

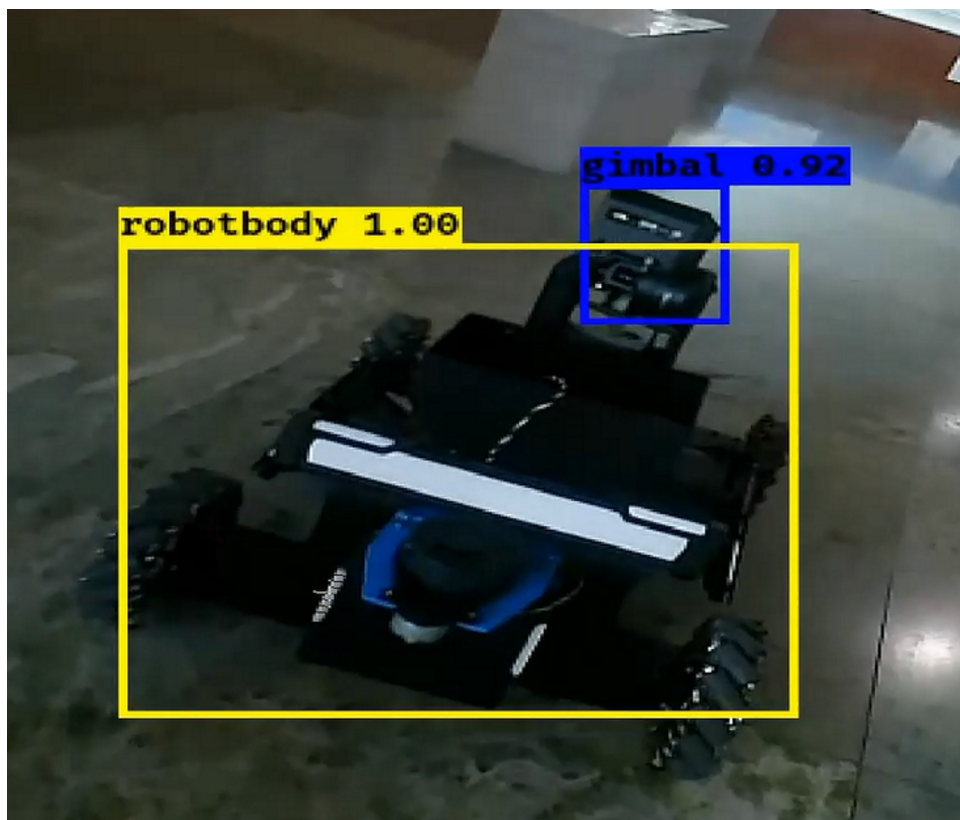
结果

最后解得P点坐标为：

```
图一中特征点坐标 =  
[769, 269;  
 744, 764;  
1274, 239;  
1318, 752]  
图一中相机位姿  
Oc坐标=[213.213, 68.985, -275.89]      相机旋转=[-0.0722016, -25.4293, -3.07095]  
  
图二中特征点坐标 =  
[389, 126;  
 379, 524;  
 809, 129;  
 797, 532]  
图二中相机位姿  
Oc坐标=[65.7113, 116.616, -435.063]      相机旋转=[14.9061, -2.53285, -0.136723]  
  
-----  
解得P世界坐标 = (65.7278, 59.7489, 25.251)
```

P的实际坐标为(60,60,30)，计算结果的误差在5cm左右，考虑到绘图与测量时产生的误差，以及拍摄时的影响，这样的误差在可接受范围之内。

在实际应用中，我们将使用YOLOV3识别的图片（如下图），对识别的四个边缘点进行计算，并取这四个点的重心作为最后计算结果，进一步减小误差。



误差分析

该测量的误差来源于以下几个方面：

1. 安装、测量误差
这个误差是由于在设备安装，以及尺寸测量中所形成的。如在用尺子测量P点高度时度数不准等。
2. 像点坐标的选取误差
这一误差是在确定几个点的像素坐标时，取点不准所造成的。不过由于本文用的图像有2000w像素，因此该误差不太明显。若是用100w的图像，该误差的影响就会被大大增强。
3. 两张拍照位置造成的误差。
理论上两次拍照位置相互垂直时，最后计算出来的P点世界坐标的误差最小。
4. 当两个摄像头中的一个完全丢失识别物体的视野时，会对测量产生一定影响