待解决问题

1. 感光元件产生信号与物体颜色之间关系？物理成像（感光元件信号）平面转换成数字图像的具体过程？一个像素点对应一个还是多个感光元件？之间怎么转换？DSP将感光元件模拟信号转换成数字图像的过程？亚像素分析需要搞懂感光到数字图像像素的过程，在已知形状（如圆形）可以进行亚像素分析。
2. 传感器综述
3. 传感器可分为主动式和被动式。主动式需要自己发射信号，然后通过接收信号测量，那么安装多个同类传感器、多机器人或一个传感器有多个发射器会出现相互干扰的情况。激光雷达、超声波、激光和红外属于主动式。被动式不会出现相互干扰的情况，相机、IMU、odometry属于被动式。
4. 传感器比较重要的是精度、内参、测量速度、以及测量之间的间隔。不同传感器之间存在测量频率和时间戳之间匹配的问题。
5. 移动会使相机（特别是卷帘快门）和激光雷达的每帧数据发生畸变（distortion），因为一帧数据由很多点组成，速度不够快，传感器一直在移动。帧率和速度差越大，畸变越大。
6. 使用激光、超声波等传感器时打印出数据用图画出来，选择合适的算法滤波，测试数据主要，如霄卓测试超声波数据波动大（由误差大造成），激光数据好很多
7. 环境退化（environmental degradation）会使传感器测量出错或跟踪失败，因为环境中没有包含充分信息了。
8. 快速运动会导致数据稀疏，即信息不够
9. 厂商：

* RGB-D摄像头：国外：微软Kinect系列、Intel realsense系列、苹果、英飞凌、TI等为代表的消费级RGB-D；orbbec、pico、human+、爱观、图漾、艾芯智能、知微传感等；英特尔的RealSense、华硕的Xtion

1. 相机

[1]计算机视觉life- 2019.11.23-24立体视觉（立体视觉论述，标定calibration，校正rectify，匹配correspond or matching）；主要论述双目相机

[2]视觉SLAM十四讲

1. 单目相机
2. 相机成像原理（还需进一步加深理解）：物体的光线透过镜头和滤光装置在感光元件上曝光产生电信号，电信号再通过A/D转换经过DSP处理转换成数字信号，形成数字图像。相机模型小孔成像，[1]镜头的原理是光的折射，一个点的光线通过棱镜（lens，镜头）折射到一点，可近似为小孔（pinhole）模型。

<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1597414751464421535&wfr=spider&for=pc>

1. 感光元件主要有CCD(电荷耦合)、CMOS（互补金属氧化物半导体）。相当于以前胶片的作用。由两种感光元件的工作原理可以看出，CCD的优势在于成像质量好，但是由于制造工艺复杂，只有少数的厂商能够掌握，所以导致制造成本居高不下，特别是大型CCD，价格非常高昂。同时，这几年来，CCD从30万像素开始，一直发展到600万，像素的提高已经到了一个极限。在相同分辨率下，CMOS价格比CCD便宜，但是CMOS器件产生的图像质量相比CCD来说要低一些。市面上绝大多数的消费级别以及高端数码相机都使用CCD作为感应器；CMOS感应器则作为低端产品应用于一些摄像头上。是否具有CCD变成了人们判断数码相机档次的标准之一。

https://baike.baidu.com/item/感光元件/5888314?fr=aladdin

1. ISO感光度是CCD/CMOS（或胶卷）对光线的敏感程度。如果用ISO100的胶卷，相机2秒可以正确曝光的话，同样光线条件下用ISO200的胶卷只需要1秒即可。ISO越大，所需曝光量越小。高ISO虽然速度快但图像颗粒粗，经不起精细放大出图。所以风光摄影要用相机的最低感光度才可得到精细的画面。
2. 光圈（焦距/口径大小，值越小光圈越大，光圈大理解为光圈值小，焦距越大，单位时间进光越少，口径越大，单位时间进光越多）和快门（一般为时间的倒数）共同控制曝光量，曝光量=快门\*光圈（光圈值倒数）。曝光量越大，整张照片变量，曝光不足，整张图片偏暗（整张图片的曝光条件是一样的）。光圈越大，曝光量越大，景深（清晰部分距离）越短。快门速度越快，曝光量越小，适合拍快速运动的物体。
3. 自动测光：相机可以通过自动测光通过取平均值自动决定曝光量。日常拍照时一般控制其中一个值，然后根据这个曝光量，另一个值自动调。手机上选中某点后，手机会认为该点是正常的自动测光，如果该点是亮点，那整体曝光量会减小，其他部分会变暗。
4. 曝光补偿：白加黑减。因为自动测光会有偏差，目的是将所有物体都拍成不太亮的，白色的话，自动曝光量会偏小，所以要增大曝光量。

<https://blog.csdn.net/z_h_s/article/details/50813015>

<https://zhidao.baidu.com/question/878617723879759972.html>

1. 卷帘快门(Rollingshutter)与全局快门(global shutter)的区别：前者是逐行曝光（一行一行，不是一个像素逐行扫描），曝光一行输出一行，一般用CMOS，适合大于0.5ms（小于2000帧）的应用；后者是整体曝光，一般用CCD，适合小于0.5ms的应用。

<https://blog.csdn.net/abcwoabcwo/article/details/93099982>

<https://blog.csdn.net/ZahirGong/article/details/78844829>

1. 模糊产生的原因：卷帘快门，延迟造成各行有移动；物体运动太快，快门慢（帧率小）时，单个像素点在曝光时间内会有很多物体点移动，而感光元件是取积分的结果。

计算机视觉life-3.27公开课视频（论文REAL-TIME INDOOR SCENE RECONSTRUCTION WITH RGBD AND INERTIA INPUT）提到了使用RGD和IMU去模糊的方法。

1. camera matrix P=intrinsic parameter K\*extrinsic parameter [R|T]
2. 相机标定方法

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标定方法 | 优点 | 缺点 | 常用方法 |
| 传统相机标定法 | 可使用于任意的  相机模型、精度  高 | 需要标定物、算法复杂 | Tsai两步法  张氏标定法 |
| 主动视觉相机标定法 | 不需要标定物、算法简单、鲁棒性高 | 成本高、设备  昂贵 | 主动系统控制相机做特定运动 |
| 相机自标定法 | 灵活性强、可在  线标定 | 精度低、鲁棒  性差 | 分层逐步标定  基于Kruppa方程 |

1. image plane以相机中心为原点，是物理连续的成像平面；pixel coordinate像素坐标系以左上角为原点，就是我们平时看到的图像，将物理平面离散成n\*m像素。具体见[1]、[2]P85
2. 极线约束可以加快搜索过程，将2D搜索范围降到1D,需要知道两个相机中心的世界坐标和一个像素坐标。[2]p141。
3. 跟踪失败的原因：动态环境；纹理，低纹理不好提取特征点,以及重复出现的纹理；模糊，可能由速度快造成；闭塞（occlusion）特征点只在一副图中被检测出来，不能repeated；光照变化，如室内和室外光照变化，从早到晚光照变化
4. 1
5. 双目相机

[1]参考计算机视觉life- 2019.11.23-24立体视觉（立体视觉论述，标定calibration，校正rectify，匹配correspond or matching）

1. Calibration->rectification->correspondence->triangulation
2. 双目标定=单目标定+计算两个相机的旋转和平移（一般两个相机在同一高度，但为了共同视场更大会互成角度）。
3. Calibration：Intrinsic parameters of the two cameras(focal length,

image center（工艺原因，相机中心和成像中心会有偏离，也就是最后图像的中心未必是相机中心点）, parameters of lenses distortion（畸变，一是透镜自身的形状对光线传播的影响；二是在机械组装过程中，透镜和成像平面不可能完全平行，这也会使得光线穿过透镜投影到成像面时的位置发生变化。）, etc)。Extrinsic parameters (R and T that aligns the two cameras)

1. Stereo Rectification：turns the stereo pair in standard form。将互成角度的情况，转换中双目相机两相机平行的标准情况。互成角度能拍到更多信息。
2. 匹配为了获得视差。匹配方法有基于像素的匹配和基于像素区域的匹配。
3. 深度相机
4. 激光雷达
5. 跟踪失败的原因：无结构（structure‐less）的地方，如空旷的地方；
6. scan matching时避免：我们避免选择相邻点已经被选择的点，闭塞区域边界上的点；避免选择局部表面接近平行于激光束的点。因为这些点可能包含很大的噪音，或者随着传感器的移动而改变位置。
7. IMU
8. IMU可靠性高，很少因为环境问题出故障
9. 1
10. odometry
11. IMU可靠性高，很少因为环境问题出故障
12. 1
13. 超声波
14. 霄卓测试：超声波测距精度1.5cm；有发散角，可通过加挡板的方法减小发散角，四面都加会造成信号过强；超声波盲区8mm。
15. 激光
16. 霄卓测试：激光测距精度2mm，但与光强关系较大，只在一定光强范围测得距离是准确的。测量玻璃距离时可能会偏小（实际2m，测得0.525m）；玻璃后有障碍物会测到障碍物距离；从障碍物到玻璃会出现测不到数据的情况；激光测到边缘时，测量值不会突变，会缓慢变化，5、6次左右。
17. 红外
18. 易受光照影响
19. 1