

2. 图像去畸变

代码见image_undistort文件夹，去畸变效果如下：



3. 鱼眼相机与去畸变

1. 鱼眼相机相比于普通针孔相机在SLAM方面的优势

鱼眼相机的FoV更大，相邻图像帧之间有更多的重叠区域，在相机剧烈运动的时候（比如有较快的旋转），相比于普通相机，视觉里程计更加不容易失效。

2. 整理并描述OpenCV中使用的鱼眼畸变模型（等距投影）是如何定义的，与上题中的畸变模型有何不同？

上题中的畸变模型，在相机成像归一化平面上有

$$x_{distorted} = x(1 + k_1r^2 + k_2r^4 + k_3r^6) + 2p_1xy + p_2(r^2 + 2x^2)$$

$$y_{distorted} = y(1 + k_1r^2 + k_2r^4 + k_3r^6) + p_1(r^2 + 2y^2) + 2p_2xy$$

OpenCV中鱼眼畸变模型，在相机成像归一化平面上有

$$\theta = \text{atan}(r)$$

$$\theta_d = \theta(1 + k_1\theta^2 + k_2\theta^4 + k_3\theta^6 + k_4\theta^8)$$

$$x_{distorted} = (\theta_d/r)x$$

$$y_{distorted} = (\theta_d/r)y$$

$$\text{其中均有 } r^2 = x^2 + y^2$$

上一题的畸变模型包括了径向和切向两种畸变，本题中的鱼眼相机只给出了 θ_d 一种畸变类型。

3. 完成畸变矫正

代码见fisheye_undistort文件夹，去畸变效果如下：



4. 为什么 $k_1, \dots, k_4 = 0$ ，依然可以达到去畸变的效果？

实际的镜头因为制造工艺等各种原因并不会精确的符合投影模型，为了方便鱼眼相机的标定，一般取 r 关于 θ 泰勒展开式的前5项来近似鱼眼相机的实际投影函数： $r_d = f\theta_d = k_0\theta + k_1\theta^3 + k_2\theta^5 + k_3\theta^7 + k_4\theta^9$ ，因为 $f = 1$ ，且 θ_d 的一次项系数 k_0 可以为1，最终得到OpenCV中使用的鱼眼相机模型：

$$r_d = \theta_d = \theta + k_1\theta^3 + k_2\theta^5 + k_3\theta^7 + k_4\theta^9$$

k_1, \dots, k_4 取0，相当于泰勒展开只近似了第一项，仍然可以达到一定的去畸变效果

5.去畸变是否带来了图像内容的损失？如何避免这种图像内容上的损失？

鱼眼图一般为圆形，边缘的信息被压缩的很密集，经过去畸变后原图中间的部分会被保留的很好，而边缘位置一般都会被拉伸的很严重、视觉效果差，所以通常会进行切除，因此肯定带来图像内容的损失。增大去畸变时图像的尺寸，或者使用单目相机和鱼眼相机图像进行融合，可以补全丢失的信息。

4.双目视差的使用

理论推导见作业4(手写).pdf

代码见stereo文件夹，深度恢复效果如下：



5.矩阵运算微分

见作业4(手写).pdf

6. 高斯牛顿法的曲线拟合实验

代码见optimization文件夹

程序运行结果如下：

```
xwl@xwl-System-Product-Name:~/Documents/视觉SLAM基础与VI0进阶/L4/hw4/optimization/bin$ ./curve_fitting
total cost: 3.19575e+06
total cost: 376785
total cost: 35673.6
total cost: 2195.01
total cost: 174.853
total cost: 102.78
total cost: 101.937
total cost: 101.937
total cost: 101.937
cost: 101.937, last cost: 101.937
estimated abc = 0.890912, 2.1719, 0.943629
```

*7. 批量最大似然估计

见作业4(手写).pdf