

# Minth Local Base Measure Pipeline

---

## 相机标定

---

参考OpenMVG pipeline

- ✓ 加入激光网格点约束
- ✓ G1G2加权
- ✓ X4X5加权

## 小基准测量

---

### 2d检测

1. 图像去畸变，包括：

- 径向畸变  
k1 k2 k3
- 切向畸变  
p1 p2

2. 检测：

- 孔心点
  1. 用名义值CAD往各个相机投影，生成模板
  2. ROI
  3. 图像预处理
  4. 用生成好的模板进行模板匹配，得到孔心点

用Halcon或Linemod进行模板匹配或深度学习来检测孔心点

参考OpenMVG pipeline

- 激光线

1. ROI：获取到每个ROI（手工标注的ROI）

格式：camera-CCDn.json代表CCDn相机view下的ROI

- name：测点名字
- lx：左上角点的x
- ly：左上角点的y
- rx：右下角点的x
- ry：右下角点的y

标注 / 检查ROI软件link：

[Minth ROI Labelme Web](#)

2. 图像预处理

先做一个闭运算，先膨胀后腐蚀，使得激光线能够更完整一些

[开运算和闭运算](#)

闭运算可以

1. 填平小孔，弥合小裂缝，而总的位置和形状不变
2. 闭运算是通过填充图像的凹角来滤波图像的
3. 结构元素大小的不同将导致滤波效果的不同
4. 不同结构元素的选择导致了不同的分割

3. 提取激光线中心算法，[steiger](#):

1. GaussBlur

其中高斯方差需要

$$\delta < \frac{w}{\sqrt{3}}$$

$w$ 为光条宽度

2. Hessian矩阵**最大特征值**对应的特征向量对应于光条的法线方向

$$(n_x, n_y)$$

以点

$$(x_0, y_0)$$

为基准点，则光条中心的亚像素坐标为

$$(p_x, p_y) = (x_0 + tn_x, y_0 + tn_y)$$

其中 $t$ 的计算公式为

$$t = -\frac{n_x r_x + n_y r_y}{n_x^2 r_{xx} + 2n_x n_y r_{xy} + n_y^2 r_{yy}}$$

如果满足以下条件，

$$(tn_x, tn_y) \in [-0.5, 0.5] \times [-0.5, 0.5]$$

即**一阶导数为零的点位于当前像素内，且二阶导数大于指定的阈值**

则该点

$$(x_0, y_0)$$

为光条的中心点，点

$$(p_x, p_y)$$

为亚像素坐标

## 三角化

利用优化后的外参，重新三角化全部点，包括

1. 孔心点
2. 网格点

三角化的过程：

- 2个views的三角化

☐ DLT(Direct Linear Transform)

- ☐ L1\_Angular
- ☐ LInfinity\_Angular
- ☒ Inverse\_depth\_weighted\_midpoint

- N个views的三角化

- ☒ DLT(Direct Linear Transform) 拿着3d点的坐标XYZ, 往各个view下投影, 得到2d坐标, 列出方程组 SVD求(超定)方程的解, 得到最小二乘解

- ☐ RANSAC(Random Sample Consensus)

- 先从所有view中随机选2个view进行三角化, 将该重建点往各个view下投, 计算重投影误差, 如果重投影误差小于一定阈值, 则inliers+1, 多做几组, 从中选出inliers数量最大的那组inliers
- 拿inliers进行三角化, SVD

## BA: 优化3d点

进行BA优化

target:

- reprojection error

$$[x, y, 1] = K[R|t][X, Y, Z, 1]$$

$$reprojection\ error = \sqrt{(x - x')^2 + (y - y')^2}$$

*x' and y' is the point detected*

parameters:

- X
- Y
- Z

## 平面拟合

对于重建的网格点, 需要对之进行平面拟合, 需要拟合的平面包括

- PM01
- PM02
- PM03
- PM04
- PM05
- PM06
- PM28
- PM29
- PM30
- PM31
- PM32
- PM33
- PM37-A-FR
- PM37-A-RR
- PM37-B-FR
- PM37-B-RR

- PM37-C-FR
- PM37-C-RR
- PM37-D-FR
- PM37-D-RR
- PM37-E-FR
- PM37-E-RR
- AA-FR
- AA-RR

## 平面拟合流程

### 1. RANSAC(Random sample consensus)

从所有点中随机选取3个点进行平面方程的计算，计算其他各个点到该平面的距离，如果距离小于一定阈值，则inliers+1，多做几组，从中选出inliers数量最大的那组inliers

### 2. 最小二乘

用选出的inliers进行最小二乘拟合平面

## 建立小基准

利用以上拟合的平面以及G1G2进行小基准坐标系的建立

## 测量

将圆孔孔心重建的坐标转换到小基准坐标系下进行计算

### • 位置度

计算公式：

$$\begin{cases} position = 2 * sqrt((x_m - x_N)^2 + (y_m - y_N)^2) & if \ norm = [0, 0, 1] \\ position = 2 * sqrt((y_m - y_N)^2 + (z_m - z_N)^2) & if \ norm = [0, 1, 0] \end{cases}$$

### • 平面度

$$flatness = \text{正差} + \text{负差}$$

### • 面轮廓度

$$profile = abs(distance_{measure} - distance_{nominal})$$

## 对标三坐标测量值

### 1. 三坐标测量值提取

- excel->json
- txt->json

将测点号的position, x, y, z, flatness, profile作为value，将测点号作为key

### 2. 三坐标重复性分析

多组三坐标测量值进行分析，计算两次的三坐标的差值，得到以下分析结果

- count
- mean
- std
- min
- <25%
- <50%
- <75%
- max
- hist plot

### 3. 对标

计算三坐标测量值和我们的测量值的差值

统计

- <0.2百分比
- <0.3百分比
- <0.4百分比