

这样的图片共14张(不同角度),通过OpenCV和MATLAB处理后得到数据,处理时注意棋盘的内点数,本

图片为6×6共36个内角点。左右摄像头相同,最终一起测量,得到的结果如图3所示。

```
Intrinsic parameters of left camera:

Focal Length:      fc_left = [ 243.72123  243.73503 ]   [ 2.46019  2.52376 ]
Principal point:    cc_left = [ 163.41332  122.00557 ]   [ 2.87623  2.37309 ]
Skew:              alpha_c_left = [ 0.00000 ]   [ 0.00000 ] => angle of pixel axes = 90.00000  0.00000 degrees
Distortion:         kc_left = [ -0.49863  0.41319  -0.00199  -0.00242  0.00000 ]   [ 0.02171  0.05455  0.00192  0.00271  0.00000 ]

Intrinsic parameters of right camera:

Focal Length:      fc_right = [ 240.38899  240.01504 ]   [ 1.26957  1.31705 ]
Principal point:    cc_right = [ 153.63371  124.71318 ]   [ 1.50771  1.51023 ]
Skew:              alpha_c_right = [ 0.00000 ]   [ 0.00000 ] => angle of pixel axes = 90.00000  0.00000 degrees
Distortion:         kc_right = [ -0.45716  0.24704  -0.00166  0.00134  0.00000 ]   [ 0.01342  0.04877  0.00122  0.00116  0.00000 ]

Extrinsic parameters (position of right camera wrt left camera):

Rotation vector:    om = [ -0.00610  0.00461  0.00268 ]
Translation vector:  T = [ -61.95152  0.02908  -2.42475 ]

Recomputation of the intrinsic parameters of the left camera (recompute_intrinsic_left = 1)
```

图3 标定数据

其中内部参数: Focal Length为焦距、Principal point为主点、Skew为扭曲因子、Distortion为畸变系数。

外部参数: Rotation vector为平移向量、Translation vector为转移向量^[2]。

到这一步就测出了公式(1)中的焦距 f 了,而 T 可以物理测量,相当于已知,接下来得出视差 d 就可以测出距离。

3 特征提取与匹配

特征提取一般分为轮廓和点两个方面,这里要进行点的匹配与距离测算,故选用特征点的提取方式。特征提取的主流算法一般有3种: SIFT, SURF, ORB等特征点提取算法。由于SURF是SIFT的改进版,故这里只研究SURF和ORB算法^[3]。

3.1 SURF算法

SURF算法在积分图像上使用了盒子滤波器对二阶微分模板进行了简化,从而构建了Hessian矩阵元素值,进而缩短了特征提取的时间,提高了效率。其中SURF算法在每个尺度上对每个像素点进行检测,其近似构建的Hessian矩阵及其行列式的值分别为:

$$\begin{aligned} H_{\text{approx}} &= \begin{bmatrix} D_{xx}(\sigma) & D_{xy}(\sigma) \\ D_{xy}(\sigma) & D_{yy}(\sigma) \end{bmatrix} \\ c(x, y, \sigma) &= D_{xx}D_{yy} - (0.9D_{xy})^2 \end{aligned}$$

其中 D_{xx} 、 D_{xy} 和 D_{yy} 为利用盒子滤波器获得的近似卷积值。如果 $c(x, y, \sigma)$ 大于设置的门限值,则判定该像素点为关键字。然后与SIFT算法近似,在以关键字点为中心的 $(3 \times 3 \times 3)$ 像素邻域内进行非极大值抑制,最后通过对斑点特征进行差值运算,完成了SURF特征点的精确定位。

而SURF特征点的描述,则也是充分利用了积分图,用两个方向上的Harr小波模板来计算梯度,然后用一个扇形对邻域内点的梯度方向进行统计,求得特征点的主方向。

3.2 ORB算法

ORB特征是将FAST特征点的检测方法与BRIEF特征描述子结合起来,并在它们原来的基础上做了改进与优化。首先,它利用FAST特征点检测的方法来检测特征点,然后利用Harris角点的度量方法,从FAST特征点中挑选出Harris角点响应值最大的NN个特征点。其原理如下:

(1) 构造金字塔,在每层金字塔上采用Fast算法提取特征点,采用Harris角点响应函数,按角点响应值排序,选取前N个特征点。

(2) oFast: 计算每个特征点的主方向,灰度质心法,计算特征点半径为 r 的圆形邻域范围内的灰度质心位置。从中心位置到质心位置的向量,定义为该特征点的主方向。

定义矩的计算公式, $x, y \in [-r, r]$:

$$m_{pq} = \sum_{x,y} x^p y^q I(x, y) \quad (2)$$

质心位置:

$$C = \left(\frac{m_{10}}{m_{00}}, \frac{m_{01}}{m_{00}} \right) \quad (3)$$

主方向:

$$\theta = \arctan 2(m_{01}, m_{10}) \quad (4)$$

rBrief: 为了解决旋转不变性,把特征点的Patch旋转到主方向上(steered Brief)。通过实验得到,描述子在各个维度上的均值比较离散(偏离0.5),同时维度间相关性很强,

说明特征点描述子区分性不好,影响匹配的效果。论文中提出采取学习的方法,采用300 k个训练样本点。每一个特征点,选取Patch大小为 $w_p=31$, Patch内每对点都采用 $w_t=5$ 大小的子窗口灰度均值做比较,子窗口的个数即为 $N=(w_p-w_t) \times (w_p-w_t)$,从 N 个窗口中随机选两个做比较即构成描述子的一个bit,论文中采用 $M=205\ 590$ 种可能的情况:

(1) 对所有样本点,做 M 种测试,构成 M 维的描述子,每个维度上非1即0。

(2) 按均值对 M 个维度排序(以0.5为中心),组成向量 T 。

(3) 贪婪搜索:把向量 T 中第一个元素移动到 R 中,然后继续取 T 的第二个元素,与 R 中的所有元素做相关性比较,如果相关性大于指定的阈值Threshold,抛弃 T 的这个元素,否则加入到 R 中。

(4) 重复第3个步骤,直到 R 中有256个元素,若检测完毕,少于256个元素,则降低阈值,重复上述步骤。

综上所述:(1)尺度、旋转不变性(ORB算法在尺度方面效果较差)。(2)ORB较快,SURF运行速度大约为SIFT的3倍,ORB是sift的100倍,是surf的10倍。(3)SURF的鲁棒性较好;由于测量的实时性较强,故对于计算速度要求较高。因此,比较后最终选择基于ORB的特征点提取与匹配算法。

4 实验结果

实验环境:在实验室条件下实验桌上进行。

实验设备:摄像头两个、计算机一台、仪表。

实验平台:visual studio2013, OpenCV, MATLAB。

如图3所示,在基于ORB算法前提下,进行提取匹配后如上图,特征点匹配杂乱不准确;在用Ransac算法和ORB算法融合优化后为下图,此时匹配准确,且误差小。最终能相应的测出视差 d ,最后根据匹配的特征点测出相应的数据如表1所示。

通过表1可知,特征点的匹配测距实现误差允许范围内的准确测量,只有少数点会出现较大误差,证实了ORB和Ransac融合算法的可行性。

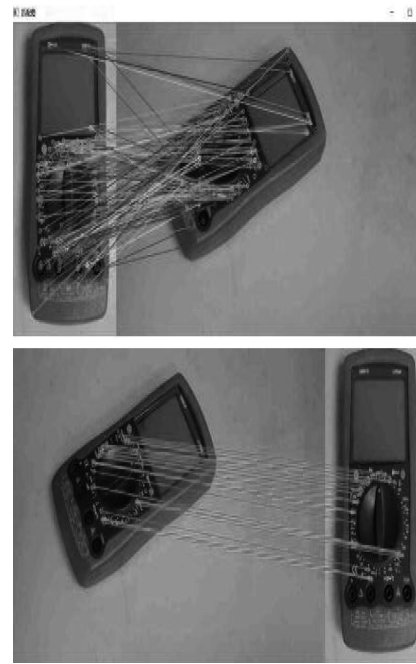


图3 匹配图(上)和改进后匹配图(下)

表1 测得数据误差

特征点	实际距离(mm)	测得距离(mm)	误差(%)
特征点1	211	200	5.5
特征点2	214	200	6.5
特征点3	209	180	13.8
特征点4	220	210	4.5
特征点5	225	209	7.1

5 结语

本文对于双目视觉测距的流程进行了较为详细的描述,通过对几种不同算法的性能和特点的对比和融合,实现了对特征点的较为准确的匹配,从而计算出视差,最终计算出实际距离。后续研究将对匹配算法进行进一步融合测试以提高测试的准确率,减小测量误差。

[参考文献]

- [1]于仕琪,刘瑞祯.学习 Open CV(中文版)[M].北京:清华大学出版社,2009.
- [2]马颂德,张正友.计算机视觉:计算理论与算法基础[M].北京:科学出版社,1998.
- [3]PAPADAKIS N, CASELLES V.Multi-label depth estimation for graph cuts stereo problems[J].Journal of Mathematical Imaging & Vision, 2010(1): 70-82.

Study on the robotic binocular distance measurement

Guo Pan, Du Hong

(College of Communication Engineering, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)

Abstract: Robot research is one of the hot spots in the field of artificial intelligence today, and binocular vision is one of the hot spots in robotics research. This paper introduces the realization process and principle of robotic binocular vision ranging obstacle avoidance. The feature extraction and matching are the core and difficult to realize binocular distance measurement. The selection and implementation of the matching algorithm will determine whether the matching ranging is accurate or not. This paper presents a feature-based stereo matching algorithm to achieve the fusion scheme. Finally, the effectiveness and feasibility of the algorithm are proved.

Key words: binocular vision; feature extraction; binocular set; stereoscopic match