

基于双目立体视觉的图像匹配与测距

信息科学与技术学院 计算机科学与技术 崔荣成

指导老师： 封筠

【摘要】 双目立体视觉是计算机视觉范畴的核心之一，它利用双目相机来获得目标物体的图像，经过物体图像处理之后得到目标物体所在场景环境的三维信息，最终实现非接触条件下测距，简单便捷。本次毕业设计主要内容为研究基于双目立体视觉平台上的图像匹配以及目标物体的距离测量技术，图像特征提取部分研究了 SIFT 算法和 SURF 算法，特征匹配部分研究了 BF 法和 FLANN 法，距离测量研究主要通过视差深度的计算，结合视觉坐标系的转换实现三维位置的定位与测量。结合维视双目立体视觉测量平台 MV-VS220，通过 Python+OpenCV 设计实现一个具备图像采集、图像匹配以及距离测量等功能的原型演示系统。系统可实现对关键环节的过程与结果的演示，以及不同算法的性能比较。系统测试表明，所开发的原型演示系统从界面、功能与性能方面均达到了设计的要求。

【关键字】 双目立体视觉 图像匹配 双目测距 MV-VS220 平台 OpenCV

【Abstract】 Binocular stereo vision is one of the core of computer vision. It uses binocular camera to obtain the image of the target object. After the object image is processed, the three-dimensional information of the scene environment where the target object is located is obtained, and finally the distance measurement under non-contact conditions is realized. Convenient. The main content of this graduation project is to study the image matching based on the binocular stereo vision platform and the distance measurement technology of the target object. The image feature extraction part studies the SIFT algorithm and the SURF algorithm. The feature matching part studies the BF method and the FLANN method. The measurement research mainly realizes the positioning and measurement of the three-dimensional position by the calculation of the parallax depth and the transformation of the visual coordinate system. Combined with the Vision-based binocular stereo vision measurement platform MV-VS220, a prototype demonstration system with image acquisition, image matching and distance measurement is realized through Python+OpenCV design. The system can demonstrate the process and results of key links and the performance comparison of different algorithms. System tests show that the prototype demonstration system developed meets the design requirements in terms of interface, function and performance.

【Key Words】: Binocular stereo vision Image Matching Binocular Distance Measurement MV-VS220 Platform OpenCV

1 引言

1.1 研究背景和意义

人类通过感觉器官获取的外部世界信息里有 80%是来自视觉。研究生物视觉系统发现，双目是生物具有视觉的重要前提。以人为例，当人用两眼分别观察视野前方的物体时，会发现左眼和右眼观察到的物体在距离和方位上不大一致，这就是视差。通过视差对比分析，才能更好地研究物体在实际世界的中的位置。

由于双目立体视觉系统是通过模拟人的双眼来进行感知这一原理，因此在实际中只需要两个相机，并将它们像人的双眼一样，安装在同一水平线上经过简单校正之后就可以投入使用。实现方式相对简单，使用成本低廉。因此，本文通过对双目立体视觉系统的研究，可以更好地理解图像特征

提取与匹配的算法原理和效率，并且实现在非接触条件下快速准确测量。

1.2 主要研究内容

(1) 在对相机成像和坐标系原理研究的基础上，依托维视双目立体视觉测量平台 MV-VS220 实现了双目相机标定，以及目标物体图像数据采集。

(2) 在灰度化、二值化以及加噪等必要图像预处理的基础上，研究 SIFT、SURF 特征点提取与匹配算法，进行实验并显示提取和匹配效果；研究测距模型和视差深度计算目标物体的深度信息，进行实验并获取测量结果，对测量误差进行分析与讨论。

(3) 基于维视双目立体视觉测量平台 MV-VS220，采用 Python+OpenCV 开发工具，设计实现了一个双目立体视觉图像匹配与测距原型系统，可实现对关键环节的过程与结果的演示，以及不同算法的性能比较。

2 相机成像与标定

探究摄像机成像模型与视觉坐标系之间的转换关系，世界坐标系中物点 P 的坐标 (x_w, y_w, z_w) 与图像像素坐标系中成像点 p 的坐标 (u, v) 间的关系，如式(1)所示。

$$z_c \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/dx & 0 & u_0 \\ 0 & 1/dy & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R & T \\ 0^T & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_w \\ y_w \\ z_w \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_x & 0 & u_0 & 0 \\ 0 & \alpha_y & v_0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R & T \\ 0^T & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_w \\ y_w \\ z_w \\ 1 \end{bmatrix} = M_2 M_1 X_w \quad (1)$$

式中， $\alpha_x = f/dx$ ； $\alpha_y = f/dy$ ； M_2 为内参矩阵； M_1 为外参矩阵。

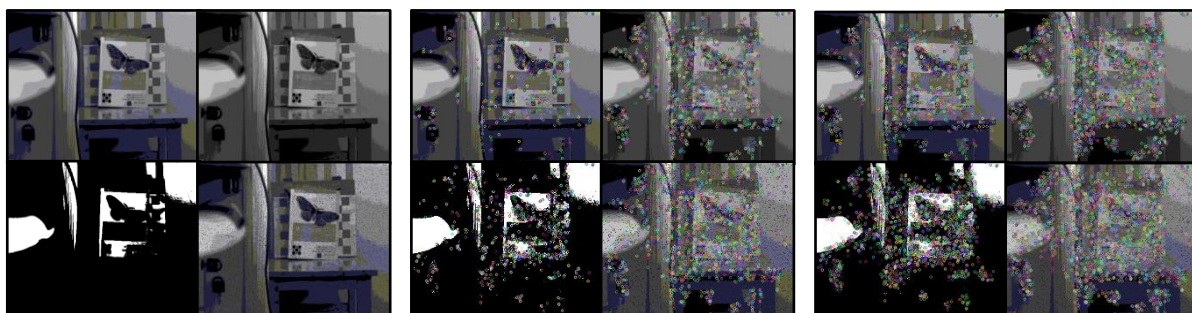
之后采用张正友标定法进行相机标定实验，得到的相机参数如下表 1 所示。

表 1 相机标定参数结果

参数类别	参数名称	左相机	右相机
内参数	f_x	4213.08	3096.37
	f_y	4060.75	3090.52
	K_1	-0.1426	-0.5450
	K_2	-0.4962	-0.2870
	P_1	0.0150	-0.0110
	P_2	0.0744	0.0329
外参数	R	$[-0.0688 \quad -0.3135 \quad -0.0251]$	$[-0.1165 \quad -0.1460 \quad -0.0216]$
	T	$[-5.0869 \quad -5.7178 \quad 116.4671]$	$[-5.1311 \quad -4.3567 \quad 89.1569]$

3 特征点的提取与匹配

研究 SIFT 和 SURF 两种算法所提取的特征关键点，针对环境变化时的性质与提取效率，并通过实验数据显示研究结果。首先利用搭建好的维视双目立体视觉测量平台 MV-VS220 采集目标物体图像，然后对比原图像和灰度化、二值化、加噪等不同预处理图像，在 SIFT 特征提取和 SURF 特征提取之后的效果如图 1 所示。



(a)原图像

(b)SIFT 特征提取

(c)SURF 特征提取

图 1 原图像与预处理图像特征提取之后效果图

原图像和预处理图像经过 SIFT 特征提取和 SURF 特征提取后效率对比如图 2 所示。

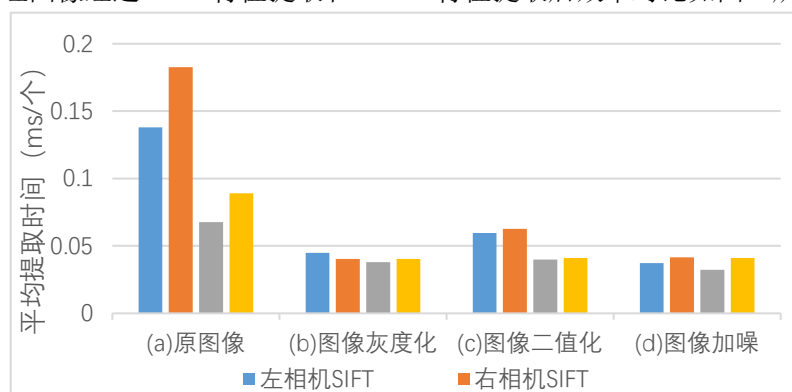
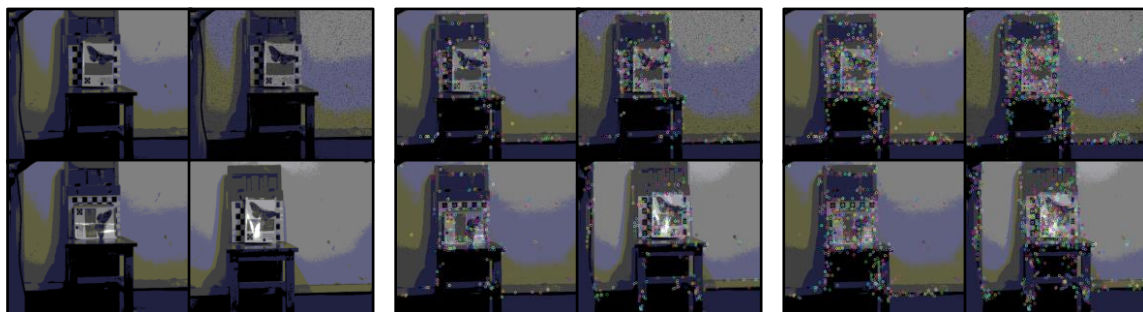


图 2 原图像和预处理图像经过 SIFT 和 SURF 特征提取后效率对比图

原图像和加噪图像、旋转变换图像、光照图像经过 SIFT 和 SURF 特征提取后效果如图 3 所示。



(a)原图像

(b)SIFT 特征提取

(c)SURF 特征提取

图 3 原图像和不同环境图像经过 SIFT 和 SURF 特征提取后效果图

原图像和不同环境图像经过 SIFT 特征提取和 SURF 特征提取后效率对比如图 4 所示。

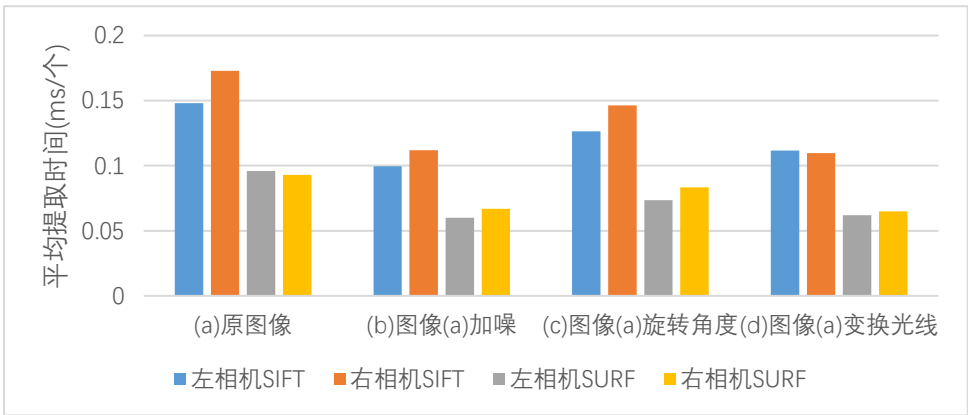
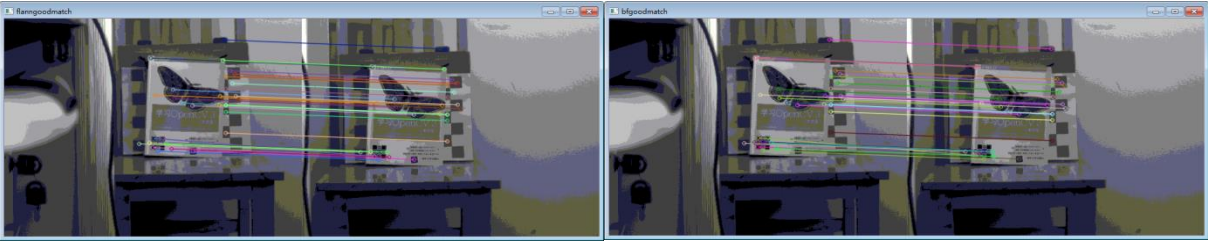


图 4 原图像和不同环境图像经过 SIFT 特征提取和 SURF 特征提取后效率对比图

提取特征点之后进行图像特征匹配研究，主要采用 SURF 特征点分别结合 FLANN 匹配法和 BF 匹配法进行研究分析，实验效果图如下图 5 所示。



(a) FLANN 匹配 (b) BF 匹配

图 5 SURF 特征点结合 FLANN 匹配和 BF 匹配效果图

最后得到的不同特征点与匹配方法组合的实验结果如下表 2 所示。

表 2 不同特征点和匹配方法组合实验结果

特征点+匹配方法	阈值	左/右特征点提取个数	总匹配对数	误匹配对数	误匹配率 (%)	匹配时间 (ms)
SIFT+BF	-	538/427	538	438	81.41%	76.4161
SIFT+FLANN	-	538/427	538	438	81.41%	45.0403
SURF+BF	3000	98/79	98	63	64.28%	9.5683
SURF+FLANN	3000	98/79	98	63	64.28%	5.2383
SURF+BF	5000	47/34	47	29	61.70%	6.1689
SURF+FLANN	5000	47/34	47	29	61.70%	3.5768
SURF+BF	7000	26/21	26	8	30.76%	4.5186
SURF+FLANN	7000	26/21	26	8	30.76%	2.1976

对于相同的特征点，不同匹配方法得到的情况相同，误匹配率也是一致的，但是 FLANN 明显快于 BF 方法；对应相同的匹配方法，不同的特征点的匹配情况各不相同，SURF 特征点比 SIFT 特征点匹配精度要高很多，而且 SURF 阈值越大，精度越高，速度也要快。

4 目标定位与测距

研究平行双目模型和视差深度算法得到视差深度计算公式，之后需要进行目标测距实验。实验采集的原始图像根据相机参数重构之后的图像如下图 6 所示。

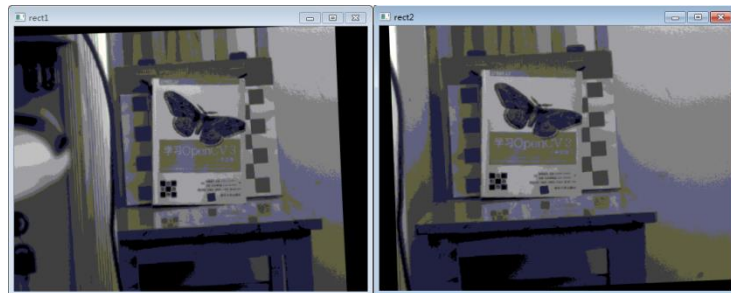


图 6 左右相机重构图像

最后得到的深度差异图如图 7 所示。

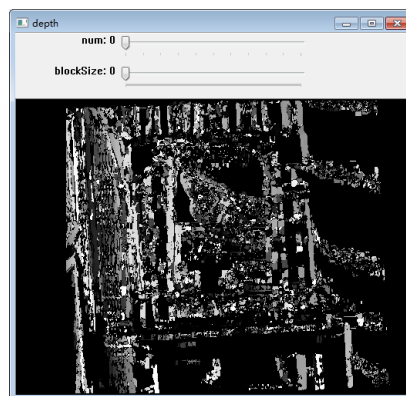


图 7 深度差异图

可由深度差异图获得相应的位置上的对应深度信息，实验结果整理如表 3 所示。

表 3 目标测距实验结果与误差

匹配点对图像 像素坐标（单 位：像素）	对应特征点三维坐标 （单位：mm）	测量距离 （单位： mm）	实际距离 （单位： mm）	误差 %
(145,77)	(-1528.5068,-190.49118,4126.581)	4126.581	4225	2.33%
(171,105)	(-1559.8071,-159.69981,4309.4355)	4309.4355	4321	0.27%
(200,121)	(-1520.9952,-137.44597,4314.6025)	4314.6025	4322	0.17%
(200,146)	(-1481.9042,-99.74401,4203.7134)	4203.7134	4319	2.67%
(200,163)	(-1519.1737,-78.43294,4309.4355)	4309.4355	4319	0.22%
(273,135)	(-1466.0504,-121.74778,4458.957)	4458.957	4320	3.22%
(341,118)	(-1748.8832,-187.22635,5702.66)	5702.66	5502	3.65%
(361,111)	(-1144.2224,-133.8237,3811.8416)	3811.8416	4006	4.85%

5 系统设计与实现

基于双目立体视觉原理和已有的相机标定实验、图像匹配实验以及距离测量实验结果，设计并实现了一个立体匹配与测距原型演示原型演示系统。系统主要包括打开图像采集功能、图像匹配功能以及距离测量功能，系统的功能结构如图 8 所示。

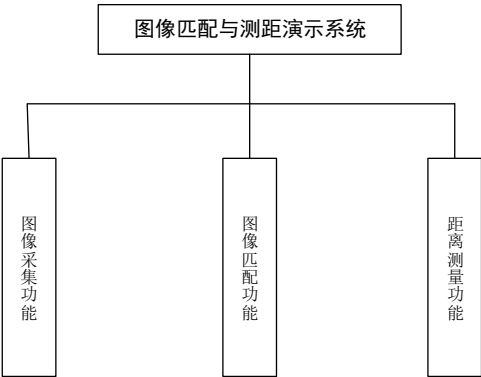


图 8 系统功能结构图

系统使用的硬件平台如图 9 所示。系统软件主界面和各个功能模块截图如

图 10 所示，主要包括图像采集、图像匹配、距离测量三个功能模块。点击相应的按钮进入单独的功能界面。



图 9 维视双目立体视觉测量平台 MV-VS220



图 10 演示系统主界面和各功能模块界面截图

经系统测试，本文所设计实现的图像匹配与测距系统能够成功采集图像并进行特征点提取与匹

配，可以对目标物体进行定位和距离测量。系统从界面、功能与性能方面均达到了设计的要求。

6 总结

在理解双目立体视觉原理的基础上，研究了相机成像模型和视觉坐标系，通过相机标定实验获取了相机参数；研究了基于 SIFT 和 SURF 算法的特征点提取以及 FLANN 和 BF 匹配法的原理，通过实验对比了不同算法的效果与效率；研究了目标物体的定位与测距的原理，通过实验获得对应深度信息及误差；设计并实现了基于双目立体视觉的图像匹配与测距演示系统，完成了必要的功能演示。

今后，仍需深入研究特征提取与匹配方法，使其具有更好的匹配效果与更快的执行速度；还需要进一步完善目标物体的定位和测距以减小测量误差；同时，需要进行演示系统的功能完善和界面美化等工作。

参考文献

- [1]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, 1997.
- [2]吴立德. 计算机视觉[M]. 上海: 复旦大学出版社, 1993.
- [3]贾云得. 机器视觉[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [4]Roy S, Cox I J. A maximum-flow formulation of the n-camera stereo correspondence problem[A]// IEEE International Conference on Computer Vision[A], 1998 January 4-7, Bombay India:492-499.
- [5]Geiger A, Roser M, Urtasun R. Efficient large-scale stereo matching[M]//Computer Vision-ACCV 2010. Springer Berlin Heidelberg, 2011: 25-38.
- [6]尹传历, 刘冬梅, 宋建中. 改进的基于图像分割的立体匹配算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2008, 20(6):808-812.
- [7][美] Jan Erik Solem 著(朱文涛, 袁勇译). Python 计算机视觉编程[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2014.
- [8]杨芳. 基于 OpenCV 的双目视觉系统目标定位与测距方法研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2018.
- [9]刘欢. 基于双目视觉立体匹配算法的研究与应用[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2018.
- [10]邱茂林, 马颂德, 李毅. 计算机视觉中相机标定综述[J]. 自动化学报, 2000, 26(1): 43- 55.
- [11]张娟娟. 双目立体视觉图像匹配方法研究[D]. 鞍山: 辽宁科技大学, 2015.
- [12]王月梅. 双目立体视觉中图像匹配算法的研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2019.
- [13]陈建明, 时铭慧. 结合改进的 SIFT 算法的双目视觉测距[J].轻工学报, 2018, 33(05): 90-96.
- [14]易飞. 基于改进的 SIFT 图像匹配算法研究[D]. 湘潭: 湘潭大学, 2018.
- [15]朱照飞,刘伟.基于改进的 SURF 特征点的双目测距[J]. 电子测量技术, 2018, 41(12):133-138.
- [16]谢代炎. 基于改进 SURF 的图像匹配技术研究[D]. 南昌: 南昌大学,2018.
- [17]Hirschmuller, H., Scharstein, D.. Evaluation of Cost Functions for Stereo Matching[P]. Computer Vision and Pattern Recognition, 2007. CVPR '07. IEEE Conference on,2007.
- [18]王莹. 双目立体视觉图像匹配与目标定位方法研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2013.
- [19]卢岸潇. 基于双目立体视觉的工件定位技术研究[D]. 浙江: 浙江大学, 2019.
- [20]王晓宁. 基于双目立体视觉的目标测距技术研究[D]. 郑州: 中原工学院, 2018.