

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学 号: 19920141152884

UDC_____

厦 门 大 学

硕士学位论文

基于双目视觉的三维数字化技术研究与应用

Research and Application of 3D Digitization Technology Based on Binocular
Vision

李超

指导教师姓名: 刘 宇 副 教 授

专 业 名 称: 机械设计及理论

论文提交日期: 2017 年 月

论文答辩时间: 2017 年 月

学位授予日期: 2017 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2017 年 月

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为（ ）课题（组）的研究成果，获得（ ）课题（组）经费或试验室的资助，在（ ）试验室完成。（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或试验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定后的保密学位论文，于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

摘要

双目立体视觉是当今社会计算机视觉研究领域一个热门的方向，它是通过双目摄像机模拟人类双眼的视觉功能，通过计算机对图像信息进行处理实现对客观世界空间场景的辨识和理解。如今它广泛应用于现代社会的许多领域，比如机器人视觉导航、无人机的航测、医学外科手术导航、三维非接触式测量以及虚拟现实等。因此，基于双目立体视觉对空间物体展开三维数字化技术的研究与应用具有重要的理论与实践价值。

本文围绕双目立体视觉三维数字化过程中的摄像机标定技术、图像匹配技术和三维坐标还原技术三个主要方面展开研究，本文主要工作包括以下几个部分：

(1) 摄像机标定。采用张正友的标定方法展开摄像机的标定工作，实现了基于 Matlab 标定工具箱和 OpenCV 两种方式下单目摄像机标定和双目摄像机标定的工作，并根据标定结果对图像进行了校正，比较了两种方式实现的标定程序在标定效率、重投影误差方面的优劣。

(2) 立体匹配。实现了 SIFT 和 SURF 两种特征算法下图像对的匹配工作，并通过随机抽样一致算法 (RANSAC) 有效的剔除了初始匹配关系中存在的误匹配，采用误匹配率评价了 SIFT 和 SURF 两种特征进行立体匹配的有效性。

(3) 三维数字化。研究提出一种在双目相机任意位姿状态下恢复空间物体深度信息的算法，完成了目标物体的三维数字化工作，结合三角剖分、纹理映射等重构出目标物体的三维数字化模型。

从最终实验结果来看，本文搭建的立体视觉平台准确地提取出物体表面的特征信息，完成了图像对之间的匹配，并且恢复出目标物体的深度信息，结合后续三维重建流程中三角剖分、纹理映射等重构出目标物体的空间结构和几何外形。

关键词：摄像机标定，立体匹配，深度信息提取，三维数字化

厦门大学博硕士论文摘要库

ABSTRACT

Binocular stereo vision is a popular direction in the field of computer vision research nowadays. It simulates the visual function of human eyes through the binocular cameras. The computer image information is processed by computer to realize the recognition and understanding of the objective world space scene. Today it is widely used in many areas of modern society, such as vision navigation of robot, aerial survey of unmanned aerial vehicles, medical surgical navigation, three-dimensional non-contact measurement, virtual reality and so on. Therefore, the research and application of 3d digitization of spatial objects based on binocular stereo vision has important theoretical and practical value.

This paper focuses on three major aspects of camera calibration technology, image matching technology and 3D coordinate reduction technology in binocular stereoscopic 3D digitalization. The main work of this paper includes the following parts:

(1) Camera calibration. In this paper, Zhang Zhengyou's calibration method is used to carry out the calibration work of the camera, and the calibration of the binocular camera and the calibration of the binocular camera based on the Matlab calibration toolbox and OpenCV are carried out. The image is corrected according to the calibration results. The accuracy of the calibration procedure in terms of calibration efficiency and re-projection error.

(2) Stereo matching. In this paper, the matching operation of image pair under SIFT and SURF is realized, and the random matching of the initial matching relation is effectively eliminated by the random sampling consistency algorithm (RANSAC). The two methods of SIFT and SURF are evaluated by mis-matching Characteristics of the effectiveness of three-dimensional matching.

(3) Three-dimensional digital. Based on the parallel optical axis model of the

traditional binocular camera and the depth information of the intersecting optical axis model, this paper proposes an algorithm to recover the depth information of the space object in any position of binocular camera, and completes the three-dimensional digitization of the target object. Work, combined with triangulation, texture mapping and other reconstruction of the target object of the three-dimensional digital model.

From the final experimental results, the stereoscopic constructed platform accurately extracts the characteristic information of the surface of the object, completes the matching between the image pairs, and restores the depth information of the target object, combined with the triangulation of the subsequent three-dimensional reconstruction process, texture mapping and other visual work, better reconstruction of the target object of the spatial structure and geometric shape.

Keywords: Camera calibration, Stereo matching, Depth information extraction, Three-dimensional digitization

目录

| | |
|----------------------------|-----------|
| 摘要..... | I |
| ABSTRACT..... | III |
| 第一章 绪论 | 1 |
| 1.1 课题来源 | 1 |
| 1.2 研究背景及意义 | 1 |
| 1.2.1 研究背景..... | 1 |
| 1.2.2 选题意义..... | 2 |
| 1.3 国内外研究现状 | 3 |
| 1.3.1 相机标定技术..... | 4 |
| 1.3.2 立体匹配技术..... | 5 |
| 1.3.3 三维数字化技术..... | 6 |
| 1.4 本文结构内容及主要安排 | 7 |
| 第二章 相机标定原理与方法 | 9 |
| 2.1 相机成像模型 | 9 |
| 2.1.1 理想的透视模型-小孔成像模型 | 10 |
| 2.1.2 实际成像模型..... | 12 |
| 2.3 张正友标定法 | 15 |
| 2.3 双目摄像机标定 | 19 |
| 2.4 实验过程 | 20 |
| 2.4.1 Matlab 标定箱标定 | 20 |
| 2.4.2 OpenCV 标定 | 23 |
| 2.4.3 标定结果比较..... | 26 |
| 2.5 本章小结 | 28 |
| 第三章 立体匹配 | 29 |

| | |
|--------------------------------|-----------|
| 3.1 立体匹配算法 | 29 |
| 3.1.1 SIFT 算法 | 29 |
| 3.1.2 SURF 算法..... | 34 |
| 3.2 RANSAC 消除误匹配..... | 37 |
| 3.3 实验过程 | 38 |
| 3.4 本章小结 | 42 |
| 第四章 深度信息提取及三维重建技术 | 43 |
| 4.1 双目立体视觉三维测量原理 | 43 |
| 4.1.1 两台摄像机光轴平行..... | 44 |
| 4.1.2 两台摄像机光轴相交..... | 45 |
| 4.2 双目相机任意姿态下的深度测量 | 47 |
| 4.3 三角剖分及纹理映射 | 49 |
| 4.3.1 三角剖分..... | 49 |
| 4.3.2 纹理映射..... | 50 |
| 4.4 实验过程 | 51 |
| 4.5 本章小结 | 55 |
| 第五章 立体视觉系统设计 | 56 |
| 5.1 OpenCV 简介 | 56 |
| 5.2 立体视觉系统硬件平台设计 | 57 |
| 5.3 立体视觉系统软件平台设计 | 58 |
| 5.4 本章小结 | 66 |
| 第六章 总结与展望 | 67 |
| 6.1 总结..... | 67 |
| 6.2 展望..... | 67 |
| 参考文献..... | 69 |
| 致谢..... | 75 |
| 攻读硕士学位期间取得的科研成果 | 76 |

CONTENTS

| | |
|----------------------------|-----|
| 摘要..... | I |
| ABSTRACT..... | III |
| 第一章 绪论 | 1 |
| 1.1 课题来源 | 1 |
| 1.2 研究背景及意义 | 1 |
| 1.2.1 研究背景..... | 1 |
| 1.2.2 选题意义..... | 2 |
| 1.3 国内外研究现状 | 3 |
| 1.3.1 相机标定技术..... | 4 |
| 1.3.2 立体匹配技术..... | 5 |
| 1.3.3 三维数字化技术..... | 6 |
| 1.4 本文结构内容及主要安排 | 7 |
| 第二章 相机标定原理与方法 | 9 |
| 2.1 相机成像模型 | 9 |
| 2.1.1 理想的透视模型-小孔成像模型 | 10 |
| 2.1.2 实际成像模型..... | 12 |
| 2.2 张正友标定法 | 15 |
| 2.3 双目摄像机标定 | 19 |
| 2.4 实验过程 | 20 |
| 2.4.1 Matlab 标定箱标定 | 20 |
| 2.4.2 OpenCV 标定 | 23 |
| 2.4.3 标定结果比较..... | 26 |
| 2.5 本章小结 | 28 |
| 第三章 立体匹配 | 29 |

| | |
|--------------------------------|-----------|
| 3.1 立体匹配算法 | 29 |
| 3.1.1 SIFT 算法 | 29 |
| 3.1.2 SURF 算法..... | 34 |
| 3.2 RANSAC 消除误匹配..... | 37 |
| 3.3 实验过程 | 38 |
| 3.4 本章小结 | 42 |
| 第四章 深度信息提取及三维重建技术 | 43 |
| 4.1 双目立体视觉三维测量原理 | 43 |
| 4.1.1 两台摄像机光轴平行..... | 44 |
| 4.1.2 两台摄像机光轴相交..... | 45 |
| 4.2 双目相机任意姿态下的深度测量 | 47 |
| 4.3 三角剖分及纹理映射 | 49 |
| 4.3.1 三角剖分..... | 49 |
| 4.3.2 纹理映射..... | 50 |
| 4.4 实验过程 | 51 |
| 4.5 本章小结 | 55 |
| 第五章 立体视觉系统设计 | 56 |
| 5.1 OpenCV 简介 | 56 |
| 5.2 立体视觉系统硬件平台设计 | 57 |
| 5.3 立体视觉系统软件平台设计 | 58 |
| 5.4 本章小结 | 66 |
| 第六章 总结与展望 | 67 |
| 6.1 总结..... | 67 |
| 6.2 展望..... | 67 |
| 参考文献..... | 69 |
| 致谢..... | 75 |
| 攻读硕士学位期间取得的科研成果 | 76 |

第一章 绪论

1.1 课题来源

本文研究获得了以下科研项目的资助：

- (1) 国家自然科学基金青年基金项目“点集曲面的偏差控制及尖锐特征构造”（51205332）；
- (2) 福建省科技重大专项专题项目“密胺餐具盘自动化生产示范线研究与应用”（2016HZ0001-6）；
- (3) 教育部留学回国人员科研启动基金。

1.2 研究背景及意义

1.2.1 研究背景

计算机视觉主要研究如何利用视频传感设备和计算机来模拟人类的视觉系统对外界的视觉信息进行采集和处理，使机器具备像人类一样的视觉能力。根据研究，人类主要通过视觉从外部获取信息、认知世界，人类高达 90% 的信息是基于视觉从外界环境获取的^[1]。人类通过双眼从外界环境中获取信息之后传入大脑，大脑对获取的信息进行辨识和处理，经过推理、逻辑等工作，最终实现对周边场景的认知和理解。计算机视觉技术与人类的视觉功能类似，计算机视觉技术通过摄像机完成图像的采集，再经过计算机对获取的信息加工处理实现对外部环境的场景重建以及空间物体的运动识别等功能。

立体视觉是计算机视觉技术的重要组成部分，立体视觉是模拟人类双眼从两个方向观测目标物体，借助在空间中不同位置摆放的摄像机拍摄同一目标物体图像，通过三角测量原理计算空间点在两幅图像中像素间的视差，根据视差来恢复目标物体的深度信息，最后重建出物体的空间形状^[2]。立体视觉过程与图像成像过程互为逆过程，在图像投影过程中，一部分重要的信息如场景的深度信息在成像过程中会丢失掉，如何恢复这部分丢失的信息就成为了立体视觉

研究最为关键的问题,立体视觉三维数字化技术研究的目标就是要从夹杂噪声、畸变的二维图像中重建出目标场景的三维结构、恢复场景表面的纹理等信息^[3]。

计算机视觉技术发展的目标有两个:一是搭建计算机视觉软、硬件平台用于处理各种视觉任务;二是通过机器视觉实现与人类视觉类似的工作机理,深化对人类视觉过程的认知。本文主要针对计算机视觉技术发展的第一项目标展开研究,搭建完整的计算机视觉软、硬件平台,主要实现图像采集、摄像机标定、特征点提取与匹配、三维数字化等功能,其中摄像机标定、立体匹配以及三维数字化是本文立体视觉技术研究最为主要的三个方面。

1.2.2 选题意义

人类生活在一个三维的世界中,人眼观测到的实物在人脑中反映出的都是物体的三维信息,然而,通过摄像机拍摄得到的物体图像却是平面图像,并不能看出物体的深度信息,从而很难反映出物理世界空间场景的真实信息,通过基于双目视觉的三维测量方式从平面图像中恢复出目标物体的深度信息,我们可以更好的通过机器视觉去认识空间场景^[4]。此外,基于立体视觉技术我们可以实现目标物体的非接触式测量,这种测量方式相对于传统接触式测量能够有效避免在测量过程中可能对被测物体造成的损害,现实世界中许多接触式检测方式也逐步被基于机器视觉的测量技术所替代^[5]。目前,基于双目立体视觉技术的应用包括以下几个领域:

(1) 三维地形绘制:通过空间卫星扫描地面信息,结合立体视觉技术,可以重构出地球表面的地形纹理,从而为交通建设、城市规划、抗洪救灾等信息支持。

(2) 城市场景建模:如高德地图实时城市三维场景功能,就是通过摄像机采集图像后根据立体视觉算法推算出场景深度信息,再结合后期图形的可视化处理,从而实现特定城市空间场景的再现。

(3) 虚拟现实技术:如借助计算机视觉技术实现的虚拟现实(VR)与增强现实(AR)技术,可用于营造更为真实的空间场景,目前该技术已经被用于航天员的培训、战斗机驾驶人员战斗模拟、建筑物设计方案的数字化模拟等领域,提高了工作效率,并降低了成本。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库