

一种融合纹理的三维图像重建快速实现方法

李水平, 吴 雨

(电子科技大学 自动化工程学院, 四川 成都 611731)

摘 要: 为了得到完整的三维模型, 介绍了一种融合纹理的三维图像重建快速实现方法。通过对不同视角的深度图像的手动粗配准、ICP 算法精配准以及全局配准得到这些深度图像的旋转平移矩阵。通过 vripack, 三维重建出完整的三维图像, 用 TextureStitcher 对得到的三维图像进行纹理映射, 从而实现融合纹理的三维图像的快速重建。文中在论述配准算法主要思想和实现步骤的同时, 也用实验验证了方法的可行性与通用性。

关键词: 三维图像; 配准; 纹理; 重建

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2014)05-0138-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.05.033

A Fast Implementation Method of Reconstruction for 3D Image Combined Texture

LI Shui-ping, WU Yu

(School of Automation Engineering, University of Electronic Science and Technology,
Chengdu 611731, China)

Abstract: In order to get the full 3D model, introduce a fast implementation method of reconstruction for 3D image which contains the texture information. The rotation and translation matrix of these depth images from different perspectives can be calculated through the manual registration, the ICP registration and global registration. Vripack can reconstruct the full 3D image based on the rotation and translation matrix, the full 3D texture image can be conducted texture mapping by TextureStitcher, so as to implement the 3D texture image reconstruction. Also use experiments to verify the feasibility and universality of the method besides describing the main idea of the algorithm and the implementation steps of registration.

Key words: three-dimensional image; registration; texture; reconstruction

0 引言

融合纹理的三维重建^[1]是一项重大的课题, 三维图像重建技术对文物保护、医学成像等有着重要意义。另外, 良好的三维重建模型也是三维图像匹配、三维目标跟踪识别的基本要求, 也是后续工作的基础。为了重建出包含纹理的彩色的三维模型, 首先需要利用激光扫描设备从不同角度获取不同方位的局部深度图像, 紧接着对所有的这些图像进行配准, 配准过后进行曲面融合, 即几何建模, 最后将纹理映射到模型上, 就得到了完整的具有纹理信息的三维模型了。这其中最为关键的技术就是三维图像的配准, 这些不同视角的深度图像配准的精度将会直接影响重建出的最终模型的效果。要重建出完整的三维模型, 一般包括以下几

个步骤: 获取不同视角的数据、进行图像分割^[2]、图像配准^[3]、图像融合^[4]以及纹理映射。文中介绍了一种融合纹理的三维图像重建快速实现方法。具体流程图如图1所示。

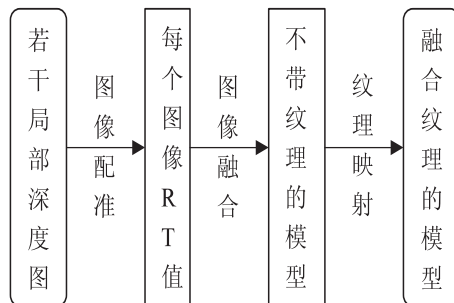


图1 三维重建流程图

收稿日期: 2013-07-11

修回日期: 2013-10-18

网络出版时间: 2014-02-11

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项基金(ZYGX2011J075)

作者简介: 李水平(1988-), 男, 硕士研究生, 研究方向为三维重建, 三维图像匹配、目标识别。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20140211.1453.023.html>

1 三维重建重要理论

本节主要介绍了 ICP (Iterative Closet Point) 配准算法^[5]和全局配准算法^[6]的相关理论和思想。

1.1 ICP 配准算法

ICP (Iterative Closet Point) 算法是一种基于深度图像对最近的点不断迭代的一种计算方法。通过不断迭代最小化的源数据和目标数据相对应的点从而实现精确的拼合。要配准两个点集的数据,需要待配准的两个数据集具有一定的交集,所以在进行 ICP 配准之前,需要手动调整两个图像以满足这个条件。ICP 算法的本质,是一种基于最小二乘法的最优化算法,其基本思想是:

三维空间 R^3 中有两组都含有 x 个坐标点的点集 P_m 和 P_n , 分别为 $P_m = \{p_{m1}, p_{m2}, \dots, p_{mx}, p_{mi} \in R^3\}$ 和 $P_n = \{p_{n1}, p_{n2}, \dots, p_{nx}, p_{ni} \in R^3\}$ 。三维空间中的点集 P_m 中各点经过三维空间变换后与另一组点集 P_n 形成一一对应关系。其变换式为:

$$p_{ni} = R \cdot p_{mi} + T \quad (1)$$

式中, R 为三维旋转矩阵; T 为平移向量。

不妨设 P_m 和 P_n 分别为两幅图像中的数据集合, P_m 为待配准图像点集数据, P_n 为原始图像点集数据, 则 ICP 算法原理可描述为:

(1) 初始化旋转矩阵 T 为单位阵, 平移向量 T 为零向量, 根据两点的欧氏距离最小原则利用点对点搜索方法找到相对应的点集 P_m 和 P_n ;

(2) 根据两个点集 P_m 和 P_n 之间 SVD 分解^[7]算法计算 R, T , 这就是一次配准过程;

(3) 依据公式 $p_n = R * p_n + T$ 更新点集 P_n 的值;

(4) 判断当前的误差是否满足预先设置的误差阈值, 如果满足就退出, 不满足将重复上述步骤直到满足为止。

1.2 全局配准算法

当多视角的图像有相互重叠(如图2所示)部位的时候, 上述这种逐次两两进行配准的方法很容易陷入局部最优。全局配准算法是指在同一时间考虑所有视角的深度图像的情况下, 对经过手动粗配准和 ICP 精配准的所有深度图像同时匹配各个匹配点, 以此寻找到对所有视角的图像皆为最优的旋转平移矩阵的解^[6]。

全局配准算法其基本思想为:

首先通过两两之间查找互相重叠的区域, 找到所有视角条件下相匹配区域空间, 分别将这些图像记为 V_i ($i = 1, 2, \dots, n$), 这其中 n 代表为需匹配的图像的数量。将参数初始化 $\mu = 0$, 有重叠发生时, $\mu = \mu + 1$, 这时候相对应的两幅图像的序号分别记录在 $\alpha(\mu)$ 和 $\beta(\mu)$, 从而以此建立重叠区域的查找表。

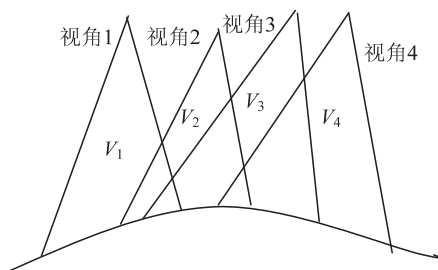


图2 多视角重叠示意图

然后计算出所有匹配区域的点集, 在用图像扫描仪从不同视角获取图像的过程中, 模型的位置姿态是无法预测的, 即没有可以追寻的规律。所以, 当不同视角的两幅图有相互重叠情况发生的时候, 其重叠区域的大小也是不固定的, 多幅图像就会有很多上述相重叠的情况, 通过建立它们的查找表可以计算出对于第 μ 组匹配的点集 $S_{\alpha(\mu)}$ 和 $S_{\beta(\mu)}$, 把匹配点对的数量设为 N^μ 。

通过最小二乘法全局计算各视角图像所对应的刚体变换参数。记所有重合区域的数目为 p , 即 $\mu = 1, 2, \dots, p$, 第 μ 个重合区域中的匹配点的数目为 N^μ 。

$$\varphi = \sum_{\mu=1}^p \sum_{i=1}^{N^\mu} \omega_i^\mu \quad \|(R^{\alpha(\mu)} x_i^\mu + T^{\alpha(\mu)}) - (R^{\beta(\mu)} y_i^\mu + T^{\beta(\mu)})\|^2 \quad (2)$$

考虑到对应点的几何信息, 全局配准的目标在于找出每个视角深度图像所对应的 $(R^{\alpha(\mu)}, T^{\alpha(\mu)})$ 和 $(R^{\beta(\mu)}, T^{\beta(\mu)})$ 值, 使得式(2)中的 φ 取得最小值。式(2)中 μ 为重合区域图像序列。

最后一步就是迭代计算, 全局配准算法具体实现可参考文献[6]。

2 三维重建实现步骤

本节介绍了三维重建的具体实现步骤以及所需的各个软件的使用方法。

2.1 三维图像配准

文中的三维图像配准包括手动的两两粗配准、ICP 算法配准以及全局配准。手动两两粗配准和 ICP 算法精配准均采用 Scanalyze^[8]来实现。

首先同时打开两幅深度图像(用菜单栏的 File/Openscan 选项), 通过手动的方法将两幅图像的位移和姿态调整到相匹配位置尽最大可能的重合(move-view 命令, 可以手动选择要移动的对象)。然后选择菜单栏中 Commands 中的 ICPRegistration, 调整选项进行精配准。将所有视角的深度图像都按照上述两步配准了所有的待配准的图像之后, 最后选择 Commands 中的 Plyfile-VRIP preparation 选项, 导出 ICP 配准的结果, 得到数据是包含各视角的深度图像配准后对应的旋转矩阵 R 和平移向量 T 相结合的 xf 文件。

利用全局配准算法在上面两步得到的 *xf* 文件基础上,得到经过全局配准后校正后新的 *xf* 文件数据。

2.2 三维图像融合

将所有视角的图像配准之后,利用开源软件 *Vripack*^[9] 将 2.1 中得到的不同视角的图像文件融合成一幅完整的三维图像。

首先,在 *Scanlyz* 中逐次打开 2.1 得到的图片文件,选择 *Commands* 选项中 *Plyfile—VRIP preparation* 命令,进而得到 *Vripack* 所需的文件。

Vripack 要在 Linux 环境下才能运行,运行之前,首先要设置系统的环境变量:

```
Sudo vim /etc/profile
ExportVRIP_DIR=
/home/abc/vripack/src/vrip;
ExportVRIP_TK_LIBRARY=
/home/abc/vripack/lib/linux/tk8.4;
ExportVRIP_TCL_LIBRARY=
/home/abc/vripack/lib/linux/tcl8.4;
ExportLD_LIBRARY_PATH=
//home/abc/vripack/lib/linux;
Export PATH=
$ PATH:/home/abc/vripack/bin;
Source /etc/profile
```

具体做法可参考文献[9],用命令 *vripnew* 和 *vrip-surf* 将图像融合成一个不带纹理的完整的三维图像。下面即为这两条命令在文中第三部分中的具体用法。

```
Vripnewxxxx.vri MANIFEST MANIFEST number;
Vrisurf xxxx.vri outfile.ply;
```

上述命令中, *number* 为输入三维图像的分辨率,文章实验中用 0.001 替代。 *Outfile.ply* 即通过几何建模曲面融合后得到的不含纹理的完整的三维模型。

2.3 纹理映射

在 2.2 得到的完整的不带纹理的三维图像(模型)的基础上,采用 *TextureStitcher*^[10] (非可执行性文件,而是命令工具)进行三维图像的纹理映射。进而得到带纹理的完整三维图像。具体命令为: *TextureStitcher -in chef.base.ply -scans chef.scans.txt -out out.ply -useKD*。

3 实验验证

文中采用柯尼卡美能达公司 *Minolta Vivid 910* 扫描仪获取的场景中的“厨师”模型(WRL 文件格式^[11])的原始图像通过背景分割得到模型本身的深度图像。

为了方便图像的配准以及 *meshlab* 显示,也因为 WRL 文件格式复杂,将上述 WRL 描述的图像文件转化为 PLY 文件描述格式^[12],因为 PLY 文件格式不仅能够很好地体验三维坐标点,也能够将纹理信息一一

对应到几何坐标点上。用 *meshlab* 软件(是一个开源和可扩展的系统,用于处理和非结构化编辑 3D 三角形网格)显示如图 3 所示。

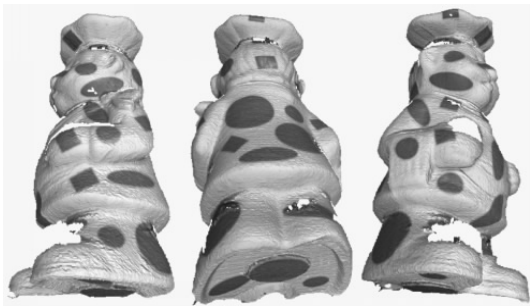


图 3 部分视角深度图像

按照 2.1 中的配准步骤,对所有 26 幅局部视角的深度图像进行配准计算,得出对应于各幅图像的刚体变换参数 T_i 。将每一副图像的旋转矩阵和平移向量 T_i 变换成为 4×4 的矩阵,并分别保存成为相对应的 *xf* 文件,将所有的 *xf* 文件的文件名依次写入到另一个文本文档中,并命名为 *MANIFEST*,这样在进行几何建模时用 *vripnew* 命令时就可以调出所有的图像及其对应的单位旋转矩阵^[8]。

经过配准(*Scanlyz*)以及图像融合(*vripaack*)后得到的完整三维图像如图 4 所示。

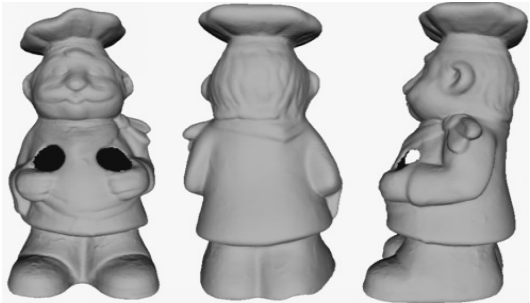


图 4 图像融合后的完整的三维图像

采用 *TextureStitcher* 命令工具进行纹理映射,得到的融合纹理的三维图像如图 5 所示。

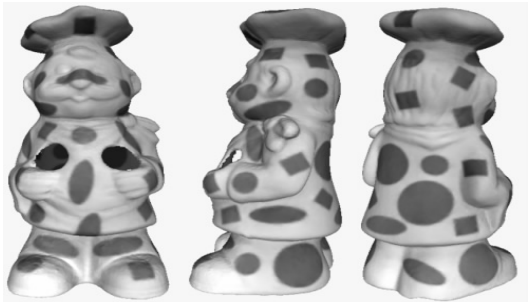


图 5 纹理映射后完整的三维模型

从图 5 的最终重建出的含纹理的三维模型效果上看,无论是重建出的不含纹理的三维模型还是带纹理的三维模型,都没有出现较大的错误配准的情况,从图 4 中可以看出,模型轮廓清晰,从图 5 中可以看出纹理保存较为完好,达到了实验预期效果。

4 结束语

三维重建技术是一项重要的课题,三维图像配准技术也是非常具有现实意义的,显然将纹理、颜色信息应用于目标匹配和目标识别可以提高准确度和速度。文中深刻总结了ICP配准和全局配准的基本原理和方法,详细介绍了一种融合纹理的快速重建实现方法,通过实验,验证了这一方法的可行性和通用性。可为后续三维图像匹配和目标识别工作提供一个良好的基础,即可以为后续的三维图像匹配和目标识别快速地重建出一个完整的三维模型。下一段的工作主要是将重建后的三维图像(模型)作为样本,对场景中不同视角的图像进行匹配和识别研究^[13],另外,更高精度的图像配准算法亦是今后工作的一大方向。

参考文献:

[1] 佟 帅,徐晓刚,易成涛,等. 基于视觉的三维重建技术综述[J]. 计算机应用研究,2011,28(7):2411-2417.

[2] 何晓乾,陈雷霆,沈彬斌,等. 医学图像三维分割技术[J]. 计算机应用研究,2007(2):13-16.

[3] 陈庆芳. 图像配准研究生及其应用[D]. 济南:山东大学,2011.

[4] 姜熙春. 图像融合问题研究[D]. 长春:吉林大学,2012.

(上接第137页)

在检索精度不高、不能真正体现图像语义内容等缺点,文中以机器学习算法理论为基础,结合图像的边缘信息,提出了一种基于多语义特征融合的图像检索方法。实验结果表明,该方法能够有效地刻画图像蕴含的丰富语义,取得了较理想的检索效果,而且检索性能稳定,这对缩小低层视觉特征与高层语义之间的“语义鸿沟”具有非常重要的意义。

参考文献:

[1] Howarth P,Rüger S. Robust texture features for still-image retrieval[J]. IEE Proc on Vision, Image and Signal,2005,152(6):868-874.

[2] Zhang Yujin. Semantic-based visual information retrieval[M]. USA:IRM Press,2007.

[3] Yoo Hun-Woo,Jung She-Hwan. Extraction of major object feature using VQ clustering for content-based image retrieval[J]. Pattern Recognition,2002,35(2):1115-1126.

[4] Yu Honpug-Heather. Visual image retrieval on compressed domain with Q_Distance image signal process[J]. International Journal of Computer Vision,2000,31(1):134-149.

[5] 田小忱,杨 东,杜春华. 综合颜色和 Contourlet 直方图的图像检索方法[J]. 计算机工程,2010,36(1):224-246.

[5] Besl P J,McKay N D. A method for registration of 3D shapes[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,1992,14(2):239-256.

[6] Williams J,Bennamoun M. Simultaneous registration of multiple corresponding point sets[J]. Computer Vision and Large Understanding,2001,81(1):117-142.

[7] 谢瑶瑶. 改进奇异值分解方法及应用[D]. 南京:南京信息工程大学,2011.

[8] Scanalyze:A system for aligning and merging range data[EB/OL]. 2002. <http://graphics.stanford.edu/software/scanalyze/>.

[9] Vrip Pack: Volumetricrange image processing package[EB/OL]. 2006. <http://graphics.Stanford.edulsoftwarelvrip/>.

[10] Ming Chuang. Estimating the Laplace-Beltrami operator by restricting 3D functions[C]//Proc of Eurographics symposium on geometry processing. [s. l.]:[s. n.],2009:1475-1484.

[11] 刘小雨. 基于VRML的虚拟场景建模研究[D]. 武汉:华中师范大学,2011.

[12] 吴 雨. 融合纹理信息的三维模型重建[D]. 成都:电子科技大学,2012.

[13] Mian A,Bennamoun M,Owens R. On the repeatability and quality of keypoints for local feature-based 3D object retrieval from cluttered scenes[J]. Int Journal of Computer Vision,2010,89(2-3):348-361.

[6] 李娉婷,石跃祥,戴皇冠. 基于颜色特征的家居设计图分类[J]. 计算机工程,2011,37(16):224-226.

[7] Mojsilovie A. A computational model for color naming and describing color composition of images[J]. IEEE Transactions on Image Processing,2005,14(5):690-699.

[8] Lin Hwei-Jen,Kao Yangta. A study of shape-based image retrieval[J]. IEEE Computer,2004,22(2):645-662.

[9] Depalov D,Pappas T,Li Dongge,et al. A perceptual approach for semantic image retrieval[C]//Proc of ICASSP. Toulouse:[s. n.],2006:14-19.

[10] 李清勇,胡 宏,施智平,等. 基于纹理语义特征的图像检索研究[J]. 计算机学报,2006,29(1):116-123.


[11] Abdolah C,Golshah N,Alfred M. Sketch-based image matching using angular partitioning[J]. IEEE Trans on Pattern Systems and Humans,2005,35(1):28-41.

[12] Tamura H,Mori S,Yamawaki T. Texture features corresponding to visual perception[J]. IEEE Trans on Systems,Man,and Cybernetics,1978,8(6):231-236.

[13] Semeulders A W M. Content-based image retrieval at the end of early years[J]. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence,2000,22(12):1349-1380.

[14] 魏海坤. 神经网络结构设计的理论与方法[M]. 北京:国防工业出版社,2005.

一种融合纹理的三维图像重建快速实现方法

作者: [李水平](#), [吴雨](#), [LI Shui-ping](#), [WU Yu](#)
作者单位: [电子科技大学 自动化工程学院, 四川 成都, 611731](#)
刊名: [计算机技术与发展](#) 
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)
年, 卷(期): 2014(5)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201405033.aspx