

# 基于 PCS 的校园漫游系统的设计与实现<sup>①</sup>

## Design and Implementation of a Campus Navigation System Based on PCS

刘征海 (南华大学计算机科学与技术学院 湖南衡阳 421001)

邱建雄 (长沙学院计算机科学与技术系 湖南长沙 410073)

肖基毅 (南华大学计算机科学与技术学院 湖南衡阳 421001)

**摘要:**利用交互方式确定特征点,然后利用针孔相机模型的成像原理以及 PCS 方法,恢复场景的三维模型,最后利用 3D 视觉分层技术提取纹理,利用 OpenGL 的纹理映射技术,把校园场景的相片重建为具有相片般真实感的三维模型,并能够进行实时漫游。

**关键词:**虚拟现实 三维重建 纹理映射 校园漫游

### 1 引言

数字校园是在传统校园的基础上,利用先进的信息化手段和工具,将现实校园中的各项资源数字化,形成一个数字空间。其中,虚拟校园漫游系统,则是在计算机环境中,利用虚拟现实技术再现校园场景,使参观者足不出户就可以进入虚拟的校园,尽情领略校园的美好风光的一个系统。

而虚拟现实技术,则是用计算机技术创建一个酷似客观环境又超越客观时空、既能沉浸又能驾驭的和谐的人机环境。基于图像的建模与绘制技术则是一种新的虚拟现实实现方法,它克服了传统建模与绘制方法的耗时、不精确等缺点而逐渐成为一个新的发展热点。

鉴于上述特点以及各个应用领域对三维真实感模型的巨大需求,人们迫切希望将已有的基于图像建模技术集成为软件系统,从而满足实际应用的需要。但由于存在着噪声和干扰信息,自动的方法往往不太稳定。然而,交互技术作为一种用户辅助手段在基于图像重建任务中具有极大的优势,我们可以通过人脑对图像的理解指导重建工作,并克服自动重建算法中难以界定的二义情形,从而提高了重建算法的稳定性以及速度。

### 2 相关工作

目前,基于图像建模技术研究已经取得了一定的成果。如, Façade 是 Debevec 等人于 1996 年在 Berkley 大学开发的主要针对场景的基于图像建模系统<sup>[1]</sup>;它要求用户首先要象在传统建模软件中那样创建三维几何实体,用“块”来表示,然后通过交互方式调整该“块”的尺寸、位置和姿态,使得它在图像平面上的投影与图像特征匹配起来;然后用户可以交互指定各个“块”之间的相对位置关系;最后,该系统通过非线性优化方法得到三维模型。在后来的文献<sup>[2]</sup>中他们又提出了“三步”法的与视点有关的纹理映射技术,使得在漫游时的视觉效果有了很大的提高。Façade 系统需要较少几幅图像就可以重建出场景的几何,为了得到较好的漫游效果可能需要较多的不同视点的图像来融合出随视点改变而自动变化的纹理,但是,该系统使用的方法决定了所重建的场景只能由可参数化的基本几何形体组成且形体本身不能过于复杂,计算也是非线性的,较为繁琐。

LIGUM 小组于 1998 年开展了 Rekon 项目<sup>[3]</sup>,构建了一个交互式的基于图像建模系统,用户在图像平面上画出若干点、线等二维几何元素并指定它们之间的平行、垂直、共面等几何约束关系,系统通过分析这些

① 基金项目:湖南省教育厅科研项目支持(项目编号:02B34)。湖南省自然科学基金(编号:02JJY5008)

几何约束关系实现相机的标定,进而通过线性迭代求解的方式实现场景重建。线性迭代求解的优势在于可以快速得到闭合解,但缺点在于与真实解间往往存在着较大的偏差。此外,该项目至今只给出了若干由简单几何形体构成的重建实例。

LaBRI 实验室通过用户在图像平面上交互指定若干点线几何,并引入了自标定方法实现了 Reality 建模系统<sup>[4]</sup>。该系统可以在不给定任何场景几何约束的条件下实现场景重建;另一方面,倘若用户进一步给出了若干场景内的几何约束关系,Reality 系统也可以利用这些约束关系对重建结果进行优化,而优化过程也是通过线性迭代求解的方式进行的。但该系统的一个重要不足是未采用层次重建方法,因此每次引入新的约束条件后都需要对原有重建结果全部重新求解。

除上述系统以外,还有一些可以在没有场景几何约束时,通过用户手工指定多幅图像上的对应特征关系来实现较为复杂场景的交互建模的系统,如:法国 INRIA Sofia Antipolis 的机器视觉小组在 1997 年开发了 TotalCalib 原型系统<sup>[5]</sup>,EOS 系统公司也推出了它的基于图像建模软件 PhotoModeler。

国内的一些漫游系统一般采用的是全景图技术,可以实现对场景的固定视点的任意视角的漫游。但从一个视点到另一个视点的移动会产生跳跃,QuickTime 是这类漫游系统的代表。本文给出了一个基于 PCS 的校园漫游系统的设计及其实现。所谓 PCS 就是一种参数化立方体结构 (parameterized cuboid structure)<sup>[6]</sup>。我们把普通数码相机拍摄的校园场景图像作为输入,用户利用系统提供的交互工具,较快地恢复出校园场景的几何模型和表面纹理,得到具有相片般真实感的三维漫游模型,从而实现对部分校园的漫游。

### 3 系统的技术路线

为了达到一定的绘制速度,根据应用领域对精度要求不高的特点,我们在参考图像的采样量和场景几何量之间进行了折衷,大的框架用几何模型来表示,细节部分用纹理来反映。本系统首先采用了基于图像建模与绘制技术和人工交互方式相结合的方法,通过 PCS 方法实现对相机的内外参数的估计,对输入的校园场景图像重建粗糙的三维模型,然后提取和纠正纹理图像,映射到粗糙的三维模型上去,使之成为具有相

片般的真实感的三维模型。系统流程如图 1 所示。其中比较关键的部分有:

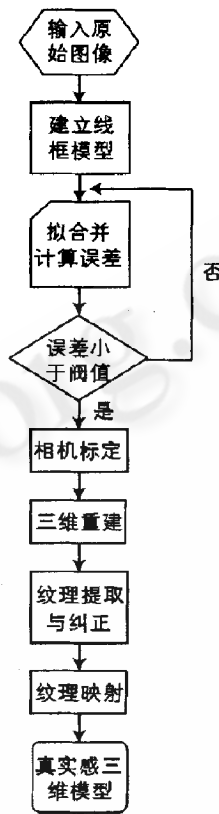


图 1 系统流程图

相机标定、三维重建、纹理的提取与纠正。下面我们分别对关键部分所采用的技术进行说明。

本系统输入的校园场景图像,是用手持式数码相机所拍摄的。相机的光学成像几何关系可以简化为线性模型,或称为针孔模型 (pinhole model)。而相机标定,就是通过实验与计算得出相机成像的几何模型参数的过程。因为校园场景中包含很多人造物,如,教学楼、图书馆等。它们基本上可以简化为由简单的几何体所构成的。我们就让用户利用系统提供的基本几何体来拟合场景中的建筑物,当计算出的灭点误差小于阈值时,我们认为此时的线框模型已经能表示场景中的物体的正确位置了。利用由此得到的立方体上的两个相邻面的

六个角点的图像坐标,用 PCS 方法完成对相机内外参数的估计,并计算出立方体的参数,从而在相差一个全局比例因子的情况下,重建了场景粗糙的三维模型。

仅仅有一个粗糙的三维模型,还不能表达出实际场景的全部信息。为了提高建模和绘制的速度,我们还需要把一些场景中的细节、光照、表面特性等属性,用纹理来表示,使粗糙的三维模型成为具有相片般真实感的三维模型,同时又具有较高的绘制速度,满足实时漫游的需要。于是,我们利用 3D 视觉分层重建技术<sup>[7]</sup>,把模型表面的纹理图像从相片中提取出来,并加以纠正。本系统首先把纹理图像进行射影变换,其次进行仿射变换,如图 2 所示。然后,充分利用 OpenGL 纹理映射函数 glTexImage2D() 中纹理图像宽度和高度为 2n 这一特性,把纹理图像变换到一个 2n x 2n 的尺寸加以保存,而不需要计算出它们在实际场景中宽度和高度比例关系。这样既减少了计算量,又能达到实际应用的效果。最后,利用 OpenGL 的纹理映射函

数 `glTexImage2D()` ,把纠正好的纹理图像映射到粗糙的三维模型上去,就可以得到具有相片般的真实感表面的三维场景模型了。

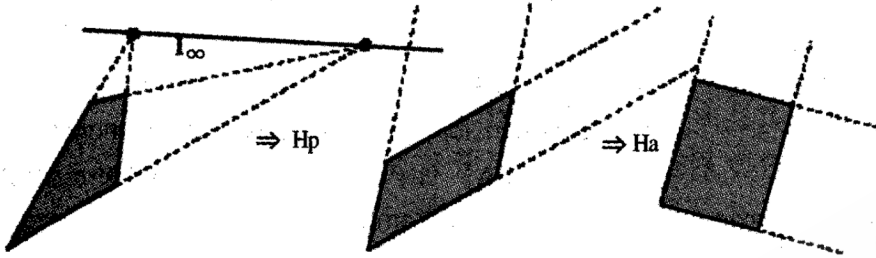


图 2 射影变换和仿射变换示意图

### 4 系统的设计和实现

本系统用 VC + +6.0 和 OpenGL 来实现的。系统界面如图 3 所示。



图 3 系统界面示意图

系统可分为三大模块:建模、计算和浏览。其中“建模”模块为用户提供了—些基本的几何体元素(如,立方体),用户可以根据图像中物体的形状选择不同的几何体元素,从而避免了自动识别中存在着二义性的情况,有利于加快建模的速度。“计算”模块可以让用户用线框模型对图像进行拟合,经过反复拟合直到误差在允许的范围内,然后计算出物体的三维坐标,并提取和纠正纹理,完成建模过程。“浏览”模块可以用纠正好的纹理对粗糙的三维模型进行渲染,得到具有相片般的真实感表面的三维场景,然后用户可以通过鼠标的控制来实现前进、后退、左右转动等动作,即对场景进行漫游。图 4 为系统生成的具有相片般真实感三维模型的新视点的图像。

本系统采用面向对象技术进行设计。为了提高系统的可扩展性,我们让基本几何体的实现类都继承自一个抽象类 `CBaseObject`,如图 5 所示。长方体类 `CCube` 继承于 `CBaseObject` 类,并用自己的方式实现它父类中的方法。

### 5 讨论与展望

本文在充分分析现有基于图像建模与绘制系统所采用技术和考虑应用领域特性的基础上,给出了一个对虚拟场景漫游系统的设计与实现。系统采用人机交互方式确定场景特征点;经 PSC 方法估计出相机模型参数,并恢复场景粗糙三维模型;然后利用 3D 视觉分层技术和 OpenGL 纹理映射函数性质,从场景图像中提取并纠正纹理图像,对恢复的场景粗糙三维模型进行纹理映射;从而得到具有相片般真实感



图 4 具有相片般真实感三维模型示意图

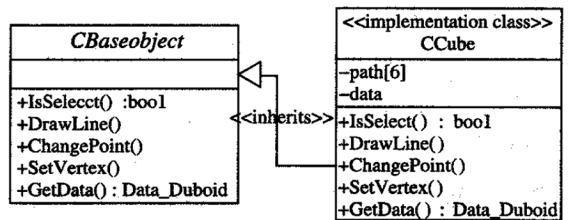


图 5 基本几何体的类图

三维模型。该系统建模速度快,操作简单,绘制的速度较快,能够满足实时性的要求。系统生成的模型具有相片般的真实感,漫游时使用户有身临其境的感觉。

而且大多数校园场景的相片都能满足系统的要求,系统的适应性较好。但是,由于现阶段只考虑到很少的几种基本几何体元素,使得系统不能对结构复杂的场景进行建模,需要在以后的工作中进一步完善。另外,随着网络的高速发展,如何实现基于 PCS 的网上漫游,还值得进一步深入的研究。

#### 参考文献

- 1 Debevec P, et al. Modeling and Rendering Architecture from Photographs: A Hybrid Geometry - and Image - based Approach [ C ]. Proc. SIGGRAPH 96, Aug. 1996, p, 11 - 20.
- 2 Debevec P, Yi Zhou Yu, et al. Efficient View - Dependent Image - based Rendering with Perspective Texture - Mapping [ C ]. 9th Eurographics Rendering Workshop, 1998, p, 105 - 116.
- 3 Poulin P, Ouimet M, Frasson M C. Interactively modeling with photogrammetry [ A ]. In: Proceedings of Eurographics Workshop on Rendering, Vienna, Austria, 1998, p, 93 - 104.
- 4 Dedue S, Guiffon P, Schlick C, et al. Reality: An interactive reconstruction tool of 3D objects from photographs [ A ]. In: Proceedings of Vision Modeling and Visualization, Stuttgart, Germany, 2001, p, 195 - 202.
- 5 Bougnoux S, Robert L. Totalcalib: A fast and reliable system for off - line calibration of images sequences [ A ]. In: Proceedings of the International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, San Juan, Puerto Rico, 1997.
- 6 Chusong Chen, Chikuo Yu, Yiping Hung. New calibration free approach for augmented reality based on parameterized cuboid structure [ C ]. Computer Vision, The Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on, 1999, vol. 1, p30 - 37.
- 7 Liebowitz D. Camera Calibration and Reconstruction of Geometry from Images [ M ], Ph. D. thesis, University of Oxford, UK, 2001.
- 8 邱建雄、刘征海、肖基毅, 虚拟漫游系统中纹理的纠正与映射 [ J ], 计算机系统应用, 2005 ( 6 ): 22 - 25.