

基于分层图像的建模与漫游

韩红雷，费广正，石民勇
(中国传媒大学 动画学院 北京 100024)

摘要 提出了一种基于分层图像的建模与漫游系统。该系统以若干带透明通道的图像为输入，用户交互指定各图像的分层信息和图像间的关联信息后，系统可自动生成具有一定三维真实感的场景；在上述场景中交互编辑角色的姿态和运动路径等，可以向场景中加入活动的内容。利用该系统生成的场景可以很方便地实现漫游。

关键词 基于图像的建模；精灵技术；游戏引擎；路径编辑

中图分类号：TP391

文章编号：025

0. 前言

传统的三维建模方式通常要建立起模型的几何信息，虽然三维建模工具日益改进，但构建稍显复杂的模型依然是一件耗时费力的工作。而基于图像的建模技术为生成照片级真实感的合成图像提供了一种自然的方式。相比传统三维建模方式，基于图像的建模技术无论从建模速度上还是构建模型的质量上都有了极大的提高。文献[1]认为基于图像的建模技术通常是指利用图像来恢复出物体的几何信息，更广义的来说还要恢复出物体的视觉外观、光照条件以及运动学特征等多种属性。利用现有的基于图像建模技术从图像中得到物体的这些信息仍然具有很大的难度。本文提出的方法不去试图从图像中自动得到这些信息，而是利用友好的用户界面来交互地得到绘制模型所必需的某些几何信息，虽然相比于其他三维建模技术在模型质量上会有一些损失，但该方法的建模速度要远远胜于其他建模技术。本文提出的系统不仅可以对静止的场景进行建模、渲染，而且可以对运动的物体进行建模，建模后的物体可以在场景中进行运动，得到更加生动的具有三维立体感的场景。

该系统的指导思想是快速构造出可以实现漫游的具有三维立体感的场景和可以在其中运动的角色模型。

1. 相关工作

基于图像的建模技术是在基于图像的绘制技术基础上发展起来的一种全新的三维建模方式，很多研究者已经在这两个方面做了许多卓有成效的工作，基于图像的绘制技术综述可以参考文献[2]和[3]。有关基于图像的建模方面的技术可以参考文献[1]。按照文献[4]中提出的“绘制谱”概念，可以将基于图像的绘制技术按照包含几何信息的多少进行分类：不含几何的绘制，如基于全光函数的绘制、全景图绘制、基于光场绘制等；几何与图像的混合绘制，如分层深度图像绘制等；内含几何的绘制，如视图插值、图像变形等。所有这些基于图像的技术其目标都是为了恢复出模型的几何信息。

在文章[5]中，作者提出了一种巧妙的基于图像的建模方法——“Tour Into The Picture（画中游）”，该方法通过在一张输入图片上进行一系列交互来获取一定量的场景几何信息，然后利用这些信息将这张图片表现为具有一定三维立体感的场景，构造好的场景即可进行一定范围的漫游。该技术的关键是灭点（vanishing point）和蜘蛛网格（spidery mesh）的交互调节，以此来得到场景必要的几何信息。文章[6]和[7]在此基础上进行了不同方面的扩展。该方法相比于其他基于图像的建模技术，在建模速度上有了极大的提高，如果用户对其操作比较熟悉的话，可以在几分钟内将一张普通图片构造为具有三维立体感的场景。然而，该方法有很大的局限性，首先，其构建的三维场景中的所有事物都是静止的；其次，仅仅利用一幅图像很难构造复杂生动的三维场景；最后，文章提出的交互过程仍然比较繁琐。总之，该方法并不能达到快速构造较好的三维场景并实现漫游的要求。

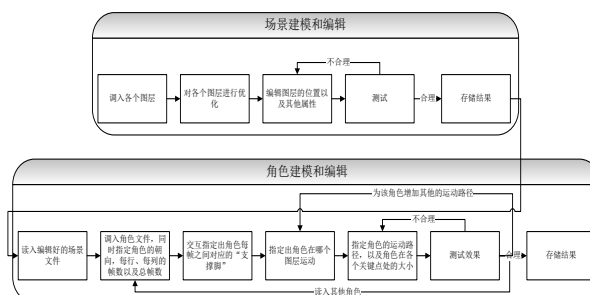


图 1：系统流程图

2. 系统总论

我们提出了一种基于分层图像的建模与漫游系统。系统的建模部分由场景建模和角色建模两部分构成。场景建模主要是构造出具有三维立体感的场景，而角色建模部分可以对角色进行建模编辑，并且可以交互地产生出角色在场景中的运动。该系统使用基于图像的技术，场景中的所有图层以及角色本身都是具有一定深度的图像。在绘制阶段，按照从后往前的顺序进行绘制，无需 Z 缓冲器就可以构建起整个场景，既节省时间又节省资源。系统的流程在图 1 中给出，以下将详细讲述本系统所使用的技术细节。

3. 场景建模

类似于文献[8]中提出的分层深度图（Layered Depth Images）概念，该系统也将场景划分为多个层次，每个层次用一幅或者多幅图像来表示，我们将这些用来表示场景层次的图像叫做图层。每个图层是具有透明通道的普通图像，图层的几何信息需要用户交互得到，这些几何信息包括：图层的深度、图层的类型。在视点移动以后，系统按照深度和类型的不同重新计算每个图层所绘制的位置。

3.1. 用户交互的场景建模和绘制

按照类似文献[5]中提出的对场景图层的分类方法，该系统将图层类型分为垂直遮挡层和水平层两种（如图 2 所示），前者可以看作是平行于 XY 平面的图层（如地面等），后者可以看作是平行于 XZ 平面的图层（如石块、大树等）。垂直遮挡层上所有的点都处于同一个深度，而水平层的顶边和底边处于不同的深度。模拟透视投影，当视点移动的时候，深度越大的图层移动距离越小。由于水平层上下边属于不同深度，所以水平层的绘制会出现变形。为了防止视点移动到图层未定义区域（如图 2 所示），系统对视点的移动范围有一定的限制。

利用友好的用户界面，以上这些图层几何信息可以通过用户交互方便地得到。

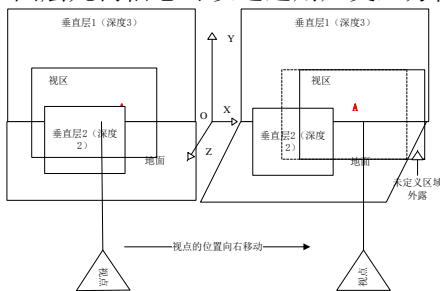


图 2：视点变化以后，各个图层重新绘制。视区不应该移动到未定义区域

3.2. 问题与解决

在系统实现的初期我们采用了直接读入大块高清晰图像的做法，但随着图层数量的增加，显卡的负担也越来越重，甚至出现了显存耗尽的现象。

为解决这个问题，我们将整幅图像分块存于容量相对较大的外存中，并利用双向链表的方式把图像块组织起来，维持一个外链表，同时在离屏表面维持一个结构相似的内链表。在视点移动时，通过边缘检测更新内链表，将内链表中出屏幕的部分删除同时添加外链表中进入屏幕的部分。链表更新完后，一次性将离屏表面内容写入显存。

4. 角色建模

角色建模的过程具体可以分为以下几步：

- (1) 调入包含角色各个帧的图像，用户交互指定出这个角色的各帧在该图像中的分布，并且指定出角色的运动方向（如图 3 所示）。

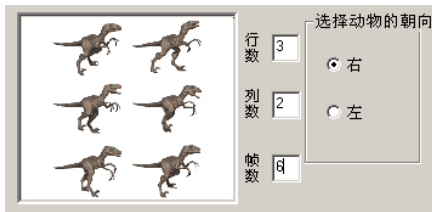


图 3：用户指定调入角色模型的信息

- (2) 用户交互指定出角色两两相邻帧（将最后一帧和第一帧作为相邻帧，以此来得到循环的运动）之间对应的支撑脚。指定支撑脚是为了解决角色运动时的滑步问题，在 5.3 中会有详细讨论。

- (3) 在场景中选择某个图层作为角色活动的区域，指定出角色的运动路径。
 - (4) 重复第三步来得到角色的多条运行路径。
 - (5) 重复 1~4 步来将其他角色添加到场景中。
- 以下将详细分析这个阶段的技术细节。

4.1. 纹理摆放 (Texture Packing)

该系统包括一个功能模块，可以将 GIF 动画的每一帧抽取出来，将这些帧进行一定的顺序排列后，存储到一块带有透明通道的图像中，然后利用第三方图像处理软件[17]进行简单编辑后就可以作为角色的素材。

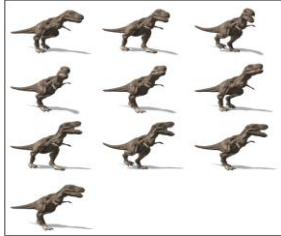


图 4：将所有帧排列存储到接近正方形的图像中，但是右下角浪费了两帧的空间

相比狭长型的纹理，正方形纹理能获得显卡硬件流水线更方便的支持，而且可以节约显存空间，所以该功能模块将角色的所有帧排列到接近正方形的图像中，这个过程存在图像接近正方形的程度和图像大小之间的折衷（如图 4 所示）。

4.2. 精灵 (sprite) 技术

精灵[12]是可以在屏幕上走动的动态图像。将不同的精灵连续显示就可以产生动画效果。本系统利用精灵技术来产生角色的运动，角色的每一帧就是一个精灵，绘制的时候将所有帧循环绘制到屏幕上就可以产生角色的运动。角色也可以看作是“垂直遮挡层”，依靠其所属图层的深度以及该图层的类型，可以计算出它的深度，在视点变换后，可以利用角色的深度来决定重新绘制的位置。

本系统没有使用几何构造动物模型的原因是传统的几何建模十分繁杂，不能达到快速构建出模型的要求。并且，利用精灵表现出来的角色和场景有更好的统一性。

4.3. 解决滑步问题

利用本系统所构建的场景，角色和背景是分离的，如果角色每帧绘制的位置不合适的话，得到的运动就会不真实，出现所谓的滑步现象（如图 5 所示）。

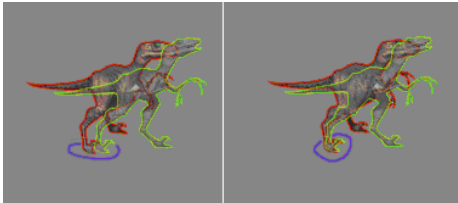


图 5：前一幅图出现“滑步”（红色和绿色描边的图像分别表示角色运动的前后两帧）

一个最直接的解决办法是让动画师来调整每一帧所绘制的位置，最终产生符合感官标准的运动。但是在每个角色具有多条路径而且一个场景中有许多角色的情况下，这种做法效率极低，而且容易出错。

我们提出了一种方法，可以在经过一个预处理过程之后，自动校正角色滑步现象。

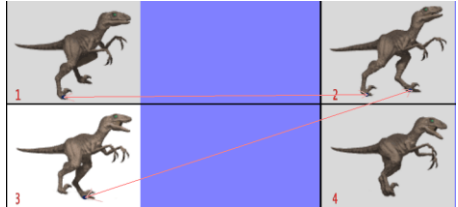


图 6：交互指定出每两帧之间对应的支撑脚

根据生物的运动规律，可以得出：两足和四足动物在跑动或者走动的时候，一般会有一个或者多个脚是着地的（把在某一时刻着地的脚称之为支撑脚），产生滑步的原因是支撑脚在运动的时候发生了位移，只要保证在运动的时候支撑脚保持原地即可消除滑步现象。

在预处理阶段，通过该系统提供的用户界面，可以十分方便地指定出角色所有前后每两帧之间所对应的支撑脚（如图 6 所示）。在绘制阶段，保证前后两帧对应的支撑脚在屏幕上的同一位置即可得到比较真实的运动。

在该系统中,角色的运动路径是曲线,上面所解决的是角色横向运动时所产生的脚步滑动现象,在曲线情况下,为了防止脚步滑动的现象发生,绘制的时候保证的是两帧之间对应支撑脚在 x 方向上投影重合,为了保证运动的真实性,运动路径曲线的曲率不能太大,在曲率不大的情况下,这种方案是可行的。

4.4. 路径设计

由于 B 样条曲线具有控制简单,过渡平滑,富于变化等优点,该系统使用了 B 样条曲线作为角色的运动路径,路径的控制点是由用户交互指定的。用户可以通过调整少数几个控制点的方式来得到理想的角色运动路径。

为了使三维立体感更强,该系统允许用户指定角色在控制点处的缩放比例,达到“远小近大”的透视投影效果,在非控制点处角色的比例依靠前后两个控制点缩放比例的线性插值得到。



图 7: 利用本文提出的系统实现的一个游戏

5. 结果与未来工作

我们开发了一个射击类游戏(图 7 所示),通过该系统生成的文件可以驱动游戏的进行。游戏通过读入不同的场景来得到不同的背景和角色,用户可以在调入的场景中模拟射击。

经过实验,该系统无论从构建场景模型的质量上还是速度上都远比文献[5]、[6]和[7]中使用的“画中游”方法更为出色:

- (1) 利用该系统构造的场景中存在运动着的角色,使得整个场景显得更加生动逼真。
- (2) 该系统的用户交互比较简单。

另外,和该工作相关的领域还存在一些值得进行进一步研究的方向。首先,在将 GIF 动画的所有帧存储到一块图像中的时候,我们的做法是将所有帧存储到一块接近正方形的图像中,最后保存的图像大小可以是任意值,存在空间浪费的问题。由于有的显示卡只支持 2 的整数次幂(power-of-2)大小的纹理,所以设法在浪费存储空间最少的情况下,将所有帧存储到一块 2 的整数次幂大小的图片中是一个极具研究价值的独立研究方向,虽然已经有研究者进行了一些探索(如文献[13]、[14]和[15]),但所提出的方法通用性还远远不够。此外,在为角色选择路径时,目前的系统使用的是用户交互指定的方式,我们将寻找一种角色路径自动生成的方法,以提高交互效率。

参考文献:

- [1] 刘钢, 彭群生, 鲍虎军. 基于图像建模技术研究综述与展望[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005, 第 17 卷第 1 期, 18~27.
- [2] Sing Bing Kang. Survey of Image-based Rendering Techniques. A Cambridge Research Report.
- [3] Shum H, Kang S. A review of image-based rendering techniques [A]. In : Proceedings of IEEE/ SPIE Visual Communications and Image Processing , Perth , Australia , 2000, 2~13.
- [4] Lengyel, Jerome. The Convergence of Graphics and Vision, Computer, pp. 46-53, July 1998.
- [5] Horry, Y., Anjyo, K., and Arai, K. Tour Into The Picture: Using a Spidery Mesh Interface to Make Animation from a Single Image. Proc. SIGGRAPH '97. In Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, 1997, pp. 235-242.
- [6] Siu-Hang Chu and Chiew-Lan Tai. Animating Chinese Landscape Paintings and Panorama Using Multi-Perspective Modeling. Computer Graphics International 2001, p 107--112, July 3-6, Hong Kong, IEEE Computer Society Press.
- [7] H. Kang, S. Y. Pyo, K. Anjyo, and S. Y. Shin. Tour into the Picture using a Vanishing Line and its Extension to

Panoramic Images. Computer Graphics Forum, Vol. 20, No. 3, pp. 132-141, 2001.

[8] J. Shade, S. Gortler, Li-Wei He, and R. Szeliski, "Layered Depth Images", Proc. SIGGRAPH '98, pp 231-242, 1998.

[9] 唐泽圣, 周嘉玉, 李新友. 计算机图形学基础. 清华大学出版社. 1995, 12.

[10] L. McMillan and G. Bishop. Plenoptic modeling: An image-based rendering system. Computer Graphics (SIGGRAPH'95), pages 39-46, August 1995.

[11] Shum H, Han M, Szeliski R. Interactive construction of 3D models from panoramic mosaics [A]. In : Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition , Santa Barbara , California , 1998. 427~433.

[12] Geczy, George, "2D Programming in a 3D World: Developing a 2D Game Engine Using DirectX 8 Direct3D", Gamasutra, June 2001. http://www.gamasutra.com/features/20010629/geczy_01.htm.

[13] Philippe Decaudin, Fabrice Neyret. Packing Square Tiles into One Texture. Eurographics (short papers), page 49-52, august 2004.

[14] Wei Li, Arie E. Kaufman. Texture Partitioning and Packing for Accelerating Texture-based Volume Rendering. Graphics Interface 2003: 81-88.

[15] Christian Frueh, Russell Sammon, and Avidah Zakhor. Automated texture mapping of 3D city models with oblique aerial imagery. Proc. 2nd International Symposium on 3D Data Processing, Visualization & Transmission, Thessaloniki, pp. 396-403.

[16] Tomas Akenine-Möller and Eric Haines. Real-Time Rendering. A.K. Peters Ltd., 2nd edition, ISBN 1568811829.

[17] Adobe PhotoShop. 用于图像处理的商业软件. <http://www.adobe.com>

Layered-Images Based Modelling and Walking-through

Han Honglei, Fei Guangzheng, Shi Minyong
(Animation School, Communication University of China, Beijing 100024, China)

Abstract: A layered-image based modelling and walking through system is introduced in this paper. Several images with alpha channel are taken as input of this system, where each image represents a layer. With layer property and link information between layers interactively assigned, the system automatically generates a 3D looking scene. The scene can be augmented with active elements by introducing moving characters into it, whose poses and paths are interactively edited too. The system also provides a convenient walking through over the generated scene.

Keywords: image based modelling; sprite technique; game engine; path editing

基金项目：国家自然科学基金（No：60403037）。

作者简介：韩红雷（1980年1月生），男，硕士，山西太原人，中国传媒大学动画学院助教，主要研究方向为计算机图形学与计算机动画，Email: hanhonglei@cuc.edu.cn；费广正（1973年生），男，博士，副研究员，中国传媒大学动画学院副教授，主要研究方向为计算机图形学与计算机动画；石民勇（1962年生），男，博士，研究员，博士生导师，中国传媒大学动画学院教授，主要研究方向为计算机动画、图论。