

林木场景漫游系统的研究与实现

陈世红¹⁾ 王海²⁾

¹⁾(北京联合大学应用文理学院,北京 100083) ²⁾(北京林业大学,北京 100083)

摘要 由于林木本身结构复杂,因此在模拟中几何模型的面片数多。如何在保证一定的视觉真实感的前提下,尽量简化场景模型,实现林木场景的快速绘制,一直是计算机图形学领域的热点问题。提出了一种适合包含大面积林木的自然场景漫游系统的实现方法,即利用3维建模软件3ds max构建场景模型,然后基于虚拟开发工具Open Scene Graph(OSG)实现场景的实时绘制和漫游。充分利用软件的特点和功能,实现了包含大面积林木的自然场景的漫游,同时还根据相交测试原理实现了漫游过程中的碰撞检测。实验结果表明,此系统具有较高的绘制速度,能满足包含大面积林木的自然场景实时漫游的要求,同时能达到一定的场景真实感。

关键词 林木场景 建模 可视化 漫游 碰撞检测

中图法分类号: TP391.9 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2009)06-1212-05

Research and Implementation of Forest Scene Walkthrough System

CHEN Shi-hong¹⁾, WANG Hai²⁾

¹⁾(College of Arts & Science of Beijing Union University, Beijing 100083)

²⁾(Beijing Forestry University, Beijing 100083)

Abstract The model of forestry scene normally contains a huge number of facets in simulation because of the complexity of the forest's geometrical structure. How to simplify the model while keeping its visual effects to some degree is always a hot problem in the field of computer graphics. In this paper, an approach which fits the implementation of mass woods included natural scene walkthrough system is presented, which uses 3D modeling software 3ds max for scene model construction and uses OSG for real-time rendering and walkthrough. Taking good advantage of the existing software, this paper realized the walkthrough in mass woods included natural scene and the collision detection during walkthrough as well. Experimental results show that this system has high frame rate which meets the requirement of real-time walkthrough in mass woods including natural scene, while keeping good visual effects.

Keywords forest scene, modeling, visualization, walkthrough, collision detection

1 引言

植物模拟有着广阔的应用前景。一方面可以用于农林业中植物的科学研究、生产过程管理、产量优化模拟与预测等,这对于林业的可持续发展具有十分重要的意义。另一方面,它在娱乐、商业、教育等行业中显示了巨大的市场,在虚拟现实、计算机动

画、游戏软件、城市景观设计、商业广告、教育软件等方面得到了大力的推广和普遍的应用。此外,含有大量树木的自然景观模拟进一步拓宽了植物模拟在这些领域的应用。

树木本身的复杂性,决定了其几何模型的复杂性,因此林木场景的建模和实时绘制一直以来是计算机图形学领域具有挑战性的课题。研究人员也做了很多有价值的研究工作,相继提出了林木场景建

基金项目:国家高技术研究计划(863)项目(2006AA10Z232)

收稿日期:2008-11-26;改回日期:2009-01-08

第一作者简介:陈世红(1967~),女,副教授,2000年于北京理工大学车辆工程学院CAD研究室获得工学硕士学位。主要研究方向为景观动画和虚拟现实等。E-mail: csh398@126.com

模及绘制的算法^[1],同时也出现了一批3维植物生成软件,如SpeedTree,Tree Professional,xfrog等。这些软件可以比较好地模拟树木的几何形状,但是由于生成的树木模型面片数较多,数据量大,对其所形成的大片林木场景难以达到实时绘制的要求。同时,这些专门的植物模拟软件功能单一,不能模拟自然环境中的水、地形等。

本文提出了一种包含大面积林木的自然场景漫游系统的实现方法。其中林木场景建模工作在Autodesk公司出品的建模软件3ds max中完成,并基于高效的3D虚拟场景开发工具OSG(open scene graph)编程实现场景绘制。系统提供了自由灵活的键盘操作漫游方式,并实现了漫游过程中碰撞检测的功能。

2 系统的总体设计思想

系统设计目标:创建一个林木场景实时漫游系统。在漫游过程中帧率平稳,功能全面,且具有较好的真实感效果。

设计思想:先利用3ds max软件工具进行场景建模,再利用OSGExp插件将3ds max软件输出的3ds格式的場景模型数据转换成OSG所要求的数据文件格式,然后在OSG中进行场景绘制、动画设置、键盘鼠标的交互控制和碰撞检测等。

系统的实现过程如图1所示。

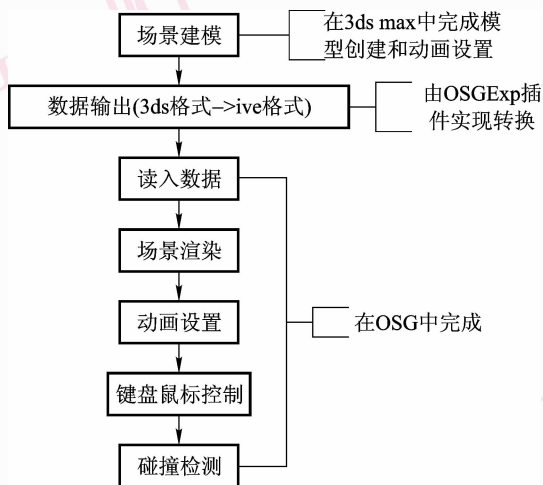


图1 系统的实现过程

Fig.1 System implementation process

下面介绍系统实现中的主要技术问题:树木建模、数据格式转换和碰撞检测。

3 主要技术问题

3.1 树木的建模

在3ds max中,进行树木建模可以有多种途径,如:使用其自带的AEC扩展功能、使用树木插件、使用透明通道贴图和3ds max脚本等。

通过综合考虑各种建模方法所生成的树木模型面片数、真实感效果以及和OSG的结合程度,本文采用实体模型和表面模型相结合的混合式模型。混合式模型中“枝干”采用3维实体模型,通过对圆柱体(cylinder)对象的修改来完成其基本几何形状的建模,再赋予树皮贴图;而树叶/树叶簇则用多个具有一定表面弧度的面片建模,使用类似广告牌技术中的平面透明贴图,通过面片的排布与叠加形成层叠的景深效果。这样既达到了相对逼真的视觉效果,又节省了运算的时间。经测试,采用该种建模方式,在视觉效果可以接受的情况下,一棵树木模型的面片数为300~500。

对于几何尺寸较小、视觉重要度较低的花草类植物,本系统参照一般游戏场景中的花草类植物建模方法,采用改进的十字交叉布告板的方法^[2],即使用三个交叉面片建模,再分别给每个面片贴置花草的透明通道贴图。

在创建林木场景中多株植物模型时,通常可以把一株植物进行复制,再进行一些变化修改而生成另一株植物模型。在3ds max提供的复制方式中,复制(copy)和参考复制(reference)两种克隆方式对生成的文件大小有非常显著的影响,reference方法明显优于copy方法,而且复制对象数量越多差别越明显。在本系统中,多株树木的建模全部采用reference方法进行克隆,这样树木的纹理等信息就不需重复保存,大大减小了场景模型的数据量。

3.2 模型的数据转换

本文选用高效的3D虚拟场景开发工具OSG进行场景绘制并实现场景交互,因此需要将3ds max输出的3ds格式的静态场景和动画场景数据转换为OSG可读取的格式。文中使用了OSGExp插件进行数据转换。

对于在3ds max中设置了动画的场景,该数据转换需要通过OSGExp插件中的序列帮助(sequence)来完成,才可以在OSG中正常显示其动画效果。

在场景构建完成并使用OSGExp插件将场景文

件输出为 OSG 可读取的 IVE 文件后,就可以在 OSG 中读取此场景数据并完成绘制。IVE 格式提供了多种优化方法,包括几何体三角形条带(tri strip geometry)、几何体插入(merge geometry)、共享重复状态(share duplicate states)等。其中共享重复状态的思想充分表现了场景图的理念,即将场景中对象所具有的重复的特性共享保存,从而大大减少数据存储的空间并降低状态转换所需的昂贵代价。可以使用 OSG 自带的一些方法或自行设定来对其进行漫游控制,即观察者可以通过对键盘和鼠标的操作来控制视点在场景中上下前后左右移动或转换视角以从各个方向和角度观察场景。

3.3 碰撞检测

近年来,研究人员在碰撞检测领域中做了相当多的工作。在基于空间域的碰撞检测算法中,有一种层次包围体树法。该方法中,场景以层次树状结构进行组织,包含一个根节点和若干内部节点以及若干叶节点。最高层次的节点是根节点,叶节点中保存着需要绘制的实际几何体,内部节点则为相互距离较近或者具有一定关联的叶节点的组合(如图 2 所示)。层次包围体树可以根据其所采用包围体类型的不同来加以区分,包围体类型主要包括包围球、AABB、OBB 等等^[3]。

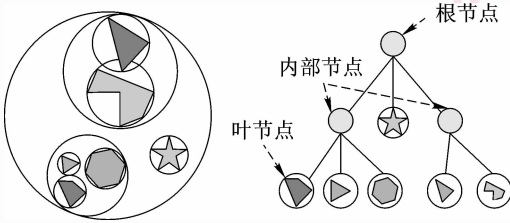


图 2 场景和对应的层次包围体树

Fig. 2 Scene and the bounding volume hierarchy

3.3.1 碰撞检测基本思路

本文所实现的包含大面积林木的自然场景漫游系统中,场景中所有的对象包括树木、水体、凉亭等其相对位置都是固定不变的,因此不需要在这些物体间进行两两碰撞检测。但是,在这一场景中进行漫游的过程中,为了避免穿入物体的情况出现,需要对视点及周围景物间进行碰撞检测:即从视点出发沿指定方向引出一条测试线,将测试线与场景环境进行相交测试^[4]。也就是说,系统采用基于“线/体”相交测试的方法进行碰撞检测。其中,“线”是由视点和指定方向所确定的具有一定长度的测试线

段(测试线段的长度即为系统根据不同的测试应用确定的测试距离);“体”即场景中的几何对象。

系统采用了基于场景模型的层次包围体树的碰撞检测方法。测试线段首先与较高层次包围体进行相交测试,若它们相交,则视线再与其中所含的较低层次包围体(用与最小包围体的求交代替与几何体的求交)进行相交测试;否则,无需进行下一步计算。这样可通过线段与包围体的快速相交测试来及早地排除明显不可能相交的对象,以提高碰撞检测的效率^[5-6]。

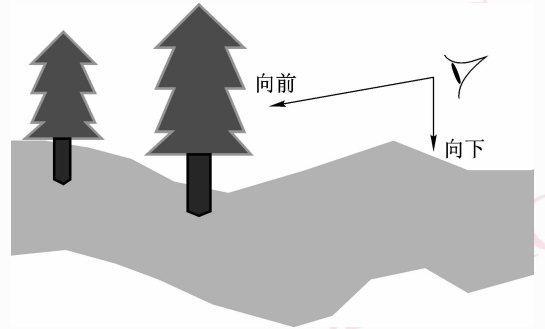


图 3 两个方向上的碰撞检测

Fig. 3 On both the direction of the collision detection

如图 3 所示,在漫游过程中,主要从视点前进方向和垂直指向地面方向做相交测试,使视点与地表场景保持一定水平距离(水平测试距离),并与地面保持确定的相对高度(垂直测试距离),以避免漫游路径穿透地表物体或进入地表下方的情况出现。其中,水平测试距离和垂直测试距离分别是系统根据人眼的视觉习惯确定的视点距离前方对象的最小距离_minDistanceInFront 以及根据人眼的正常高度确定的视点距离地面的最小距离_minHeightAboveGround 的三倍。

3.3.2 碰撞检测处理过程

本系统场景漫游过程中碰撞检测处理分为以下几个步骤:

(1) 碰撞检测

定义两条分别用于视点前进方向和垂直指向地面方向进行相交测试的测试线段:一条线段从视点出发沿视线的正方向,另一条线段从视点出发垂直指向地面。

两条线段分别对场景模型进行相交测试,从场景模型层次包围体树的根节点开始从上至下访问各节点,快速判断测试线段是否与场景对象相交,并将

有交对象写入该测试线段的交叉列表。

(2) 碰撞确定

当测试线段与场景模型层次包围体树相交测试结束,若返回的交叉列表不为空,则线段与场景对象的包围体相交,获取该交点并求得交点至视点的距离,进入碰撞反应阶段;若交叉列表为空,则线段与场景对象不交,可以继续前进。

(3) 碰撞反应

若视点前进方向上的碰撞测试线段与场景对象的包围体有交,则停止向前漫游。且若交点与视点的

的距离小于 $_minDistanceInFront$,则将视点沿视点前进方向的反方向调整至水平测试线上与交点相距为 $_minDistanceInFront$ 的位置,以保证视点始终位于包围体的外部。

在垂直向下方向上的碰撞反应类似上述操作。若视点在向下移动的过程中测试线段与地面的包围体有交,则停止向下移动视点。且若交点与视点的距离小于 $_minHeightAboveGround$,则将视点位置调整至 $_minHeightAboveGround$ 。

碰撞处理的具体流程图如图 4 所示。

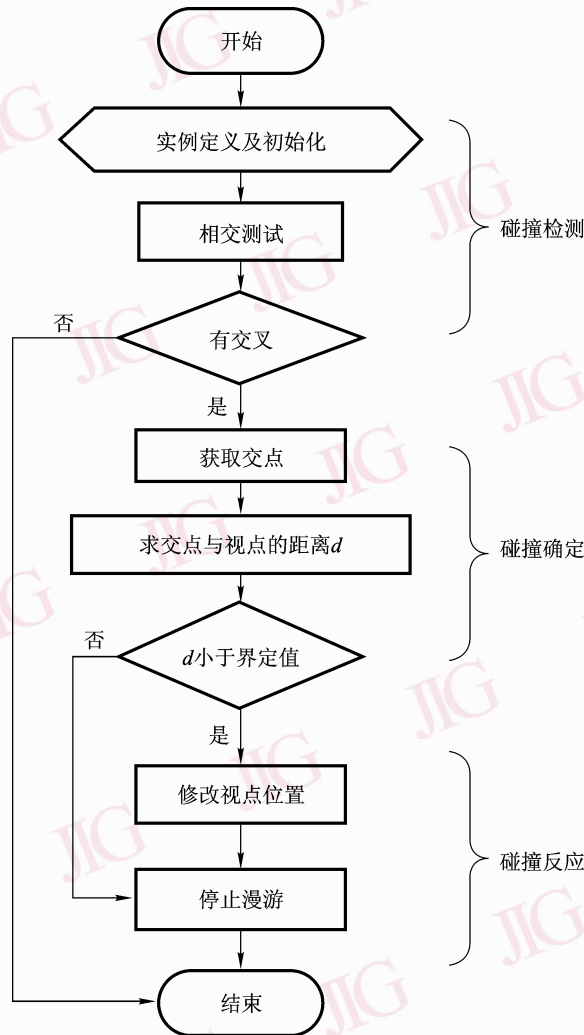


图 4 碰撞处理流程

Fig. 4 Flowchart of collision treatment

4 系统运行结果

林木漫游系统在配置为:CPU 为 Pentium 2.80 GHz,显卡为 NVIDIA GeForce 7800 GT,内存为 1.00 GB 的 PC 机上运行。在所搭建的总面片数为 124

532,顶点数为 205 194 场景中漫游,平均帧率能达到 25,可以通过鼠标键盘实时控制漫游路径和观察方向,运行时画面流畅,符合基本的视觉要求,比较有效地解决了实时显示与真实感的矛盾。场景实时漫游各角度效果如图 5 所示。



图 5 效果截图

Fig. 5 Effect screenshots

5 结 论

本文通过综合考虑各种建模方法所生成的面片数、真实感效果以及和 OSG 的结合程度,提出了一种适合包含大面积林木的自然场景漫游系统的实现方法,避免了 3 维实体建模由于面片数太多导致场景绘制的时间耗费太大而不能用于实时漫游的问题,有效地解决了实时显示与真实感的矛盾,实现了包含大面积林木的自然场景的实时漫游。结果表明,所实现的场景漫游系统视觉效果良好,在漫游过程中帧率平稳,有较好的真实感效果,所提出的实现方法具有一定的实用性。

参考文献 (References)

- 1 Shu Zhong-bin. Research on Key Technology of Virtual Plants Growth system [D]. Beijing: Beijing Institute of Technology, 2008. [苏中滨. 虚拟植物生长系统关键技术研究 [D]. 北京: 北京理工大学, 2008.]
- 2 Jeschke S, Wimmer M, Purgathofer W. Image-based representations for accelerated rendering of complex scenes [A]. In: Proceedings of Eurographics, Dublin, Ireland, 2005: 1-20.
- 3 Fan Zhao-wei. Research on Real-Time Collision Detection Technology [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2003. [范昭炜. 实时碰撞检测技术研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2003.]
- 4 Men Xiao-peng, Lv Xiao-feng, Mao Deng-wu, et al. Research on primitive geometric elements intersection test in virtual environment [J]. Journal of Naval Aeronautical Engineering Institute, 2006, 21(3): 379-382. [门晓鹏, 吕晓峰, 马登武等. 虚拟场景中基本几何元素相交测试技术 [J]. 海军航空工程学院学报, 2006, 21(3): 379-382.]
- 5 Xiong Wei, Mao Shan-jun, Ma Ai-nai. Application of observer-based collision detection in virtual environment walkthrough [J]. Computer Applications, 2002, 22(11): 6-7. [熊伟, 毛善君, 马蔼乃. 基于观察者的碰撞检测技术在虚拟环境漫游中的应用 [J]. 计算机应用, 2002, 22(11): 6-7.]
- 6 Akenine-Moller T, Haines E. Real-Time Rendering [M]. Zeng Jiang-tong, Translated. Beijing: Peking University Press, 2004. [Akenine-Moller T, Haines E. 实时计算机图形学 [M]. 曾建涛译. 北京: 北京大学出版社, 2004.]