

虚拟场景中基于 LOD 的树木真实感建模

陈华光,王京文,张晓清

(湖南工程学院 计算机科学与技术系,湖南 湘潭 411101)

摘要:树是虚拟场景中的重要景物之一。提出了用参数化的分形方法对三维树木进行真实绘制;将分形计算产生的树木数据用数据结构储存起来;并根据视点与树模型的距离确定所需树木模型数据的层次;从而充分发挥了应用分形技术生成的树模型真实感强的优点,消除了分形计算耗时长长的缺陷,保证了树木生成的真实性和实时性。实践证明,用文中方法在可漫游虚拟场景中产生三维树模型,在实时性与真实感方面均取得了不错的效果。

关键词:真实感;虚拟场景;树建模;LOD;分形

中图分类号:TP391.9

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2008)12-0228-03

Realistic Modeling of 3D Tree Based on LOD in Virtual Scene

CHEN Hua-guang, WANG Jing-wen, ZHANG Xiao-qing

(Dept. of Computer Science, Hunan Institute of Engineering, Xiangtan 411101, China)

Abstract: Trees are one of important scene in the virtual scenery landscape. The method of drawing 3D tree based on fractal and parameters is presented, all data calculated on fractal is stored in data structure, and picked up different model according to the distance from viewer to the tree is discussed in this paper. This method gives full play to adequately exerts the characteristic that using fractal can generate realistic tree and avoid wasting time due to calculating in fractal. Experimental results show that the modeling of tree in roaming virtual scene acquires satisfied effects in real-time and third dimension.

Key words: realistic; virtual scene; modeling of tree; LOD; fractal

0 引言

树木是自然界中常见的一类植物,由于其具有形状不规则、结构特征强、长势千姿百态的特点,因此对其进行模拟和造型就比较困难。而在构建虚拟场景时,树木又几乎是不可缺少的景物。树木的三维建模已成为计算机图形学一个重要的应用研究领域^[1],广泛应用于虚拟现实、教学、娱乐、游戏、影视场景的规划等领域。

大量学者从不同角度构建数学模型来力求模拟更真实的树木形态。Aristid Lindenmayer 提出了基于文法、侧重于植物拓扑结构的 L-系统,将其用于树木及其他植物的造型;随后,有学者对 L-系统改进、拓展,提出了允许与环境因素交互的开放的 L-系统;Weber 等人提出了树木的分步生长模拟方法^[2]。

目前在三维虚拟环境中构造的树木等植物多采用以下几种形式:布告牌绘树、绘制分形树, L 绘树等。

其中布告牌绘树有生成速度快,但表达树木真实感比较欠缺,常用于可漫游的虚拟场景中;而分形树,能表达树木丰富的细节和具有随机变化的形状,是表达树木的最有真实感效果的。但传统的分形算法计算复杂、耗时长,主要用于静态虚拟场景中,在构建实时动态的场景中的应用受到了限制。讨论了参数化树木分形算法,根据 LOD 技术提出了树木不同细节的生成方法;这样保证了树木的真实感,又加快了实时生成速度。

1 用分形方法实现三维树的真实感建模

1.1 三维树木参数化建模

任意一棵树木都是由若干树枝和树叶组成的,每一条树枝又是由若干分枝组成。因此分枝和树叶是树木最基本的组成单位。树木的分枝模式,可归结为两大类^[3]:

①合轴分枝。顶芽死亡,由侧芽取代之,形成强的侧枝,没有明显的主干,整个植物呈冠状张开;

②单轴分枝。顶芽不断生成,形成明显的主干,整个植物形成了挺拔向上的树形。

收稿日期:2008-03-14

基金项目:湖南省科研项目资助(07C216)

作者简介:陈华光(1961-),男,副教授,硕士,研究方向为计算机图形学、虚拟现实。

分形方法是根据植物的形态结构,利用了描述具有自相似性的数学功能来表现植物生长的拓扑及形态结构。文中采用迭代函数系统(Iterated Function System, IFS)实现分形树的几何建模^[4];以合轴分枝的三叉树为例建立树木三维模型。

1) 用参数化方法生成圆台树枝。

为了增加三维树模型的立体感,在绘制时树干和分枝都是以圆台为基本单位(如图 1 所示),圆台高、顶、底半径和分枝角等属性的确定需要考虑下述参数:

- (1) 枝长初始长度 H : 即树干高度;
- (2) 枝粗初始宽度 R : 即树干底半径;
- (3) 枝长衰减系数 $H - scale$: 新生树枝与当前树枝的长度比;
- (4) 枝粗衰减系数 $R - scale$: 新生树枝与当前树枝的底半径比;
- (5) 顶底半径差 $new - width$: 圆台的顶、底截面半径之差;
- (6) 递归控制层数 $Level$: 三维树的分枝深度,表现在程序中即算法的递归次数。

圆台属性确定后,可用 OpenGL 实用库中的圆台绘制函数 $gluCylinder()$ 绘制,并进行纹理贴图。由于树的结构形态不同,根据不同结构形态的树,可以对其基本参数的个数作必要的调整,以便为形态控制提供方便。

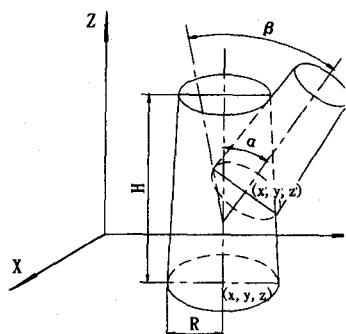


图 1 圆台树枝参数化示意图

2) 树枝坐标变换公式。

设树的生长方向为 Z 轴方向,坐标如图 1 所示,首先,每个分枝在绘制时都以三维坐标原点为起点,每次绘制都要把坐标原点平移到当前分枝点,然后对当前树枝作如下二个自由度的偏转,当前树枝绕 X 方向旋转夹角 α 度,再绕 Z 方向旋转夹角 β 度。

设父树枝(干)圆台的坐标为 (x, y, z) ,当前树枝的坐标为 (x_1, y_1, z_1) ,则当前树枝的坐标可由变换矩阵公式(1)得出^[5]:

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & k \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} sx & 0 & 0 \\ 0 & sy & 0 \\ 0 & 0 & sz \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} \cos\alpha & 0 & \sin\alpha \\ 0 & 0 & 0 \\ -\sin\alpha & 0 & \cos\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\beta & -\sin\beta & 0 \\ \sin\beta & \cos\beta & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \quad (1)$$

其中 sx, sy, sz 分别表示当前树枝相对于父树枝在 X, Y, Z 方向上长短和粗细的缩放变换。根据变换公式计算所得的分枝点位置,就可以对已有分枝的三维信息,用 $glTranslate()$ 和 $glRotated()$ 函数进行平移和旋转操作。

3) 树叶的绘制。

在树的真实感建模中树叶是必不可少的。通常将树叶简化成一个填充多边形,或在多边形上贴上树叶的贴图来表达树叶。为了产生不同大小和各种形态的叶,可将组成每一片树叶的多边形绕 x 轴、 Z 轴转一个随机角度、缩放随机倍数或贴上不同树叶的贴图来实现。

1.2 算法描述

(1) 准备树干纹理,设置绘制树木的参数,将坐标移到绘制点;

(2) 由初始点开始画树干,对树干进行纹理贴图, $count = 0$;

(3) 用函数 $glTranslate()$ 平移坐标到当前分枝点,用函数 $glPushMatrix()$ 将当前分枝点入栈两次;

(4) if $count = Level$, 绘制树叶,并转到第 7 步;

(5) 用 $gluCylinder()$ 函数进行当前分枝的绘制,并对分枝进行纹理贴图,绘制顺序 $flag$ 指定当前绘制是左、右或后枝, $flag = 1$ 绘制左枝, $flag = 2$ 用 $glPushMatrix()$ 函数弹出分枝点,绘制右枝, $flag = 3$ 用 $glPushMatrix()$ 函数弹出分枝点,绘制后枝;

(6) $count = ++$, 选择下级分枝点为当前分枝点,转回第 3 步继续绘制;

(7) 绘制结束。

1.3 模型的随机性

三维情况下,可以通过基本参数的调整生成不同的树木形态。但是同一级子枝段长度和半径是一致的,使得树木的形状过于规整。因此,文中设定 L 如式(2)所示,它有几个值可选,在生成新的树枝时按照一定概率选择不同的值,使得分枝的长度有所变化。

$$L_{i+1} = L_i * L_{rand} \quad (2)$$

$$L_{rand} = \begin{cases} m + n * L_{-scale} \\ \sin(\pi * L_{-scale}) \\ \sin(0.5 * \pi * L_{-scale}) \end{cases}$$

式(2)中, m, n 的取值在 $0.0 \sim 1.0$ 之间。实验中可以得出,当 m 取值在 $0.2 \sim 0.5$ 之间、 $m + n = 1$ 时最佳。树枝半径值可以通过树木的长度来决定:

$$R_{i+1} = R_i * (L_{i+1}/L_i) * W_{-scale} * Rad,$$

$$\text{Rad} = \begin{cases} 1, i < N-1 \\ 0, i = N-1 \end{cases} \quad (3)$$

同样用随机函数对分树的偏离树干的角度添加抖动,可以增加树图形的真实感。

2 虚拟场景中的基于 LOD 树建模的方法

虚拟环境中构造三维树木的要求是绘制速度快又有一定的真实感。按照细节层次 LOD 技术,当一个物体距离视点越远,此物体能够被观察到的精细部分就越少。在虚拟场景中,当树木离视点较远时,树木的枝干和树叶将会变得模糊不可见。这时绘制树木的细节是一种浪费,同时影响绘制速度。因此,可用基于视点的多分辨率树木模型来实现树木的不同细节绘制,即通过设置不同的迭代次数来实现多分辨率树木模型来提高绘制速度,图 2 是树的 LOD 绘制。

在虚拟环境中树木生长在模拟地形中的坐标 (X_i, Y_i, Z_i) 是已知并保存在数组中,同时视点 E 的坐标 (E_x, E_y, E_z) 也是确定的,视点与树木的距离 d_i 由公式(4)确定:

$$d_i = \sqrt{(X_i - E_x)^2 + (Y_i - E_y)^2 + (Z_i - E_z)^2} \quad (4)$$

根据 d_i 的值,用户可设定绘制树木的精度。当视点 E 移动时 d_i 改变,从而程序可根据树木与视点的距离 d_i 自动调整不同的树模型进行绘制。



图 2 树的 LOD 绘制

3 提高绘制速度的方法

3.1 布告牌画树

Bill-board(布告牌)画树是将一棵树的图片作为纹理贴到一个矩形面片上,如图 3(a)所示,矩形面片可以绕着一根轴旋转,使矩形始终对着观察者,然后对图片中不是树结构的部分进行透视处理,这样能保证纹理始终正对观察者。这种方法真实感较差,又额外增加了计算量,当场景复杂时,要考虑到每一棵树与视线的相对位置,从算法上来说也是比较复杂的。解决这个问题的方法是使用十字交叉布告牌树,在场景中用两个交叉 90 度的平面布告牌画树,这种方法可以不调整法线就获得良好的视觉效果,其示意图如图 3(b)所示。在场景中绘三维树时,只需知道树的坐标位置就可以用该方法完成树的可视化绘制。



(a) 布告牌树 (b) 十字布告牌树

图 3 布告牌画树

3.2 用数据结构保存树的信息

用上述分形方法进行树木生成时,特别是在动态实时场景中需要对场景中的树木进行实时刷新显示时,通常的做法是对每棵树采用与上一次显示时相同的参数值重新进行分形计算。由于每次刷新过程都需要进行分形计算从而大大增加了系统计算时间和工作量,因此不能保证树木生成的实时性。采用笔者提出的参数化分形绘制树的方法,进而可采用树形数据结构将这些参数化后的整个树的数据保存起来。当在需要刷新显示时,不需要再次进行分形计算,而只需对存入数据结构中的数据进行遍历,就可生成分形树,因此这种方法可满足场景实时生成的要求。树叶的位置、多边形顶点、旋转角度等作为该片树叶的参数,存入保存树叶的数据结构中。当需要对树叶进行显示时,读取树叶数据结构中的数据即可。

4 实验结果及分析

文中用 VC 和 OpenGL 编程生成虚拟场景,在可漫游虚拟场景中,用布告牌画树为主,适当加入一定量的分形树,根据视点与树模型的距离确定所需树木模型数据的层次,对于与视点较远的分形树,可用布告牌画树替代。对用上述方法生成的三维真实感树木的虚拟场景进行漫游测试,结果表明:在可漫游虚拟场景中生成三维树,在实时性与真实感方面都取得了较好的效果。在配置为 Pentium D 2.8GHz 的 CPU、DDR II 1G 内存及 7300GT (256M) 显卡的 PC 机上进行虚拟漫游,平均速度可达 22 帧/秒。其漫游效果图如图 4 所示。



图 4 漫游场景中树的效果

(下转第 234 页)

(1)查全率 R (Recall)。Recall = 正确过滤掉的邮件数/应该过滤掉的垃圾邮件。数值越高,表示漏网的垃圾邮件就越少。

(2)准确率 P (Precision)。Precision = 正确过滤掉的邮件数/实际过滤掉的邮件。数值越高,表示将合法邮件误判为垃圾邮件的可能性越小。

(3) F 测试值。 $F = (2 * R * P) / (R + P)$ 。

实验结果见表 1。

表 1 邮件过滤系统实验测试结果(%)

数据集	查全率	准确率	F 值
KeyLib (1000)	96.2	90.3	93.156
CDSCE (1830)	94.5	87.1	90.649

实验显示,训练样本的选择的典型性直接影响着最终的过滤效果,与之前在采用朴素贝叶斯方法进行邮件分类相比较,在查全率和准确率上都有一定的改善,基本上可以满足垃圾邮件的过滤任务。

3 结束语

在目前广泛取得应用的大多数客户端垃圾邮件过滤系统中(如 FoxMail 6.0 等)都是采用的朴素贝叶斯方法^[8],朴素贝叶斯方法的优点是算法简单、执行速度快,但对样本的要求很高,而且分类精度上提升空间有限。文中给出了一种基于统计理论的垃圾邮件过滤方法——支持向量机进行垃圾邮件分类,它具有严格的理论基础,又能较好地解决小样本、非线性、高维数和

局部极小点等实际问题。最后通过实验证明这种方法在垃圾邮件分类中已经可以很好地完成分类任务,确定系统中的过滤精度,在查全率与准确率上较之朴素贝叶斯分类有了很大的提升。但是支持向量机在计算时间和空间要求较高,这也从一定程度上影响了它的应用推广。如何在保持分类精确度的前提下,提高算法的效率,这是下一步需研究的课题。

参考文献:

- [1] Christopher J, Burges C. A Tutorial on Support Vector Machines for Pattern Recognition[J]. Data Mining and Knowledge Discovery, 1998(2):121-167.
- [2] Hsu Chih-Wei, Lin Chih-Jen. A comparison of methods for multi-class support vector machines[J]. IEEE Transactions on Neural Networks, 2002, 13(2):415-425.
- [3] 史忠植. 知识发现[M]. 北京:清华大学出版社, 2002.
- [4] Ronnie, Rifkin R. Improving Multi-class Text Classification with the Support Vector Machine[DB/OL]. 2002-05-23. www.ai.mit.edu/research/abstractabstracts2001/machine-learning.
- [5] 安全龙,王正欧. 一种新的支持向量机多类分类方法[J]. 信息与控制, 2004(3):262-267.
- [6] 王斌,潘文锋. 基于内容的垃圾邮件过滤技术综述[J]. 中文信息学报, 2005, 19(5):1-3.
- [7] 曹麒麟. 反垃圾邮件的研究[D]. 北京:清华大学电子工程系, 2002.

(上接第 227 页)

- [5] 陶树平,钱挺. 一种网格平台数据挖掘服务模式及其算法[J]. 计算机工程, 2005(5):109-111.
- [6] 佟强. 科学数据网格中数据挖掘技术研究[D]. 北京:中国科学院计算技术研究所, 2006:23-41.
- [7] 吕品,陈年生,董武世. 一种网格数据挖掘应用系统的设计[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(1):158-160.

(上接第 230 页)

5 结束语

用参数化的分形树与随机函数相结合,能生成形态逼真三维树木;在虚拟场景中进行复杂的树木建模时,根据不同的距离选择不同的模型,从而加快了渲染的速度。如何加入更多影响树木形态的参数,例如光照、树木的自重等,使树木的逼真度提高;如何使树木在风的作用下摇曳,都是值得进一步研究的课题。

参考文献:

- [1] 王永蛟,莫国良. 植物的三维建模研究进展[J]. 计算机应

- [8] 侯文国,傅秀芬,谢翠萍. 网格的数据挖掘[J]. 计算机应用研究, 2004(10):241-243.
- [9] 林雯,段小斌,谢晓兰. 数据挖掘技术在中小型制造企业 CRM 中的应用[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(11):247-250.
- [10] 刘天鹏,周娅. P2P 网络中的数据挖掘[J]. 计算机应用, 2008(1):162-164.

用研究, 2005(11):1-4.

- [2] Weber J, Penn J. Creation and Rendering of Realistic Trees[J]. SIGGRAPH, 1995, 64(8):119-127.
- [3] 康孟珍,De Reffye P,胡包钢,等. 快速构造植物几何结构的子结构算法[J]. 中国图形图像学报, 2004, 9(3):79-86.
- [4] 李庆忠,韩金妹. 基于 IFS 的树木形态模拟真实感的研究[J]. 微机发展(现更名为:计算机技术与发展), 2005, 15(7):86-88.
- [5] 孙家广. 计算机图形学[M]. 北京:清华大学出版社, 2002:369-373.