

基于粒子系统的陨石爆炸模拟

汪继文^{1,2}, 余 洋^{1,2}, 李玉梅^{1,2}

(1. 安徽大学 计算智能与信号处理教育部重点实验室, 安徽 合肥 230039;

2. 安徽大学 计算机科学与技术学院, 安徽, 合肥 230039)

摘 要: 陨石爆炸效果可以大大增强虚拟现实系统的沉浸感, 对陨石爆炸模拟在计算机游戏、影视、视景仿真系统中有着广泛的应用。粒子系统是模拟陨石爆炸的一种有效方法, 目前还没有基于粒子系统的陨石爆炸模拟方法。文中给出了一种基于粒子系统的陨石爆炸模拟方法。基本思想是运用匀加速运动实现陨石粒子的运动轨迹, 并采用 OpenGL 中的纹理映射和色彩融合技术绘制陨石粒子。运用 VC++ 6.0 和 OpenGL 开发工具实现了陨石爆炸的模拟。实验表明该方法实现简单, 模拟的陨石爆炸效果满足实时性和逼真性的要求。

关键词: 粒子系统; 陨石爆炸模拟; 色彩融合

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2010)06-0118-03

Meteorite Explosion Simulation Based on Particle System

WANG Ji-wen^{1,2}, YU Yang^{1,2}, LI Yu-mei^{1,2}

(1. Ministry of Education Key Lab. of Intelligence Computing and Signal Processing, Anhui University,
Hefei 230039, China;

2. School of Computer Science & Technology, Anhui University, Hefei 230039, China)

Abstract: The effect of meteorite explosion can consumedly enhance the immersion characteristic of virtual reality system, which has been widely used in computer game, movie and visual simulation system. Particle system is an effective method in meteorite explosion simulation. At present, there is no meteorite explosion simulation method based on particle system. In this paper, a simple method of meteorite explosion simulation that based on particle system has been given. The basic idea of the method is apply the uniform accelerated motion to simulate the movement trajectory of the particles. Also it uses the texture mapping and color blending technology to draw the particles. At last, making use of tools such as VC++ and OpenGL, it simulates the meteorite explosion effect. The result of the simulation shows that the method in this paper is simple to implement and can meet the requirements of real-time and reality.

Key words: particle system; meteorite explosion simulation; color blending

0 引言

计算机仿真是当前热门研究课题之一, 特别是自然现象如火焰、水流、云、雾、烟等的模拟更是具有挑战性。但是传统的方法很难描述它们的形状和运动。自1983年Reeves首次提出了粒子系统^[1], 已有许多利用粒子系统模拟自然现象的研究工作^[2]。在国内, 万华根等通过求解 Navi-Stokes 方程的一个特例模拟水流效果, 用圆球作为粒子图元, 采用光线跟踪算法绘制模拟了喷泉效果^[3], 其实现较为复杂。

近年来在虚拟现实系统中动态仿真流体运动的需

求逐渐增加, 例如陨石爆炸模拟在计算机游戏、影视、视景仿真等各种领域以及网络虚拟环境中都是非常有用的, 其效果的真实感直接决定了整个虚拟系统的真实感。陨石爆炸模拟是一种不规则物体的模拟过程, 具有不规则的几何外形和内在的不确定性, 因此很难用传统的三维建模方法来描述。陨石爆炸后粒子主要是向爆炸点上方运动, 并且每个粒子的运动方向具有一定的随机性。

从系统简单性、实时性、灵活性、模拟逼真度出发, 文中提出了一种基于粒子系统的陨石爆炸模拟方法。以四边形为基本造型单位^[4], 运用匀加速运动模拟陨石粒子的运动轨迹, 并利用 OpenGL 的纹理映射功能绘制粒子^[5]。实验结果表明该方法能获得很好的实时性, 陨石爆炸效果也满足了计算机仿真中对真实感的要求。

收稿日期: 2009-10-20; 修回日期: 2010-01-02

基金项目: 安徽省自然科学基金(090412045)

作者简介: 汪继文(1958-), 男, 教授, 博士生导师, 研究方向为计算机数值模拟方法, 偏微分方程数值方法及其应用。

1 粒子系统基本原理

随着计算机动画技术的发展,运用粒子系统来模拟动态的复杂实体越来越成为人们研究的新重点^[6]。与趋于成熟的物理技术相比,粒子系统具有算法简单,数据结构简单,容易控制的特点,特别是面对模拟复杂度高计算量大的物体(水流等)时,它的优点更加明显和突出^[7]。一个粒子系统由大量称为粒子的简单体素构成。每个粒子有一组属性,如位置、速度、颜色和生命期等。根据不同的应用,可以设置粒子的具体属性。粒子的初值由随机过程产生。往往由位于空间的某个地方的粒子源产生粒子。正是由于粒子系统比较灵活而且其模型是过程化的,所以它模拟火焰、烟雾、云彩、爆炸等具有独特的优点^[8]。

粒子系统是不断进化的。通常绘制粒子系统包括以下几个步骤:

- 1)产生新的粒子并将其加入系统;
- 2)赋予每一个新粒子一定的属性;
- 3)删除超过生命周期的粒子;
- 4)根据粒子属性的动态变化移动粒子;
- 5)绘制粒子组成的图像。

其中3),4),5)不断地循环实现了物体的动态变化过程。

2 陨石爆炸系统模型

要想有好的模拟效果,首先要构造合适的坐标系。假如观察者的视点位于屏幕正前方,陨石爆炸点为中心原点 o ,设置 x 轴正向为从左至右的方向, y 轴正向为从下至上的方向, z 轴正方向为从里至外的方向。

粒子运动中粒子产生的时候都具有一定的初始属性,粒子作为质点,按照动力学的规律进行运动^[9]。常见的运动形式有:直线运动,阻尼运动,螺旋运动和反弹运动。

2.1 陨石模型的定义

1)陨石粒子:定义为实数域上的 n 维向量,表示为:

$$R^n = \{\text{Position, Speed, Direction, Color, Lifetime, Active}\}$$

R^n 表示某一粒子的属性,包括:粒子是否是活动的、粒子在三维空间中的位置、粒子的运动步长、粒子的生命周期等。它是组成陨石的基本粒子。

2)陨石爆炸体:陨石爆炸后,由随机过程产生的陨石粒子的集合,可以简单理解为陨石爆炸后陨石碎片的集合。

3)帧:将所有活动的陨石粒子绘制一遍的过程就定义为一帧。

4)陨石爆炸模型:陨石爆炸前,假设陨石由生成点至爆炸点做匀加速运动;爆炸后,假设陨石粒子在上升过程中只受重力作用,空气阻力和其他外力忽略不计,则粒子在 y 方向上的运动可以表示为时间 T 的函数:

$$y = H - 1/2 * g * T^2 \quad (1)$$

其中 g 表示重力加速度, H 表示陨石粒子在 y 方向上运动的最大高度。

粒子在 x 和 z 方向上的位置由(2)式和(3)式决定:

$$x = x_0 + v_x \int dt \quad (2)$$

$$z = z_0 + v_z \int dt \quad (3)$$

其中 x_0, z_0 是粒子在 x 轴和 z 轴上的初始位置, v_x, v_z 是粒子在 x 轴、 z 轴方向上的速度, t 是粒子的生命周期变量。

为了简化(2)式和(3)式的计算,文中采用等加速度运动来计算 n 时刻陨石粒子的速度和位置:

$$v_n = v_{n-1} + a\Delta t \quad (4)$$

$$s_n = s_{n-1} + v_n\Delta t \quad (5)$$

其中 a 是粒子的加速度, Δt 是时间间隔。

2.2 OpenGL 纹理映射(色彩融合)

OpenGL中色彩融合就是将纹理的颜色与某个物体对应的像素颜色相互结合所产生的一种效果。纹理函数指定了如何将纹理值和片元颜色值结合起来。为了减少系统所绘制的多边形数量,将粒子简化为矩形片面,然后利用OpenGL中的纹理映射技术将陨石粒子的二维纹理图片映射到矩形片面上^[10]。这样就大大提高了系统的实时性。采用的陨石粒子图片是 64×64 的24位BMP图片,图片背景是黑色的,这样和陨石爆炸场景的背景颜色就融为一体了。图1所示用于陨石粒子的纹理图片。



图1 陨石粒子的纹理图片

3 陨石爆炸系统实现

粒子系统中的每一个粒子都要经历一个产生、发展、消亡的过程。利用粒子系统生成单帧图像的过程

如图 2 所示。

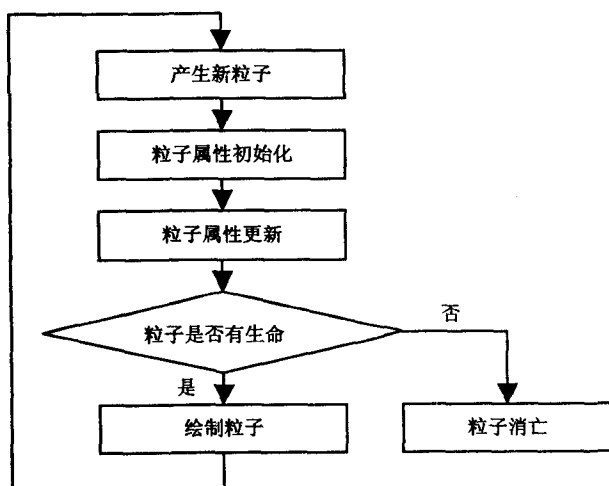


图 2 陨石爆炸系统模型工作流程

3.1 粒子的生成

首先定义陨石粒子的初始属性,包括陨石是否是活动的、陨石在三维空间中的位置、陨石的运动步长、陨石的生命周期等。爆炸点的初始坐标为(0,0,0),即陨石爆炸处。

陨石爆炸后陨石粒子运动方向大致相同,但又有一些随机性,粒子的各个属性初始化如下:

$$v_x = \cos((d * \pi)/180) * v // x \text{ 方向初始速度}$$

$$v_z = \sin((d * \pi)/180) * v // z \text{ 方向初始速度}$$

$$\text{time} = (\text{float})(\text{rand}() \% a)/b + c // \text{粒子生命期}$$

$$\text{active} = \text{TRUE} // \text{粒子是否是活动的}$$

$$H = 100 // \text{粒子在 } y \text{ 方向上运动的最大高度}$$

其中 π 为常数, a 、 b 、 c 是常量,由经验值给出, $\text{rand}()$ 是随机变量。

3.2 粒子的运动

陨石爆炸后,陨石粒子的位置不断变化。粒子在 x 和 z 方向上做匀速运动,在 y 方向上做匀减速运动,假设在 t 时刻粒子的位置为 $P_t(x_t, y_t, z_t)$,那么在 $t+1$ 时刻粒子的位置是:

$$x_{t+1} = x_t + v_x * \Delta t \quad (6)$$

$$y_{t+1} = H - 1/2 * g * t_{t+1}^2 \quad (7)$$

$$z_{t+1} = z_t + v_z * \Delta t \quad (8)$$

其中 Δt 是时间步长。

粒子的生命期 time 随着时间 t 不断减小,当 $\text{time} \leq 0$,则活动状态 $\text{active} = \text{FALSE}$,否则 $\text{active} = \text{TRUE}$ 。粒子更新的伪代码如下:

if($\text{active} == \text{TRUE}$) //粒子是活动的

{ $x += v_x * 0.1$;

$z += v_z * 0.1$;

$y = H - 1/2 * g * T^2$;

$\text{time} -= 0.1$; //时间步长

if($\text{time} \leq 0$) //粒子生命期结束

{ $\text{active} = \text{FALSE}$;

}

3.3 粒子的消亡

粒子不能无限地运动,当生命周期结束时,粒子便要消亡。文中主要采用生命周期来控制粒子的消亡,当粒子的生命周期 $\text{time} \leq 0$ 时,设置粒子的活动类型 $\text{active} = \text{false}$ 。当 $\text{active} = \text{false}$ 时,粒子消亡并从系统中删除;同时也强制消除了系统中处于错误运动轨迹的粒子,设置了一个与 y 轴正交的平面,使爆炸时产生的位于该平面下方的粒子全部消亡,即当 $y < 0$ 时设置 $\text{active} = \text{false}$ 。

3.4 粒子的绘制

陨石的绘制分为爆炸前和爆炸后两部分进行,爆炸前采用二次曲面绘制函数进行绘制;爆炸后采用多个四边形进行模拟。为了使陨石爆炸达到逼真的视觉效果,采用标准图形库中的四边形作为基本绘制单位,并且 OpenGL 纹理映射和色彩融合技术生成,即将陨石的纹理图片映射到粒子的四边形区域中。

4 实验结果

陨石爆炸系统是在普通 PC 机(Pentium4 3.0G 处理器,1G 内存,NVIDIA GeForce 6600 显卡)上利用标准 OpenGL 库运行的,效果良好。运行结果如图 3 所示。

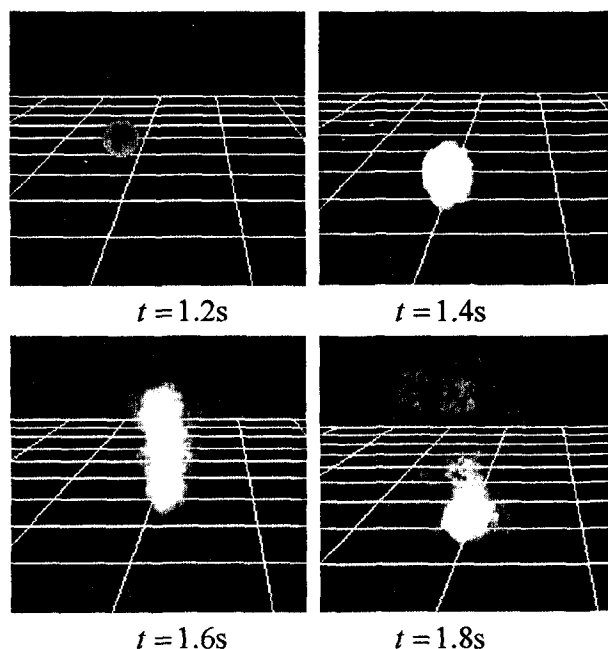


图 3 陨石爆炸系统模型形成过程截图

表 1 是在不同粒子数目下绘制的帧频率。实验结果表明,粒子数量是影响绘制速度的重要因素,当显示

(下转第 125 页)

组织在相同的组里面,而这种预先组织是在服务部署的时候进行的,这几乎不会增加服务查询时间。在鲁棒性方面,组长集成了服务监控模块,可以定期探查组员的状态,同时每个组有副组长,在组长失效时,可以接管组长的职能,提高了可靠性。

5 结束语

文中针对现有的Web服务发现机制的问题提出了一种基于向量空间和P2P架构的服务搜索机制,该机制改进了传统的通过关键字查找服务的精确性,在查找结构上,提出了将查找过程先行准备的观点,在保证查准率的基础上提高了查找速度。基于P2P的分布式结构有着集中式结构所没有的优点,但P2P机构的“非中心化”、非权威性同样会带来信息不可控、安全机制有待加强的特点。下一步研究的重点应在服务的自动组合和执行以及Web服务发现机制的安全问题上。

参考文献:

- [1] 陈德伟,许斌,蔡月茹,等.服务部署与发布绑定的基于P2P网络的Web服务发现机制[J].计算机学报,2005,28(4):615-626.
- [2] Sivashanmugam K, Verma K, Sheth A, et al. Adding semantics to Web services standards[C]//In: Proceedings of the 1st International Conference on Web Services (ICWS'03). Las Ve-

gas, Nevada; [s. n.], 2003: 395-401.

- [3] Wang Y, Stroulia E. Flexible interface matching for Web-service discovery [C]//Proceedings of Fourth International Conference on Web Information Systems Engineering. Roma, Italy; [s. n.], 2003: 10-12.
- [4] 陈江锋,于建军.基于扩展VSM的Web服务发现[J].计算机工程,2008(12):25-27.
- [5] Shvaiko P, Euzenat J. A Survey of Schema-based Matching Approaches[J]. Journal on Data Semantics, 2005(4): 146-171.
- [6] Zhang K. A constrained edit distance between unordered labeled trees[J]. Algorithmica 1996, 15: 205-222.
- [7] Zhang Kaizhong, Shasha D. Simple fast algorithms for the editing distance between trees and related problems[J]. Siam J. Comput, 1989, 18(6): 1245-1262.
- [8] 何玲娟,刘连臣,吴澄.一种改进的基于WSDL描述的操作相似性度量方法[J].计算机学报,2008(8):1331-1339.
- [9] 胡放明,李俊兵,贺贵明.对P2P网中发现机制的研究[J].计算机应用,2004,24(2):521-524.
- [10] 江武汉,叶从欢,孙世新.P2P-Grid结构模型研究与设计[J].计算机技术与发展,2006,16(2):135-138.
- [11] 张智,李瑞轩.基于JXTA的Web服务发现模型研究[J].计算机工程与应用,2005,41(9):137-139.
- [12] Gudivada N, Raghavan V, Grosky W, et al. Information Retrieval on the World Wide Web[J]. IEEE Internet Computing, 1997, 1(5): 58-68.

(上接第120页)

粒子数目不超过10000个时,该方法能达到较好的实时显示效果。

表1 绘制速率对比表

粒子数目(个)	3000	10000	20000
帧频率(帧/s)	108	65	31

5 结束语

基于粒子系统的不规则物体模拟是计算机仿真中的一项复杂课题。文中以实时性、逼真度出发提出了一种模拟陨石爆炸的简单方法。该方法取得了较好的实验结果,在调整陨石粒子数目的时候可以看到陨石爆炸的变化。在今后的研究中,可以考虑陨石粒子间相互碰撞的效果,在真实光照条件下建立模型,实现更加逼真的模拟效果。

参考文献:

- [1] Reeves W T. Particle Systems - a Technique for Modeling a Class of Fuzzy Objects[J]. Computer Graphics, 1983, 17(3):

359-376.

- [2] 张芹,张健,闵建平.提高粒子系统实时性的方法研究[J].计算机工程,2003,29(18):46-48.
- [3] 万华根,金小刚,彭群生.基于物理模型的实时喷泉水流运动模拟[J].计算机学报,1998,21(9):774-779.
- [4] 陈应松,胡汉春,肖世德.基于OpenGL纹理映射技术实现动态图像的应用[J].计算机仿真,2004,21(2):130-132.
- [5] Shreiner D, Woo M, Neider J, et al. OpenGL 编程指南[M].徐波,等译.北京:机械工业出版社,2006.
- [6] 管宇,邹林灿,陈为,等.基于粒子系统的实时瀑布模拟[J].系统仿真学报,2005,16(11):2471-2474.
- [7] Sims K. Particle Animation and Rendering Using Data Parallel Computation[J]. Computer Graphics, 1990, 24(4): 405-413.
- [8] Fosts N, Metaxas D. Realistic Animation of Liquids[J]. Graphical Models and Image Processing, 1996, 58(5): 471-483.
- [9] 赵静璐,张慧,郑国勤.基于粒子系统的喷泉模拟[J].计算机应用研究,2006(1):244-246.
- [10] Angel E. OpenGL 程序设计指南[M].张文祥,李桂琼,译.北京:清华大学出版社,2005.