

基于粒子系统的轨迹可控的烟花动画模拟

黄 昂,汪继文

(安徽大学 计算机科学与技术学院,安徽 合肥 230039)

摘 要:计算机动画是应用计算机技术制作动画的艺术,是计算机图形学和动画的子领域。计算机动画采用连续播放静止图像的方法产生物体运动的效果。基于此,文中采用粒子系统去产生一幅图像所需的各个像素的帧,并将其绘制在屏幕上。文中通过对烟花系统模型的研究,提出将烟花的爆炸效果进行控制的模拟方法。基本原理是对爆炸瞬间烟花粒子属性的控制,并运用纹理映射对烟花粒子进行绘制。达到了对烟花轨迹进行控制的预期效果。

关键词:粒子系统;轨迹可控;纹理映射

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2012)07-0163-04

Simulation of Fireworks with Controllable Trajectory Based on Particle System

HUANG Ang, WANG Ji-wen

(College of Computer Science and Technology, Anhui University, Hefei 230039, China)

Abstract: Computer animation which is the subfield of computer graphics and animation is the art of the use of the computer technology. Computer animation uses the method of continuous playing static image to produce the effect of movement object. Based on this, use particle system to produce an image which is needed for each pixel of the frame, at last drawn this frame to the screen. Through the research of the fireworks system model, put forward the simulation method of the controllable shape of the fireworks. The basic principle is the control of the attribute of firework particle instantly in the explosion, using texture mapping to draw the firework particle. And get expected effect of controllable trajectory of fireworks.

Key words: particle system; controllable trajectory; texture mapping

0 引 言

自然景观的模拟一直是虚拟现实领域极具挑战性的课题之一^[1]。1983年,Reeves^[2]首次提出了粒子系统,并在此基础上成功模拟了一些自然景观^[3],且该方法也是目前模拟不规则模糊景物最成功的一种图形生成算法^[4]。粒子系统的主要优点是可以利用非常简单的体素来构造复杂的物体,为自然现象如水、草、火焰、雪、雨和树林等的造型提供了强有力的技术手段。目前,国内已经有很多研究者采用粒子系统对自然景观物进行成功模拟。

在基于粒子系统的烟花绘制方面,国内外的一些学者也取得了长足的进展。T. Ioke 等人^[5]提出了用粒子衍生法表现烟花粒子轨迹的算法,实现了模拟多种烟花的特殊效果。罗玉玲^[6]使用粒子系统和纹理映射技术相结合的方法绘制烟花,蔡政策、魏臻^[7]等人采用

基于 ORGE 引擎技术渲染烟花等等,均取得了较好的视觉效果。

文中在以上理论的基础之上,使用 Visual C++ 6.0 和 OpenGL 为开发工具,来绘制烟花从上升到爆炸之后的效果,并在极坐标系下对烟花的爆炸效果进行改进,实现了对爆炸之后烟花粒子运动轨迹的可控性。

1 粒子系统基本原理

粒子系统是由大量称为粒子的简单体素构成。其基本思想是把模糊物体定义为由成千上万个运动的、不规则的、随机分布的粒子组成的粒子集^[8]。为了能够真实地模拟复杂的自然景观,粒子系统必须要满足实时性、灵活性、参数独立性、模拟质量的可伸缩性和可学习、可扩展性等要求^[9]。

每个粒子具有一组属性,如大小、位置、速度、颜色和生命期等。一个粒子究竟有什么样的属性,主要取决于具体的应用^[10]。文中的粒子不是传统上的粒子,而是一片真实场景中的纹理图片。粒子的属性如下:

初始位置: p_x, p_y, p_z ;

收稿日期:2011-12-04;修回日期:2012-03-09

基金项目:安徽省自然科学基金(090412045)

作者简介:黄 昂(1988-),男,硕士研究生,研究方向为计算机数值模拟技术;汪继文,教授,研究方向为计算机数值模拟技术。

初始生命周期:life;
透明度:alpha;
大小:size;
速度: v_x, v_y, v_z ;
粒子所用的纹理图片:texture。

这些属性都是时间 t 的函数。随着虚拟世界时间的流逝,每个粒子都要经历“产生”、“活动”和“消亡”三个阶段^[11]。

在计算机系统上利用粒子系统对不规则物体模拟,每一帧中都要进行以下的基本操作(如图1):

- (1)初始化新粒子并赋予一定的属性;
- (2)将生命周期已经结束的粒子删除;
- (3)根据粒子的属性对其进行绘制;
- (4)将粒子属性根据物理定律进行动态变换。

一般而言,粒子的各个属性可以由不同的经验函数确定,并给予一定的随机分布特性。

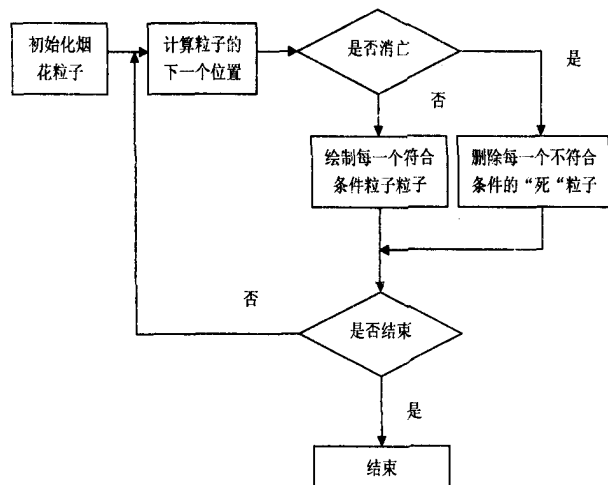


图1 粒子系统流程图

2 OpenGL 绘制动画技术

在图形计算机上可以实现的最激动人心的事情之一就是绘制能够运动的图片。在电影院里,屏幕上的运动画面是通过拍摄大量的图片,然后以每秒24帧的频率把它们投影到屏幕上来实现的。运动图片投影方法之所以可行的关键原因是每个帧在显示的时候已经完全绘制。并使用双缓冲区技术,每一帧只有在绘制完成后才会显示,观众永远不会看到不完整的帧。可以使用下列程序来实现计算机动画,播放数以百万帧计的影片^[12]:

```

open_window_in_double_buffer_mode();
for(i=0;i<1000000;i++)
{
    clear_the_window();
    draw_frame(i);

```

```

swap_the_buffers();
}

```

OpenGL使用暂停刷新技术进行动画的绘制。即在每帧绘制完成之后故意增加一小段延迟,使它们错过一个魔幻时间,统一到下一个更慢的固定频率。

3 烟花燃放模拟过程

3.1 建立三维坐标系

文中所建立的坐标系如图2所示,以所打开窗口的左下角为坐标原点。从左到右的方向为 X 轴正方向,从下到上为 Y 轴正方向,从屏幕里指向外面的方向为 Z 轴正方向。

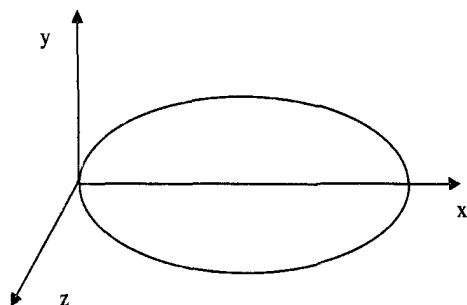


图2 三维坐标系

文中坐标对应设置如下:

```
glOrtho(0.0,1.0,0.0,1.0,0.0,1.0)
```

3.2 烟花粒子的属性定义

每个烟花粒子都具有一定的属性,包括位置、速度、大小、透明度、颜色、生存期等,其中,位置、速度、颜色为三维向量。本实验室中烟花粒子的初始化和属性的变化都各对应不同的函数。

对应的结构体定义为:

```

struct point
{
    GLfloat position[3]; //位置
    GLfloat RGB[3]; //粒子颜色
    GLfloat speed[3]; //粒子运动的速度
    GLfloat life; //粒子的生存期
}

```

3.3 烟花粒子的初始化

文中定义了同一时刻最多燃放三个烟花,对每个燃放的烟花都随机生成其燃放的起始位置及上升的初速度,并定义了其颜色,设置烟花粒子的生存期为:

```
initPoint[i].life = initPoint[i].speed[1]/G
```

其中, G 为本实验室固定参数,代表重力加速度。确保烟花在速度为零附近进行爆炸。此式表明,在速度确定的情况下,该粒子的生存期也就是一个固定的值。

在定义每个烟花粒子的同时,定义其对应的每个粒子的尾巴粒子。并设置其初始速度跟该烟花粒子的速度相同,但其位置距离烟花粒子有一定距离(在Y轴方向)。并且其尾巴粒子的生存周期初始化为烟花粒子的生存周期与任意一随机值(0~1之间)之积。并在每帧绘制之后对尾巴粒子进行如下变换:

$WeibaPoint[i][j].life = WeibaPoint[i][j].life - 3 * (Initpoint[i].position[1] - WeibaPoint[i][j].position[1]) - constant$

其中,constant是一个常数,文中设置为0.1。经过此式变换,可以确保离烟花粒子越远的尾巴粒子其生命周期衰减得也越快。

3.4 烟花的上升阶段

为了逼真的模拟烟花粒子的运动,首先需要确定烟花粒子受力的物理学模型,运用动力学的原理模拟烟花的运动轨迹。文中,粒子一直受到沿Y轴负方向的重力作用,在此基础上建立烟花所在空间的笛卡尔坐标系。那么在任意时刻 t ,粒子的速度 $V(v_x, v_y, v_z)$ 和空间位置 $P(p_x, p_y, p_z)$ 为:

$$v_y = v_0 + \int g dt \quad p_y = p_0 + \int v dt$$

其中, v_0 为烟花在y方向上的初始速度, p_0 为烟花在y方向上的初始位置。

3.5 烟花的爆炸之后

当y轴方向的速度降为零或接近零时,烟花发生爆炸,此时将产生大量的烟花粒子,并在爆炸的瞬间赋予这些粒子初始速度和运动的方向。定义爆炸之前的烟花粒子的速度 $V(v_x, v_y, v_z)$ 和位置 $P(p_x, p_y, p_z)$,则在爆炸之后任意一个烟花小粒子的速度 $V_i(v_{ix}, v_{iy}, v_{iz})$ 和位置 $P_i(p_{ix}, p_{iy}, p_{iz})$ 定义如下:

$$v_{ix} = \frac{\text{rand}()}{\text{constant}}, v_{iy} = \frac{\text{rand}()}{\text{constant}}, v_{iz} = \frac{\text{rand}()}{\text{constant}}$$

$$p_{ix} = p_x, p_{iy} = p_y, p_{iz} = p_z$$

其中,rand()是随机函数,而constant是一个常数。

3.6 OpenGL 纹理

纹理映射是将纹理空间中的纹理像素映射到屏幕空间中的像素的过程^[13]。在这个过程中,系统要对场景中指定的物体同时提供纹理坐标和几何坐标。文中采用64×64的BMP图片,如图3所示。按照图片的坐标与烟花粒子四边形的坐标一一对应的方式进行贴图。



图3 纹理映射

3.7 粒子的消亡

在本系统中,烟花粒子存在三种不同的情形:烟花上升时候的大粒子、爆炸之后的烟花小粒子以及尾巴粒子。但不论是什么情形的粒子,只要有以下两个条件之一满足,就要将其视为已经“死亡”,需要删除:

- (1) 烟花粒子的位置在屏幕范围之外;
- (2) 烟花粒子的颜色与背景颜色相同或者接近。

4 爆炸之后对运动轨迹的控制

在平面内由极点O、极轴和极径组成的坐标系称为极坐标系。在极坐标系下,平面上的任一点P的位置就可以用线段OP的长度 ρ 以及极轴到OP的角度 θ 来确定,有序数对 (ρ, θ) 就为点P的极坐标。此时,点 $P(\rho, \theta)$ 在直角坐标系下的坐标方程为:

$$x = \rho \cos \theta, y = \rho \sin \theta, z = 0$$

在以上理论上对上述烟花爆炸的效果进行改进,即对其进行轨迹的控制。爆炸之后任意一个烟花小粒子其速度 $V_i(v_{ix}, v_{iy}, v_{iz})$ 和位置 $P_i(p_{ix}, p_{iy}, p_{iz})$ 的关系如下:

$$\begin{cases} v_{ix} = \text{constant} * \rho * \cos \theta, \\ v_{iy} = \text{constant} * \rho * \sin \theta, \\ v_{iz} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} p_{ix} = p_x + \int v_{ix} dt, \\ p_{iy} = p_y + \int v_{iy} dt, \\ p_{iz} = p_z + \int v_{iz} dt, \end{cases}$$

其中 (p_x, p_y, p_z) 是烟花粒子爆炸之前瞬间的位置,constant为一常数。

使用上式,可以将烟花爆炸的效果模拟成任何在极坐标系下有参数方程的闭合曲线。当然,不闭合的也可以做,只是爆炸出的粒子有限,无法用有限的粒子去模拟无限的无法闭合的曲线。

5 运行效果

文中在粒子系统基本原理的基础上对烟花爆炸之后的轨迹进行控制,并挑选了几个比较有代表性的实验结果,当改变各个参数方程的状态时,相应的运行结果如图4~图6所示。

6 结束语

文中采用粒子系统,在物理模型下,结合OpenGL的纹理映射、色彩融合等技术,实现了烟花从上升到爆炸的模拟的全过程。并在前人理论及实践的研究之上,提出了通过在极坐标下的函数对烟花燃放的效果

进行控制。可以根据需要改变参数绘制出自己所需要

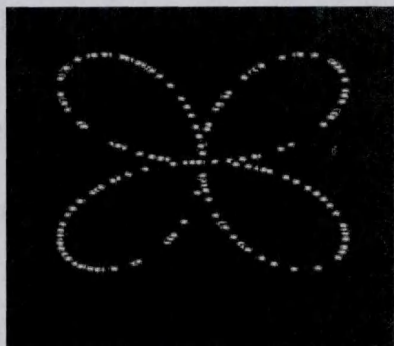


图 4 $\rho = \sin(2\theta)$ 运行结果



图 5 $v_x = \sin(2\theta)\sin(5\theta)\cos\theta$,
 $v_y = \sin(2\theta)\cos\theta\sin\theta$ 运行结果

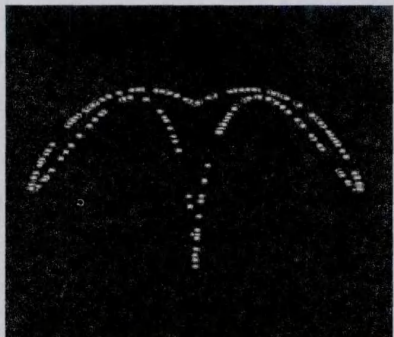


图 6 $v_x = \sin(2\theta)\sin(2\theta)\cos\theta$,
 $v_y = \sin(3\theta)\cos(4\theta)\sin\theta$ 运行结果

(上接第 146 页)

371-380.

- [8] 周业军,李 晖,马建峰,等.一种防窃听的随机网络编码[J].西安电子科技大学学报,2009,35(1):696-701.
- [9] 曹张华,唐元生.基于网络编码保密通信[J].通信学报.2010(S1):188-194.
- [10] 张之学.搭线窃听网络中的安全网络编码[D].北京:北京邮电大学,2010.

的效果。

由于需要对烟花爆炸之后的轨迹进行控制,在爆炸之后并没有考虑风速及重力的作用。另外,在此基础上,系统中还可以加入声音及其它渲染特性,使得燃放的效果更加逼真。

参考文献:

- [1] 汪继文,郑 峰.基于 OpenGL 与粒子系统的喷泉模拟实现[J].计算机技术与发展,2011,21(8):161-164.
- [2] Reeves W T. Particle system—a technique for modeling a class of fuzzy objects[J]. Computer Graphics,1983,2(2):80-93.
- [3] Reeves W T. Approximate and probabilistic algorithms for shading and rendering structured particle system[J]. Computer Graphics,1985,19(3):313-322.
- [4] 王晓娟.基于粒子系统动态烟花的模拟[J].青海大学学报,2009(4):29-32.
- [5] Loke T, Tan D, Seah H. Rendering Fireworks Displays[J]. IEEE Computer Graphics and Applications,1992,12(3):33-43.
- [6] 罗玉玲.粒子系统与纹理映射相结合模拟礼花的研究[J].电脑知识与技术,2004(20):70-72.
- [7] 蔡政策,魏 臻,凌 勇,等.基于 ORGE 粒子系统在烟花渲染中的研究[J].计算机技术与发展,2011,21(10):88-91.
- [8] 陈俊丽,徐蔚峰,黄 炳,等.基于粒子系统的飞行特效模拟[J].上海大学学报,2011(2):138-142.
- [9] 罗 勇.基于粒子系统的喷泉模拟在煤炭降尘中的应用[J].煤炭技术,2011(4):222-224.
- [10] 和平鸽工作室. OpenGL 高级编程与可视化系统开发[J].北京:中国水利水电出版社,2006.
- [11] 卫丽芬,李仰军.基于粒子系统的喷泉模拟实验[J].电子测试,2010(2):24-26.
- [12] Shreiner D. OpenGL 编程指南[J].李 军,徐 波译.北京:机械工业出版社,2010.
- [13] 葛 芳,张 成,韦 穗,等.基于粒子系统的烟花动画设计[J].计算机技术与发展,2010,20(8):180-183.

- [11] 朱雪寒,夏卓群,刘品超,等.基于网络编码的 ECC 验证方案在 WSN 中的研究[J].计算机技术与发展,2011,21(2):173-176.
- [12] 周红敏,孙名松,唐 亮.基于网络编码的 P2P 流媒体直播系统研究[J].计算机技术与发展,2008,18(6):225-227.
- [13] Sanders P, Egner S, Tolhuizen L. Polynomial time algorithms for network[M]. New York, NY, USA: ACM,2003:286-294.