

基于粒子系统的蜡烛火焰实时模拟

陈利平^{1,2}, 王国才¹

(1. 中南大学 信息与工程学院, 湖南 长沙 410083;

2. 湖南工学院 计算机系, 湖南 衡阳 421008)

摘要:应用粒子系统模拟模糊不规则物体的关键问题是真实感和实时性,在剖析影响真实感和实时性的因素基础上,提出了提高粒子系统真实感和实时性的有效方法。为提高真实感而将粒子、粒子源、力产生器统一在一起,即将粒子源、力产生器和可视化粒子看作都由力驱动。用合适的力类产生较好的火、烟、云及爆炸的实时模拟,用 OpenGL 显示列表技术提高绘制效率,简化粒子的碰撞处理来减少计算复杂性,利用层次空间减少计算工作量。实验结果表明,该方法满足实时性和真实感的要求。

关键词:粒子系统; 真实感; 实时性; 虚拟现实

中图分类号:TP391.42

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2006)05-0186-03

Real Time Simulation of Candle Flame Based on Particles System

CHEN Li-ping^{1,2}, WANG Guo-cai¹

(1. School of Information and Engineering, Central South University, Changsha 410083, China;

2. Computer Department, Hunan Technology College, Hengyang 421008, China)

Abstract: The primary problem to apply particle system for modeling irregular objects is its reality and real time. Presents several methods to solve it based on analyzing affect of reality and real time. Unifys particles particle sources and force generators. In the particle system the particle sources and force generators are subject to the forces as well as visual particles. This fundamental change, along with suitable set of force classes, enables us to create better real-time simulations of fire, smoke, clouds, and explosions. Use OpenGL display list to optimizing rendering, simplifying collision detection to decrease computing time, hierarchical spatial subdivision to reduce the computational workload. Examples illustrate that the method can meet the requirements of real time and reality.

Key words: particles system; reality; real time; virtual reality

0 引言

计算机视景仿真是当前的热门研究课题之一,尤其是对动态自然景物如云、雾、烟、雪、水流、火焰等的模拟,更是极具挑战性。这是由于传统的造型方法很难描述它们的形状和运动。自1983年Reeves^[1]提出粒子系统方法以来,已有许多用粒子系统来模拟自然现象的研究工作。“粒子系统”是大量粒子集合在一起来表现不规则模糊物体的系统,它的基本思想是把不规则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,每个粒子均有一定的生命周期及属性(如颜色、形状、大小、速度等),它们不断改变形状、不断运动,从而表现出景物的总体形态和特征的动态变化;Sims提出了粒子系统的并行绘制算法^[2],并完成了影片Particle Dream;Arno提出一种由少量动态火焰产生无限的动态火焰序列的算法^[3];Ronald通过跟踪点的运动,利用涡流的思路,成功地

模拟了烟的运动^[4];Jarke就如何体现流体纹理随机性和不确定性,并保持纹理一致性和连续性提出了很好的思路^[5]。

以上成果中的粒子系统存在以下问题:真实感和实时性。粒子系统的模拟是静态不变的,即使粒子围绕着系统运动,因所加的力是固定的,所以粒子的轨迹不会改变,模拟的结果看起来像人工的。若要克服粒子系统的缺陷来达到满意的效果则需要特殊的软件、许多人工调节和大量的艺术视觉。相反,若生成有效的动态的过程力域,就不需要人工地模拟每一种力的特性。传统的粒子系统没有足够数目的力来产生灵活的、自然的模拟,如图1所示。

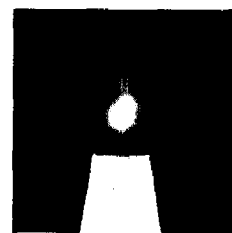
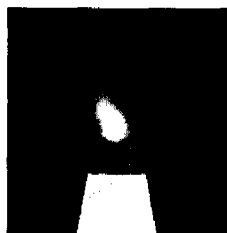


图1 传统的粒子系统

图2 新的粒子系统

只有加上漩涡的力才能产生更加真实的效果,然而若

收稿日期:2005-09-09

作者简介:陈利平(1966-),女,湖南望城人,副教授,硕士研究生,研究方向为计算机辅助设计和虚拟现实。

用固定的漩涡中心则真实感就不理想。有时用预计算来代替实时的效果,然而这种方法的弱点是:分辨率的下降,缺乏立体感且不能与环境进行交互。

通过与其他粒子一起移动力粒子,得到令人满意的效果,如图2所示。文中以蜡烛火焰粒子系统为例探讨了提高粒子系统真实感和实时性的方法。

1 动态过程力域的基本原理

动态过程力域最新的特点是力和粒子源都受系统中力的影响。最基本的变化是此系统比其他的粒子系统更具动态性。在此粒子系统中力产生器是特殊的粒子,它们与普通的粒子一样,可以被创建和删除,然而它独特的特性是能影响其他粒子的轨迹。在图2中,加入了一种动态的微观粒子产生器可以产生一定数量的、小的、移动的涡流。

在此粒子系统中,粒子产生器、力产生器都受系统中所作用的力影响。粒子是一个没有体积和内部结构的点对象。可见的粒子是粒子的子类由后端着色来代表。粒子有面积和质量的共同的特性。每一个粒子都属于一个粒子系统,每一个粒子有任意的内部逻辑来辨别怎样影响力和它拥有的其他行为(这些包括产生新粒子和删除已存在粒子的潜力)。力产生器是一种特殊的粒子,它施加移动其他粒子的力,同时也是一种被其他力影响的粒子。每一种力产生器仅能属于一类(牵引、重力、电、磁等),然而几种力类(涡流、吹、风等)能属于一类。

动态过程力域的新的观点是力影响其它力,因此产生一种新的效果,而且能反映几种自然现象合成。例如,力涡流引起新的较小的涡流并引起较小的旋转。在传统的粒子系统中小的旋转是固定的,并且需要模拟器来移动。但在文中的粒子系统中力是与系统一起移动的,这将产生更加真实、实时、满意的效果。

2 蜡烛火焰的粒子系统模型

虽然有很多改进的方法来模拟火^[6,7],然而火的精确模拟是困难的。Nguyen 描述怎样产生高真实感的火^[8],Lamorlette 提出了控制火的物理行为^[9]。然而这两种系统太慢以致不能实时应用。

在实时应用中,火典型地由粒子系统产生或由纹理模拟。如果拍下真实的火且将它作为基本的素材使用,纹理模拟的火有较好的真实感。然而,这种方法不能反映真实的环境且当距离越近时,它的二维特性就更加清晰。另外,图像材料将消耗大量的内存。

传统的粒子系统的火的典型的效果如图1所示。最大的问题是火的效果不具有动态性——火焰粒子从某些地方产生且简单地按给定方向运动。在系统加上一个漩涡,这个漩涡使火更具有结构性,它的效果可以代替自然

的火——火焰的不平均分布,更加随机运动和火焰簇。漩涡的加入过程和它们与火焰一起移动使模拟更加可信。然而这个效果与真实火焰有区别,但比传统的方法巨大地提高了火焰的真实感。

2.1 算法描述

假设蜡烛火焰由若干个粒子构成,每个粒子在生成的时候都有一定的属性,如粒子的寿命、速度、方向、颜色和透明度等。随着时间的变化,每个粒子必须经过4个阶段:粒子的产生、粒子的运动、碰撞检测、粒子的消亡。利用粒子系统生成单帧图像的过程如图3所示。

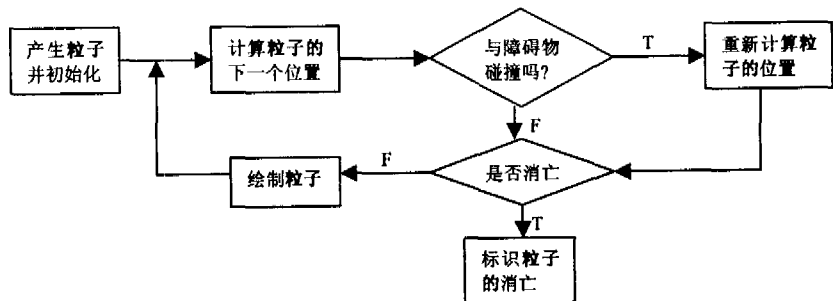


图3 蜡烛火焰粒子系统框架

2.2 蜡烛火焰的数学模型

(1)设已知粒子的属性如下所示:

初始空间位置: $L_0 = \{x_0, y_0, z_0\}$;

初始速度矢量: $V_0 = \{v_x, v_y, v_z\}$;

初始加速度矢量: $a_0 = \{a_x, a_y, a_z\}$;

寿命: life;

年龄: age;

颜色: color;

透明度: alpha;

(2)设已知粒子所处环境属性如下所示:

横向风力: f_x ;

纵向风力: f_z ;

浮力: f_y ;

重力加速度: g 。

其中 f_y 由现成的热力学方程来计算,若要求不高,可以设为常量或指数常量。

(3)计算粒子的瞬时位置。设系统刷新间隔为 Δt , 计算粒子位移时,在 Δt 很小的情况下,可以认为在 Δt 时间内粒子的速度保持恒定,则经历 Δt 后粒子的位置为:

$$L_t = L_0 + \Delta t \times V_0$$

(4)更新粒子。

第一步,更新每一个粒子的速度,其中包括力和粒子产生器。粒子的加速度可以通过加在粒子的所有力来计算。

第二步,根据第一步粒子的速度来更新粒子的位置。此时与粒子年龄有关的附加的效果可能产生,如标志位代表粒子的死亡和粒子的新生。

第三步,移动粒子到正确的八叉单元。

第四步,更新空间层次。

第五步,将力产生器插入到适当的单元。

最后,渲染粒子。

2.3 蜡烛火焰的编程实现

有了粒子的运动模型,利用程序的迭代循环就可以刷新每个粒子在屏幕上的显示,形成帧动画。但在编程时还应考虑怎样提高粒子的真实感和实时性,文中通过以下方法来实现:

(1)建立粒子类,将粒子的属性和刷新方法集成到类中。

(2)在主程序中建立粒子类的实例数组,在刷新环境属性的同时,刷新每个粒子的属性。

(3)用标志位标识粒子。高级的粒子系统表达的物体越真实,粒子的数量就越多,同时带来的是大量的时间和空间消耗。因此设计粒子系统的数据结构非常重要,否则将影响粒子系统的刷新率。

实际应用中,大多数的性能问题都是由内存管理的失败引起的,因此,应尽量少地执行分配和释放内存的内存操作。当粒子系统中的某一个粒子死亡时,不必将它从内存中释放。而是用一个标志位来记录它是死亡还是重新初始化,当所有的粒子都标记为死亡或整个粒子系统完成任务后,才将所有粒子占用的存储空间同时释放。

(4)利用 OpenGL 显示列表优化图形的绘制。OpenGL 中为加快图形的绘制速度提供了一套显示列表的接口。显示列表是一组存储起来用于稍后执行的 OpenGL 命令。激活一个显示列表后,就按照显示列表中预先排好的次序执行其存储的命令,在程序中可以自由地使用这些命令。与子程序不同的是,这些命令是经过编译的,执行效率高,从而可以有效地提高 OpenGL 的绘图性能。按照粒子系统绘制流程,状态刷新后的粒子将被逐一地全部映射到屏幕上,逐一对粒子进行计算和映射是十分耗时的过程,因此使用显示列表技术处理粒子维护和控制模块中的模拟粒子老化和消隐过程,可以大大减少绘制时间,并使粒子消隐绘制的时间复杂度只与绘制区域相关,而与粒子数量无关。显示列表实际上是一系列命令的高速缓存,而不是在内存中的动态数据库,故不必进行内存管理,也不占用内存资源,能大大提高绘制性能。

(5)碰撞检测,算法如下:

判断粒子的当前位置是否位于反弹面(如地面)之后,若粒子落到反弹面之后,则标识该粒子消亡或予以新生(反弹此粒子)。

(上接第 185 页)

试正确率是 79%,封闭测试的正确率为 86%。相比较传统的基于义原同现频率的汉语词义排歧方法,开放测试的正确率提高了 8%,封闭测试的正确率提高了 11%。

参考文献:

[1] 杨尔弘,张国清,张永奎.基于义原同现频率的汉语词义排

3 结 论

文中用粒子系统模拟蜡烛的燃烧,燃烧过程连续,具有一定的真实感。动态过程力域的应用,保证了蜡烛火焰的真实感,用标志位来标识粒子的死亡和用 OpenGL 显示列表技术提高绘制效率。实验结果表明,该方法满足实时性和真实感的要求。

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] Karl S. Particle Animation and Rendering Using Data Parrel Computation[J]. Computer Graphics, 1990, 24(4): 405 - 413.
- [3] Scholl A, Szeliski R, Salesin D H, et al. Video Texture[A]. Proceedings of ACM SIGGRAPH 2000 Conference[C]. New Orleans, LA: ACM Press, 2000. 489 - 498.
- [4] Fedkiw R, Stam J, Jensen H. Visual Simulation of Smoke [A]. Proceedings of ACM SIGGRAPH 2001 Conference[C]. New York, NY, USA: ACM Press / ACM SIGGRAPH, 2001. 15 - 22.
- [5] van Wijk J J. Image Based Flow Visualization[A]. Proceedings of the 29th annual conference on Computer Graphics and interactive techniques[C]. New York, NY, USA: ACM Press, 2002. 745 - 754.
- [6] 詹云开,罗世彬,贺汉根.用粒子系统理论模拟虚拟场景中的火焰和爆炸过程[J]. 计算机工程与应用, 2001(5): 91 - 92.
- [7] 张 芹,吴慧中,谢隽毅,等.基于粒子系统的火焰模型及其生成方法研究[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2001, 13(1): 78 - 83.
- [8] Nguyen D, Fedkiw R, Jensen H. Physically Based Modeling and Animation of Fire[A]. Proceedings of the 29th International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques[C]. New York, NY, USA: ACM SIGGRAPH, 2002. 721 - 728.
- [9] Lamorlette A, Foster N. Structural Modeling of Flames for a Production Environment[A]. Proceedings of the 29th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques [C]. New York, NY, USA: ACM SIGGRAPH, 2002. 729 - 735.

歧方法[J]. 计算机研究与发展, 2001(7): 833 - 838.

- [2] 梅加驹. 同义词词林[M]. 上海: 上海辞书出版社, 1983.
- [3] 董振东. 知网[EB/OL]. <http://www.keenage.com>, 2000.
- [4] 刘亚清. 基于词义的汉语排歧方法研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2002.
- [5] 程 莉, 卢正鼎, 文坤梅, 等. 基于语义的模糊匹配探索与应用[J]. 华中科技大学学报, 2003(2): 23 - 25.