

基于 OSG 和粒子系统的雪效仿真

张颖超¹ 邹丽萍¹ 刘佳¹

摘要

对自然现象的模拟,可以大大提高三维场景的真实感,在视景仿真系统、三维动画、影视广告等领域有着广泛的应用.粒子系统是一种实时模拟天气的有效方法.在分析粒子系统实现原理的基础上,利用 Microsoft Visual Studio 2005 提供的高度集成的软件开发环境,基于 OSG(OpenSceneGraph) 2.6 建立粒子模型.试验结果表明,该方法能够有效地再现三维场景中的降雾、降雪场景.

关键词

虚拟现实;粒子系统;OSG

中图分类号 TP391.9

文献标志码 A

0 引言

Introduction

虚拟现实可以理解为一种人与通过计算机生成的虚拟环境可自然交互的人机界面^[1].对自然景观进行模拟,可增强三维场景的真实感,在气象灾害评估、战场实时天气效果模拟、大型场景漫游系统实时模拟、三维动画、影视广告等领域有着非常广泛的应用.目前的虚拟现实技术缺少对天气现象的支持,因此,虚拟天气是虚拟现实技术中极具挑战和应用广泛的方向之一,实现方法以粒子系统理论最为成熟,计算机技术的发展为虚拟气象场景的开发奠定了坚实的基础.

目前,开发虚拟现实的软件种类繁多,其中,OSG 是开源的图形开发库,由可移植的 ANSI C++ 编写,将 OpenGL 进行底层封装,具有跨平台性,可以运行在 Windows、Mac OS X 和大多数类型的 UNIX 和 Linux 操作系统上^[2].它提供了强大的场景管理和图形渲染优化的功能,便于开发调试,功能易扩展,模拟效果理想,被广泛应用于地理信息系统、计算机辅助设计、数据库开发、虚拟现实、动画、游戏和娱乐业等领域.

在 OSG 众多开发工具中,Microsoft Visual Studio 2005 具有强悍而灵活的软件建模和集成的源代码控制,应用场合广泛,开发资料丰富.

本文基于粒子系统的原理,选择 OSG 2.6 为开发平台,Microsoft Visual Studio 2005 为开发工具,模拟真实的虚拟雪效场景.

1 粒子系统基本理论简介

The basic theory of particle system

1.1 粒子系统概念

粒子系统(Particle System)从根本上说是总结大量赋予某种属性的微小粒子的随机运动状态来描述动态景物特征的方法^[3],每个粒子具有形状、大小、位置、颜色、透明度、运动速度、运动方向、生命周期等属性^[4].

1.2 粒子系统原理

粒子系统的基本原理是用赋予某种属性的微小粒子的随机过程来描述动态景物的特征.粒子系统的绘制包括以下几个步骤^[5]:

1) 粒子的产生:粒子源产生新的粒子加入系统中;

收稿日期 2009-11-24

资助项目 公益性行业(气象)科研专项资金(200806050);江苏省“六大人才高峰”高层次人才资助项目(06-A-027)

作者简介

张颖超,男,教授,博导,主要研究复杂系统建模与仿真、计算机控制与信息技术、嵌入式技术与仪器仪表、控制网络与综合自动化等. zyc@nuist.edu.cn

¹ 南京信息工程大学 信息与系统科学研究院, 南京,210044

- 2) 粒子的初始化:设置每个粒子的属性;
- 3) 粒子的消亡:从系统中删除已经超过生命周期的粒子;
- 4) 粒子的运动:根据粒子的动态属性对粒子进行移动和变换;
- 5) 粒子的绘制:绘制并显示有生命的粒子组成的图形.

上述几个步骤不停循环,形成了物体动态的变化过程.

1.3 基于 OSG 的粒子系统

粒子系统在模拟天气现象方面具有独特的优势,基于粒子系统可以通过结合空间扭曲能对粒子流造成重力、阻力、风力等仿真影响,有效地再现三维场景中的天气景象,生成逼真的视觉效果.因此,粒子系统被公认为是模拟自然景物中运动模糊物体非常有效的一种图形生成算法.

在 OSG 中,提供有专门的粒子系统工具,特别定义了新的名字空间 `osgParticle` 来处理粒子系统的高效模拟,对经常使用的粒子模拟都做了专门的类.在 OSG 预定义的粒子系统中,大部分的粒子系统模拟都采用布告板 (Billboard) 与色彩融合 (Color Fusion) 技术生成粒子,它能够模拟粒子系统,生成非常真实的效果;对于创建要求较高的虚拟现实环境,也可以通过自定义粒子系统进行高仿真模拟,以达到特定的要求.在 OSG 中,对于模拟一个普通的粒子系统可以运用如图 1 的主要模块^[6]进行模拟.

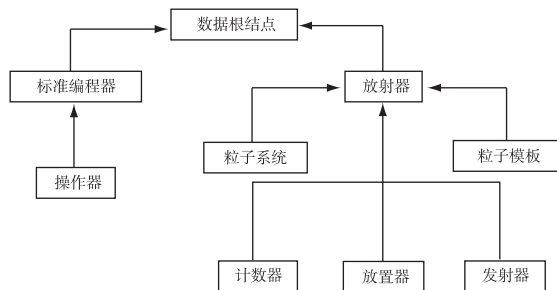


图 1 粒子系统的主要模块

Fig. 1 Main modules of particle system

图 1 中,数据根结点提供场景管理和图形渲染优化功能;放射器提供控制粒子系统标准机制;粒子系统维护管理粒子生成、更新、渲染和销毁;粒子模板是粒子系统的基本单元,粒子类具有物理属性和图像属性;放置器设置粒子初始位置,可以使用预定义放置器或自定义放置器,预定义放置器包括扇面放置器、多段放置器、点放置器;发射器指定粒子初始速度;计

数器控制每帧产生的粒子数;标准编程器实例在单个粒子生命周期中控制粒子位置,要与操作器对象组合使用;操作器提供控制粒子在其生命周期中运动特性的方法,包括空气阻力或流体操作、加速度、角加速度、压力等.粒子系统的模拟过程有预定义粒子系统模块模拟过程和自定义粒子系统模块模拟过程.

除此之外, `osgParticle::PrecipitationEffect` 是 OSG 定义的一个比较重要的新类,用来模拟一些在 OSG 中已经定义好的粒子系统(即本文所说的预定义粒子系统),它的公用成员函数包括本文将用到的雾效 `osg::Fog * getFog()`、雪效 `void snow(float intensity)` 等,使用方法非常简单,设置相应参数后,可以直接加入到场景中.在此基础上进行虚拟天气场景的高效开发,可以体会到 OSG 所具有的独特优势.

OSG 源代码通常要遵守一些命名规则,如域名空间使用小写字母开头,命名空间则使用大写字母开头;类名以大写字母开头,若类的名称是多个单词的组合,则此后每个单词的首字母大写;类的方法名及其成员变量名使用小写字母开头,若方法的名称是多个单词的组合,则此后每个单词的首字母大写.因此,在 OSG 源代码中字母大小写通常是有区别的.

2 基于 OSG 的雪效建模和仿真

OSG-based modeling and simulation of snow effects

2.1 雾粒子系统的模拟过程

雾是悬浮于近地面层中的大量水滴或冰晶,使水平能见度小于 1 km 的现象.若空气中所含水汽多于一定温度条件下的饱和水汽量,多余的水汽才会凝结出来,足够多的水分子与空气中微小的灰尘颗粒结合在一起,同时水分子本身也会相互粘结,就变成小水滴或冰晶(合称为雾粒),悬浮在近地面空气中的大量微小的雾粒就形成了雾.常温 20 °C 时,1 m³ 的空气中最多可以含水汽量是 17.30 g.实现雾化的过程中,主要是对雾的变化类型、颜色、浓度、雾化影响的范围等指标进行设置.根据雾能见度将其分为 3 个等级,具体标准如表 1 所示.

表 1 降雾量标准

Table 1 The standard of fogfall

预报用语	能见度/km
轻雾	1.0 ~ <10.0
雾	0.5 ~ <1.0
浓雾	0.05 ~ <0.5
强浓雾	<0.05

采用预定义粒子系统模块模拟雾效时,首先是申请粒子系统并创建节点,然后调用函数 `getFog()` 使用预定义雾效,最后将粒子系统作为子节点添加到场景节点中即可。

若要达到更好的效果,可以采用自定义粒子系统模块模拟雾效,属性设置情况如表 2 所示。

表 2 雾效粒子系统属性设置

Table 2 The property settings of the fog effect particle system

粒子属性	变量	设置值
颜色	Color	(1.0f, 1.0f, 1.0f, 1.0f)
浓度	Density	1.0f
近点浓度	Start	1.0f
远点浓度	End	1000.0f

通过改变雾粒子的属性值和观察所产生的雾效图,可知雾粒子的颜色、远点浓度值的改变对雾效图所产生的影响非常明显,而雾粒子的浓度、近点浓度值则对运行结果的影响十分微弱。

使用预定义雾效可以直接引用 OSG 中相应类提供的成员函数,代码相对短小精悍,但是雾效不明显;启用自定义雾效时,雾效比较明显,改变起来也十分灵活,但是可能因为雾效过于明显而雪效不易观察,在应用时要具体情况具体分析。

2.2 雪花粒子系统的模拟过程

携有水汽、水滴和冰核的上升气流到达温度低于 0°C 的云体上部时,水汽在冰核上凝华形成冰晶、水滴变成过冷却水滴。三者共存条件下,通过贝吉龙过程(详见附录),冰晶夺取水汽和水滴水份形成较大冰晶。在上升气流和重力作用下,冰晶不停地上升下落,通过攀附、碰并、粘连、结凇等过程产生大量线长度超过 $200\ \mu\text{m}$ 的雪晶,若下面气层温度低于 0°C ,便不融化造成降雪,通常是 $20\sim 30$ 个雪晶粘连成直径 $1\ \text{mm}$ 左右的雪花,甚至形成直径大于 $5\ \text{mm}$ 的雪片。

降雪量在气象上严格规定为根据气象观测者在一定时间内用一定标准的容器,将收集到的雪融化后测量出的量度。在天气预报中通常是预报白天或夜间的天气,这里主要是指 $12\ \text{h}$ 的降水量,各等级降雪量的标准如表 3 所示。

采用预定义粒子系统模块模拟雾效时,首先创建粒子系统模块,然后调用函数 `snow(float intensity)` 设置雪的浓度参数,最后将预定义雪效加入场景中。

采用自定义粒子系统模块模拟雾效时,创建的对象在设置属性的参数值后与相应的类关联并添加

表 3 降雪量标准

Table 3 The standard of snowfall

预报用语	降雪量/mm
零星小雪	< 0.10
小雪	$0.10 \sim < 0.25$
中雪	$0.25 \sim < 3.00$
大雪	$3.00 \sim < 5.00$
暴雪	≥ 5.00

到场景中,在主函数中将自定义粒子系统添加到场景节点中。自定义雪花粒子基本属性如下。

1) 生命周期(LifeTime)——粒子可以存活的秒数。生命周期为负数时粒子可以一直存在;通常为正数,表示粒子超过设定的生命周期后将立即被系统删除。

2) 大小变化范围(SizeRange)——设置粒子系统中粒子大小变化范围,每个粒子在最大值 `maxrange` 和最小值 `minrange` 之间进行线性插值,本文中改变该变量可以调整雪花大小。

3) 透明度变化范围(AlphaRange)和颜色变化范围(ColorRange)——透明度指光线穿透介质的程度。粒子的透明度和颜色随着时间变化在设定范围内发生变化。

4) 材质(Texturefile)——物体的材料和质感的结合,如纹理、光滑度、透明度、反射率、折射率、发光度等表面可视属性。本文采用纹理贴图的形式。

5) 每秒添加的个数范围(RateRange)——每秒从粒子源产生的新粒子个数的变化程度在最大值 `maxvalue` 和最小值 `minvalue` 之间进行线性插值,可以直接影响雪的浓度。

6) 放置器(Placer)——点放置器(PointPlacer)所有粒子从同一点产生;扇面放置器(SectorPlacer)所有粒子由设定中心(Center)、角度范围(PhiRange)、半径范围(RadiusRange)的扇面产生;多段放置器(MultiSegmentPlacer)中粒子沿着指定的一系列点定义的线段产生。本文经过实践,选择效果理想的扇面放置器进行模拟。

7) 发射器速度范围(InitialSpeedRange)——控制粒子初始的运动状态,调整降雪速度的变化程度。模拟雪粒子系统时,可以设置为负值。

8) 重力加速度(ToGravity)——默认为 $0.80665f$,重力加速度是粒子系统中的重要的常量,在每个粒子的生命周期中都会产生一定的影响,可增加模拟效果的真实性的。

雪粒子属性设置情况见表 4。

表 4 雪粒子系统属性设置

Table 4 The property settings of the snow effect particle system

粒子属性	变量	设置值
生命周期	LifeTime	3
大小变化范围	SizeRange	(minrange, maxrange)
透明度变化范围	AlphaRange	(0.5f, 1.0f)
颜色变化范围	ColorRange	(1.0f, 1.0f, 1.0f, 1.0f), (0.5f, 0.5f, 0.5f, 0.5f)
雪花半径	Radius	0.05f
雪花重量	Mass	1.0f
材质	texturefile	"smoke. rgb"
是否放射粒子	emissive_particles	false
是否添加光照	lighting	false
每秒添加的个数范围	RateRange	(minvalue, maxvalue)
扇面放置器中心位置	Center	(0.0f, 0.0f, 500.0f)
扇面放置器半径范围	RadiusRange	(0.0f, 200.0f)
扇面放置器角度范围	PhiRange	(0.0f, 360.0f)
发射器速度范围	InitialSpeedRange	-50, -200
重力加速度	ToGravity	float scale = 1.0f
空气属性	FluidToAir	void

雪效模拟程序流程如图 2 所示。

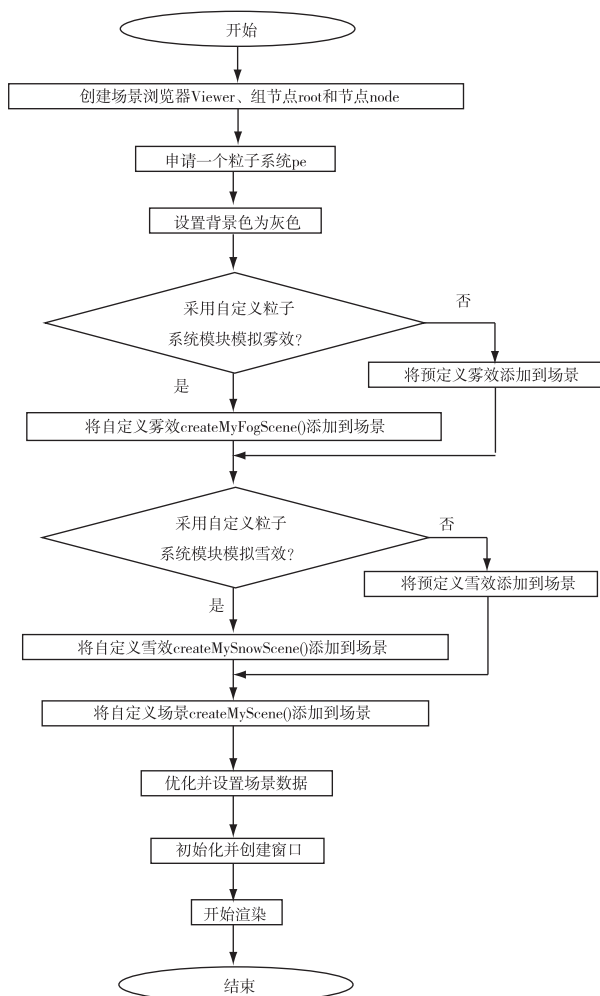


图 2 雪效模拟程序流程

Fig. 2 Flow chart of snow effect simulation program

预定义雪效场景中,雪花是静态的,雪花的大小一致,代码非常简单,相对而言,自定义粒子系统中影响雪效的参数比较多,对雪景的控制更加灵活,并且可以创建出雪花飞舞的场景,效果非常真实,但需要设置的属性参量比较多,所以编程比较复杂。

在实时模拟方面,可以通过调整雾粒子或雪粒子的属性设置值或运用 OSG 实用工具中的场景浏览 osgViewer 改变运行结果. osgViewer 是 OSG 发行版附带的最基本的场景图形浏览器,它演示了编写基本场景视口的方法,也可以直接使用它作为 3D 图形浏览工具. 通过在控制台窗口中设置 osgViewer 的命令行参数、键盘和鼠标指令信息、环境变量参数等,即可实现一定的实时交互功能. 此外,还可以直接利用鼠标和键盘操作对运行结果中的三维图像进行旋转和放缩,并选择适宜的视角截图。

3 模拟结果

The analog results

本文是在 CPU 为 Inter (R) Pentium (R) M processor 1.80 GHz、内存为 DDR2 1.24 G、Intel GMA900 显示核心以及 Mobile Intel (R) 915GM/GMS/910GML Express Chipset Family (128 M) 集成显卡配置的 PC 机上进行运行模拟的. 显示器的垂直刷新率为 60 Hz,可以保证渲染图像显示跟屏幕更新保持同步。

由上文可知,改变 minrange 和 maxrange 可调整雪花大小,改变 minvalue 和 maxvalue 可调整雪的浓度以及改变启用雾效方式都可以对雪效产生明显的影响. 图 3、4 为以上主要粒子属性不同时对虚拟场景中降雾、降雪的模式。



图 3 自定义雾效, minrange = 10 000, maxrange = 15 000, minvalue = 0.2, maxvalue = 0.2

Fig. 3 Custom fog effect, minrange = 10 000, maxrange = 15 000, minvalue = 0.2, maxvalue = 0.2

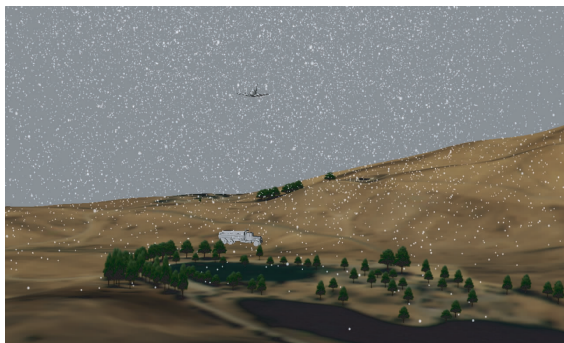


图4 预定义雾效, $\text{minrange} = 15\ 000$, $\text{maxrange} = 30\ 000$,
 $\text{minvalue} = 0.2$, $\text{maxvalue} = 0.5$

Fig. 4 Predefined fog effect, $\text{minrange} = 15\ 000$,
 $\text{maxrange} = 30\ 000$, $\text{minvalue} = 0.2$, $\text{maxvalue} = 0.5$

改变其他参量值也可以对雪效产生一定影响: t 过小则雪花不能到达地面,过大则雪花穿透地面; scale 为正数时雪花直接下落,为负数时可以模拟风中雪花飞舞的场景;采用 PhiRange 、 RadiusRange 、 Center 相异的扇面放置器或者选用不同 Center 的点放置器所产生的雪效也是有一定差别的;创建发射器时,函数 $\text{setInitial SpeedRange}(\text{float minrange}, \text{float maxrange})$ 限定了雪花下降的速度,可以创建动态的雪花;重力模拟、空气阻力模拟等参量的改变也会对雪效产生影响。

在虚拟现实理论和粒子系统实现原理的基础上,基于 OSG 建立适宜的粒子模型,模拟自然环境中的雾效和雪效场景,可以通过设置相应参数值控制系统中粒子的属性,以达到场景对雾效、雪效的一系列要求,结果证实了该方法可得到比较理想的效果。

4 结束语

Concluding remarks

虚拟现实是一门新兴技术,而虚拟天气是虚拟现实技术的热点,至今存在许多尚未解决的理论问题和尚未克服的技术障碍,但各个领域的进步将带动虚拟现实技术的发展,它独特的优势也为各个领域的发展提供了一个全新的突破口。

本文基于 OSG 和粒子系统对雾效、雪效的天气场景进行模拟,表现出较强的真实感,但某些粒子属性缺乏专业数据的支持,创建的场景中也缺乏如光照、阴影、细节层次节点等特效处理,下一步的工作将以此为方向,创建一个交互的界面,实现调整粒

子属性时相关的虚拟天气场景也发生实时变化的效果,并根据气象预报实时数据预演可能到来的雪的场景,有利于指挥预防和发布预警信息等;另外,创建一个自定义的场景模型,开发出复杂的城市漫游系统,既可建立高度仿真的虚拟天气场景,又具有一定的现实意义。

参考文献

References

- [1] 张秀山. 虚拟现实技术及编程技巧[M]. 北京:国防科技大学出版社,1999:3-5
ZHANG Xiushan. Virtual reality technology and its programming skills[M]. Beijing: National University of Defense Technology Press, 1999: 3-5
- [2] Paul M. OpenSceneGraph 快速入门指导[M/OL]. (2007-28-29) [2009-10-20]. http://www.lulu.com/items/volume_62/1164000/1164927/1/print/OpenSceneGraph_Quick_Start_Guide.pdf
Paul M. OpenSceneGraph Quick Start Guide[M/OL]. (2007-28-29) [2009-10-20]. http://www.lulu.com/items/volume_62/1164000/1164927/1/print/OpenSceneGraph_Quick_Start_Guide.pdf
- [3] Andrew S G. 最新三维计算机图形学[M]. 北京:中国电影出版社,1994:269-270
Andrew S G. The newest three-dimensional computer graphics[M]. Beijing: China Film Press, 1994: 269-270
- [4] 陈华杰,余小青,唐经洲,等. 基于粒子系统与 LOD 技术的实时雨雪效果模拟[J/OL]. 计算机仿真,2008,25(4):194-197 [2009-07-30]. <http://dlib.cnki.net/s50/detail.aspx?QueryID=17&CurRec=1>
CHEN Huajie, YU Xiaoqing, TANG Jingzhou, et al. Real-time simulation of rain and snow effect based on particle system and LOD[J/OL]. Computer Simulation, 2008, 25(4): 194-197 [2009-07-30]. <http://dlib.cnki.net/s50/detail.aspx?QueryID=17&CurRec=1>
- [5] 杨述华,廖守亿,王仕成,等. 基于粒子系统和 Vega 的实时雨雪模拟[J/OL]. 计算机应用,2008,28(增刊1):238-240 [2009-09-20]. <http://dlib.cnki.net/kns50/detail.aspx?QueryID=154&CurRec=1>
YANG Shuhua, LIAO Shouyi, WANG Shicheng, et al. Real-time simulation of rain and snow based on particle system and Vega software[J/OL]. Journal of Computer applications. 2008, 28(Sup1): 238-240 [2009-09-20]. <http://dlib.cnki.net/kns50/detail.aspx?QueryID=154&CurRec=1>
- [6] 肖鹏. OSG 编程入门指南[M/OL]. 2008:372-375 [2009-02-26]. http://www.osgchina.org/projects/osg_China/Book/OSG-PgramRef.php
XIAO Peng. A guide to OSG Programming fundamentals[M/OL]. 2008: 372-375 [2009-02-26]. <http://www.osgchina.org/projects/osgChina/Book/OSG-ProgramRef.php>

附录:贝吉龙过程(Bergeron Process)

温度低于 0°C 且过冷却水滴、冰晶、水汽共存的云区,由于对冰面的饱和水汽压低,而对水面的饱和水汽压高,便会有这样的情况出现:即当云中的水汽压处于冰面和水面饱和值之间时,水汽在冰晶上凝华而使冰晶长大,而水滴会不断蒸发变小或消失,形成冰晶“夺取”水滴的水分和原来云中水汽的冰水转化过程,称为贝吉龙过程。

Simulation of snow effect based on OSG and particle system

ZHANG Yingchao¹ ZOU Liping¹ LIU Jia¹

¹ Academy of Information & System Science, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

Abstract Simulation of natural phenomena can greatly improve the fidelity of 3D scene, which has been used widely in visual simulation system, 3D animation, film TV and advertising. Particle system is an effective method in real-time natural phenomena simulation. Based on analyzing the realizing principle of the particle system, this paper makes use of the highly integrated software development environment provided by Microsoft Visual Studio 2005, and establishes the particle model based on OSG (OpenSceneGraph) 2.6. The results of experimentation have proved that this method can effectively represent fog and snow effect scenes in the three-dimensional scene.

Key words virtual reality; particle system; OSG