

# 基于 OSG 粒子系统的消防水柱模拟研究与应用<sup>①</sup>

高兴<sup>1</sup>, 穆榕榕<sup>1</sup>, 孙咏<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(中国医科大学附属盛京医院 计算机中心, 沈阳 110004)

<sup>2</sup>(中国科学院 沈阳计算技术研究所, 沈阳 110168)

**摘要:** 消防水柱的模拟在消防模拟演练中有着广泛的运用. 为了模拟真实的消防水枪喷出水柱的效果, 建立逼真的仿真场景, 提出了一种基于 OSG(open scene graph)粒子系统仿真模拟技术, 结合场景真实数据的自定义水粒子模型设计方式. 该模型依据水柱的两个端点间水平距离和高度差数据, 动态的产生水粒子的属性值, 解决了传统模型中水柱不够真实的情况, 实验结果表明, 自定义水柱粒子模型能够真实的模拟消防水枪喷出的水柱, 具有逼真的仿真效果.

**关键词:** 粒子系统; 虚拟现实; 消防水柱; 仿真建模; OSG

## Research and Application of the Fire Water Column Simulation Based on Particle System in OSG

GAO Xing<sup>1</sup>, Mu Rong-Rong<sup>1</sup>, SUN Yong<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(Shengjing Hospital of China Medical University, Shenyang 100004, China)

<sup>2</sup>(Shenyang Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110168, China)

**Abstract:** The Fire water column simulation has been widely used in visual Fire Simulation Training System. To simulate the real Fire water column and establish realistic fire water simulation scene, a user-defined water particles model design method based on OSG particle system and realistic scene data is presented. By computing specific horizontal distance and height difference, dynamically getting the initial attribute of fire water particles, the not real enough condition of fire water column particles is solved.

**Key words:** particle system; virtual reality; fire water column; simulation modeling; OSG

消防模拟演练系统是通过通过对各类消防事故数值模拟和人员行为模拟仿真, 在虚拟环境中模拟事故的发生、发展、救援过程的三维仿真系统. 在模拟演练系统中, 消防水柱是常见的粒子效果之一, 消防水柱的模拟可以提高演练系统的真实感, 无论从现实意义角度, 还是从计算机仿真角度, 在消防模拟演练系统中研究和应用消防水柱粒子模拟均有极其重要的意义. OSG 图形系统是一个基于工业标准 OpenGL 的软件接口, 封装了大量提高高效粒子仿真算法. 在粒子效果仿真方面, 很多研究者已经做了大量的研究工作, 文献[3]结合粒子受力分析, 建立了对自然景观雪的模拟; 文献[4]中, 将粒子发射速度参

数与随机扰动速度参数相结合, 建立了烟雾、火焰与爆炸碎片的模拟效果; 文献[5]对结合纹理映射方法实现了多种喷泉模拟. 文献[6]利用双目图像检测灭火水柱落点. 目前多数国内对消防水柱的模拟仅仅在示意性的表现上, 并没有考虑真实消防水枪的出水速度和射程等参数.

本文基于粒子系统原理和 OSG 图形系统, 在分析消防水柱粒子特性基础上, 利用 OSG 图形接口, 提出一种动态模拟消防水柱的算法, 该算法依据消防水枪与着火点之间水平距离和高度差等数据, 计算水粒子初速度, 初始角度, 水粒子生命值等属性, 更加真实的模拟消防水柱.

<sup>①</sup> 收稿时间:2012-12-07;收到修改稿时间:2013-01-31

# 1 粒子系统简介

## 1.1 粒子系统基本原理

1983 年, Reeves 首先提出粒子系统建模仿真方法并被广泛应用. 粒子系统的基本思想是使用大量的、具有状态和属性的微小粒子来描述不规则的物体, 通过对每个粒子属性和状态的改变进行不规则物体运动变化的仿真模拟.

一个粒子系统由大量称为粒子的简单元素构成. 每个粒子都是由元模型赋予属性后形成的, 元模型可以是一个点, 也可以是一个四面体、球或者是线. 每个元模型都有一组属性, 如大小、颜色、透明系数、位置、速度和生命周期等, 可以为元模型设置最大值和最小值, 在粒子的生命周期中, 会根据消耗的时间, 在最大值和最小值之间进行线性插值, 完成粒子系统对元模型的渲染控制. 根据不同的应用, 可以设置粒子的具体属性, 并且这些属性在各个粒子的生命周期中不断的发生着变化, 单个粒子就表现出不同形态.

粒子系统是一个动态而非静态的系统, 其动态性就是由大量的粒子的生成、更新、消亡过程所组成的. 粒子系统的动态运行过程分为以下几个步骤:

- (1) 新的元模型产生, 并加入系统;
- (2) 给新粒子赋予一定属性值;
- (3) 超过生命周期的粒子消亡;
- (4) 更加粒子属性的动态变化更新粒子;
- (5) 绘制粒子组成的图像.

粒子系统设置粒子数量的最小值和最大值, 使其具有一个由少到多的量变过程, 同时设置环境重力加速度、风向等环境属性, 可以表现出一个更加真实的粒子效果. 消防水柱在消防模拟系统中作为一个粒子效果存在, 因此, 粒子系统处理的好坏直接影响的消防水柱模拟是否真实合理.

## 1.2 OSG 粒子系统简介

OSG 中提供了专门的粒子系统工具, 其命名空间为 ospParticle,. OSG 对常用的粒子模拟都做了专门的类, 如: ExplosionEffect 用于爆炸模拟, FireEffect 用于火的模拟, ExplosionDebrisEffect 用于爆炸后四散的颗粒模拟. OSG 自定义粒子系统创建主要通过以下几个类:

osgParticle::Particle: 粒子模板, 决定粒子大小, 颜色, 生命周期等.

osgParticle::ParticleSystem: 粒子系统的总体属性, 粒子总数, 纹理等.

osgParticle::Counter: 粒子产生的数目范围.

osgParticle::Placer: 粒子出生点的形态, 如环形, 原型, 点形.

osgParticle::Shooter: 粒子发射器, 决定粒子的初速度.

osgParticle::Emitter: 粒子发射器, 决定粒子发射周期.

osgParticle::Program: 可接受对粒子的操作, 如轨迹的定义, 矩阵的变换等.

osgParticle::Operator: 粒子操作或用户自定义粒子操作.

各类之间协作如图 1 所示:

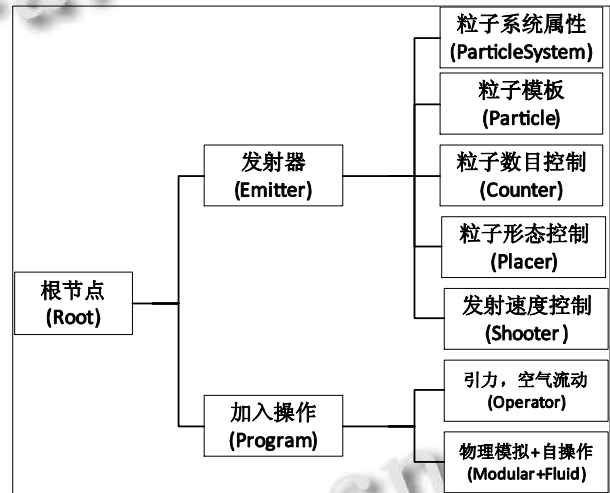


图 1 OSG 粒子系统类结构图

OSG 自定义粒子系统创建步骤如下:

- (1) 确定意图, 包括粒子运动方式等诸多方面.
- (2) 使用 osgParticle::Particle 类建立粒子模板.
- (3) 使用 osgParticle::ParticleSystem 类建立粒子系统.
- (4) 设置发射器.
- (5) 设置操作, 包括风力、旋转度等.
- (6) 加入场景根节点, 更新.

## 2 消防水柱粒子模拟

### 2.1 消防水柱粒子数学模型分析

结合现实消防救援情况分析, 消防救援时我们能够已知的条件有消防水枪出水初速度  $V$ , 水枪离地面高度  $h$ , 着火点离地面高度  $H$ , 消防水枪距离着火点的水平距离  $L$ . 未知的数据有水枪出水方向跟水平线夹角  $\alpha$ , 水从水枪喷出到达着火点的时间  $t$ . 数学建模如

下图:

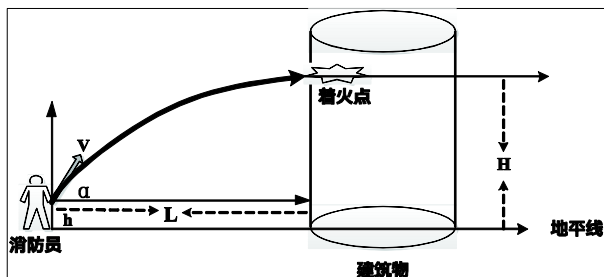


图 2 消防水柱粒子数学模型

分析消防水柱粒子数学模型图，我们可以得出以下两个计算方程式：

将式(1)带入式(2)即可求得夹角  $\alpha$  和时间  $t$ 。

### 2.2 自定义 OSG 系统属性设置

使用 OSG 自定义粒子系统配置水粒子效果属性参数，需要配置粒子的以下几种基本属性：

元模型类型: `setShape(Shape s)`, 选择 QUAD 类型。

生命周期: `setLifeTime(double t)`, 设置生命周期, 量纲为秒, 如果设置小于 0, 则粒子永不消亡。从消防水柱粒子数学建模计算中, 我们得出时间参数  $t$  是水粒子从水枪产生到着火点消亡的生命周期, 即 `osgParticle::Particle` 类的生命周期属性。

粒子大小: `setSizeRange(const rangef &r)`, 设置粒子最大最小尺寸, 只对 QUAD 类型适用。

粒子透明度: `setAlphaRange(const rangef &r)`, 设置粒子透明度的变化范围。

粒子半径: `setRadius(float r)`, 设置粒子半径大小。

粒子颜色: `setColorRanger(const rangef &r)`, 设置粒子在生命周期内颜色变化范围。

粒子粒子纹理属性: `setDefaultAttributes`, 设置粒子纹理文件、光滑度、发光度等属性。

发射器设置: 在消防模拟演练场景中, 结合 OSG 粒子系统所提供的类属性, 夹角  $\alpha$  是水喷出时的仰角, 即为 `osgParticle::Shooter` 类的属性粒子初速度与 Z 轴夹角 `ThetaRange`。

粒子影响操作设置: 设置粒子的重力, 气流作用等。默认环境下重力设置为 `9.8f`, 气流作用根据模拟演练系统中当前风速设置, 默认为无风环境。

从实际消防水枪出厂参数可以计算得出  $L$  的最大值及出水速度值, 经过在粒子编辑器中实验可以的与粒子方向、透明度、颜色有关的几个参数。在实际模

拟环境中系统自动根据着火点的高度, 再计算得到水柱仰角  $\alpha$ 。消防水柱粒子系统所需的粒子参数设置如表 1。

表 1 粒子参数设置

粒子属性	设置值
LifeTime	<code>t</code>
SizeRange	<code>rangef(0.15f,0.3f)</code>
AlphaRange	<code>rangef(1.0f,1.0f)</code>
Radius	<code>0.6f</code>
Mass	<code>0.3f</code>
ColorRange	<code>(0.7f,1.0f,1.0f,1.5f)</code> <code>(0.8f,0.8f,1.0f,0.0f)</code>
DefaultAttribute	<code>water.rgb</code>
ThetaRange	<code>rangef(alpha,alpha)</code>
PhiRange	<code>rangef(-1.43f,-1.57f)</code>
Center	<code>osg::Vec3(0, 0, 1)</code>
InitialSpeedRange	<code>rangef(30.0f,30.0f)</code>
Counter	<code>rangef(100.0f,150.0f)</code>
Force	<code>osg::Vec3(0.0f,0.0f,-0.1f)</code>

### 2.3 实验结果及分析

根据表 1 提供的粒子系统参数数据进行试验, 所得实验结果如图 3。



图 3 自定义消防水柱模拟效果图

从模拟效果图中我们可以看出, 消防水柱的落点正好位于着火点燃烧的位置, 这正是通过数学建模计算的结果, 消防水柱的落点正好在着火点位置, 说明我们的模拟效果能满足要求。当着火点高度低于消防水枪高度时, 数学建模计算所得夹角  $\alpha$  为负值, 否则为正值。

### 3 结语

本文首先对粒子系统的实现原理和 OSG 粒子系统实现方法进行了介绍。然后在 OSG 粒子系统的基础上研究了消防模拟演练系统中的消防水柱粒子模拟,

并进一步通过建立消防员喷水的数学模型, 计算模拟实验所需要的数据。

与利用双目图像检测灭火水柱落点相比较, 通过数学建模计算仿真数据的方法对于更加真实的表现粒子效果具有十分重要的作用, 不仅展示了一个更加真实的画面, 同时也结合了消防器材的性能参数, 给消防演练的科学评估提供了可靠的依据。

### 参考文献

- 1 Martz P. Open scene graph quick start guide. New York: Skew Matrix Software LLC. <http://www.lulu.com/con-tent/1164927>, 2007.
- 2 Wang JW, Hu WP, Jin YF. 8-word dynamic fireworks simulation based on particle system. Computer Simulation,

2010,27(10):211-244.

- 3 Xu JS, Song WZ. Snow simulation based on particle system in OSG. Computer Engineering and Design, 2012,33(4): 1509-1513.
- 4 Hua ZX, Wang YC, Sun JS. Study of explosion simulation based on particle system. Computer Science, 2012,39(4):278-281.
- 5 Zhao JM, Zhang H, Zheng GQ. Fountain simulation based on particle system. Application Research of Computers, 2006,(1): 244-249.
- 6 Gao GZ, Hong Y, He ZY, Yu LF. The application of the image processing technology in the fire fighting simulative training. Journal of National University of Defense Technology, 2003, 25(3):49-53.

(上接第 211 页)

中, 用 C 语言编写系统程序, 通过 PC 串口打印测试信息, 该设计快速、简单地实现了对 Flash 擦除、Flash 坏块检测、Flash 读写、读取 Flash ID 等操作。此外, 该设计已成功用于对 Flash 芯片的筛选, 可以对不同厂家不同的芯片进行检测, 具有较强的通用性和可行性。

### 参考文献

- 1 王新舜,张存善,韩力英,杨振华.基于单片机的 Flash 存储器坏块自动检测.电子设计工程,2010,18(3):125-128.
- 2 柯艳,李杰,刘俊,秦丽,孔祥雷,陶瑞萍.基于 FPGA 与 USB2.0 的多功能读数盒.仪表技术与传感器,2010,11(11):32-34.
- 3 吴鹏.高速实时 Flash 阵列数据采集系统研究与实现[学位论文].南京:南京理工大学,2007.
- 4 韩茜,罗丰,吴顺君.高速大容量固态存储系统的设计.雷达科学与技术,2005,3(2):110-114.
- 5 张胜勇,高世杰,吴志勇,田丽霞.基于 FPGA 的 NAND Flash

坏块处理方法.计算机工程,2010,36(6):239-243.

- 6 罗晓,刘昊.一种基于 FAT 文件系统的 NAND Flash 坏块处理方法.电子器件,2008,31(2):716-719.
- 7 王永虹,徐炜,郝立平.STM32 系列 ARM Cortex-M3 微控制器原理与实践.北京:北京航空航天大学出版社,2008.23-62.
- 8 喻金钱,喻斌.STM32F 系列 ARM Cortex-M3 核微控制器开发与应用.北京:清华大学出版社,2011.13-39.
- 9 李宁.基于 MDK 的 STM32 处理器开发应用.北京:北京航空航天大学出版社,2008.46-68.
- 10 STM32F103xC.STM32F103xD.STM32F103xE. [2012-06-28]. <http://www.st.com>.
- 11 SAMSUNG.K9WBG08U1M.K9KAG08U0MK9NCG08 U5M. [2012-06-28].
- 12 Using the high-density STM32F10xxx FSMC peripheral to drive external memories.[2012-06-28]. <http://www.st.com>.