

## 基于 Vega Prime 的灭火飞机投水特效模拟

翟兆建<sup>1</sup> 蔡志勇<sup>1,2</sup> 赵红军<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(南昌航空大学信息工程学院 江西 南昌 330063)

<sup>2</sup>(中航通用飞机有限责任公司 广东 珠海 519040)

**摘 要** 为了模拟某型灭火飞机的投水特效,主要研究了基于粒子系统的投水特效。首先阐述了 Vega Prime 特殊效果模块中粒子系统的基本原理,然后采用面向视点的多边形来表示水粒子,通过具体设置粒子系统中粒子的颜色、透明度、大小、纹理、速度和位置等属性,逼真的模拟了飞机的投水特效。在模拟的过程中,将环境影响因素考虑进去,使用 Vega Prime 的 API 函数实现投水特效的实时性,同时将飞机坐标系中的速度转换到渲染的场景坐标系中,实现了投水特效随着飞机运动的效果。实践证明,使用粒子系统模拟飞机的投水特效,使三维真实感更强。

**关键词** Vega Prime 粒子系统 投水特效 纹理融合 坐标转换

**中图分类号** TP391.9 **文献标识码** A

## SPECIAL EFFECT SIMULATION ON WATER DROPPING FROM FIREFIGHTING PLANE BASED ON VEGA PRIME

Zhai Zhaojian<sup>1</sup> Cai Zhiyong<sup>1,2</sup> Zhao Hongjun<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(School of Information and Engineering, Nanchang Hangkong University, Nanchang 330063, Jiangxi, China)

<sup>2</sup>(China Aviation Industry General Aircraft Co., Ltd., Zhuhai 519040, Guangdong, China)

**Abstract** In order to simulate the special effect of water dropping from a certain firefighting plane in virtual environment, the study is focused on particle system-based water dropping special effect. First, the rationale of particle system in special effect module of Vega Prime is expatiated in the paper. Then the viewpoint-oriented polygons are used to represent the water particles, and through specifically setting the colour, transparency, size, texture, speed and position, etc. of the particles in particle system, the special effect of water dropping is simulated vividly. In the process of simulation, the influential factors with regard to environment are taken into account, and the API function of Vega Prime is employed to implement the real-time property of special effect of water dropping, meanwhile, by converting the speed in plane coordinates to the coordinates of rendering scene, the effect that the water dropping special effect moves along with the plane are achieved as well. Finally, the practices demonstrate that the use of particle system in simulating special effect of water dropping from plane makes the three-dimension reality much stronger.

**Keywords** Vega Prime Particle system Special effect of water dropping Texture blending Coordinates converting

### 0 引 言

随着我国大型灭火/水上救援水陆两栖飞机项目研制的正式开始,进行飞机的投水视景仿真研究,对于缩短飞机的研制周期和节约试验的费用具有重要意义。由于 Vega Prime 的粒子系统具有良好的随机性和动态性<sup>[1]</sup>,是视景仿真虚拟场景研究领域的有力工具,它将不规则的运动物体表现为大量运动的粒子<sup>[2]</sup>,这些粒子由随机过程来控制表示<sup>[3]</sup>。创建特定的粒子系统是一个比较复杂的过程,不仅要考虑真实的物理模型和相应的动力学模型,而且要对粒子的大量属性分别进行设置。在 Vega Prime 的特殊效果模块中提供了可扩展的粒子系统,在分析粒子系统原理的基础上,利用粒子系统模拟某型灭火飞机投水。

在飞机投水模拟研究领域,法国育碧游戏公司已经开发出多种消防飞机投水灭火的视景仿真游戏,在飞机投水视景仿真

研究方面已经取得一定的成果。美国的马里兰佛格斯联合公司(消防科学与工程公司)成功地地为美国空军和海军开发了计算机化的消防训练模型,其中灭火部分实现包括投水灭火的视景仿真,与训练飞行员的专门模拟系统相类似<sup>[7]</sup>。我国在上世纪90年代末提出了将虚拟现实技术应用于消防训练的构想,在火灾可视化、系统交互等方面开展许多卓有成效的研究,研究成果开始应用于实际训练。海军工程大学和武汉大学翁雪涛,李松开发出的舰艇消防过程仿真,其中灭火的仿真实现部分含有喷水仿真。中国人民武装警察部队学院科研所的靳学胜,袁狄平对于灭火救援视景仿真系统进行了研究,其中的灭火采用消防车喷水 and 地面灭火设备喷枪实现的<sup>[8]</sup>。在国内外,投水领域研究大多集中于理论方面的仿真计算,进行飞机投水的虚拟现实

收稿日期:2011-04-13。翟兆建,硕士,主研领域:航空电子系统仿真与测试。

视景仿真研究则很少。

文中在对飞机投水特点进行研究的基础上,采用粒子系统模拟飞机投水的过程。在投水的过程中采用坐标转换的方法,实现水体随着飞机的运动作出姿态的调整。同时验证了利用粒子系统模拟飞机投水的可行性,获得了很好的视觉效果。

## 1 粒子系统简介

粒子系统是计算机图形学中应用描述不规则对象最成熟的理论之一,也是视景仿真领域中描述自然现象和特殊效果方法中,视觉效果最好的一种<sup>[4]</sup>。通过使用粒子系统,可以表现无法用多边形实体模型表现的许多真实世界的特征。粒子系统的基本思想是采用大量的、具有一定生命和各种属性的微小粒子来描述不规则对象。在粒子系统中,物体由成千上万个不规则的、随机分布的微小粒子组成,每个粒子都具有形状、大小、颜色、透明度、运动速度、运动方向、生命周期等相关的属性,随着时间的推移,大多数的粒子都会经历产生、活动和消亡三个阶段。在 Vega Prime 的 Create Instance→vpFx→FxParticleSystem 中就会出现粒子系统对话框,在该对话框中显示出粒子的各项属性特征。

Vega Prime 的粒子系统实现过程如图 1 所示。

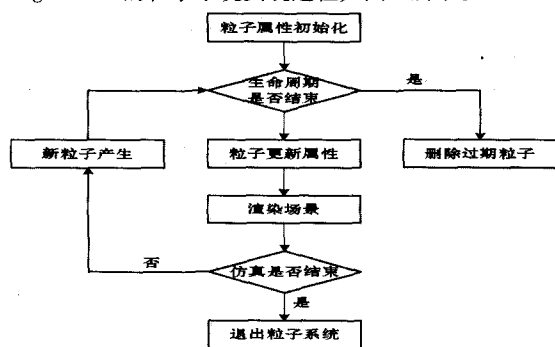


图1 粒子系统渲染过程

## 2 投水特效模拟

### 2.1 模拟思路

在 Vega Prime 的粒子系统中,粒子是遵循简单的动力学规律的<sup>[6]</sup>,例如利用粒子系统可以模拟舰船尾流等,根据粒子系统动力学的基本规律来设置粒子的基本属性,运用粒子的动画技术和纹理技术,实现飞机投水特效模拟,粒子系统中采用面向视点的多边形来表现粒子。在飞机进行投水的过程中,粒子的属性在其生命周期内不断地变化,可以通过控制其属性的变化,满足仿真的需要,这些改变的属性主要有速度、大小、形状等。图2为粒子属性随时间变化的示意图。

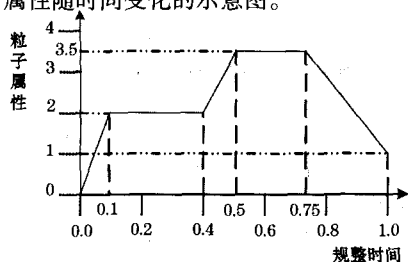


图2 粒子属性-时间分布图

图2中纵轴为粒子属性,横轴代表规整后的粒子生命周期,实线段表示粒子属性随时间的变化过程。0.0表示粒子产生时间,1.0表示粒子消亡的时间,假设投水粒子的生命周期为100s,则横轴的0.5代表50s。

飞机在投水时,一般趋于平稳的飞行状态,水体的形态会随着飞机的飞行而变化,所以很难利用传统的三维建模实现投水特效。可以通过对生命周期内的各粒子的属性控制实现飞机投水特效的模拟,这些属性可以通过受控的随机过程函数来模拟实现<sup>[6]</sup>。为了模拟飞机投水的特效,可以将粒子属性定义成一个结构体,如下所示:

```

typedef struct water
{
    float T;           //水粒子的生命
    float v;           //水粒子的速度
    float D;           //水粒子的运动方向
    float X, Y, Z;     //水粒子的位置坐标
    float XD, ZD;      //水粒子在X和Z轴方向上的增量
    BOOL Type;         //水粒子的状态
    float Alpha;       //水粒子淡化的alpha系数
}
  
```

上述结构体中,在粒子降落过程中的随机性,可用粒子下落过程中的 $x$ 轴和 $y$ 轴的坐标分量 $XD$ ,  $ZD$ 来表示。水粒子淡化消失的过程,这个属性可以通过使用淡化系数 $Alpha$ 逐渐减小来模拟。布尔量 $Type$ 表示粒子是处于运动状态。

### 2.2 投水属性设置

Vega Prime 提供了简单易用的编辑粒子系统特效的图形化用户界面 Lynx Prime,在这个界面中,根据各个阶段的粒子的属性特点,方便快捷地进行交互式设置,完成基本的粒子基本属性的定义,从而减轻大量冗余的编程操作,同时把重点放在研究飞机投水的特性的设置上。

#### 2.2.1 投水初始位置

初始位置反应了粒子系统中投水的位置,决定了飞机投水的形状以及分布特点。初始位置可由场景中的初始坐标 $(x, y, z)$ 、粒子系统中的水体方向欧拉角 $(h, p, r)$ 以及水体在场景中的比例确定。初始坐标处于场景中飞机腹部的喷口位置,在场景中的初始运动方向为沿 $OZ$ 轴负方向,其粒子的范围沿坐标轴的比例设置为6,以上三个属性可以通过 $setTranslate()$ ,  $setRotate()$ 和 $setScale()$ 函数来具体设置。

#### 2.2.2 粒子的产生

本粒子系统中,粒子的最大数量设置为20 000,每次释放的粒子数量为5,释放的时间间隔为0.15秒,粒子的生命周期为5秒。本系统中粒子的数量设置很重要,初始粒子数量决定了水体的形状和大小,粒子数量过多影响投水效果的实时性,粒子数量过少则投水模拟失真。飞机腹部喷水的区域为圆形区域,所以设置粒子系统的源区域为圆形区域,而且设置的圆形区域大小和飞机模型喷水区域的大小要一致,同时投水的类型选择为流式的,粒子外围形状有线形状、圆形状、方形状、立方体形状、球体形状,本系统采用球体形状,源粒子域的大小设置为0.2。

Alpha 初始值设置为 1, 当其值变为 0 时, 粒子就全部消失。

### 2.2.3 粒子的特性

在飞机投水的过程中, 在粒子系统生命周期内的不同时刻, 可以设置粒子的颜色、大小、速度范围等。颜色变化量设置为 0.1。随着飞机投水的进行, 粒子扩散范围会变得越来越大会, 粒子的大小设置则会影响到模拟的精细程度。粒子的大小变化量设置为 0.28, 在粒子大小栏中, 在 0 时刻对应的粒子大小设置为 1, 在 1 时刻对应的粒子大小设置为 4。速度范围变化栏中, 0 时刻对应范围设置为 1。

### 2.2.4 粒子的运动

粒子的速度是实现飞机投水特效模拟的重要因素, 粒子的速度分布有平面方式、球体方式、高斯函数方式, 根据飞机投水的特点采用高斯函数方式来实现投水的速度分布特点。在粒子的生命周期内, 根据飞机的投水运动速度特点, 可以使用 `addVelocity()` 函数来设置。在投水的过程中受到环境中风和重力的影响, 环境中的风可以通过 `addWind()` 函数来设置, 将环境中的风源的类型设置为 table 类型, 环境中的重力可以通过函数 `setGravitationalConstant()` 函数设置。为了模拟投水粒子的任意性, 设置粒子的任意速度为 0.2 米每秒。通过设置粒子的运动速度、随机速度、环境风速等, 可以逼真模拟真实环境中的投水特效。

### 2.2.5 粒子场景渲染

通过粒子的各个属性共同的作用, 完成飞机投水特效模拟的实现。投水特效的模拟离不开逼真的纹理文件, 在粒子系统中, 为了模拟投水的特效, 减少绘制多边形的数量, 提高系统运行的实时性, 通过使用 Photoshop 和 MultiGen Creator 制作出水滴的格式为 bmp 的纹理文件, 图片大小为  $32 \times 32$ 。将水滴的二维纹理图片采用纹理融合技术映射到矩形面片上, 融合以后通过 `setTextureMode()` 函数加载到粒子系统中去, 工作模式选择为 modulate, 渲染的持续时间设置为 10 秒, 粒子运动到规定的区域边界时的行为设置为 pass through 类型。

## 2.3 场景中的坐标转换

飞机在投水的过程中, 出于环境因素的考虑, 不可能一直处于平稳的飞行状态, 有可能会做出爬升、降低或者偏航等动作, 此时的水体也要做出随动。通过改变水体的欧拉角 ( $h, p, r$ ) 可以实现水体随动的形态变化, 从而实现升高、降低或者偏航。在投水粒子系统中, 水体形态变化是从飞机坐标系  $OXYZ$  中的位置坐标 ( $X, Y, Z$ ) 转换到场景坐标系  $oxyz$  中的 ( $x, y, z$ ) 位置, 变化情况为下面的矩阵乘积。

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos H & -\sin H & 0 \\ \sin H & \cos H & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos P & -\sin P \\ 0 & \sin P & \cos P \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

速度同时根据欧拉角的变化做出相应调整, 变化的速度数学函数通过 `setVelocity()` 函数加载到粒子系统中去。

## 3 仿真实现

在 VC7.1 的 MFC 框架下, 利用 Vega Prime 的粒子系统模拟

三维场景中飞机投水的仿真如图 3 所示, 图中从两个角度展示了飞机的投水特效。

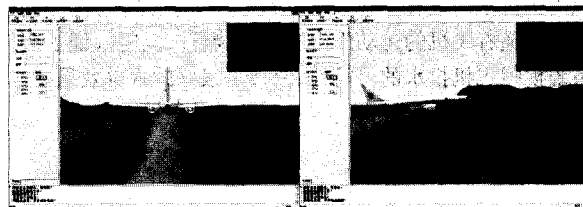


图 3 飞机投水特效仿真

## 4 结 语

本文采用 Vega Prime 中粒子系统模拟飞机投水特效, 将环境影响因素考虑到仿真环境中去, 同时利用 Vega Prime 的 API 函数实现投水特效实时性控制。在模拟中, 粒子采用面向视点的多边形来表示, 为了提高系统的渲染效率, 采用纹理融合技术将得到水滴纹理文件加载到环境中去, 同时利用坐标转换的方法, 实现水体随着飞机的飞行运动做出随动的变化。实践证明采用粒子系统能够提高场景特效模拟的逼真度和交互性。

## 参 考 文 献

- [1] 魏靖彪, 郭广利, 赵改萍, 等. 飞行视景仿真中雨雪特殊效果的实现[J]. 系统仿真技术, 2009, 5(2): 140-141.
- [2] 王乘, 李利军, 周均清, 等. Vega 实时三维视景仿真技术[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2005.
- [3] 董志明, 彭文成, 郭齐胜. 基于粒子系统的战场环境特效仿真[J]. 系统仿真学报, 2006, 18(2): 470-471.
- [4] 聂文兵. 基于 VEGA 的虚拟战场中雨雪特效模拟[J]. 软件技术, 2009(10): 48-49.
- [5] 严文科, 何永强, 董伟. 基于 Vega 粒子系统的飞行特效实时模拟方法[J]. 四川兵工学报, 2009, 30(9): 89-90.
- [6] 王静秋. 基于粒子系统的动态自然景物模拟的研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 1999.
- [7] 刘艳, 邢志祥, 刘伟. 虚拟现实技术在消防模拟训练中的应用研究进展[D]. 江苏工业学院, 2008.
- [8] 靳学胜, 袁狄平. 基于 Vega 的灭火救援视景仿真研究[D]. 中国人民武装警察部队学院科研所, 2007.

### (上接第 241 页)

- [11] Akyildiz I F, Su W, Sankarasubramaniam Y, et al. Wireless sensor networks: a survey[J]. Computer Networks, 2002, 38.
- [12] 吴光斌, 梁长垠. 无线传感器网络能量有效性的研究[J]. 传感技术, 2004(7).
- [13] Raghunathan V, Schurgers C, Park S, et al. Energy-Aware Wireless Microsensor Networks[J]. IEEE Signal Processing Magazine (S1053-5888), 2002.
- [14] Pouwelse J, Langedoen Koen, Sips Henk. Dynamic voltage on a low-power microprocessor[C]//Mobile Computing Conference (MOBI-COM), 2001.
- [15] Min Rex, Bhardwaj Manish, Cho Seonghwan, et al. Energy-Centric Enabling Technologies for Wireless Sensor Networks[J]. IEEE Wireless Communications (S1536-1284), 2002, 8.