

基于基础特效库的战场特效模型及其实现

方旭晖¹,徐晓刚²,李增林¹

(1. 海军大连舰艇学院 研究生管理大队,辽宁 大连 116018;
2. 海军大连舰艇学院 装备自动化系,辽宁 大连 116018)

摘要:战场特效是虚拟战场自然环境建立的重要组成部分,其极大地影响虚拟战场视景仿真效果的真实感和用户的沉浸感。为了实现对多种战场特效的快速绘制,基于粒子系统的原理,文中建立了包含火焰、烟雾等多种效果的基础特效库,根据战场特效实时性、随机性、复合性的特点,建立统一的模型和算法。通过对基础特效进行有序的约束和配置,可以快速实现对多种复杂特效的模拟,仿真效果逼真且满足实时性的要求,可以有效提高虚拟战场的沉浸感。

关键词:粒子系统;视景仿真;特效;虚拟战场;爆炸模拟

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2013)03-0187-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.03.047

A Model of Special Effects in Battlefield and Its Realization Based on General Special Effects Libraries

FANG Xu-hui¹, XU Xiao-gang², LI Zeng-lin¹

(1. Department of Graduate Management, Dalian Naval Academy, Dalian 116018, China;
2. Department of Equipment System and Automation, Dalian Naval Academy, Dalian 116018, China)

Abstract: Special effects are an important part in establishing virtual battlefield environment. The simulation of special effects makes enormous influence on the realism of simulation system and user's immersion feeling. In order to achieve the fast rendering of a variety of special effects in battlefield, based on the principle of the particle system, established the effects library foundation including fire, smoke and so on. According to the battlefield effects characteristics of the real-time, randomness and compound, established the unified model and algorithm. By means of orderly constraints and configuration for base effects, can quickly achieve the simulation for a variety of complex effects, the simulation results are vivid and meet the requirement of real-time, can effectively improve the virtual battlefield immersion.

Key words: particle system; visual simulation; special effects; virtual battlefield; explosion simulation

0 引言

在虚拟战场仿真中,3D视景系统是一个重要的组成部分,它不仅要实现三维战场地形地貌和武器系统的显示,还要加入火焰、烟雾、爆炸、声音等特殊效果,来提供十分逼真的战场环境描述^[1]。由于火焰、烟幕、爆炸等特殊效果大多呈不规则的随机运动,形状时刻变化,如果用常规的建模和绘制方法来仿真,很难表现出其特点,因此一直是研究的重点。

虚拟战场环境中特殊效果种类繁多,表现各异,大致可分为描述自然环境的天气特效,如雨、雪等和描述

战场环境的视觉特效,如坦克、车辆行进时扬起的尘土、滚滚浓烟、导弹的尾焰等。

文中主要对战场环境视觉特效的仿真方法进行探讨,以下简称战场特效。它通常呈现如下特点:

1. 实时性,虚拟战场特效必须满足系统实时性的要求,通常要求达到20~30帧/秒,否则将极大地影响视景的真实感。

2. 随机性,主要体现在三个方面,第一虚拟战场特效的初始状态是随机的;第二虚拟战场特效的运动变化是随机的;第三虚拟战场特效的产生时机也可以是随机的。

3. 复合性,虚拟战场特效并不局限于某种单一的特效,往往是几种特效的复合,如炮弹爆炸,既有火焰、爆炸碎片的产生,也伴随着烟幕和尘土的弥漫。

目前描述不规则物体的建模方法有以下几种^[2]:

1) 纹理映射模型;

收稿日期:2012-06-26;**修回日期:**2012-09-28

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60975016,61002052);浙江大学CAD&CG国家重点实验室开放课题(A1214);海军大连舰艇学院科研发展基金

作者简介:方旭晖(1984-),男,硕士研究生,主研方向为虚拟现实。

- 2) 物理过程模型;
- 3) 分形模型;
- 4) 细胞自动机模型;
- 5) 粒子系统模型。

其中,基于粒子系统的建模方法,能够实时地展现所模拟对象的动态特性,是目前广泛使用的一种对不规则物体建模的图形生成算法。

文中首先对粒子系统的一般原理进行介绍,然后对建立满足战场特效多样化要求的通用模型和算法进行了研究,根据战场特效的特点,通过对基础特效库中多种基础特效的有序配置,实现对战场特效的模拟。

1 粒子系统的基本原理

1983 年 W. T. Reeves^[3] 等人首次提出了基于粒子系统(Particle System)的方法。其基本原理是用大量的粒子来描述不规则物体,每个粒子拥有多种属性,如形状、大小、颜色、位置、速度、生存期等。粒子随着时间的变化而不断地运动,旧粒子随生存期减少为零而消亡,新粒子不断产生^[4]。这种方法简单高效,可以充分体现不规则模糊物体的动态性和随机性,因此它的应用非常广泛,得到了高速发展,也取得了丰富成果。

使用粒子系统的方法对不规则物体进行模拟一般按照如下步骤进行^[5]:

- 1) 定义粒子初始属性,随机生成具有一定初始属性的新粒子。
- 2) 分析粒子运动规律,根据粒子变化规律,动态变化剩余粒子的属性值。
- 3) 删除系统中生存期为零的死亡粒子。
- 4) 绘制剩余的存活粒子。

其中,以上四步反复循环来体现不规则物体动态变化的随机性。

基于粒子系统的方法可以较好地解决绘制不规则模糊物体的问题,但其最大瓶颈是图像真实感与系统实时性之间的冲突。一方面粒子数目越多,所描述的物体越真实,另一方面大量的粒子需要耗费更多的系统资源,造成了实时性的下降。这是因为在图像渲染的过程中,每一帧图像都需要 CPU 计算粒子的属性,再把数据结果传输到 GPU 上进行绘制,大量动态变化的粒子决定了其数据处理和数据传输量很大,并且数据传输频率很高。因此为了能够流畅且逼真地模拟不规则模糊物体,粒子系统的设计必须兼顾真实感与实时性的统一,以提高粒子系统的效率,降低系统的额外开销。

2 基于基础特效库的战场特效设计

在虚拟战场中,特效种类繁多,形态不一,如果要

为每种战场特效单独设计模型,势必会极大增加系统的工作量。但是,针对火焰、烟雾等单一特效的模拟相关研究成果比较丰富,也产生了很多成熟的算法。

张芹等^[6]提出了基于粒子系统的火焰模型,该模型通过引入结构化粒子来生成不同精细程度的火焰图形。Goss 通过粒子系统实时地模拟了船舶行驶时的航迹^[7]。詹荣开、贾国彦等^[4]基于粒子系统的原理,对虚拟场景中的火焰和爆炸过程进行了模拟。汪继文等^[8]利用纹理映射和色彩融合技术绘制陨石粒子,实现对陨石爆炸的模拟。

可以看到,这些特效虽然各自的运动规律和初始属性存在差异,但就某一特效而言,均是在同一算法控制下进行粒子的产生和更新,文中将这些特效称之为基础特效。因此文中提出利用粒子系统模型,改变粒子的运动规律,分别模拟出火焰、爆炸、尘土、烟雾等基础特效,建立基础特效库,其部分模拟效果如图 1 所示。通过分析战场特效生成的特点,利用统一的模型对已有的基础特效进行组合、约束和配置,快速实现对战场特效的仿真。

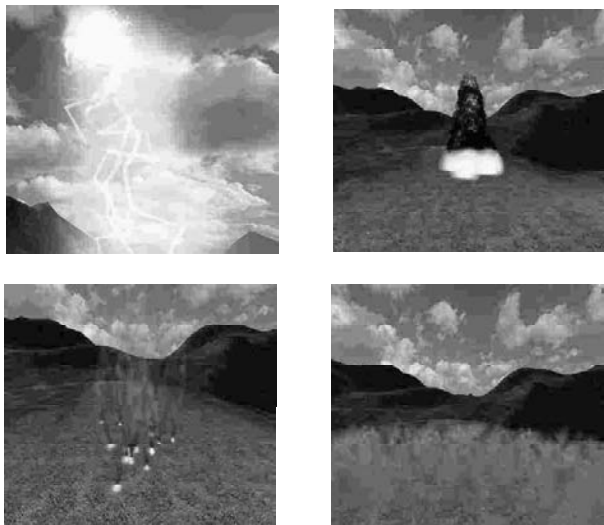


图 1 基础特效仿真效果

2.1 基本思想与数学模型

文中将战场特效看成是数个基础特效随时间、空间变化的运动过程。

由于模拟时每个基础特效都要使用大量粒子,因此有必要采用适当的假设条件,在对动态变化的粒子渲染时简化其计算过程,具体假设如下:

- 1) 粒子与粒子之间不存在相互碰撞,即基础特效之间不互相影响。
- 2) 粒子具有一定的生命周期,即基础特效具有时效性。
- 3) 粒子不会反射光线,即基础特效采用统一的光照模型。

因此,基于基础特效库进行战场特效设计的思路,

如图2所示:

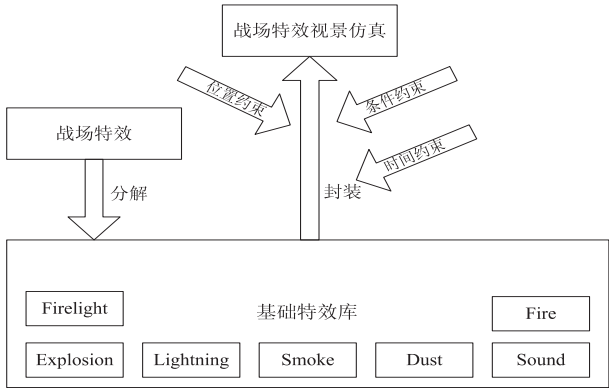


图2 基于粒子特效库的战场特效设计示意图

1. 对需要模拟的战场特效 $S(t)$ 从时间维进行阶段分解,确定其在基础特效库中由哪几种基础特效组合而成。

假设基础特效库 $E:E = \{E_i(t) \mid i \in N, \} , t \in [0, 1]$,每个 $E_i(t)$ 均代表一种基础特效;

战场特效 $S(t) = \sum_{i=0}^t S'(t)$,即从时间上将战场特效分解为多阶段的独立基础特效组合;

其中 $S'(t) = E_i[\frac{t_k - t_j}{t}] , t > 0$ 。

2. 对每个独立的基础特效进行封装,加入时间、位置、条件等约束。

设置以下参数:

Timing:对基础特效的时间约束,应包括特效的生命周期(lifetime)、延迟时间(delay)等,即对基础特效进行时间维的延展或压缩。

Constraint sources:对基础特效的位置约束和方位约束,即对基础特效进行坐标变换操作。

Conditional execution:对基础特效的条件约束,即设置基础特效发生的阈值。

3. 对封装后的基础特效依照时间顺序依次或同时执行。

2.2 具体步骤

爆炸特效在虚拟战场视景仿真中使用频率较高,具有一定的代表性。

所谓爆炸是一种极为迅速的物理或化学的能量释放过程^[9]。在这一过程中,空间内的物质以极快的速度把其内部所含有的能量释放出来,转变成机械能、光和热等能量形态,通常同时伴随有强烈放热、发光和声响的效应。

爆炸可分为三类:物理爆炸(如锅炉爆炸)即由物理变化(温度、体积和压力等因素)引起的爆炸;化学爆炸(如炸药爆炸)即由化学变化造成的爆炸;核爆炸(如原子弹爆炸)即由于物质的核能的释放引起的爆

炸。在虚拟战场中模拟的爆炸主要是化学爆炸。

通过对真实场景中爆炸的视觉画面分析,通常发生爆炸时,首先产生持续时间很短的闪光和火球,接着是升腾起来的浓烟和飞溅的大小不一的碎片,还伴有剧烈的声响,随着时间的推移其形态逐渐变化直至消失。因此要完成对爆炸特效的模拟,需要调用基础特效库中的火光、烟雾、尘土、爆炸碎片和声效五部分。由于文中无法体现对声效的调用,于是这里对爆炸特效的模拟简化为火光、烟雾、尘土、爆炸碎片四部分。

如果将整个爆炸从产生到消失的过程视为一个时间区间,那么整个爆炸过程的视觉形态变化在各阶段的主要表现形式如图3所示。

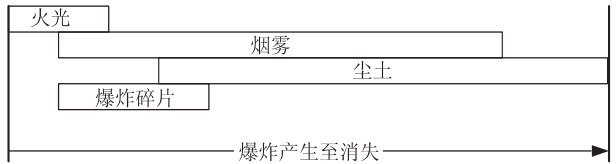


图3 爆炸特效全过程

进一步分析其相互间的位置和时间关系^[10]:

中心部分为火光。粒子呈高亮黄色,处于爆炸中心,在爆炸产生后迅速向四周扩散,存活时间极短,随粒子透明度的增加而消失。

设置 Firelight. constraint = " freeTarget "; Firelight. delay = 0.0; Firelight. lifetime = 0.3。

火光的外围是爆炸碎片。粒子呈红色,其生存周期较火光粒子要长,爆炸发生后粒子颜色逐渐变深,且粒子半径迅速扩大,同时向四周扩散。

设置 Explosion. constraint = " Firelight "; Explosion. delay = 0.3; Explosion. lifetime = 0.5。

最外围是烟雾和尘土粒子,颜色呈灰黑色,半径较大,生存周期最长。其在向四周扩散的同时围绕中心做旋转运动。

设置 Smoke. constraint = " freeTarget "; Smoke. delay = 0.3; Smoke. lifetime = 2.0;

Dust. constraint = " freeTarget "; Dust. delay = 0.9; Dust. lifetime = 2.0。

上述各组成部分的相互位置和运动关系如图4所示。

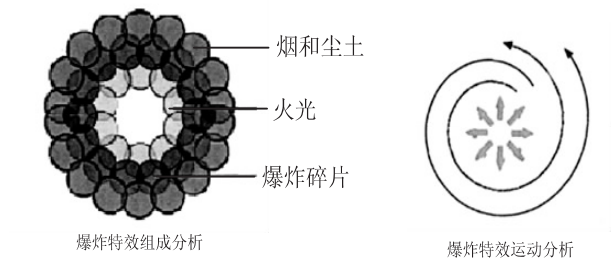


图4 爆炸特效组成分析和运动分析

特效发生的时机为弹丸落地的瞬间,即设置判断

条件为:

If(ammo. $z \leq 0$ 即弹丸世界坐标的 z 分量为小于或等于零时)

2.3 仿真实例

根据上述模型和算法编程实现对爆炸特效的仿真如图 5 所示。利用同样的步骤,分析炮口火焰和舰艇水幕特效的组成和运动方式^[11,12],得到仿真结果如图 6 所示。

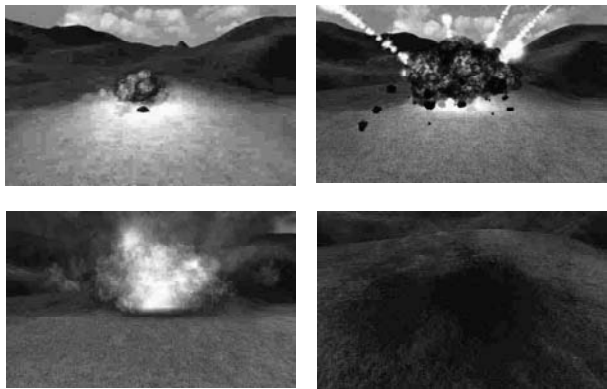


图 5 爆炸特效

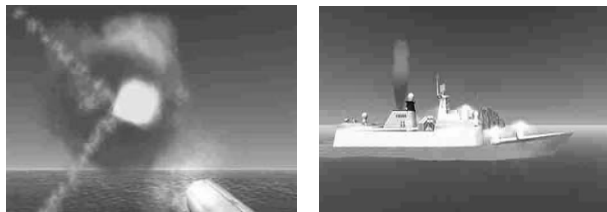


图 6 炮口火焰和舰艇开启水幕特效

文中对战场特效的模拟使用 Torque T3D 引擎,编程基于 torque script 脚本语言完成。

3 结束语

战场特效模拟是虚拟战场视景仿真的重点,也是难点,逼真的特效能够增强视景系统的真实性。文章对用粒子系统模拟战场特效的过程进行了研究,针对其随机性和复合性的特点,提出了一种基于基础特效

库,利用通用模型对基础特效进行组合和配置的方法,可以实现对多种战场特效的模拟,省却了为每一种特效单独进行设计,提高了代码的可重用性。实验表明:所生成的特效完全满足了系统的实时性要求,整个模拟过程从视觉上显得比较逼真,能够有效提高虚拟场景的沉浸感。

参考文献:

- [1] 范乃梅,马军霞. 基于粒子系统的烟雾和爆炸模拟[J]. 郑州轻工业学院学报,2009,24(5):77-80.
- [2] 余 洋. 基于粒子系统的爆炸效果模拟[D]. 合肥:安徽大学,2010.
- [3] William T R. Particle system—a technique for modeling a class of fuzzy objects[J]. Computer Graphics,1983,17(3):359-376.
- [4] 王子才. 仿真技术发展及应用[J]. 中国工程科学,2003,5(2):40-44.
- [5] 詹荣开,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.
- [6] 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):78-82.
- [7] Gross M E. A real time particle system for display of ship wakes[J]. IEEE Computer Graphics and Applications,1990,10(3):30-35.
- [8] 汪继文,余 洋,李玉梅. 基于粒子系统的陨石爆炸模拟[J]. 计算机技术与发展,2010,20(6):118-120.
- [9] 王红霞. 基于粒子系统的烟花仿真与实现[D]. 长春:东北师范大学,2008.
- [10] 郑 岌. 虚拟战场绘制的数据管理与特效生成[D]. 长沙:国防科学技术大学,2007.
- [11] Fosts N, Metaxas D. Realistic Animation of Liquid[J]. Graphical Models and Image Processing,1996,58(5):471-483.
- [12] 赵 欣,李凤霞,战守义. 基于粒子系统的舰船航迹仿真[J]. 计算机工程,2008,34(15):22-24.

(上接第 186 页)

- [5] 丁 波,晁爱农. 基于 Struts2 框架的 AJAX 开发研究[J]. 计算机工程与设计,2009,30(16):3910-3913.
- [6] Brown D. Struts2 in Action[M]. American:Manning Publications,2008.
- [7] 王 彬,张计龙. Struts2 框架的改进与实现[J]. 大连海事大学学报,2010,36(2):75-77.
- [8] Downpour. Struts2ognl[EB/OL]. 2011-06-01. <http://struts2.group.iteye.com/group/wiki/1353-ognl-catalyst-for-data-operation-in-struts2>.
- [9] Roughley I. Practical Apache Struts2 Web 2.0 Projects[M]. American:Apress,2007.
- [10] Qidaoxp. ValueStack 与 OGNL[EB/OL]. 2009-10-08. <http://qidaoxp.iteye.com/blog/482871>.
- [11] 李 刚. 轻量级 Java EE 企业级应用实战—Struts2+Spring3+Hibernate 整合开发[M]. 第 3 版. 北京:电子工业出版社,2011.
- [12] Kurniawan B. Struts2 Design and Programming: A Tutorial[M]. American:Brainysoftware,2008.

基于基础特效库的战场特效模型及其实现

作者：

方旭晖，徐晓刚，李增林

作者单位：

方旭晖, 李增林(海军大连舰艇学院 研究生管理大队, 辽宁 大连 116018)，徐晓刚(海军大连舰艇学院 装备自动化系, 辽宁 大连 116018)

刊名：

计算机技术与发展

英文刊名：

Computer Technology and Development

年，卷(期)：

2013(3)

本文链接：http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjtz201303049.aspx