

通用粒子系统模型优化研究

郭兰风^{1,3}, 孙少斌², 邢志华¹

(1. 装甲兵学院 研究生队, 安徽 蚌埠 233050;

2. 装甲兵学院 仿真中心, 安徽 蚌埠 233050;

3. 73047 部队, 安徽 滁州 239000)

摘 要:为提高通用粒子系统特效仿真的真实感,增加战场影响因子的属性和接口,以表现特效对其他作战要素的影响;采用基于双次多精度视点距离优化的系统结构,以提高粒子系统仿真的实时性;为提高渲染效率,结合 GPU 可编程流水线,利用曲面细分和数据缩放技术,节约存储空间和传输时间的同时增强仿真效果。最后针对优化前后粒子系统的性能,在相同硬件条件下模拟相同的战场特效,对优化后与优化前的粒子系统进行对比,结果表明优化后的系统在仿真中具有较大的优势。

关键词:粒子系统;效果优化;结构优化;渲染优化

中图分类号:TP391

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2013)06-0187-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.06.048

Study on Improvement of Universal Particle System Model

GUO Lan-feng^{1,3}, SUN Shao-bin², XING Zhi-hua¹

(1. Postgraduate Team of Academy of Armoured Forces, Bengbu 233050, China;

2. Simulating Training Center of Academy of Armoured Forces, Bengbu 233050, China;

3. Army 73047, Chuzhou 239000, China)

Abstract: Some attributes and interfaces of battlefield influence factors are added for expressing the influence to the other battle factors, so as to improve the real feeling of the special effect simulating based on universal particle system. Adopt the system structure based on view point distance of twice multiple precision optimization to improve the real-time of particle system simulating. In order to improve rendering efficiency, tessellation and data zooming technique are used in GPU programmable graphic pipeline, so that memory space and deliver time are saved, while simulating effect is enhanced. Finally, aiming at the performance before and after optimization of the particle system, in the same hardware condition simulate the same field effects, a contrast is made between the two particle system, and the result proves the advantages of the optimization.

Key words: particle system; effect optimization; structure optimization; rendering optimization

0 引 言

随着战场环境复杂度的提高以及军事应用要求的提高,特效中的粒子系统数量和规模不断增大,当前的粒子系统暴露出许多不足和缺陷^[1]。传统的完全基于 CPU 的粒子系统已经难以满足实时性要求,然而 GPU 凭借其强大的矢量运算能力、先进的硬件架构和高速的 IO 系统,大大提升了渲染流水线的性能^[2],但基于 GPU 优化和改进的粒子系统研究,却是方法单一更没有对 GPU 的一些最新功能和特性加以应用和发挥;而且目前一些粒子系统的开放性和扩展性差,这就使粒

子系统迫切需要统筹优化和改进算法。特别地,当前基于粒子系统的战场特效仿真,只注重了特效的显示效果,而把更重要的特效对其它作战要素的影响给忽视了。显示特效只能增强战场环境的视觉真实感,只有真正把特效的影响作用和效果体现出来,才能使仿真更加逼真,产生身临其境的感觉。

以往人们对运用粒子系统模拟特殊效果的研究大致可以分为两种方法,即特例法和属性参数法。特例法就是对某一种特殊效果进行单独建模、仿真,如基于粒子系统的火焰模拟、基于粒子系统的爆炸模拟等。

收稿日期:2012-09-04

修回日期:2012-12-10

网络出版时间:2013-03-05

基金项目:总参军训部武器装备课题(CXB07-TY_005)

作者简介:郭兰风(1985-),男,江西赣州人,硕士研究生,研究方向为计算机仿真;孙少斌,博士,副教授,研究方向为计算机仿真。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20130305.0814.006.html>

这种方法耗时耗力,模拟一种类型的特殊效果就要建立其特有模型和实现其相应算法,利用效率低下,操作不够方便,而且换一种类型的特效,它的模型和算法就要相应改变,十分麻烦^[3]。特例法重用性和开放性差,会造成大量的人力和物力的浪费。属性参数法就是通过设置和改变属性参数来控制粒子系统的外形和状态,从而模拟出不同类型的特殊效果。这种方法的变化不够灵活,对不规则模糊物体的随机性模拟的真实感不够强。而且目前对属性参数法的粒子系统仿真特殊效果研究,基本都是基于 CPU 的, GPU 的强大性能没有得到有效的发挥,仿真效率和实时性欠佳。

1 通用粒子系统模型优化方案

针对当前粒子系统模拟战场特效存在的不足,提出四点优化方案:增加战场影响因子的属性和接口,方便体现特效对战场其他作战要素的影响;基于双次多精度视点距离优化通用粒子系统结构,根据特效的显示要求,分两次五个等级对战场特效进行显示;基于 GPU 可编程流水线优化通用粒子系统的渲染效率,运用镶嵌着色器的细分曲面技术和几何着色器的数据缩放技术,细化粒子粒度和扩大粒子数量;基于固定小容量存储空间的优化,有效节约 CPU 的运算时间,大幅降低 CPU 和 GPU 之间的交互,使帧间转换更为流畅,提高通用粒子系统的运行效率。

1.1 提供战场影响因子的属性和接口

一种战场特效之所以发生,是由于受到其它作战要素的激发,同样的它也将对战场中的其它作战要素产生一定的影响^[4]。这种影响,在战场特效仿真中,通过战场影响因子来体现。也就是给粒子系统增加几种属性和接口,以表现每种战场特效产生的对其他作战要素的影响。具体来说,战场影响因子可以分为战场的通视性、战场的通行性和战场的毁伤性等。

战场特效对通视性的影响就是指,在特效的显示区域内,其它作战要素对其中的作战环境和实体的可见性减弱,甚至为零。基本上每种战场特效都会对战场中的其它作战要素产生通视性的影响,如:爆炸产生浓烟和火焰,使要透过它显示区域来观察的对象产生模糊,甚至看不清楚;而闪光弹产生的白光,更把它的显示区域致盲,使其它作战要素根本无法看清在区域内的物体或者透过区域观察物体。

战场特效对通行性的影响,主要来自于弹坑、火坑、火场、染毒地带以及江海河流等。江海河流特效非文中研究的内容,在此不做讨论。弹坑和火坑特效具有一定的宽度和深度,如果超过作战实体的战术性能的范围,将导致机械化战斗车辆和人员无法通过或者只能慢速通过;火场和染毒地带特效,由于范围较广,

区域较大,直接阻碍了作战实体的通行,战斗车辆和人员在没有足够防护措施的情况下,是无法通过的。

战场特效对毁伤性的影响,主要表现在:火焰会烧伤人员、烧坏装备;毒气会伤害作战人员等。当作战实体进入到特效所在区域时,通用粒子系统就将它模拟特效的毁伤性参数传递给实体,实体根据毁伤性参数,对自己的生命力、攻击力和防护力做相应的改变。比如一片 300 米 * 50 米的火场,人员强行冲击通过,就会使他的生命力减少为原来的一半,攻击力减少到原来的三分之二。

1.2 基于双次多精度视点距离优化结构

传统的通用粒子系统,大多数都是完全基于 CPU 实现的,使得 CPU 的负担过重;四川师范大学的王玲、罗军等设计的基于流的粒子系统以及吉林大学的李文辉、李晓萍等实现的基于 GPU 的粒子系统,把粒子系统基本转移到了 GPU 上来实现。然而 GPU 的功能主要只是针对图形渲染,对于复杂的数据运算效率是不高的,甚至不能完成,因此这种基于 GPU 的粒子系统的结构也是不可取的^[5]。

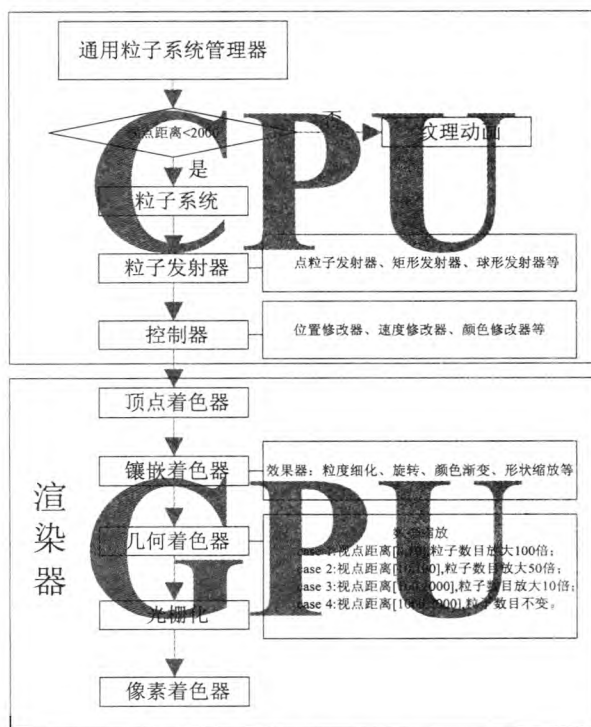


图 1 视点距离判定

基于双次多精度视点距离的通用粒子系统结构优化,就是充分发挥 CPU 和 GPU 各自的优势,避开各自的不足,实现优势互补。基于双次多精度视点距离,双次指的就是两次判断特效显示中心与视点中心的距离,多精度指的就是五种不同精度级别的效果显示。如图 1 所示:第一次视点距离判定是在 CPU 中进行的粗略判定,第二次精细的视点距离判定是在 GPU 中完成的。结构优化就是把通用粒子系统中适合 CPU 运

算的部分放在 CPU 里运行,而适合 GPU 运算的部分放到 GPU 里运行。具体来说就是涉及到较为复杂的运算和循环的部分放在 CPU 里,主要包括粒子的产生、粒子属性的更新以及粒子的遍历;而粒子的效果处理、粒子的微分细化、粒子的数据放大等就放在 GPU 里。

基于双次多精度视点距离的结构优化,基本思想就是第一次粗粒度视点判距,确定视点距离大于 2000 米的特效,由纹理动画单元进行特效的模拟;视点距离小于 2000 米的特效,用粒子系统来模拟。在粒子系统中,又分为四个等级,即:[1000,2000]、[100,1000]、[10,100]、[0,10]。粒子系统主要由粒子发生器、属性控制器、渲染器和效果器等模块构成。以往的粒子系统,主要的做法可以分为两种:一是把粒子发生器、属性控制器、效果器都集中在 CPU 里实现;另一种是粒子发生器在 CPU 中实现,属性控制器、渲染器和效果器在 GPU 里实现。结合双次多精度视点距离和 GPU 的最新特性,通用粒子系统采用的结构是,粒子发生器和属性控制器在 CPU 里实现,渲染器和效果器在 GPU 里实现。这样优化的好处就是 CPU 的逻辑运算能力能得到充分发挥,而 GPU 最新的可编程渲染也可以得到有效的运用。

1.3 基于 GPU 可编程流水线优化渲染

以 DirectX11 渲染管线为例, GPU 的图形渲染流程如图 2 所示^[6]。图中间部分沿着箭头的方向,渲染管线向前推进,最终完成图形渲染。渲染管线右侧是对应于管线各阶段的存储资源,左侧是对应的渲染对象。

粒子系统渲染进入到镶嵌阶段后,先后完成三个处理过程,即外壳着色器处理、镶嵌器处理和域着色器处理。外壳着色器和域着色器是可编程的,镶嵌器处理过程采用固定处理方法(Fixed-Function)。在外壳着色器中对细分的程度、分割的方法等进行编

程,完成对图元控制点(Patch Control points)进行变换,以及对图元的每条边进行镶嵌配置。然后把转换后的图元控制点和一些图元信息传递到镶嵌器和域着色器,镶嵌器的目标就是进一步把图元细分成更小单元的对象,它利用上一步输入进来的细分程度、表面类型、细分方法对每个图元进行操作,最后输出每个小单元顶点的纹理(uv)坐标和表面纹理信息给域着色器。域着色器接收来自镶嵌器产生的点和表面纹理信息,同时结合从外壳着色器直接传递进来的图元控制点,把这些点组合成一个更加精细的几何图形,然后把这些原有经过处理的点以及新产生的所有点,作为图元的一个个顶点向下一个阶段输出,完成一个粗粒度粒子图元到细粒度粒子图元的镶嵌处理过程。因此,只要对细分规则进行恰当的描述和表达,就可将粗粒度的粒子图元与细分规则传入渲染管线,在镶嵌阶段动态完成细分,从而大大节约存储空间和传输时间。

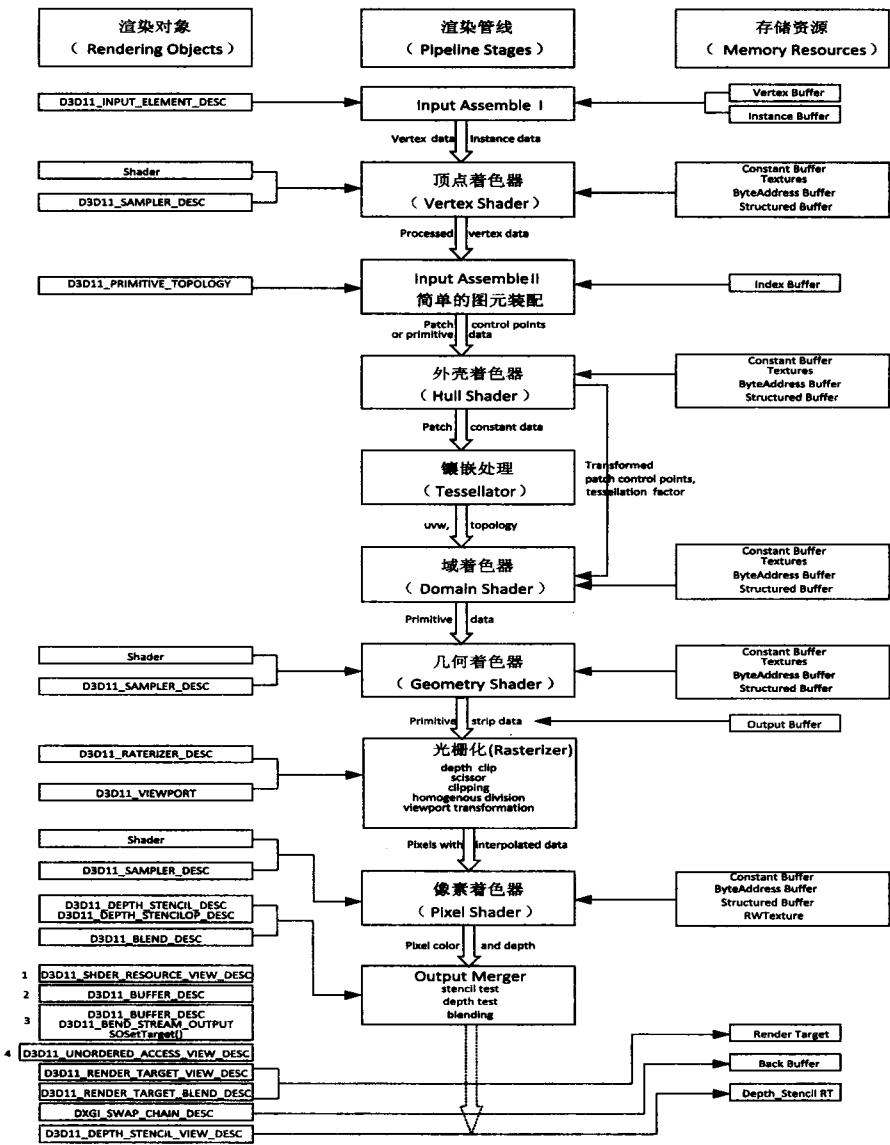


图 2 图形渲染管线
几何着色器根据上阶段传入的每个顶点信息及其

相关数据信息,完成对图元顶点的操作。几何着色器对图元进行处理时,不但可以对图元进行修改,还能够产生新的图元,比如:点可以生成线、线带、三角形,线可以产生线带、三角形,三角形可以产生三角形带等等。更重要的是它具有数据缩放功能,输入 1 个顶点最多可以生成 1024 个顶点输出,输入多个图元也可以输出 1 个图元,这样大大增强了灵活性,可以根据需要有效地提高场景的流畅性。比如:视点距离在 10 米至 100 米的距离范围内,每个粒子放大成 50 个,而在 10 米以内,每个粒子放大成 100 个。

1.4 基于固定存储方式优化粒子管理

基于粒子系统的战场特效仿真效率提升的一个瓶颈就是 CPU 与 GPU 之间的数据传输问题^[7]。要减少 CPU 与 GPU 之间的数据传输,就是在不影响仿真效果的前提下,减少 CPU 中的粒子数量^[8]。采用基于固定存储方式的粒子系统,能够达到这个要求。

传统的粒子系统的处理大都基于 CPU,粒子的存储是放在内存里,在 CPU 中完成所有粒子的产生与更新操作,而后把大量的数据传送到 GPU 进行渲染^[9]。在内存里存储粒子数据的方法分为两种,一种是静态分配存储空间的方式,采用的是数组结构或者线性链表结构存储;另一种是动态分配存储空间的方式,采用的是链表结构存储。第一种方法会造成大量的内存空间浪费,第二种方法会给 CPU 计算带来巨大的负担,而且两种方法都需要在内存和显存之间进行大量的数据交互。近年来,有些人提出基于 GPU 的粒子系统,用纹理来存储粒子的属性数据。这种方法虽然减少了内存与显存之间的大量数据交互,但是粒子数据在 GPU 里完成所有运算,显然有“过犹不及”之嫌,毕竟 GPU 是一个图形处理器,逻辑运算能力与 CPU 还是有差别^[10]。

文中对粒子数据在 CPU 处理阶段的存储采用静态小容量数组结构。采用静态数组存储的理由包括三个方面:

一是文中研究的战场特效主要是战场战斗特效,持续的时间都不长,不会长期占用内存空间;

二是静态数组存储的内存空间占用少,而且数据可以随机访问,数据的查找、遍历和读取效率高;

三是固定存储空间,避免大量的内存申请与释放,节约处理时间。

“小容量”的意思就是分配少量的空间,好处在于可以避免占用和浪费宝贵的内存空间,同时可以减少数据的计算和传递^[11]。必要条件是在后期渲染阶段,有数据放大的处理,又不至于影响特效仿真的效果。

系统中定义了一个粒子类,类中声明了粒子的各种属性,特别地定义一个生存标志。在粒子系统管理

器创建粒子系统时,分配一个最大存储量为 M 的数组来存储粒子对象。随着时间的推进,有的粒子死亡了,也就是生存标志显示为 0 时,不释放该空间,而是用来存储新产生的粒子或者空着。在把数据往 GPU 传送的时候,不传递死亡粒子的数据。也就是说 CPU 往 GPU 传送数据的最大可能量就是一个 M 数组。

2 实验及结果

在下列配置的电脑上实验,根据实验结果,得出性能对比图,细、粗曲线分别表示优化前、后粒子系统的性能,如图 3 所示。

处理器:Inter(R) Core(TM) i5-2410M CPU @ 2.30GHz(4 CPUs);

内存:DDR3 2G;

硬盘:500G;

显卡:NVIDIA GT-540M 1G。

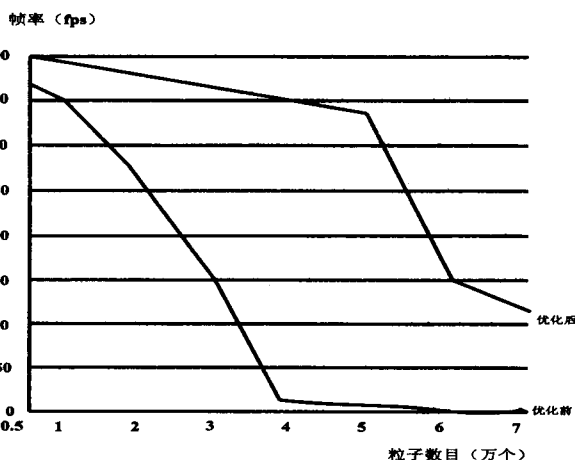


图3 粒子系统性能对比图

从图中可以看出,粒子数目在 5 万个以内时,优化后的粒子系统性能十分稳定,而优化前的粒子系统随着粒子数目的增大,性能下降明显。

3 结束语

文中对粒子系统模拟战场特效提出了四点优化方案,提供战场影响因子的属性和接口优化效果,基于双精度视点距离优化结构,基于 GPU 可编程流水线优化渲染,基于固定存储方式的粒子管理优化,有利于提高基于通用粒子系统的战场特效仿真的真实感和实时性。

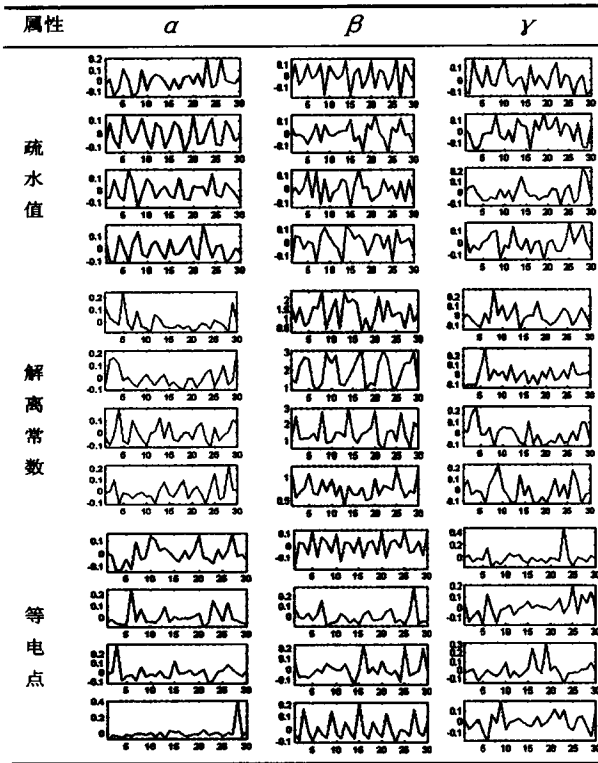
参考文献:

- [1] Latta L. Building a Million Particle System[C]//Game Developers Conference. New York: [s. n.], 2004: 222-253.
- [2] Rost R J, Kessenich J M. The OpenGL Shading Language [M]. [s. l.]: Addison-wesley Profession, 2010.

(下转第 194 页)

α 片段表现出很好的折叠性(疏水值正负交替);
 β 片层表现出周期规律性(与自身的折叠结构相关);
 γ 不规则片段表现比较琐碎,依据前两类可以排除得到这一类的分类。

表 3 主要物化性质的聚类结果图



通过对每次实验中,不同序列聚类得到的种类计数可以得出,83% 的 α 螺旋以及 87% 的 β 折叠体现出自身应有的特征。

6 结束语

通过上述实验的对比分析,发现了蛋白质三种二级结构各自的明显特征,但是这样的结果还是停留在定性分析之中,并没有特别详细的数据结果来充分进行说明,但是已经足够为下一步的研究奠定良好的基础。在后续研究中,将进一步合理优化序列相关度计算函数,同时增加长度不同的多序列对比分析,以提高

样本输入质量。另外,该聚类算法对单次运算的样本数目有着较为严格的要求,将会继续改进聚类算法以求满足更高的吞吐量,最终达到对蛋白质数据库中的全局序列进行一次性聚类分析,进一步量化提取上述特征,作为三维结构特征分析的依据,同时与其相应的三维空间结构建立关联规则。

参考文献:

- [1] 焉为家,郭雨珍.改进的粒子群算法求解蛋白质结果预测问题[J].计算机技术与发展,2011,21(12):109-112.
- [2] Zhang H X. The research of protein secondary structure prediction methods[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2004.
- [3] Chou P Y, Fasman G. Prediction of Protein Conformation [J]. Biochemistry, 1974, 13(2): 222-245.
- [4] Pollastri G. Structure, Function and Genetics [J]. Proteins, 2002, 47: 228-235.
- [5] Bo J, Guo T, Peng L W. Folding type-specific secondary structure propensities of amino acids, derived from α , β , α/β and $\alpha+\beta$ proteins of known structure [J]. BioPolymer, 1998, 45(1): 35-49.
- [6] Attwood T K, Croning R D M, Flower D R, et al. PRINTS: the database formerly known as PRINTS [J]. Nucleic Acids Res, 2000, 28: 225-227.
- [7] William N G, Bailey T L, Elkan C P, et al. Meta-MEME: Motif-based hidden markov models of biological sequences [J]. Computer Applications in the Biosciences, 1997, 13(4): 397-406.
- [8] Bailey T L, Elkan C. Unsupervised learning of multiple Motifs in biopolymers using expectation maximization [J]. Machine Learning, 1995, 21(1-2): 51-83.
- [9] 张斐,谭军,谢竞博.基于不同算法的 motif 预测比较分析与优化[J].计算机工程,2009,35(22): 94-96.
- [10] William N G, Bailey T L, Elkan C P, et al. Principles of protein folding - a perspective from simple exact models [J]. Protein Science, 1995(4): 561-602.
- [11] Moulton J, Fidelis K, Kryshchovych A, et al. Critical assessment of methods of protein structure prediction - Round VIII [J]. Proteins, 2009, 77(S): 1-4.

(上接第 190 页)

- [3] 王功明,郭新宇,赵春江,等.粒子系统的优化技术研究[J].计算机应用研究,2008,25(2): 495-497.
- [4] 孙少斌.分布式作战仿真技术[D].蚌埠:蚌埠坦克学院, 2010.
- [5] 孙少斌,李大鹏,陈璐.虚拟战场环境特殊效果仿真[J].火力指挥与控制,2010,35(12): 177-180.
- [6] Microsoft Corporation. Windows DirectX Graphics Documentation [M]. [s. l.]: [s. n.], 2009.
- [7] 汪继文,郑锋.基于 OpenGL 与粒子系统的喷泉模拟实

现[J].计算机技术与发展,2011,21(8): 161-164.

- [8] 张芹,吴慧中,张健.基于粒子系统的建模方法研究[J].计算机科学,2003,30(8): 144-146.
- [9] 李建明,吴云龙,何荣盛,等.基于粒子系统和 GPU 加速的喷泉实时仿真[J].系统仿真学报,2009,21(10): 3139-3141.
- [10] 贾丽.基于粒子系统的自然现象仿真[D].武汉:武汉理工大学,2008.
- [11] 冷冕冕.坦克分队分布式虚拟战场环境构建研究[D].蚌埠:蚌埠坦克学院,2009.

通用粒子系统模型优化研究

作者：

郭兰风, 孙少斌, 邢志华, GUO Lan-feng, SUN Shao-bin, XING Zhi-hua

作者单位：

郭兰风, GUO Lan-feng(装甲兵学院研究生队, 安徽蚌埠233050;73047部队, 安徽滁州239000), 孙少斌, SUN Shao-bin(装甲兵学院仿真中心, 安徽蚌埠, 233050), 邢志华, XING Zhi-hua(装甲兵学院研究生队, 安徽蚌埠, 233050)

刊名：

计算机技术与发展 

英文刊名：

Computer Technology and Development

年, 卷(期)：

2013, 23(6)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjtz201306048.aspx