

基于几何建模的旗帜飘动模拟研究与实现

李婷婷

(大连东软信息学院 辽宁 大连 116023)

摘要: 为了增强虚拟现实系统的沉浸感,常常需要在虚拟场景中模拟各种自然现象或者一些特定的物理模型。旗帜模拟属于虚拟现实技术模拟中的一个分支。因此,研究虚拟现实系统中旗帜模拟对于虚拟现实技术的发展具有一定的意义。为了真实地模拟旗帜在风力作用下飘动的动态效果,提出了一种基于几何建模方式快速构建旗帜表面的方法。该方法利用正弦/指数函数模型快速构造旗帜表面网格,将旗面网格进行分区,然后采用不同的刷新频率控制旗面运动速度,呈现出风力作用下旗帜表面运动模拟效果,最后通过纹理映射、色彩融合以及光照技术渲染出最终效果。实验结果表明,基于几何建模方式实现旗帜模拟具有实现简单、内存消耗小等优点,可以实现富有动感且视觉逼真的旗帜连续抖动效果。

关键词: 几何建模; 旗帜模拟; 纹理映射; 色彩融合; 虚拟现实

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2019)02-0087-03

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2019.02.018

Research and Realization of Flag Flutter Simulation Based on Geometry Modeling

LI Ting-ting

(Dalian Neusoft University of Information, Dalian 116023, China)

Abstract: In order to enhance the immersion of virtual reality system, it is often necessary to simulate various natural phenomenon or some specific physical models in the virtual scene. Flag simulation is a branch of virtual reality technology simulation. Therefore, the study of flag simulation in virtual reality system has certain significance for the development of virtual reality technology. In order to simulate the dynamic effect of the flag fluttering under the wind, we propose a method of fast construction of the flag surface based on geometric modeling. This method utilizes sine/exponential function model to rapidly build and district flag surface grids. Then by using different refresh frequency, it controls the speed of the flag surface movement, showing the simulation effect of the flag surface movement under the wind. At last, the final effect is rendered by texture mapping, color fusion and lighting technology. Experiment shows that the proposed method is easy to implement with low memory consumption, which can achieve dynamic and vivid fidelity of continuous jitter effect of the flag.

Key words: geometric modeling; flag simulation; texture mapping; color fusion; virtual reality

0 引言

近年来,随着虚拟现实技术及计算机动画技术的快速发展,人们对计算机动画模拟的真实性及稳定性等方面也相应提出了更高的要求。旗帜飘动模拟可以实现在虚拟场景中,旗帜表面在自然风力作用下随风飘动效果,在影视广告、数字娱乐以及三维游戏等方面应用广泛。同时,其在学术领域也受到了广泛关注并得到了深入研究。例如,Chen等在流体力作用下,研究了湿润织物面料的流体扩散效果^[1-2];Liu等模拟了织物面料在风力影响下产生的动态效果^[3];吕梦巧等

基于柏林函数构建风场,模拟织物面料受风力影响下的运动效果^[4]。目前,已有很多专家学者对织物面料受力运动进行了模拟研究,旗帜飘动作为布料动画的一种,研究甚少。因此,文中采用几何建模方式仿真出风力作用下的旗帜飘动的动态效果,以实现动态旗帜飘动快速逼真的仿真效果。

1 基于几何的旗帜建模

构建旗帜模型是旗帜模拟中最基本同时也是最关键的核⼼问题,几何法和物理法是两种经典方法^[5]。

收稿日期: 2018-01-29

修回日期: 2018-05-05

网络出版时间: 2018-11-15

基金项目: 辽宁省自然科学基金计划项目(ZX2016KJ008);大连市社会科学院课题(ZX2018SK010)

作者简介: 李婷婷(1985-),女,硕士,讲师,研究方向为虚拟现实技术。

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20181115.1051.082.html>

基于物理的建模方法能够表现旗帜真实的物理运动,但是需要求解一组复杂的微分方程,计算开销大,计算效率受数值方法的稳定性限制^[6]。近年来,随着虚拟现实领域对模型动画实时性和稳定性的迫切需求,基于几何方法建模方式呈现出新的优势,因为几何法不考虑旗帜面料本身的物理特性,无需求解复杂的动力学方程组,计算稳定,生成动画的效率也很高^[7]。因此,文中采用基于几何建模方式模拟旗帜在风力作用下的动态飘动效果。

1.1 旗帜的网格化

采用四边形网格对旗面进行建模,四方网格模型由 $M \times N$ 个质点构成。坐标原点 O 在屏幕的左下角, X 轴正方向为水平向右, Y 轴正方向为垂直向上, Z 轴正方向为垂直屏幕向外。在 XOY 平面内设定 $M \times N$ 个距离相等的质点表示旗面,这些质点按照自左向右、自上向下的顺序排列,按照质点排列的顺序对质点进行编号,从左上角到右下角,得到编号的 ID 为 0 到 $(M-1) \times (N-1)$ 的 $M \times N$ 个质点。

1.2 旗帜飘动的总体建模

在对旗帜表面进行网格化排位后,为了模拟旗帜飘动过程,需要根据旗帜表面的运动原理实时计算网格中每个质点的坐标值。根据旗帜飘动特性可知,在平稳的微风吹拂下,旗帜飘动呈现出一定的波动周期性,采用正弦函数予以建模,而对于风力较大且吹拂方向不均时,旗帜表面的飘动特性则可以采用指数函数予以建模。

正弦函数的表现形式为 $Y = A \sin(\omega x + \varphi)$,其中 ω 用来确定旗帜表面飘动的波动周期, A 用来确定旗帜飘动的幅值,而 φ 用来确定在不同网格上质点的“错位”情况;指数函数表现形式为 $Y = a^x (a > 0, a \neq 1)$, a 用来控制旗帜表面的起伏程度。

1.3 旗帜的运动模拟

旗帜运动模拟过程可以认为是质点间 Z 轴数值传递过程,通过不断变换 Z 轴数值来实现旗帜飘动效果。 Z 轴数值变化可以通过指数函数和正弦函数实现。为了体现出旗帜飘动过程中更多的细节特征,将旗帜网格划分为 3 个区域。其中 0~15 列质点为区域 1,16~34 列质点为区域 2,35~49 列质点为区域 3。

(1) 微风影响下,旗帜表面运动建模(正弦函数)。

区域 1: $\alpha (\sin((8x) * \text{rand}() * \delta))$;

区域 2: $\beta (\sin((8x) * \text{rand}() * \delta))$;

区域 3: $\gamma (\sin((8x) * \text{rand}() * \delta))$ 。

其中, α 、 β 、 γ 分别为旗帜飘动时的震动幅度影响因子; δ 为随机因子,实际应用时可根据情况进行设置。在后面的实验中分别选取 α 、 β 、 γ 为 1.5、2.5 和 4.5, δ 为 4×10^{-6} 。

(2) 较大风力影响下,旗帜表面运动建模(指数函数)。

区域 1: $a^{\alpha * \sin(9x)}$;

区域 2: $b^{\beta * \sin(9x)}$;

区域 3: $c^{\gamma * \sin(9x)}$ 。

其中, a 、 b 、 c 分别为旗帜质点起伏程度因子。实验中分别选取 a 、 b 、 c 为 1.04、1.06、1.08, α 、 β 、 γ 为 3.5、5.0 和 6.5。

1.4 旗帜飘动速度控制

为了体现出旗帜受风力影响下的动态飘动效果,根据划分好的旗帜网格区域进一步将 Y 轴上质点进行分区,一共划分出三个区域,通过设置不同的刷新频率来实现旗帜表面运动效果的不同,从而动态模拟旗帜飘动过程中受风力影响的效果。实验中设置 0~15 行质点为 V_1 速度刷新区,16~34 行质点为 V_2 速度刷新区,35~49 行质点为 V_3 速度刷新区。

2 旗帜的绘制

在旗帜几何造型的基础上,采用纹理映射的方法渲染旗帜表面,同时采用色彩融合技术和灯光特效来增强旗帜飘动时的视觉效果^[8-9]。

(1) 纹理映射。

纹理映射是把存储在内存里的位图包裹到所生成的旗面网格上,增强旗帜飘动时的真实感。文中选取蓝色水波纹作为纹理测试图片,如图 1 所示。

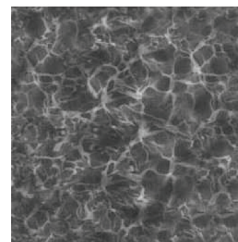


图 1 旗面纹理测试图

在具体实现过程中,首先对旗帜的纹理测试图像进行分块(将图像划分为 50×50 大小的矩形块),然后将每块小纹理图像对应实时地映射到旗面网格的每个四边形小网格上。

(2) 色彩融合。

文中采用色彩融合技术来实现旗帜色彩融合的视觉效果。首先,将旗帜颜色各分量依据一定的比例混在一起。然后,修改 $\text{RGBA}(r, g, b, a)$ 中各颜色分量中 Alpha 值,定义 a 为不透明性,称 $(1-a)$ 为透明性^[10]。实验中使用的具体融合函数如下:

```
glEnable( GL_BLEND );
glColor4f( 1.0f, 1.0f, 1.0f, 0.5f );
glBlendFunc( GL_SRC_ALPHA, GL_ONE_MINUS_SRC_ALPHA );
```

(3) 添加光照。

在虚拟仿真中光源特效种类很多,有全局环境光、双面光照、光的衰减、聚光、多光源、光源位置的改变等等。为了增强旗帜飘动时的视觉效果,在场景中添加全局环境光和漫反射光源特效,并将光源位置定义在(0,0,2)处。具体实现时,首先在程序中创建光源并设定光源位置,接下来再启动光照。实验中使用的光照函数如下:

```
GLfloat LightAmbient[] = { 0.5f, 0.5f, 0.5f, 1.0f };
GLfloat LightDiffuse[] = { 1.0f, 1.0f, 1.0f, 1.0f };
GLfloat LightPosition[] = { 0.0f, 0.0f, 2.0f, 1.0f };
glEnable( GL_LIGHTING );
```

3 交互控制

在虚拟场景漫游中,观察者可以通过设定时间控制器或是键盘来控制视点的位置、视向和参考方向^[11]。视线方向可以由参考点位置确定,漫游的过程就是通过不断移动视点或改变视线方向进行^[12-13]。采用键盘上 w、s、a、d 键实现观察者的前后左右移动,进而实现控制用户在虚拟场景内的漫游效果;采用 z、x 键实现仰头和低头动作;采用 q 键实现升旗操作;采用 e 键实现降旗操作,交互控制效果如图2所示。

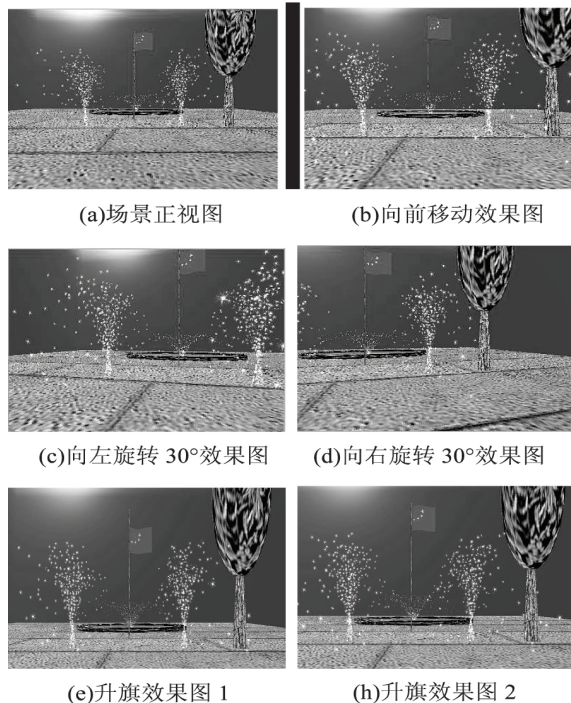


图2 旗帜交互效果图

4 实验结果

为了验证旗帜飘动效果,文中进行了大量仿真实验。实验在配置为 Pentium(R) G4400、CPU 3.3 GHz、DDR4 4G 内存及 Intel HD Graphics 510(128M) 核心显卡的 PC 机上,编译环境为 Visual Studio 2010,代码编

写采用 C++ 语言,通过调用 OpenGL 函数库实现。旗帜飘动实验结果如图3~4所示。为了验证旗帜建模的有效性,还分别构建了两个虚拟场景,将旗帜分别放入虚拟场景中模拟出当受到不同风力作用时,旗帜飘动的不同效果,如图5~6所示。

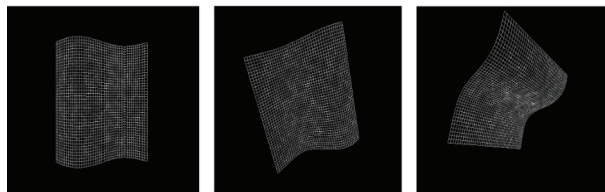


图3 旗帜网格效果图

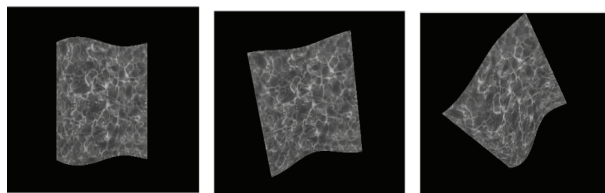


图4 旗帜表面效果图

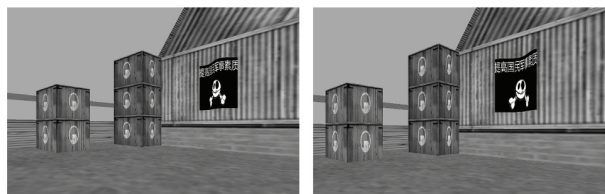


图5 风力较大情况下的旗帜飘动效果图

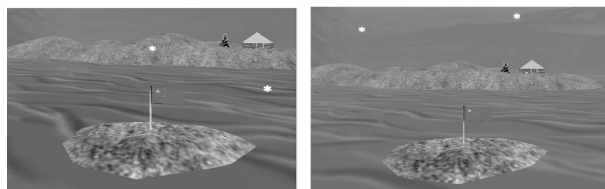


图6 微风情况下的旗帜飘动效果图

5 结束语

旗帜飘动过程具有动态变化的特性,而用尽可能少的时空开销去模拟旗帜飘动效果是文中主要的研究任务。对此,提出一种基于几何建模方式快速构建旗帜网格平面,通过对旗帜网格平面的分区刻画出不同刷新频率下旗帜的飘动效果。实验结果表明,该方法实现简单,消耗计算机内存小,同时考虑到了风力作用下的动态变化效果,可满足影视、娱乐、数字游戏中对动画实时性的要求,取得了较好的模拟效果。下一步将继续考虑采用物理建模方式并利用 GPU 加速处理,得到更为真实、流畅的旗帜模拟效果。

参考文献:

- [1] CHEN Y J, THALMANN N M, ALLEN B F. Physical simulation of wet clothing for virtual humans [J]. The Visual Computer, 2012, 28(6): 765-774.

(下转第95页)

求解效率和优化能力上有明显的优势。首先经过粒子群算法的优化,初始聚类中心得到了改善,不再是随机或者人为给定,避免了传统算法由于初期信息素缺乏而造成的盲目性,也有利于蚁群算法更精确的求解。

5 结束语

仿真实验表明,通过设定粒子群和以个体轮廓系数作为适应度函数评价准则,使得 K-Means 聚类的最佳聚类数目得以确定,个体轮廓系数结合粒子类内距离与类间距离,判断某个粒子被聚到某一类的合理性,数值越大,表明某粒子的类内平均距离与类间平均距离的差异性越大,即越合理;另外,通过设定粒子群,避免个体轮廓系数陷入局部最优,文中将粒子群个数取 30,30 个粒子群的平均个体轮廓的系数值作为最终值。

初始聚类中心优化的好坏程度,主要体现在最终聚类的时间性能和优化性能上,文中算法的优势较其他算法均有体现,具有可行性。并且该算法能够应用于所有类型的数据集。此次实验数据是建立在小型数据平台实现的,对于大数据平台 Hadoop 应用是下一步研究的重点。

参考文献:

- [1] PELLEGRINO D, MOORE A. X-means: extending K-Means with efficient estimation of the number of clusters [C]//Proceeding of the 17th international conference on machine learning. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2000: 727-734.
- [2] 韩凌波. K-均值算法中聚类个数优化问题研究 [J]. 四川理工学报, 2014, 28(1): 116-120.
- [3] 胡旺, Gary G. YEN, 张鑫. 基于 Pareto 熵的多目标粒子群优化算法 [J]. 软件学报, 2014, 25(5): 1025-1050.
- [4] VAN DER MERWE D W, ENGELBRECHT A P. Data clustering using particle swarm optimization [C]//Congress on evolutionary computation. Canberra, ACT, Australia: IEEE, 2003: 215-220.
- [5] 白树仁, 陈龙. 自适应 K 值的粒子群聚类算法 [J]. 计算机工程与应用, 2017, 53(16): 116-120.
- [6] JAFAR O A M, SIVAKUMAR R. A study on fuzzy and particle swarm optimization algorithms and their applications to clustering problems [C]//IEEE international conference on advanced communication control and computing technologies. Ramanathapuram, India: IEEE, 2012: 462-466.
- [7] 潘晓英, 陈雪静, 李昂儒, 等. 基于自适应步长的萤火虫划分聚类算法 [J]. 计算机应用研究, 2017, 34(12): 3576-3579.
- [8] 朱春, 李林国, 郭剑. 基于改进布谷鸟优化的模糊聚类图像分割 [J]. 计算机科学, 2017, 44(6): 278-282.
- [9] 梁冰, 徐华. 基于改进人工蜂群的核模糊聚类算法 [J]. 计算机应用, 2017, 37(9): 2600-2604.
- [10] 陈睿, 赵志刚, 张雁茹, 等. 基于改进粒子群蚁群算法的多目标双边匹配问题 [J]. 计算机工程与设计, 2017, 38(1): 220-225.
- [11] 柴宝杰, 刘大为. 基于粒子群优化的蚁群算法在 TSP 中的应用 [J]. 计算机仿真, 2009, 26(8): 89-91.
- [12] 潘鸿雁. 基于蚁群算法和粒子群算法的 Ad Hoc 网络组播路由的研究 [D]. 秦皇岛: 燕山大学, 2014.
- [13] SHI Y, EBERHART R C. A modified particle swarm optimizer [C]//Proceedings of the IEEE international conference on evolutionary computation. [s.l.]: IEEE, 1998: 69-73.
- [14] 石油大学, 2014.
- [15] FOSTER N, METAXAS D. Modeling water for computer animation [J]. Communications of the ACM, 2000, 43(7): 60-67.
- [16] 黄聪. 基于振动力和风力作用的服装仿真研究 [D]. 成都: 西南交通大学, 2016.
- [17] 范小娜. 基于 Kinect 三维重构及织物模拟研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2014.
- [18] 李杰. 面向智能眼镜的交互控制系统研究及实现 [D]. 成都: 电子科技大学, 2015.
- [19] 吴艳繁. 基于视线追踪的人机交互系统 [D]. 长春: 吉林大学, 2014.
- [20] 周忠, 周颐, 肖江剑. 虚拟现实增强技术综述 [J]. 中国科学, 2015, 45(2): 157-180.
- [21] PATKAR S, GHAUDHURI P. Wetting of porous solids [J]. Visualization and Computer Graphics, 2013, 19(9): 765-774.
- [22] LIU Zhibin, LI Zhanli. Dynamic cloth animation in virtual environments [C]//Proceedings of the conference on information visualization. [s.l.]: IEEE, 2006: 761-765.
- [23] 吕梦雅, 许立瑶, 唐勇, 等. 随机可控风场中三维布料实时仿真 [J]. 小型微型计算机系统, 2015, 36(12): 2769-2772.
- [24] INAKEAGE M. A simple model of flames [C]//Proceedings of the CGI90. [s.l.]: [s.n.], 1990: 71-81.
- [25] 石敏, 毛天露, 夏时洪, 等. 布料动画方法研究进展及问题 [J]. 计算机学报, 2012, 35(12): 2446-2458.
- [26] 刘亦歆. 三维场景中柔性物体仿真的研究 [D]. 成都: 西南

(上接第 89 页)