

学校编码: 10384
学号: 31520101153173

分类号____密级____
UDC_____

厦 门 大 学

硕士学位论文

基于控制器驱动的二维网格变形动画
研究及其计算实现

The Research and Implementation of Mesh Deformation
for 2D Animation Driven by Handles

谢丹

指导教师姓名: 周昌乐教授

专业名称: 计算机技术

论文提交日期:

论文答辩时间:

学位授予日期:

答辩委员会主席: _____

评阅人: _____

2013年5月

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为（歌舞动漫）课题（组）的研究成果，获得（歌舞动漫）课题（组）经费或实验室的资助，在（艺术认知）实验室完成。（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

摘要

通过网格变形来生成二维动画的技术以其良好的变形速度和效果受到越来越多的重视，但使用现有的自由变形法、基于骨架驱动和基于网格曲面的变形法还不能获得多种风格的实时变形。通过对现有方法的借鉴和整合，得到本文基于调和坐标下的权值驱动的变形方法。它对带约束条件的拉普拉斯方程式求解得到权值，再利用线性混合插值法驱动网格的变形。调和坐标的方法弥补了均值坐标下权值分布缺失的内部局部性和非负性，能够得到更加自然地变形效果。传统的在骨骼或者外框控制下的线性混合插值变形往往需要人为的权值绘制或者为网格模型构造一个封闭的多边形外壳，而基于调和坐标下的权值可以自动生成。

本文第一个创新点是有限元方法的思想应用到对控制器权值的求解上，通过对构造的拉普拉斯能量函数进行最优化，得到了求解权值的线性方程组。这种方法解决了一般调和坐标下，求解权值没有封闭表达式的问题。权值求解时受到表示结构边界的约束条件限制，使得控制器的变形影响具有对网格的结构感知能力和局部区域性；在有限元方法框架下求解权值的过程中，因为使用到了余切拉普拉斯权值矩阵，变形时能有效保留网格模型的局部几何细节。

第二个创新点是针对一阶调和坐标平滑性和局部稀疏性不足以及二阶下容易产生意外极值点和过于柔顺的缺点，提出了一种面向刚柔动作混合的变形生成方案：混合阶调和坐标下的变形。将这种方法应用到了皮影戏人物的动作变形上，变形结果很好地缓和了一阶和二阶下各自缺点的同时，实现了造型阶段无延时，总耗时在可接受范围内的目标。

关键字： 网格变形 控制器 调和坐标 皮影动画

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Abstract

Create a new 2D animation through mesh deformation is attracting more and more attention and research, because of the good performance and efficiency of deformation. But the means now available, such as free-form deformation, skeleton-driven deformation and surface-based deformation, all can not achieve various style of motion deformation in real time. Recently weight-driven deformation by harmonic coordinate has been proposed based on reference and integration of existing methods. It first obtain the weight by solving the Laplace equation with bound constrain, then use the weight to drive deformation with linear blending skin. Harmonic coordinate possess interior locality and non-negativity, which mean value coordinate lacks, the deformation seems more nature. In previous methods, linear blending skin for skeleton or cages may need manual weight painting or modeling closed polyhedral lattices around mesh object. But in our methods, weights are automatically generated and user can make the design and control of deformation simpler with the most convenient combination of handle types.

The first innovation is we use finite element method to solve the weight of handle in a linear equation, while the previous harmonic methods do not have a closed expression. the weights are solved subject to bound constraints which indicates the topology information, so the handle can spreads its influences in a shape-aware and localized manner. At the same time, cotangent Laplace weight matrix are concerned in weight optimization with finite element method, which makes it possible to customize the weights so that they preserve the local features of the object.

This method also has many drawbacks, such as the absence of smoothness

and locality and sparsity in harmonic coordinate or the local maximum comes out in bi-harmonic coordinate with a lot of time consuming. The second innovation is we proposed a new scheme called mixed-order harmonic coordinate based deformation, which is suited for the deformation mixed with soft and rigid part. When we use it to generate new motion with the style of shadow play, the result shows that the drawbacks are alleviated with satisfactory time consuming.

Key Word: Mesh deformation Handle Harmonic coordinate
Shadow play animation

目录

摘要	I
Abstract	III
第一章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究现状	2
1.2.1 自由变形方法	2
1.2.2 骨架驱动的变形方法	4
1.2.3 基于网格曲面的变形方法	6
1.3 论文的主要工作	9
1.4 本文的组织结构	9
第二章 网格变形的理论基础	11
2.1 相关内容介绍	11
2.1.1 网格	11
2.1.2 拓扑性质	12
2.1.3 微分域坐标	13
2.1.4 质心坐标	16
2.1.5 变形能量函数	19
2.2 有限元素法	20
2.3 稀疏矩阵求解	21
2.4 二次能量函数最优化	24
2.5 本章小节	26
第三章 调和坐标驱动下的变形	27
3.1 相关介绍	27
3.2 调和坐标下的变形	27
3.2.1 调和坐标的提出	27
3.2.2 线性混合蒙皮变形	28
3.2.3 调和坐标的实现	30
3.2.4 权值求解	31
3.3 混合阶调和权重下的变形	39
3.4 本章小节	44
第四章 应用及其效果	45
4.1 皮影戏的相关介绍	45
4.2 皮影人物的变形实现	46
4.3 结果分析与讨论	50
4.4 本章小节	52
第五章 总结与展望	53

5.1 论文工作总结	53
5.2 未来展望	54
参考文献	55
致谢	59

厦门大学博硕士论文摘要库

目录

摘要.....	I
Abstract.....	III
Chapter 1 Introduction	1
1.1 Background	1
1.2 Research Status	2
1.2.1 Free-form Deformation.....	2
1.2.2 Skeleton-driven Deformation.....	4
1.2.3 Surface-based Deformation.....	6
1.3 Main Work of Paper	9
1.4 Structure of Paper	9
Chapter 2 Theory of Mesh Deformation.....	11
2.1 Introduction	11
2.1.1 Mesh.....	11
2.1.2 Topological Property.....	12
2.1.3 Laplacian Coordinate.....	13
2.1.4 Barycentric Coordinate.....	16
2.1.5 Deformation Energy Function.....	19
2.2 Finite Element Method	20
2.3 Solution of Sparse Matrix	21
2.4 Quadratic Energy Optimization	24
2.5 Summary	26
Chapter 3 Deformation Driven by Harmonic Coordinate....	27
3.1 Introduction	27
3.2 Deformation under Harmonic Coordinate	27
3.2.1 Propose of Harmonic Coordinate.....	27
3.2.2 Linear Blending Skin.....	28
3.2.3 Implementation of Harmonic Coordinate.....	30
3.2.4 Weight solution.....	31
3.3 Mix-order Harmonic Coordinate	39
3.4 Summary	44
Chapter 4 Application and Result.....	45
4.1 Introduction of Shadow Play	45
4.2 Deformation Implementation of Shadow Play	46
4.3 Analysis and Discussion	50
4.4 Summary	52

Chapter 5 Conclusion and Prospect	53
5.1 Conclusion of paper	53
5.2 Prospect	54
Reference	55
Thanks	59

厦门大学博硕士学位论文摘要库

第一章 绪论

1.1 研究背景

近年来，动画被人们广泛地使用在的少儿节目、新闻、电影等多种场合。比如，深受小孩子喜爱的动画片《喜洋洋与灰太狼》；重大的事件在新闻频道里回顾时使用的动画模拟；人物形象逼真、动作自然的电影《阿凡达》等，如图 1.1 所示。动画给人类带来了快乐，提高了生活的品质。



图 1.1 各种应用场合下不同形式的动画

利用动作捕捉技术，使用相关的仪器来得到逼真的实时的三维动画的技术已经非常成熟，但在生成实时逼真的二维动画方面，虽然提出了动画路径插值^[1]、动作重用^[2]、动画检索^[3]等最新的动画生成技术，可由于动作过渡不自然、动画风格单调、动画素材库获取困难等原因，导致很多专业动画工作室仍然使用原始的关键帧和中间帧技术。使用这种技术来制作二维动画非常地繁琐和劳累，一段短短几分钟的动画一般可能需要几天甚至几个月的时间。到了 20 世纪 80 年代，人们开始从纸上制作动画转向利用计算机来辅助制作，使用的软件如 ToonBoon, Flash Adobe。在这些软件的帮助下，动画师可以省去一些关键帧插值和颜色填充

等工作,但是尽管使用了这些软件,二维动画的制作对于普通人来说还是很困难,因为它要求制作者有一定的美术功底和动画制作基础。比如当你想生成一段二维卡通角色的运动动画时,需要自己设计并绘制这段运动上的每个关键帧。

为了进一步减少制作者的工作量,提高动画生成的效率,使用网格模型变形来产生新的动作关键帧从而生成动画的方法开始受到越来越多地关注^{[4][5]}。网格是计算机中对客观实物虚拟化时的边界表示。边界表示记录的是物体的几何信息(Geometry)和拓扑信息(Topology),前者表示物体的形状,大小,尺寸和位置等相关信息;后者则反应了几何元素之间的相互连接关系。多边形网格就是边界表示模型中典型的一种,它使用面片的组合表示物体的表面,这些面片都可以转化为三角网格模型,目前主流的表达方法也就是三角网格。

通过对三角网格模型进行变形编辑,用户无需知道曲面的数学表达形式就可以得到动画中角色新的动作。网格的变形操作,对于顶点较少的模型,只要在原有网格上对各顶点进行操作就可以得到满足用户需求的新形状的网格。但是,当顶点的数目达到成千上万个时,对每个顶点都进行操作,不但效率不高,而且在编辑后很容易就使网格失去了原有的局部几何细节。因此,如何在减少用户的工作量的同时,使得网格变形前后的网格特征都得到保持,成为了研究者们一致追求的目标,他们也都得出了一些研究成果。

1.2 研究现状

根据相关的研究成果中,网格在用户的操作下变形方式的不同,我们分别对这些网格变形算法进行介绍。

1.2.1 自由变形方法

为了提高复杂模型的编辑效率,Sederberg 和 Parry 首先提出了自由变形(FFD)的概念^{[6][7]},其基本思想是:首先在原有几何模型的基础上构建一个简单的中间空间,然后根据各部分对应关系把网格模型嵌入到此中间空间中。在进行变形时,用户通过编辑中间空间,把中间空间的形状变换传递给嵌入其中的网格模型,这样就实现了对原有网格模型的形变操作。此方法存在两个映射过程:一是将世界

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库