

学校编码: 10384

分类号 \_\_\_\_\_ 密级 \_\_\_\_\_

学 号: 24320061152656

UDC \_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

虚拟人步行运动模拟与三维场景中路径规划的  
研究与实现

The Research and Implementation of Simulating Virtual Human  
Walking and Path Planning in Three-Dimensional Virtual  
Environment

张 寒 晖

指导教师姓名: 姚俊峰 副教授

专 业 名 称: 计算机软件与理论

论文提交日期: 2009 年 5 月

论文答辩时间: 2009 年 月

学位授予日期: 2009 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2009 年 5 月

厦门大学博硕士学位论文摘要库

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( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )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

计算机动画在当今具有广泛的应用，无论游戏、电影还是虚拟现实，到处都有它的身影。人物动画作为计算机动画的一部分，是一个应用研究热点。因为人物运动的复杂性，无论是人体关节的相互作用，还是皮肤之间的作用，都会随着运动的不同而不同。想逼真模拟人物运动，不仅要考虑人物的逻辑动作，还要处理好皮肤等组织的变形。而将人物放置到虚拟环境中，还需要考虑在环境中如何运动以及与环境中的其它物体之间的碰撞检测。这些都具有相当的难度。

本文的研究工作分为三个主要部分：第一部分是虚拟人运动模型的建立；第二部分是虚拟人运动控制；第三部分是基于 A\*算法的三维地形条件下的路径规划。

虚拟人模型是三维计算机动画的基础，在三维人体动画中，首要问题就是要构造出逼真的人体模型。本文采用分层虚拟人表示方法，在这样一种分层表示模型中，一个虚拟人模型由基本骨架层和皮肤层组成。其中的基本骨架由关节确定其状态，决定了虚拟人体的基本运动姿态，然后由皮肤层确定虚拟人显示的外观。

运动控制是虚拟人研究中一项十分重要的内容，也是本文的一个研究重点，本文主要结合了关键帧方法和逆运动学方法来实现虚拟人的步行运动。生物学的研究把步行运动归结为两个运动相的循环：站立相和摇摆相。本文根据这两个运动相将每一步划分成三个阶段，并借助 3D Max 设计出对应于每个阶段的关键帧，且使用 Spline 插补法来产生平滑的插补曲线，这样使动画看起来很通畅、平滑。而逆运动学可以明确关节模型中不同层次的对象的位置，可以让运动看起来更自然协调。

要实现虚拟人在三维场景中的行走，本文首先建立一个虚拟场景，并且运用模糊逻辑理论，用栅格法将 3D 虚拟环境映射成 2D 环境。然后应用启发式搜索来进行路径规划，产生从初始位置到目标位置的最优路径，引导虚拟人对环境进行漫游。A\*算法是本文用来解决路径搜索问题的启发式搜索方法，其主要思想是通过不断搜索，以避开障碍物、不断逼近目的地的节点来获得所需要的路径。

关键词：骨骼蒙皮；运动控制；路径规划

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## Abstract

Computer animation is widely used in different fields today, such as game, movie and virtual reality. As a part of Computer animation, human animation now becomes a hot point in application research. Human motion is complex and different from each other along, neither the reciprocity between joints, nor the effect between skin. We have to consider the human's logistic action and deal well with the skin distortion if we want to realistically simulate the human motion. We also have to consider that how virtual human moves and the collision between human and other objects in virtual environment if virtual human is placed in virtual environment.

There are three parts of this project: modeling a virtual human motion; simulating the virtual human motion; path planning based A\* algorithm in three-dimensional environment.

Virtual human model is the base of three-dimensional computer animation. In virtual human animation, modeling a realistically human is the first subject. Multi-level human expression is adopted in this paper. A virtual human is formed by based skeleton level and skin level in this multi-level model. The skeleton level, of which the joints determine the state, decides the basic motion pose of virtual human. The skin level decides the appearance showed.

Motion control is most important in virtual human research and also the keystone of this paper. Virtual human walking is the point in this paper. Keyframe and inverse kinematics are combined to implement the virtual human walking in this paper. In the biological research, human walk is divided into two phases: stance phase and swing phase. Based on these two phases, we divide one step into three phases, and design the keyframe of every phase by using 3D MAX, then generate even interpolation curve by using Spline interpolation method. And then, the animation looks more smoothing. And we use inverse kinematics to determine the objects' position on different level in the joint model. And the animation looks more nature and harmony.

Before implementing that virtual human walk in the three-dimensional environment, we firstly create a virtual environment, and mapping the 3D

environment into 2D environment by using grid method based on fuzzy logics theory. Then we use heuristic search for path planning, generating an optimal path from start position to end position, and lead the virtual human roam in the environment. A\* algorithm is a heuristic search method used in this paper for path planning. Through continuously search, it can find out the nodes to get the required path.

Key Words: Skeletal Skin; Motion Control; Path Planning

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 目录

<b>第一章 绪论</b> .....	1
<b>1.1 引言</b> .....	1
<b>1.2 研究背景</b> .....	1
1.2.1 国内外研究现状.....	1
1.2.2 应用领域 .....	2
1.2.3 应用软件 .....	3
<b>1.3 研究内容</b> .....	5
<b>1.4 论文安排</b> .....	6
<b>第二章 虚拟人三维运动建模方法及其表示</b> .....	7
<b>2.1 引言</b> .....	7
<b>2.2 虚拟人骨架建模方法</b> .....	9
2.2.1 运动关节的设计.....	9
2.2.2 运动自由度.....	10
2.2.3 虚拟人骨架模型的层次结构.....	12
<b>2.3 虚拟人运动建模方法</b> .....	12
2.3.1 多刚体系统理论.....	12
2.3.2 关节的运动.....	13
2.3.3 虚拟人骨骼结构的数学描述.....	13
2.3.4 人体坐标系的设定 .....	14
<b>2.4 骨骼蒙皮方法</b> .....	15
2.4.1 皮肤表示及几何建模方法 .....	15
2.4.2 骨骼皮肤绑定过程 .....	17
2.4.3 骨骼皮肤绑定算法 .....	18
2.4.4 基于实例的皮肤插值变形算法 .....	21
<b>2.5 本章小结</b> .....	22
<b>第三章 虚拟人步行运动控制研究及实现</b> .....	23
<b>3.1 引言</b> .....	23
<b>3.2 参数化关键帧技术</b> .....	25
3.2.1 概述 .....	25
3.2.2 人体步行运动模型分析 .....	25
3.2.3 步行运动关键帧的设计 .....	27
3.2.4 中间帧插补算法.....	29
<b>3.3 逆向运动学(IK)的求解</b> .....	30
3.3.1 IK的概念 .....	30

3.3.2 求解IK的方法 .....	31
3.3.2 CCD算法描述与应用 .....	33
<b>3.4 基于运动融合技术的运动切换 .....</b>	<b>34</b>
3.4.1 运动融合的基本思想 .....	34
3.4.2 时间变换 .....	36
3.4.3 走和跑的运动切换 .....	37
<b>3.5 本章小结 .....</b>	<b>38</b>
<b>第四章 虚拟环境下步行路径规划方法研究 .....</b>	<b>39</b>
<b>4.1 引言 .....</b>	<b>39</b>
<b>4.2 大规模三维多分辨率地形场景的生成 .....</b>	<b>39</b>
4.2.1 LOD基本思想 .....	40
4.2.2 基于四叉树的地形渲染的实现 .....	41
4.2.3 运用模糊逻辑理论栅格化三维场景 .....	43
<b>4.3 三维场景中基于A*算法的路径规划实现 .....</b>	<b>45</b>
4.3.1 启发式搜索概述 .....	45
4.3.2 A*算法 .....	46
4.3.3 A*算法的特性及不足 .....	47
4.3.4 A*算法在三维场景路径规划中的具体实现 .....	48
<b>4.4 虚拟人步行过程中的避障方法研究 .....</b>	<b>51</b>
4.4.1 凹形障碍物 .....	51
4.4.2 凸形障碍物 .....	52
<b>4.5 本章小结 .....</b>	<b>54</b>
<b>第五章 三维场景中虚拟人步行运动控制系统的设计与展示 .....</b>	<b>55</b>
<b>5.1 引言 .....</b>	<b>55</b>
<b>5.2 系统设计 .....</b>	<b>55</b>
5.2.1 虚拟人运动控制系统的设计 .....	55
5.2.2 场景渲染与路径规划 .....	57
<b>5.3 系统展示 .....</b>	<b>58</b>
5.3.1 虚拟人三维运动模型的建立 .....	58
5.3.2 虚拟人步行运动控制 .....	61
5.3.3 路径规划 .....	63
<b>第六章 总结与展望 .....</b>	<b>67</b>
<b>6.1 总结 .....</b>	<b>67</b>
<b>6.2 论文的创新之处 .....</b>	<b>68</b>
<b>6.3 存在的问题 .....</b>	<b>68</b>

6.4 下一步研究方向.....	69
参考文献 .....	70
致谢 .....	73
附录 .....	74

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学博硕士学位论文摘要库



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](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库