

基于三维动画的虚拟人物表情动作系统设计

熊 伟

(桂林电子科技大学 信息科技学院, 广西 桂林 541004)

摘 要: 为使动画虚拟人物表情动作更逼真,设计基于三维动画的虚拟人物表情动作系统。利用系统硬件模块完成图像数据及人体骨骼数据的采集、处理,以及人体骨骼点定位、关节点与 Kinect 骨骼点映射关系构建、虚拟人物模型的搭建。在此基础上,通过面部特征点映射完成特征点的对应,并通过对齐视频人脸与三维动画虚拟人脸,完成人脸模型对齐;采用拉普拉斯坐标恢复模型重建人脸表情动作,完成三维动画虚拟人物表情动作的模拟,实现基于三维动画的虚拟人物表情动作系统设计。实验结果表明,所设计的系统可有效模拟人物图像中人脸的表情动作,并将其融入三维动画中,使虚拟人物更为生动形象;经系统 Unity3D 平台的渲染和皮肤纹理处理后,增强虚拟人物真实性。

关键词: 虚拟人物;表情动作模拟;系统设计;三维动画;特征点对齐;数据采集

中图分类号: TN911.73-34; TP212.14

文献标识码: A

文章编号: 1004-373X(2020)20-0097-05

Design of 3D animation based expression and action system for virtual character

XIONG Wei

(College of Information Technology, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: A 3D animation based expression and action system for virtual character is designed to make the expression and action of animated virtual character more reality. The system hardware module is used to complete the collection and processing of image data and human bone data, as well as the positioning of human bone points, the establishment of the mapping relationship between joint points and Kinect bone points, and the construction of virtual character model. On this basis, the correspondence of feature points is completed by the mapping of facial feature points, and the alignment of face model is completed by aligning the face in video with the virtual face in 3D animation. The Lapras coordinate recovery model is used to reconstruct the facial expression and action, and complete the simulation of the expression and action of the virtual character in 3D animation, so as to realize the design of the 3D animation based expression and action system for virtual character. The experimental results show that the designed system can effectively simulate the facial expression and action in the person image, and integrate them into the 3D animation to make the virtual character more vivid. After rendering and skin texture processing of the system's Unity3D platform, the authenticity of the virtual character is enhanced.

Keywords: virtual character; expression and action simulation; system design; 3D animation; feature point alignment; data acquisition

随着时代进步,我国计算机技术的不断发展,虚拟现实技术得到广泛的应用。虚拟现实技术的表达方式主要通过视觉、听觉等途径展现立体、逼真的画面,且虚拟现实技术具有交互性、自主性等优势,被广泛应用于室内设计和三维动画设计等领域^[1-3]。随着日本动漫的引入,在国内三维动画方面引起了新浪潮,我国三维动画业也随之发展壮大,为了满足观众对三维动画虚拟人物视觉感官的高要求,三维动画业也在不断提高动画虚拟人物的逼真度。人脸是人们表达感情的关键部位,在人类交流

中,都要通过人的脸部表情动作观察人的喜怒哀乐。近年来人脸表情成为三维动画虚拟人物研究的重点问题^[4]。

为在三维动画中更好地表达虚拟人物的情绪变化,设计基于三维动画的虚拟人物表情动作系统。该系统在基本的硬件配备基础上,通过人物图像面部特征点映射、视频人脸与虚拟人脸的对齐、拉普拉斯坐标人脸表情动作重建,实现三维动画的虚拟人物表情动作系统设计^[5]。

1 三维动画虚拟人物表情动作仿真系统设计

为了使三维动画的虚拟人物表情动作更为自然逼真,需要在一定的系统开发环境下完成三维动画虚拟人

收稿日期:2020-03-05

修回日期:2020-04-23

基金项目:2019年度广西自然科学基金项目(2019KY1049)

物表情动作仿真系统设计^[6]。因此这里要求系统开发环境为:采用内存为16 GB的Socket-AM2+型号处理器以及NVIDIA GeForce GT 520M型号的显卡,并配有Kinect for windows, USB接口以及电源装置;选用Windows 7作为操作系统,将Unity3D 5.5.2作为图形引擎,通过C语言在Visual Studio 2014开发环境中完成系统设计^[7]。

在以上系统开发环境条件下,设计三维动画虚拟人物表情动作系统,如图1所示。

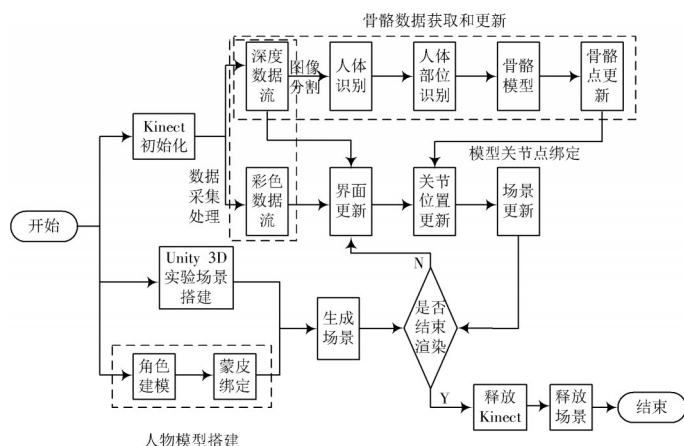


图1 系统结构图

图1中系统由虚拟人物模型搭建模块,数据采集模块,骨骼数据获取、更新模块以及模型关节绑定模块组成。先要在Unity3D平台中完成虚拟场景的构建,然后通过Kinect设备完成人体表情动作信息收集,在此基础上操控三维动画中的虚拟人物模型完成表情动作的模拟^[8]。

1.1 系统硬件组成

1) 数据采集处理模块。Kinect设备中包含红外投影机、RGB摄像头、红外摄像头、倾角控制马达等部件^[9]。通过红外摄像头计算散斑数据,建立出可视范围的深度图像;为了Kinect能收集到最佳视角的图像信息,可通过倾角控制马达控制设备的角度实现;将Kinect采集到的数据流通过USB线缆完成传输过程,且为了满足Kinect大功率要求,需要配备一个独立的电源;为了收集到RGB数据流,通常使用彩色摄像头完成RGB数据流的采集。选用上海博通集成公司生产的BCM43694型号芯片,对Kinect采集的数据流完成数据处理,并能通过USB完成深度图像、RGB图像信息的输出^[10]。BCM43694芯片不仅降低了主机的数据运算量,还降低了Kinect对主机的配置要求。

2) 骨骼数据获取和更新模块。人体骨骼数据信息的收集主要通过Kinect设备完成,Kinect设备首先对人体轮廓进行识别,然后通过人体轮廓识别人体相应的部

位,在人体该部位的识别基础上完成人体骨骼点定位和骨骼点的更新。

3) 模型关节绑定模块。通过骨骼数据获取和更新模块可以获得人体骨骼点在三维坐标中的位置信息,为了通过Kinect数据达到控制动画虚拟人物模型的目的,需将模型关节与运动控制节点间的映射关系构建起来;然后将通过Maya软件建立的模型导入Unity3D中,且完成模型关节与Kinect骨骼点的20个映射关系,实现模型关节绑定。

4) 虚拟人物模型搭建模块。其主要分为角色模型的建立、人体骨架的搭建、蒙皮绑定计算权重和贴图渲染几个主要部分。角色模型被称为人体面片模型,主要由多边形网格组成,网格的设计要符合人体构造,顶点的设置要遵循关节处多设置顶点的原则^[11-12]。利用Maya软件进行人物建模的过程中主要运用了软件中的动画模块、动力学工具以及渲染工具等,先设定模型的初始姿态,用Maya软件设计一套虚拟人物骨架结构,完成模型骨架的建立,实现虚拟人物模型搭建。

1.2 三维动画虚拟人物表情动作的算法研究

图2为三维动画虚拟人物表情动作系统设计流程。

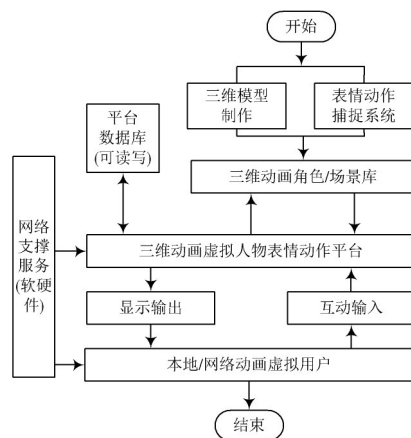


图2 三维动画虚拟人物表情动作系统设计流程

由图2可知,三维模型设计、表情动作捕捉系统是三维动画虚拟人物与场景制作的两大主体部分,三维动画虚拟人物与场景制作完成后,发送给三维动画虚拟人物表情动作平台,由该平台通过显示输出发送给本地/网络动画虚拟用户。而三维动画虚拟人物与场景制作过程中包含了特征点映射、人脸模型对齐、人脸表情动画共同促进了三维动画虚拟人物表情动作的完成。虚拟人物表情动作实现结构图如图3所示。

1.2.1 基于面部特征点映射

人脸部的表情动作,如张嘴、闭眼、微笑等可称为柔性运动。在人物的脸部选择5个关键点,将这些点看成头部姿态变化选取的特征点^[13]。

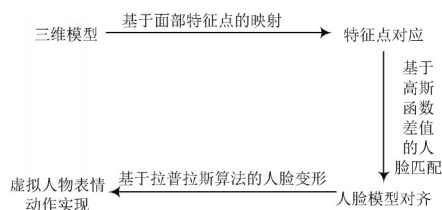


图3 虚拟人物表情动作实现结构图

设置第一帧图像人脸部的关键点坐标为 $w_0^* = (a^0, b^0, c^0, 1)$, 那么第 n 帧的人脸关键点坐标则可表示为 $w_s^n = (a^n, b^n, c^n, 1)$, 因此其公式可整合为:

$$w_{si}^n = w_{si}^0 \cdot Q \quad (1)$$

式中:通过 Q 描述人脸上的 5 个关键点的关系, 因此纯表情动作数据可用公式表示为:

$$w_s^{-n} = w_s^n \cdot Q^{-1} - w_s^0 \quad (2)$$

此时先分离姿态数据和纯表情动作数据, 然后将纯表情动作数据映射在三维动画模型上, 因此需建立的映射函数公式可表示为:

$$w_e^{-n} = f(w_s^{-n}) \quad (3)$$

式(3)代表三维动画模型在第 n 帧的纯表情动作数据。

1.2.2 视频人脸与三维动画虚拟人脸的对齐

视频人脸模型主要是通过 Kinect 设备获取人脸的二维图像, 在该二维图像基础上添加 Candide-3 网格拓扑模型, 完成视频人脸模型的构建; 三维动画虚拟人脸模型主要是将 FaceGen 和 OpenGL 相融合, 完成模型构建^[14]。从模型构建方面, 二者的模型并不是采用同一种方法构建, 因此在模型的大小和比例方面存在差异。在完成三维虚拟人脸动画之前, 先要将视频人脸与三维动画虚拟人脸进行对齐, 齐过程可描述为: 先将视频人脸和三维动画虚拟人脸的外部轮廓完成缩放和对齐; 然后对三维动画虚拟人脸完成变形, 促进三维动画虚拟人脸从形状上更加相似; 最后对三维动画人脸的五官和眉毛等部位进行对齐修饰, 使其更加具有真实感。

1.2.3 基于拉普拉斯坐标的人脸表情动作重建

三维动画虚拟人脸模型五官及脸部轮廓需要通过变形实现, 但关于初始帧人脸表情动作的恢复, 就需要通过人脸表情动作重建完成^[15]。这里采用拉普拉斯坐标恢复模型完成人脸表情动作重建, 但微分坐标平移不变性会导致拉普拉斯坐标几何无法通过反向计算获取笛卡尔坐标, 因此需将矩阵坐标变换矩阵 M 和 M' 看成是奇异矩阵, 并通过权重 p_{ij} 表示拉普拉斯算子, 并获取新顶点 v'_{ij} , 促使向量 k 变换网格, 从新顶点的拉普拉斯算子中获取 M 矩阵的秩为 $\text{rank}(M) = n - u$, u 代表网格数量。则笛卡尔坐标公式可表达为:

$$\begin{aligned} R'M(v'_i) &= \sum_{j \in N(i)} p_{ij} (v'_i - v'_j) \\ &= \sum_{j \in N(i)} p_{ij} [(v_i + k) - (v_j + k)] \\ &= \sum_{j \in N(i)} p_{ij} (v_i - v_j) \\ &= M(v_i) \end{aligned} \quad (4)$$

但三维动画虚拟人脸模型具有一定的复杂性, 需设置多个顶点坐标使人脸模型更为逼真, 为了得到人脸模型笛卡尔坐标的唯一解, 设置一个具有连通性能的三维动画虚拟人脸模型 O , 且设置网格顶点编号以及索引值约束几何 $F(1, 2, \dots, u)$, 且 $v_j \in f_j, j \in F$, 则笛卡尔坐标唯一解约束条件可用线性方程表达为:

$$\left(\frac{M}{pI_{u \times u} \mid 0} \right) x = \begin{pmatrix} \alpha^{(x)} \\ pc_{1u} \end{pmatrix} \quad (5)$$

式中, I 代表单位矩阵。位置约束点通常通过最小二乘法完成, 假设 $\tilde{M} = \left(\frac{M}{pI_{u \times u} \mid 0} \right) x$ 时, 可求得未知数公式为:

$$\tilde{x} = \underset{x}{\operatorname{argmin}} \left(\|Mx - \alpha^{(x)}\|^2 + \sum_{j \in N(i)} v^2 |x_i - c_j|^2 \right) \quad (6)$$

假设权重 P 为 1, 因此每个顶点的约束因子一致, 权重的改变不会造成动画效果改变, 通过最小二乘法获取线性方程的唯一解。最小二乘法假设 S 矩阵为 $(n + u) \times u$, 用公式描述该矩阵:

$$\tilde{x} = (\tilde{M}^T \tilde{M})^{-1} \tilde{M}^T g \quad (7)$$

式中, $g = (\beta, \omega c_1, \dots, \omega c_m)^T$ 。则将式(7)经过整合可得线性方程为:

$$(\tilde{M}^T \tilde{M})x = \tilde{M}^T \beta \quad (8)$$

可将矩阵 \tilde{M} 看成稀疏矩阵, 因为 $S = \tilde{M}^T \tilde{M}$, 因此对 S 矩阵完成分解后可得公式为:

$$S = R^T R \quad (9)$$

由此公式可知将 S 矩阵分解后可得到 R 矩阵, 在分解过程中, 得到网络模型中未知分量 x, y 和 z 的值, 因此其公式可表达为:

$$R^T \delta = \tilde{M} \alpha^{(x)}, R x = \delta \quad (10)$$

因此在整个人脸表情动作重建过程中, 将复杂的运算简单化, 采用最小二乘法将拉普拉斯坐标分布在三维动画虚拟人脸模型中, 避免局部失真问题, 且在笛卡尔坐标计算时设置了多个约束条件, 这些约束条件会增强三维动画虚拟人脸模型的真实度。

2 实验分析

以某市科技有限公司提供的人物表情动作图像库

为实验对象,该图像库中的图像为2 000人拍摄的10 000张人物表情动作图像,随机在该图像库中选取多组脸部表情动作图像。

2.1 三维动画虚拟人物表情动作模拟分析

采用本文设计的系统,对该图像完成三维动画虚拟人物表情动作模拟,模拟结果如图4所示。



图4 三维动画虚拟人物表情动作模拟结果

由图4可知,a),c),e)图像均为选取的人物图像;b),d),f)图像均为表情动作模拟图像。通过本文系统可有效地模拟人物图像中人脸的表情动作,并将模拟的表情动作融入三维动画中,完成虚拟人物的表情动作添加,使虚拟人物更加生动逼真。

2.2 模拟性能对比

为了验证本文系统的实用性,采用实时动作捕捉技术系统、2D动画表情动作系统以及本文系统分别对图像库中相对应的几组图像完成表情动作模拟,将模拟结果相对比,如图5~图7所示。

由图5可知,虽然针对于头部的刚性运动,实时动作捕捉技术系统可以很好的模拟,但是脸部表情没有有效地模拟出来。由图6可知,2D动画表情动作系统基本完成了人脸表情动作的模拟,但由于没有在Unity3D平台中完成纹理和背景的修饰,导致虚拟人物不够逼真。由图7可明显看出,本文系统所模拟的三维动画虚拟人

物表情动作要比另外两种系统模拟的效果好,不仅有效地将人脸部的表情变化表达出来,而且通过Unity3D平台的渲染和皮肤纹理的处理,使虚拟人物更加具有真实感。

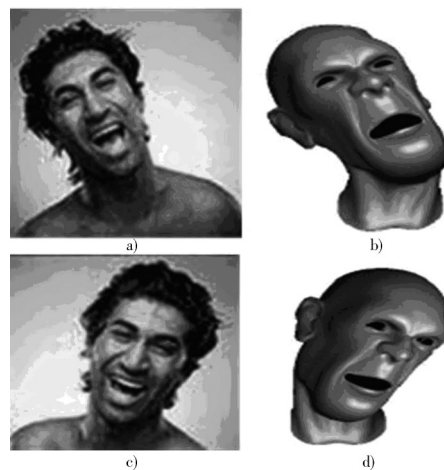


图5 实时动作捕捉技术系统模拟结果

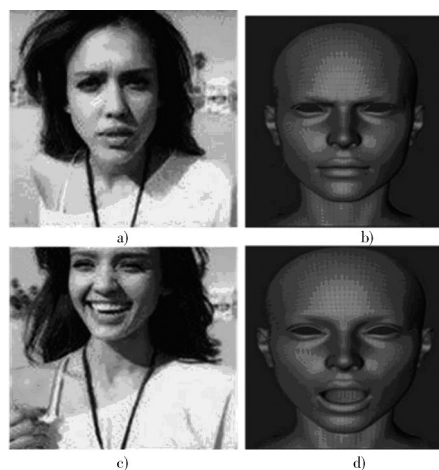


图6 2D动画表情动作系统模拟结果

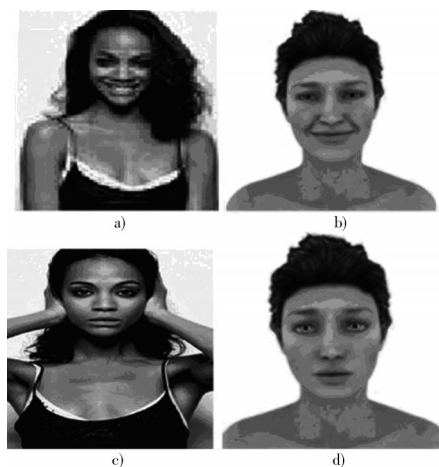


图7 本文系统模拟结果

三种系统的表情动作模拟度和皮肤纹理模拟逼真度结果如表1所示。

表1 三种系统模拟效果对比结果 %

指标	实时动作捕捉 技术系统	2D动画表情 动作系统	本文系统
表情动作模拟 程度	40.80	62.10	95.40
皮肤纹理处理 逼真度	—	—	97.60

由表1可知,本文系统不仅在表情动作方面模拟效果好,且通过本文系统对虚拟人物模型进行皮肤纹理的处理,有助于三维动画虚拟人物表情动作更好的表达,且更加逼真。

3 结 论

针对传统的基于进化计算的三维动漫人物设计系统存在表情僵硬、行动不灵活的缺点,本文设计基于三维动画的虚拟人物表情动作系统。该系统不仅可利用Maya软件进行人物建模,而且在人物建模过程中运用了软件中的动画模块、动力学工具以及渲染工具等,对三维动画环境进行渲染,使其更加逼真;同时还可模拟人脸图像中的表情动作,将模拟的人脸表情动作在人脸模型中重建,使三维动画虚拟人物的表情动作更为多样化,且效果更为真实。

参 考 文 献

- [1] 谢平,刘欢,王磊磊,等.基于脑机电反馈的虚拟康复训练系统设计[J].仪器仪表学报,2018,39(1):250-257.
- [2] 叶凤华,叶欢.基于FLASH和3D动画渲染技术的育苗机器人

作者简介:熊 伟(1986—),男,湖南永州人,硕士,讲师,主要研究方向为三维动画。

(上接第96页)

- [5] 牛爱民.无空闲时隙的动态多叉查询树RFID防碰撞算法[J].计算机应用与软件,2016,33(6):277-281.
- [6] HUSH D R, WOOD C. Analysis of tree algorithms for RFID arbitration [C]// Proceedings of IEEE International Symposium on Information Theory. Cambridge: IEEE, 1998: 107-116.
- [7] 王岳松,孔韬.一种基于同相正交环的数字曼彻斯特解码方法[J].中国电子科学研究院学报,2015,10(3):317-320.
- [8] ZHANG Yin, YANG Fan, WANG Qian, et al. An anti-collision algorithm for RFID-based robots based on dynamic grouping binary trees [J]. Computers and electrical engineering, 2017, 63: 91-98.

- 设计[J].农机化研究,2018,40(3):189-192.
- [3] 王钱庆,张惊雷.基于三维形变模型的人脸姿势表情校正[J].计算机科学,2019,46(6):263-269.
- [4] 宰守香,王蕾,申俊.基于VC++与Open Inventor的工业机器人切割仿真系统设计[J].制造技术与机床,2017(10):151-155.
- [5] 姚世明,李维浩,李蔚清,等.面向虚拟化身的人脸表情模拟技术[J].图学学报,2019,40(3):525-531.
- [6] 刘涛,周先春,严锡君.基于光流特征与高斯LDA的面部表情识别算法[J].计算机科学,2018,45(10):286-290.
- [7] 郭蓓,达飞鹏.基于局部特征的表情不变3维人脸识别算法[J].计算机辅助设计与图形学学报,2019,31(7):1086-1094.
- [8] 谷学静,张凯峰,郭宇承,等.基于Unity3D的ASD儿童认知教育系统设计与实现[J].系统仿真学报,2019,31(5):893-900.
- [9] 吕屏,杨鹏飞,李旭.基于VR技术的虚拟博物馆交互设计[J].包装工程,2017,38(24):137-141.
- [10] 高风囡,李娟莉,谢嘉成.基于Unity3D的综采工作面全景虚拟现实漫游系统设计[J].矿业研究与开发,2017,37(12):68-72.
- [11] 胡珉,刘妮雯.基于VR的隧道火灾疏散指挥训练系统[J].中国安全科学学报,2018,28(5):185-190.
- [12] 李春兰,高阁,张亚飞,等.基于局部均值分解(LMD)的单通道触电信号盲源分离算法[J].农业工程学报,2019,35(12):200-208.
- [13] 桑高丽,闫超,朱蓉.基于多区域融合的表情鲁棒三维人脸识别算法[J].计算机应用,2019,39(6):1685-1689.
- [14] 郑源,李丽,孟志伟.大中型泵站机组三维检修仿真培训系统开发[J].排灌机械工程学报,2018,36(7):587-592.
- [15] 李辉,罗敏,邓国民.基于Web3D的畜牧兽医专业虚拟实践教学平台的建设[J].黑龙江畜牧兽医,2017(6):207-209.

- [9] YEH M K, JIANG J R. Parallel splitting for RFID tag anti-collision [J]. International journal of ad hoc and ubiquitous computing, 2011, 8(4): 249-260.
- [10] 付钰,钱志鸿,程超,等.基于分组机制的位仲裁查询树防碰撞算法[J].通信学报,2016,37(1):123-129.
- [11] ZHANG W, GUO Y, TANG X M, et al. An efficient adaptive anticollision algorithm based on 4-ary pruning query tree [J]. International journal of distributed sensor networks, 2013, 2013: 1-7.
- [12] 王必胜,张其善.可并行识别的超高频RFID系统防碰撞性能研究[J].通信学报,2009,30(6):108-113.

作者简介:白乐强(1962—),男,辽宁沈阳人,博士,教授,研究方向为无线传感网络技术、物联网技术与应用。

刘 杰(1996—),男,山东临沂人,硕士研究生,研究方向为嵌入式系统仿真理论与技术。

曹科研(1981—),女,吉林辽源人,博士,副教授,研究方向为数据挖掘、大数据管理。