

DOI:10.16652/j.issn.1004-373x.2021.05.037

引用格式:商箫怡.基于三维动画的虚拟人物表情动作合成系统设计[J].现代电子技术,2021,44(5):181-186.

基于三维动画的虚拟人物表情动作合成系统设计

商箫怡

(天津商业大学宝德学院,天津 300384)

摘 要:虚拟人物表情动作合成目前存在的最大问题是表情迁移不够明确、抗干扰性不强。通过ASM(主动形状模型)进行人脸特征点的识别与监测,同时通过CeleA数据库进行人脸图像样本的选取。针对人脸表情迁移不够精确,在不同光照强度、不同姿势、不同语义表达的情况下抗干扰性不强的问题,提出新的结合表情纹理迁移、眼神迁移、表情形状迁移的虚拟人物表情动作合成系统,以期达到更好的虚拟人物表情合成。经过进一步的实践验证,证明基于三维动画的虚拟人物表情动作合成系统切实有效,具有很强的可行性。

关键词:人脸表情迁移;虚拟化身;特征点检测;ASM检测算法;虚拟人物;三维虚拟;合成系统;视频会议

中图分类号: TN911.73-34

文献标识码: A

文章编号: 1004-373X(2021)05-0181-06

Design of virtual character expression action synthesis system based on 3D animation

SHANG Xiaoyi

(Tianjin University of Commerce Boustead College, Tianjin 300384, China)

Abstract: At present, it is confronted with a tough problem, that is, the expression migration is not clear enough and the anti-interference is not powerful in the virtual character expression action synthesis. In view of this, the identification and monitoring of face feature points are carried out by ASM (active shape model), and the face image samples are selected by CeleA database. Since the face expression migration is not accurate enough and the anti-interference is not powerful under different lighting intensity, different postures and different semantic expressions, a new virtual character expression action synthesis system combining expression texture migration, eye migration and expression shape migration is proposed, so as to achieve a better synthesis. After further practical verification, it is proved that the virtual character expression action synthesis system based on 3D animation is effective and is of great feasibility.

Keywords: facial expression migration; virtual embodiment; feature point detection; ASM detection algorithm; virtual character; 3D virtual; synthetic system; video conference

0 引 言

虚拟人物表情动作技术在当下的计算机动画领域占据十分重要的位置,并且随着其技术的不断完善,以三维动画为基础依据的虚拟人物表情动作合成也被广泛应用到多种领域,如在影视动画当中,往往会通过虚拟人物表情动作合成进行相应的人物动画表达。

通常相关的演员需要自己的脸上涂抹相应的标记点,而后通过相应的动作跟踪进行面部表情的记录。而后依据相关记录参数进行相应的虚拟人物模型表情的构造,以完善成为一个活灵活现的虚拟人物的角色。同时,在多数3D游戏当中,动画角色往往需要画师进行

手工绘画,不仅工作量非常大,同时难以达到绝对逼真的效果和相应的3D动画渲染的要求,因此通过虚拟人物表情动作技术进行3D游戏的制作已经成为当前3D游戏制作新的尝试途径。

虚拟人物表情动作技术还可以应用于视频通话以及虚拟化身等领域。虚拟人物表情技术发展至今尽管已经相对完善,但是仍然有需要改进之处。

造成虚拟人物表情动作合成难度较大的主要原因是人脸面部在进行表情表现时的复杂性和多样性。人脸表情不仅受人脸面部器官的配合影响,同时人脸的皮肤、面部纹理都会对表情的表达造成影响。

通过以三维动画为基础依据的虚拟人物动作合成,能够在更大程度上克服人脸面部表情模仿不够精确、逼真的缺点,达到更为理想的效果。

收稿日期:2020-07-02

修回日期:2020-07-17

1 虚拟人物表情动作合成相关技术

1.1 搭建表情数据库

针对人脸表情数据库的搭建,是进行虚拟人物表情动作合成的前提条件。人脸的表情数据库搭建通过对相应的人脸表情数据进行一定数量的采集,完成基本数据组成,而后对采集到的人脸表情图像数据依据对应的表情表达语义进行相应类别的划分,以搭建对应的表情动作的数据库。在完成相应表情数据库的初步搭建以后,对数据库当中各个类别的表情数据信息进行具体分析,同时将各类别表情数据与中性表情的相关信息数据进行比较,而后得出对应的表情数据的映射函数。在多数的人脸表情合成算法中,需要将制定的人脸表情数据作为人脸表情数据库的训练样本,对其进行特定的特征学习。

以三维动画为基础依据的虚拟人物表情工作合成系统当中,同样用到了人脸表情数据的样本训练方法进行特征学习。

首先需要将人脸的表情动作数据库当中的人脸表情数据进行具体的表情语义类别划分,而后进行 M 组人脸表情模型的搭建,当在同一类别表情数据中含有相同的人脸表情时,进行人脸表情误差最小化的判别以进行进一步的表情迁移映射。

通常在搭建好的人脸表情动作数据库当中,包含的人脸表情对应的身份以及表情语义不同,因此其人脸信息表现的数据特征也不尽相同。通常,人脸表情数据库被广泛应用到以计算机为基本载体的视觉应用上,如进行相应的情感语言表达的人脸表情的拟真或者是人脸面部实时的动画表情的生成等。由于人脸表情数据信息的应用范围不同,因此对其数据特征的研究重点也不相同。

1.2 提取人脸表情特征

对应于人脸表情特征的提取,是实现人脸表情迁移算法的先决条件,只有提取到相应的人脸表情特征,才能够对虚拟动画人脸表情的特征点进行标记,以建立起相应的三维模型。能够实现对人脸特征提取的算法有很多,其中较为经典和使用广泛的主要是AAM(主动外观模型法)以及ASM(Active Shape Model,主动形状模型法)。

AAM通过对人脸部的纹理数据信息以及形状数据信息进行分析,以建立对应的数据模型。其具体的算法步骤如图1所示。

AAM主要的缺点是初值的选取会对最终的结果产生较大的影响。若初值选取不当,则会出现迭代次数运

算增多,并且容易导致局部极值。

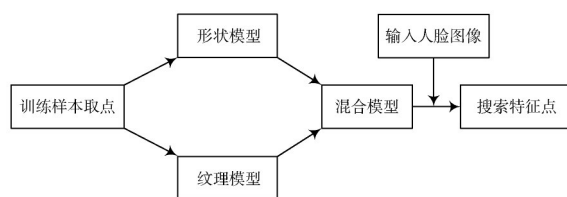


图1 AAM主动模型观察法示意图

ASM通过对样本集的训练以及相应的搜索实现人脸表情的迁移和搭建,其相应的局部特征的创建示意图如图2所示。

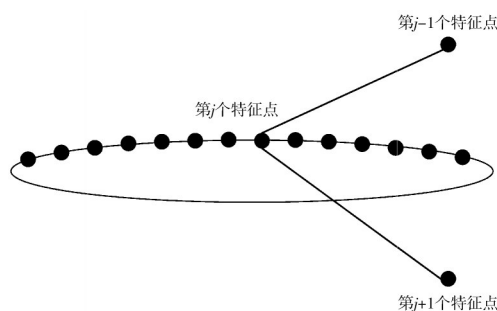


图2 ASM主动形状模型示意图

ASM主要的缺点是其难以实现较好的特征点内部的纹理描述,同时缺乏相应的优化策略,效率较低。

1.3 人脸三维重建

三维重建也即通过计算机相应的算法处理进行相应的三维空间内的物体数学模型的构建,而后通过对数学模型进行处理和分析,完成空间虚拟现实技术重建。对于计算机视觉来说,三维重建主要通过单个或者多个角度视域完成模型重建。

通常视角单一时无法获得更为丰富的建模信息,需要依靠工作人员丰富的经验或者是通过多视角的三维建模方式进行。多维视角的三维模型重建首先应当对选定的摄像机进行标定,而后对图像对应的坐标系以及世界坐标系做出相互之间的关系计算,然后对收集到的二维图像集合进一步分析,进行三维模型的重建工作。人脸三维模型重建基本沿用了三维模型重建的方式,但是由于人脸的拓扑结构具有很大的相似性,在具体的人脸三维重建时,需要通过更多维度的信息对人脸的特征信息进行模型建立。

依据人脸三维模型重建的思路不同,三维人脸重建大致可以分为以下三个类型:

- 1) 以形变统计模型为基础依据的三维人脸模型重建;
- 2) 以多视角信息为基础依据的三维人脸模型重建;

3) 以明暗恢复形状为基础的三维人脸模型重建。

2 三维虚拟人脸表情的实现

虚拟人脸表情动画能够广泛应用于虚拟现实、游戏制作、图像编辑、在线教育、影视动画以及人机交互等各种领域,其应用价值很大。如虚拟化身这项应用,就是通过对用户的面部表情的重建,同时将其面部表情通过不同算法进行虚拟的化身合理迁移的方式实现的。通过虚拟化身的技术,能够对用户的表情及其情绪做出合理的替代表达,从而作为用户的身份替代出现,其能够很好地应用到远程连接视频或者游戏玩家沟通当中。

2.1 三维虚拟人脸表情的整体架构

以三维动画为基础依据的虚拟人物表情动作合成,主要是通过以下三个步骤完成。

1) 对人脸的特征点进行非刚性的标记。该过程需要通过以局部限制的模型为基础依据的人脸特征的检测算法实现,人脸的图像数据输入完成之后,该算法对人脸图像特征进行整合,同时标记相应的二维图像的特征点。

2) 进行人脸的三维模型重建,在对人脸图像数据做出相应的特征点检测以及标记之后,通过人脸的三维模型重建算法对处理好的人脸面部表情图像建立相应的三维模型。

3) 通过表情迁移实现虚拟化身的建立,也即进行人脸面部表情的动作合成。通过表情迁移的相应动作,将人脸面部的相应形状以及外观动作迁移到对应的虚拟化身。

这一步骤通过相应的语义映射来实现,因此在迁移的过程当中,能够对虚拟化身需要迁移的人脸动作表情做出更好的几何身份特征的保留。相比通过几何转换进行的人物虚拟,这种方式能够使虚拟化身更有视觉吸引力,表现更加逼真。用户对应的面部表情特征在虚拟化身上能够获得更为精确和细腻的表达。同时,对语义映射进行初始化时,只需要用户对应的中性表情的样本就能够完成。

三维虚拟人脸表情的整体架构示意图如图3所示。

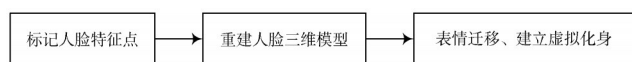


图3 三维虚拟人脸表情整体架构示意图

2.2 在视频会议当中的应用分析

虚拟人物表情动作的应用范围十分广泛,尤其在视频会议当中有广阔的应用前景。在理想条件下,人脸正面无遮挡、摄像清晰,虚拟人物表情动作合成系统能够顺利运行。但是人脸表情检测当中,往往会由于遮挡、

光照、检测角度等原因造成虚拟人物表情动作合成的各种错误,导致人脸表情动作合成的成功率降低。

以人脸表情动作合成在视频会议当中的应用为例,对各种特殊情况进行分析,以尽可能地减小误差,做到更为精确的人脸表情动作迁移。

将考虑到的几种特殊情况影响表述如下:

1) 在强光照射下,人脸图像当中的部分人脸区域会出现特征表现不明显的情况;

2) 由于人脸检测时的角度问题,造成进行检测的正面人脸图像时的角度迁移;

3) 在进行虚拟化身的合成时,其脸部的拓扑结构与人脸表情具有比较大的差异;

4) 当脸部或者其他物体遮挡脸部时,会造成人脸面部信息采集的缺失;

5) 当通过高清摄像头检测人脸时,会造成人脸检测算法的运算量增加,影响运算效率,造成检测结果不佳的现象。

2.3 人脸面部表情的特征点检测

人脸检测是进行虚拟人物表情动作合成的关键一步。要想实现更好的人脸表情动作合成,首先需要通过相应的检测算法对人脸的面部表情特征进行对应特征点的检测,从而进行任务虚拟动作表情的拟合工作。但是人脸面部表情的特征点检测算法不同,其相应的精确度以及最终效果也会产生差别。

下面对人脸检测常用的三种检测算法进行简述以及对比。

2.3.1 CelebA 数据库

CelebA 数据库是本文进行检测时所使用的数据库类型。该类型数据包含各个地域的各类名人人脸的表情图像,组成了名为 CelebA 的人脸数据库。在 CelebA 数据库当中,包含的名人人脸的面部表情图像不少于 20 万张,不同人物对象的图像约有 10 177 个,人脸的面部表情图像达到了 202 599 张。因此,在该数据库中包含丰富的人脸面部表情信息,其对应的姿势、表情、图像背景、表达情绪、肤色不同,同时依据其不同的因素进行相应的分类。

在进行实验检测时,该数据库更为适合,其数据库的样本图如图4所示。

2.3.2 ASM 特征点检测算法

在虚拟人物表情动作合成系统的设计当中借助 ASM 特征点检测算法,通过在计算机的 Windows 平台进行对应库文件 ASMlibary 的调用,同时 OpenCV 3.0 进行相应的图像处理,对 50 张以上的人脸图像做出相应的特征检测,其中一部分相应的检测结果如图5所示。



图4 CelebA数据库样本图



图5 ASM特征点检测算法检测结果

由图5不难看出,通过ASM检测算法进行人脸特征点检测的结果,会在人脸检测特征点的边界部分发生一定程度的偏差,边界特征点往往会向人脸内部轻微移动。这种偏差的产生主要是由于ASM特征检测算法在检测时特征点的表示方式。ASM检测算法特征点的表示方式如下:

$$X = \bar{X} + Pb \quad (1)$$

式中: P 表示依据主成分进行分解所得特征向量; b 表示特征向量所对应的特征值。

不难看出,人脸面部表情特征图像的选取依据为人脸模型的平均值、特征值以及特征向量。人脸表情图像的特征点是通过特征值以及特征向量推算的,在此种推算模式下,当人脸表情图像出现角度偏移时,由于其无法做出更好的角度偏移检测,就难以得到较好的人脸检测效果。

因此对于人脸图像检测而言,仅仅通过特征值以及相应的特征向量进行计算并不能得到精确的结果,需要更多的参数进行条件约束。

2.3.3 CLM特征点检测算法

CLM是一种以局部限制模型为基础依据的特征点检测算法,在计算机的Ubuntu平台下,通过对CLM算法

的SDK调用以及借助OpenCV 2.4进行相应的图像处理得以实现。通过CLM进行检测的人脸特征检测结果如图6所示。



图6 CLM人脸检测结果

在图6中仍然存在较大的人脸检测误差,会出现部分人脸图像根本无法进行监测的情况。造成这种情况的原因一是由于在图像数据库当中可能没有包含相对应的图像样本,二是由于程序存在一定程度上的不稳定性,因此在对部分图像进行检测时造成检测失败。

2.4 虚拟人物表情动作合成系统

在采集相应的人脸面部图像的数据之后,进行相应的表情形状、表情纹理以及眼神的迁移,获得更为有效的人脸面部表情合成。

2.4.1 迁移表情形状

对表情形状的迁移首先需要通过映射进一步对预测误差进行缩小,相应的映射公式如下:

$$\min_Q \sum_{j=1}^P \left\| (x_j - \bar{x}) - M(y_j - \bar{y}) \right\|^2 \quad (2)$$

式中: x_j 表示人脸表情图像的第 j 个样本; y_j 表示相同表情的映射图像模型; Q 表示相应的虚拟表情与人脸表情相互间的线性映射。由以上的预测误差可以得出人脸表情迁移的公式如下:

$$x = \bar{x} + M(y - \bar{y}) \quad (3)$$

通过以上公式,实现更为精确的人脸表情的迁移。

2.4.2 迁移面部表情纹理

对于面部表情的纹理迁移,可以通过采用表情变形基的方式实现。引入表情变形基之后,人物表情合成的模型可做如下表达:

$$x = \bar{x} + \rho n \quad (4)$$

式中: ρ 表示表情变形基; n 表示变形参数。以此为参照,可以推导出相应的纹理变换。其对应的纹理变化公

式如下:

$$M(x, y) = \bar{M}(x, y) + \sum_{i=1}^p k_i A_i(x, y), \quad (5)$$

$$k = [k_1, k_2, \dots, k_i]$$

式中: \bar{M} 表示相应的中性纹理; A_i 表示纹理变形基; p 表示形状变形参数。通过这一模型,能够在实际应用过程当中进行较为快速的纹理合成。

2.4.3 眼神的迁移

眼神在人脸面部表情的情绪传达过程中占据了十分重要的地位。人眼的眼球能够通过其对应的方向感对人的情绪做出相应的表达。在人脸表情合成过程中,能够做出相应的眼球动作,使人脸面部表情合成更为精确和逼真。

眼神迁移通过用户以及虚拟表情瞳孔位置的相互对应来实现,其计算公式如下:

$$x_q = \frac{\sum_{x \in \alpha} e(x_p) x_p}{\sum_{x \in \alpha} e(x_p)} \quad (6)$$

$$e(x_p) = N(\tau(x_p); \mu, \sigma^2) \quad (7)$$

式中: α 表示对应的眼睛图像区域; x_p 表示瞳孔的位置; τ 表示对应的灰度图像; N 表示对应的高斯分布。实际上通过这种眼神迁移的方式不能完全进行瞳孔位置的精确迁移和眼神信息的完全复制,但是能够最大化地确定相应的视线位置,实现更为精确的语义传递。

3 虚拟人物表情动作合成的实验及分析

针对以三维动画为基本依据的人脸表情动作合成的设计,主要从以下三个方面进行检测:不同姿势表情样本的检测,不同光照条件下的表情样本检测,语义维度的迁移检测。

检测结果分别如图7~图9所示。

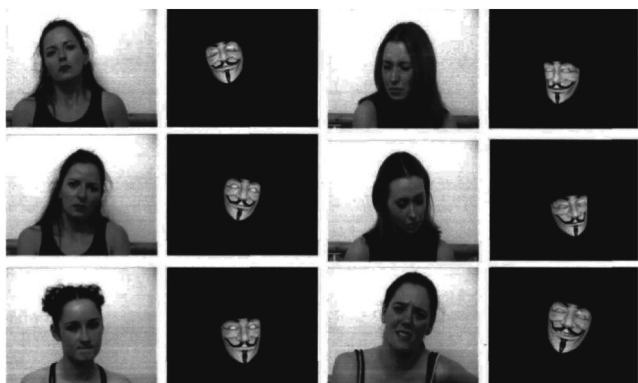


图7 不同姿势表情样本检测结果



图8 不同光照条件的检测结果

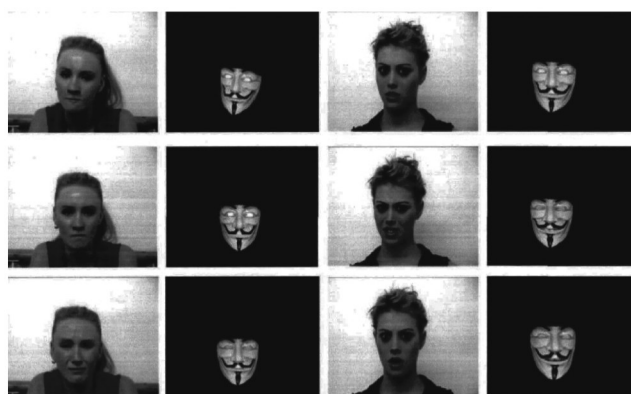


图9 不同语义维度的监测结果

由图7易知,虚拟人物表情动作合成系统能够对存在一定程度角度偏移的人脸表情实现更为有效的表情迁移合成,但是该角度具有一定的局限性,在大于45°的极限倾斜角之后,就得不到任何的迁移效果。

图8表明,不同的光照环境条件下,对人脸迁移的影响程度并不是很高,这主要是由于相应的表情纹理迁移使得表情迁移受到的干扰变小。

图9表明,在不同的语义表达效果下,相应的虚拟人物表情也不相同。由以上实验不难得出,虚拟人物表情动作合成系统能够实现更为精确和逼真的人物表情迁移以及虚拟的效果。

4 结 语

通过对当下主要应用的虚拟人物表情动作生成技术的研究比较,并进行了相应的算法完善以及表情合成的补充,得到以三维动画为基础依据的虚拟人物表情动作合成系统。经过实验验证,该系统能够更好地减小不同光照环境、不同姿势以及不同语义表达情况下的虚拟表情合成,同时具有很强的可行性,可以实际应用为生

产生活领域当中。

参 考 文 献

- [1] 谢平,刘欢,王磊磊,等.基于脑肌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设计[J].农机化研究,2018,40(3):189-192.
- [3] SERRA J, CETINASLAN O, RAVIKUMAR S, et al. Easy generation of facial animation using motion graphs [J]. Computer graphics forum, 2018, 37(1): 97-111.
- [4] 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.
- [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] 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.
- [7] 程芳,徐华.三维巷道场景中虚拟漫游路径优化研究[J].计算机技术与发展,2018,28(2):140-144.
- [8] 胡珉,刘婍雯.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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 杨金秋,童立靖,付孝琴.基于特征提取的脸部建模动画系统[J].数字技术与应用,2018,36(9):34-36.
- [13] LI Z D, MA J, FENG H Y. Facial conformation modeling via interactive adjustment of hierarchical linear anthropometry-based parameters [J]. Computer-aided design and applications, 2017, 14(5): 661-670.
- [14] MAPLES-KELLER J L, BUNNELL B E, KIM S J, et al. The use of virtual reality technology in the treatment of anxiety and other psychiatric disorders [J]. Harvard review of psychiatry, 2017, 25(3): 103-113.
- [15] XIAO M, LIU H L, GAO H X. CO₂ absorption with aqueous tertiary amine solutions: equilibrium solubility and thermodynamic modeling [J]. The journal of chemical thermodynamics, 2018, 122: 170-182.

作者简介:商萧怡(1981—),女,黑龙江哈尔滨人,硕士,讲师,主要研究方向为三维动画设计与应用。