

doi:10.3969/j.issn.1563-4795.2011.03.014

人脸面部表情的动画算法研究

王晓峰

(电子科技大学 自动化学院, 四川 成都 610054)

摘要: 利用计算机进行人脸造型、建立人脸表情动画以及对人脸肖像进行夸张处理是当前的一项热门研究课题, 其技术和产品有着广阔的应用前景和巨大的经济效益。文中研究了人脸表情特征, 选择一种合适的人脸表情动画和人脸变形技术的方法, 并将二者结合在一起, 设计了一个可以实现人脸卡通动画效果的系统。

关键词: 主动形状模型; 表情动画; 弹性形变; 图像变形; 卡通肖像

0 引言

基于人脸卡通动画的设计是具有良好的发展空间和巨大的经济价值。目前人脸表情动画和人脸肖像卡通处理的研究方法很多, 但是没有一个简单的、有效的实现人脸卡通动画功能的系统。本文针对这个问题进行了研究, 设计了一个人脸表情卡通动画系统。

1 人脸卡通动画系统原理

人脸卡通动画系统设计包括两大内容, 人脸动画和卡通肖像。在人脸动画设计中, 考虑到人脸不同表情变化主要是通过眉毛、眼睛和嘴巴等处的不同状态表达人物的情绪特征的, 因此可以通过一个表情驱动单元的数据来驱动这些部位, 实现不同表情的组合。另外, 在人脸变形的设计中, 考虑到用幽默的方式表达人物的特征, 故采用漫画中的人脸表情夸张处理的描述方法, 来实现人脸肖像的卡通处理。图1所示为人脸卡通动画系统设计的内容框图。根据所设计内容的思

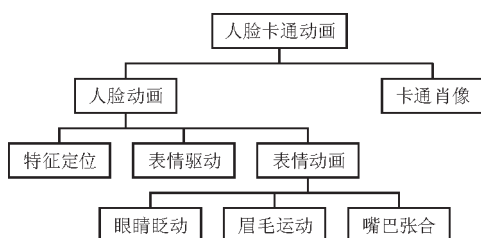


图1 人脸卡通动画系统框图

想, 给出系统的原理结构图, 如图2所示。该系统包括三个主要的处理模块 (人脸特征定位模块、人脸表情动画模块和人脸肖像卡通处理模块) 与一个表情驱动单元。首先输入摄像机等设备拍摄的人脸图片, 然后分别通过人脸特征定位模块, 人脸表情动画模块和人脸肖像卡通处理模块, 最后输出连续的人脸卡通肖像图片, 从而实现一个人脸卡通动画处理系统。

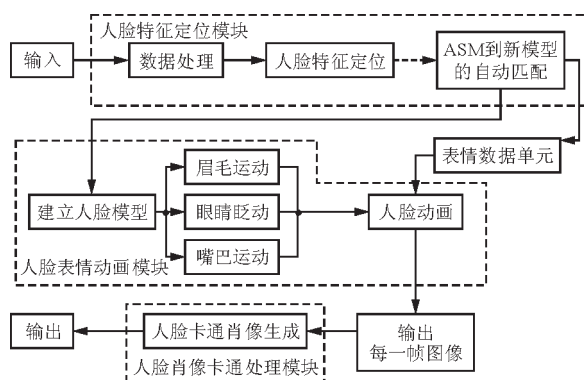


图2 人脸卡通动画系统原理图

2 人脸卡通动画系统各模块的功能

2.1 人脸特征定位模块

输入的人脸图片要经过三个主要模块的处理, 首先输入到人脸特征定位模块, 利用图像处理常用的方法对图像进行处理, 去除复杂的背景信息, 然后利用主动形状模型的方法对人脸的特征点进行定位处理。该模块的主要作用是找到人脸的关键部位, 包括人的眼睛、嘴巴和眉毛, 为下面实现人脸的动画提供先验条件, 本文在原有

的ASM方法的基础上对定位的关键部位：眼睛、眉毛、脸型、嘴巴和鼻子的轮廓加上一个权值限制，来辅助人脸特征的定位，令这些局部人脸结构的马氏距离分别为 D_1, D_2, D_3, D_4 和 D_5 ，权值分别为 W_1, W_2, W_3, W_4 和 W_5 。具体分析如下：

(1) 根据经验，眼睛是用来定位的最佳可选特征点，并且眼睛在整个人脸中所占的面积比例比其它的面部结构所占的比例变化要小，故此，眼睛是这五部分中最重要的用于定位的特征。

(2) 眉毛次之，因为对于灰度图像来说，眉毛的灰度值与周围皮肤的灰度值差别较大。

(3) 人脸轮廓再次之，因为人脸轮廓与背景之间的灰度差别相对于鼻子和嘴巴来说也相对较大。

(4) 最后是嘴巴和鼻子的轮廓匹配，由于嘴巴和鼻子之间有胡子的干扰，会影响特征的匹配。另外鼻子的轮廓比嘴巴的轮廓更加的不清晰。

2.2 人脸表情动画模块

对人脸表情表达的三个关键部位（眼睛、嘴巴、眉毛）进行建模，通过改变建立的几何模型的形状，来实现人脸表情动画效果，该部分采用基于物理模型的弹性力学原理，通过将人脸的表情器官用一个二维几何图形描述，然后寻找几何图形边缘发生变形时的位移变化轨迹，目前已有该方法的人眼眨动和嘴巴张合的算法，本文在此基础上提出人眼眉毛的运动。

1) 人脸动画之“眼睛眨动”

眼睛的眨动过程，实际上就是上下眼皮的张开与闭合的动作，并且上眼皮的运动幅度较剧烈，而下眼皮的运动不太明显。为此，可以将眼睛的轮廓形状近似为椭圆形，由于是上下眼皮的运动，所以可以用两段抛物线来表示。此外，用位于眼角和眼皮最高与最低处的特征点来描述眼睛的张开与闭合运动。

假设，以眼睛闭合为初始状态，眼睛张开最大处为最终状态，当眼睛张开到某一位置（假如上眼皮张开到 c 的位置，下眼皮张开到 d 的位置）为平衡状态，对人眼睛建立直角坐标系，如图3所示。

首先来考虑上眼皮位移分量，可以将上眼皮中的任意一点的位移分量设为 u, v 两个变量，根

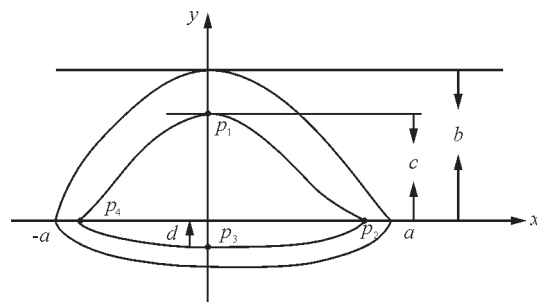


图3 眼睛界限及坐标系示意图

据弹性形变的位移变分法，有：

$$u(x, y) = u_0(x, y) + \sum_m A_m u_m(x, y)$$

$$v(x, y) = v_0(x, y) + \sum_m B_m v_m(x, y)$$

这里 $u_m(x, y), v_m(x, y)$ 为待定系数， $u_0(x, y), v_0(x, y)$ ，满足眼睛边界条件的边界处位移函数，另外 A_m, B_m 为待定系数，且相互独立。根据弹性力学原理，可以推导出上眼皮某一点的位移函数为：

$$u(x, y) = \frac{35cxy}{42b+20a} \left(1 - \frac{x^2}{a^2}\right) \left(1 - \frac{y}{b}\right)$$

$$v(x, y) = c \left(1 - \frac{x^2}{a^2}\right) \left(1 - \frac{y}{b}\right) + \frac{5cby}{16a^2+2b^2} \left(1 - \frac{x^2}{a^2}\right) \left(1 - \frac{y}{b}\right)$$

由于人眼的眨动过程可视为沿水平和垂直方向运动，因此各个顶点变形后的新坐标为：

$$(x', y', z')^T = (x, y, z)^T + (u, v, 0)^T$$

另外需要加上约束条件，不能无限制的睁大眼睛，根据眼皮始终是覆盖在眼球上这个球面上，所以需要满足球面方程：

$$(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 + (z-z_0)^2 = r^2$$

其中 (x_0, y_0, z_0) 为眼球中心点的坐标， r 为眼球半径。

综上推导过程，得到了上眼皮的眨动的计算式，可见只要改变 c 的值就可以得到发生不同的形变后的坐标。

下眼皮的分析同上眼皮的原理相同，只是人眼的下眼皮运动幅度微小，并且边界位移函数可设为：

$$u_0(x, y) = 0, v_0(x, y) = -d \left(1 - \frac{x^2}{a^2}\right)$$

下眼皮的求解位移函数的计算方法同上眼皮相同，于是计算得到下眼皮的运动位移方程为：

$$u(x,y) = -\frac{35aed}{42e+20a} \frac{xy}{ae} (1-\frac{x^2}{a^2})(1-\frac{y}{b})$$

$$v(x,y) = -d(1-\frac{x^2}{a^2}) - \frac{5dey}{16a^2-2e^2} (1-\frac{x^2}{a^2})(1-\frac{y}{b})$$

同理，通过改变d的值就可以实现下眼皮的运动坐标。

2) 人脸运动之“嘴巴闭合”

从人脸的正面几何模型上看，嘴巴的三角网格顶点分别位于不同的椭圆上，并且这些椭圆可以认为是有共同的对称轴和对称中心，可将嘴巴限定在椭圆区域内。即，嘴巴上任意一点 (x, y, z) 应落在：

$$\{(x,y,z) | (x,y,z) \text{ 介于 } \frac{x^2}{m^2} + \frac{y^2}{n^2} + \frac{z^2}{k^2} = 1$$

$$\text{与 } \frac{X^2}{M^2} + \frac{Y^2}{N^2} + \frac{Z^2}{K^2} = 1 \text{ 之间} \}$$

m 和 M 分别为沿 x 轴方向的内椭圆截距和外椭圆截距； n 和 N 分别为沿 y 轴方向的内椭圆截距和外椭圆截距； k 和 K 分别为沿 z 轴方向的内椭圆截距和外椭圆截距。嘴巴的运动视为一个弹性体的运动，并且将嘴巴的运动近似于一个椭圆形发生形变的过程，将嘴巴的运动正投影在坐标轴上的示意图。如图4所示。同理，根据弹性力学的原理，同样可以得到嘴巴运动的位移表达式：

$$u = \frac{m+m_0}{m_0}x + \frac{n^2-m^*n_0}{nm_0}y + (\frac{k}{m_0} - \frac{F}{E} \frac{m^*m_0+n^*n_0}{m_0\sqrt{m^2+n^2}})z$$

$$v = \frac{m+m_0}{n_0}x + \frac{n^2-m^*n_0}{nn_0}y + (\frac{k}{n_0} - \frac{F}{E} \frac{m^*m_0+n^*n_0}{n_0\sqrt{m^2+n^2}})z$$

$$w = -\frac{(m+m_0)E\sqrt{m^2+n^2}}{F(m^*m_0+n^*n_0)}x - \frac{(n^2-m^*n_0)E\sqrt{m^2+n^2}}{n(m^*m_0+n^*n_0)}y$$

$$+ (\frac{kE\sqrt{m^2+n^2}}{n_0(m^*m_0+n^*n_0)} - 1)z$$

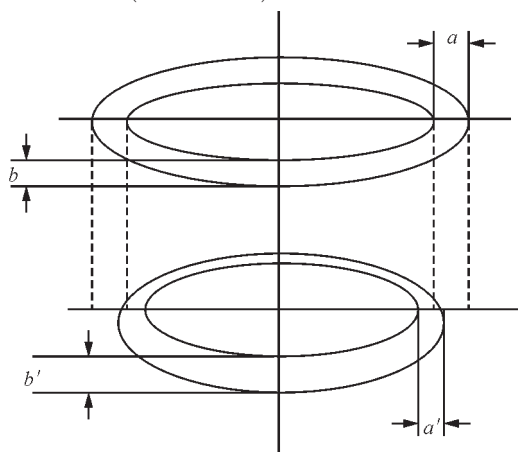


图4 嘴巴界限及坐标系示意图

这样可以根据上式求出椭圆域内所有点的位移，从而得到嘴巴发生形变后的新坐标点的坐标。

3) 人脸运动之“眉毛运动”

眉毛的运动也可以反映一个人的不同情绪状态，也是人脸表情变化的重要信息源，基于弹性形变原理和之前对人眼睛和嘴巴的分析方法，本文提出了眉毛的运动算法。可以将眉毛分成两段三角形来描述，如图5所示。

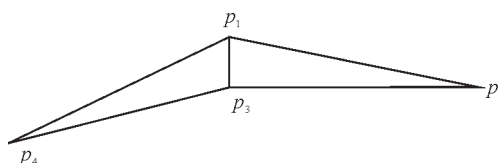


图5 眉毛的几何描述图

眉毛的运动通常可以描述为“上扬”和“下压”这两个趋势的运动，对于“眉尾”可以将 p_1 和 p_3 视为不动点， p_4 点以 p_1 为圆心做扇形运动，对于“眉头”可以仍然将 p_1 和 p_3 视为不动点， p_2 点以 p_1 为圆心做扇形运动，如图6所示。

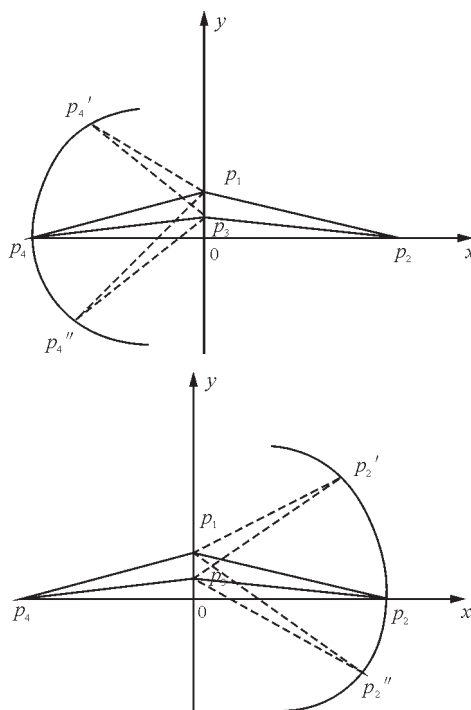


图6 人眼单侧眉毛的分解运动示意图

从上图的分析可知，只需要控制 p_2 点和 p_4 点，就可以实现眉毛的不同运动状态，然后利用弹性形变中的位移变分法，可将眉毛区域内的任意一点的位置用径向坐标 r 和环向坐标 θ 来表示，其位

移量表示为 $u(r, \theta)$, $v(r, \theta)$ 。利用弹性力学原理在极坐标系下进行研究, 最终可以推导出任意一点的位移的表达式:

$$\begin{cases} u(r, \theta) = -\frac{3}{2} \frac{1}{r} + r \ln r - \frac{3}{2} r + \cos \theta + \sin \theta + \frac{1}{2} \\ v(r, \theta) = 4r\theta + r - \sin \theta + \cos \theta \end{cases}$$

这样, 通过位移的变化既可以实现眉毛的运动。

2.3 人脸肖像卡通处理模块

该部分可以采用基于映射的图像变形的方法来实现。

对于一幅二维的图像, 将原始图像设为S, 目标图像设为A, 并且将他们分别看做是一个矩形区域, 如图7所示。然后将S向P区域映射, 其中 $P \subset A$ 。

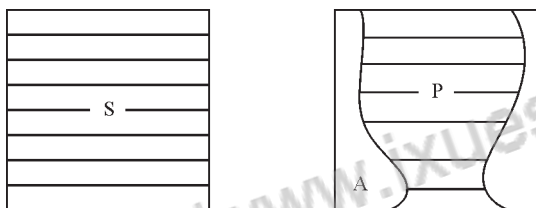


图7 图像S映射到任意区域P的示意图

通过简单的正梯形模式和倒梯形模式的拉伸和收缩原始图像, 可得到如图7所示的效果图。



图7 人脸变形效果图

2.4 人脸表情驱动单元

人脸面部可以有上千种表情的表达, 可以归纳为六种基本的表情, 其它的表情都是由这六种表情按照一定的标准结合在一起形成的。这六种表情包括高兴、悲伤、恐惧、愤怒、厌恶和惊奇。可将人脸这些基本的表情视为表情单元, 并用一个权值 w 来定义表情单元的不同状态。

3 结束语

本文主要针对二维的人脸图片进行建模研究和讨论的, 研究的内容包括人脸特征点的定位, 人脸表情的动画, 以及人脸的变形等。提出了一些具体的实现算法和解决思路, 完成一个人脸卡通肖像处理系统的设计。该系统可以简单的实现人脸表情的动画和人脸肖像的夸张表现, 减少人机交互处理的操作, 应用更加的简便。此外, 该系统在处理人脸照片时, 不需要事先定义模板, 每一步的处理都是利用前一步骤处理的数据, 这样可以大大减少数据的存储量, 降低系统成本。

参考文献

- [1] 蒋玉川, 张建海, 李章政. 弹性力学与有限单元法[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [2] 邹北骥. 人脸造型与面部表情动画技术研究[D]. 湖南: 湖南大学, 2001.
- [3] 徐艺伦. 弹性力学简明教程(第二版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 1995.
- [4] 金辉, 高文. 人脸面部混合表情识别系统[N]. 计算机学报, 2000, 23(6): 602-608.
- [5] 林学睿, 洪鹏宇. 基于2D几何与纹理信息分离模型的表情分析与合成[N]. 电子学报, 1998, 26(11): 124-127.

(上接第42页)

列的基本实验中, 收获的一些体会。当然消息队列还可以发挥更大的作用, 例如利用一个消息队列发送(数据结构)不同类型的消息: 向消息队列发送的消息不单单是一个指向普通变量的指针, 发送消息指针是指向一个实现定好的数据结构体了, 而这个结构体中定义了指向不同类型的数据结构的指针。理解了利用消息队列实现任务间的通讯与同步的基本过程, 则对于理解其他类

型的事件实现任务通讯与同步, 有举一反三的作用。

参考文献

- [1] JEAN J. LABROSSE. 嵌入式实时操作系统uC/OS-II[M]. 邵贝贝, 译. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.
- [2] 田泽. ARM7嵌入式开发实验与实践[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006.

word版下载: <http://www.ixueshu.com>

免费论文查重: <http://www.paperyy.com>

3亿免费文献下载: <http://www.ixueshu.com>

超值论文自动降重: http://www.paperyy.com/reduce_repetition

PPT免费模版下载: <http://ppt.ixueshu.com>

阅读此文的还阅读了:

- [1. 基于特征提取的实时交互式三维人脸表情动画研究](#)
- [2. 一种人脸老化的算法与研究](#)
- [3. 动画中的面部表情造型探析](#)
- [4. 面部表情识别方法研究综述](#)
- [5. 人脸表情识别技术综述](#)
- [6. 基于曲面建模的人脸表情动画实现](#)
- [7. 基于HLACLF的人脸表情识别方法研究](#)
- [8. 三维角色面部表情动画应用研究](#)
- [9. 《面部表情》](#)
- [10. 基于稀疏表示的人脸表情识别算法研究](#)
- [11. 人脸面部表情动画技术研究及在影视动画中的应用](#)
- [12. 一种基于MPEG-4的三维人脸表情动画算法](#)
- [13. 丰富的面部表情](#)
- [14. 基于稀疏表示的人脸表情识别算法研究](#)
- [15. 时空人脸表情动画编辑](#)
- [16. 人脸表情识别综述](#)
- [17. 动画中的面部表情造型探析](#)
- [18. 人脸表情识别算法综述](#)
- [19. 基于文本驱动的人脸表情动画系统](#)
- [20. 人脸表情动画研究简述](#)
- [21. 人脸面部表情的动画算法研究](#)
- [22. 基于LBP纹理稀疏表示的人脸面部表情识别](#)
- [23. 人脸表情动画](#)
- [24. 偶动画表情制作研究](#)
- [25. 喜怒无常的面部表情——卡通面部表情练习](#)

- [26. 基于C5.0算法的人脸表情识别研究](#)
- [27. 人脸识别算法研究](#)
- [28. 人脸面部建模及在表情识别中的应用研究](#)
- [29. 人脸表情识别方法研究进展](#)
- [30. 基于人脸运动捕捉的表情动画仿真研究](#)
- [31. 动画中的面部表情造型探析](#)
- [32. 基于RGB—D的人脸表情识别研究](#)
- [33. 基于面部关键点的人脸表情识别算法研究](#)
- [34. 人脸面部表情识别](#)
- [35. 面部表情会出卖你](#)
- [36. 面部表情里的礼仪秘密](#)
- [37. 基于OpenCV的人工神经网络人脸面部表情识别研究](#)
- [38. 传统水墨动画角色面部表情刍议](#)
- [39. 基于C5.0算法的人脸表情识别研究](#)
- [40. 读懂你的表情——保罗·艾科曼的面部表情研究](#)
- [41. 基于SIFT算法的多表情人脸识别](#)
- [42. 基于Kinect的人脸表情捕捉及动画模拟系统研究](#)
- [43. 三维动画面部表情的创作解析](#)
- [44. 丰富的面部表情](#)
- [45. 舞蹈表演中的面部表情研究](#)
- [46. 略论教师的面部表情](#)
- [47. 中外动画角色面部表情的差异](#)
- [48. 让表情更加迷人——人脸动画控制技术](#)
- [49. 动画片中口型与表情研究](#)
- [50. 面部表情识别研究综述](#)