

基于照片的特定三维人脸建模方法

陈 婷, 阿里甫·库尔班

(新疆大学 信息科学与工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830046)

摘 要:个性化的人脸模型在游戏娱乐、电影制作、聋哑人辅助教学等领域发挥着重要的作用。因此特定人脸建模越来越受人们重视。特定人脸建模是指利用具体的人脸信息建立具有不同特征的人脸模型。利用人脸的正面和侧面照片,首先对通用人脸模型进行几何信息的修改,使通用人脸模型的几何形状与特定的人脸模型一致;然后参考 MPEG-4 中的人脸定义标准,标识出人脸正面照片以及侧面照片中的特征点,使用克里金函数插值方法,通过对通用人脸模型进行纹理图像的变形,从而建立特定人脸模型。实验结果表明,克里金插值方法是一种光滑的内插方法,在数据点多时,其内插的结果可信度较高。

关键词: MPEG-4; 克里金函数插值; 特定人脸模型

中图分类号: TN911.73

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2011)07-0043-03

Method of Individual 3D Face Reconstruction Based on Photograph

CHEN Ting, ALIFU. Kuerban

(Dept. of Information Science and Engineering, Xinjiang University, Urumqi 830046, China)

Abstract: Individual 3D facial model is playing an important role in the game entertainment, film production, deaf-mutes aided teaching and other fields. Therefore, people pay more attention in the object than before. Individual 3D face reconstruction establishes specific facial model, using the different characteristics of human face. In this paper, modificate the general face model's geometry information, so that the general face model's geometry consistent with a specific face models. Then referenced MPEG-4 standard in the definition of human faces and then identified feature points on the front photo and the side photo. At the end, used the method of Kriging interpolation, in order to generate a specific face model by modify the texture image of the generic 3D face model. Experimental results show that the Kriging of interpolation method is a smooth interpolation method, when the data points much more, the result of which inserted a higher reliability.

Key words: MPEG-4; Kriging interpolation method; individual 3D facial model

0 引 言

具有真实感的三维人脸合成涉及到计算机图形学、三维数据场可视化等计算机科学的知识。真实感的三维人脸模型应用非常广泛,应用方面包括聋哑人辅助教学、医疗整形、电影动画制作、游戏娱乐、虚拟仿真等。因此,如何在计算机中真实地表现三维虚拟人脸部的外观特征越来越引起人们的重视。目前已有的三维人脸建模可分为四大类:扫描建模、统计建模、手工建模、特征建模。Lee 等人^[1,2]首先使用扫描建模的方法。此方法通过三维扫描仪创建人脸模型。这种方法的优点是所建立的模型精细,准确度高。缺点是扫

描仪设备造价昂贵,要求模特不能离场,而且扫描后的模型还需要经过人工应用软件进行处理。Volker Blanz 等人^[3]提出了统计建模的方法来建立三维人脸模型。统计建模的方法优点是输入只需一张正面人脸照片;缺点是建立三维人脸库困难。手工建模方法是制作者借助 3DS MAX、Maya、Poser 等三维制作软件,在计算机中绘制出三维人脸模型的方法。

文中采用特征建模的方法^[4,5]。首先用数码相机拍摄得到一张正面和一张侧面的人脸照片。要求从人脸的正面、侧面互相垂直的方向拍摄。然后参考 MPEG-4 标准^[6]标注特征点,其中正面 39 个特征点,侧面有 17 个特征点。从正面照片可以获得 x 与 y 轴的坐标,侧面照片可以获得 z 与 y 轴的坐标。然后将依据双目立体视觉的原理,利用照片中标定的特征点的二维信息来恢复其三维信息。根据正侧面相同特征点的对应关系确定特征点的三维坐标,再用特征点的坐标来插值变形一个中性人脸网格,从而构造出特定

收稿日期:2010-12-24;修回日期:2011-03-10

基金项目:国家自然科学基金项目(60963019)

作者简介:陈 婷(1986-),女,硕士,研究方向为虚拟现实、计算机图形图像处理;阿里甫·库尔班,副教授,研究方向为少数民族自然语言处理、图形图像处理等。

人的三维人脸几何模型。

1 特征点的选取

1.1 立体视觉原理

从人脸照片上只能反映二维信息,而要实现三维信息的感知,可利用立体视觉的原理。

如图 1 中,对于待测的空间点 P ,使用两个摄像机 C_1 和 C_2 同时对 P 进行观察,就可以唯一确定点 P 的三维空间位置。其中点 P_1 和点 P_2 是点 P 分别在 C_1 和 C_2 图像上的成像点,点 P 的三维空间位置在 O_1P_1 与 O_2P_2 的交点处。

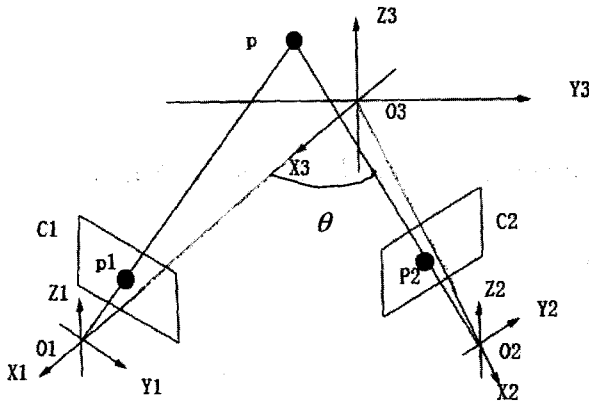


图 1 空间点 P 的三维位置确定

如果在拍摄照片时,让 C_1 坐标系中 Z_1 轴与物体坐标系中的 Z_3 轴平行,并且让摄像机 C_1 的光轴与物体坐标系的 X_3 轴重合。摄像机 C_1 在物体坐标系下绕 Z_3 轴旋转角 θ 后得到摄像机 C_2 的位置。摄像机 C_1 的光心 O_1 与 O_3 的距离为 D ,摄像机 C_1 与 C_2 的各项参数均相同且焦距为 L ,设点 P 在物体坐标系下的坐标为 (X, Y, Z) ,像点 P_1 在 C_1 图像平面上的坐标为 (e_1, f_1) , P_2 在 C_2 摄像机图像平面上的 (e_2, f_2) ,根据线性摄像机模型可以得到:

$$\begin{cases} e_1 = \frac{L}{D-X}Y \\ f_1 = \frac{L}{D-X}Z \\ e_2 = \frac{L}{D-(X\cos\theta + Y\sin\theta)}(Y\cos\theta - X\sin\theta) \\ f_2 = \frac{L}{D-(X\cos\theta + Y\sin\theta)}Z \end{cases} \quad (1)$$

当 θ 为 90° 时公式简化为:

$$\begin{cases} e_1 = \frac{L}{D-X}Y \\ f_1 = \frac{L}{D-X}Z \\ e_2 = \frac{L}{D-Y}X \\ f_2 = \frac{L}{D-Y}Z \end{cases} \quad (2)$$

1.2 人脸照片预处理

为了保证人脸正面和侧面照片坐标和比例上的统一,在对特征点进行标注之前,须对照片进行归一化处理。设在正面、侧面人脸图像上,眼睛与下巴的距离分别为 H_r 与 H_s 。照片中某点坐标为 (X, Y) 的像素点,进行归一化处理后的坐标如下:

$$\begin{cases} x = K(X/H) \\ y = k(X/H) \end{cases} \quad (3)$$

其中: $H = \begin{cases} H_r & \text{(正面照片)} \\ H_s & \text{(侧面照片)} \end{cases}$; k 为一适度量化因子。

归一化处理示意图如图 2 所示:

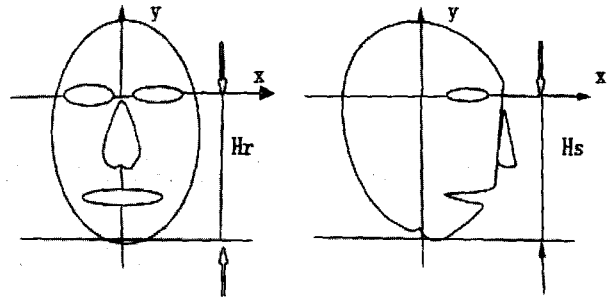


图 2 照片归一化处理示意图

1.3 特征点的选取

特征点的提取主要有手动提取和自动提取两种方式。手动提取是用手工的方式在人脸照片上标出特征点;自动提取是采用一些特征点提取算法,如 AAM 算法^[7]、snake 算法^[8]、RPBF 算法^[9]等,由计算机自动提取人脸照片上的特征点。文中在特征点提取的方法上,则是采用自动和手工相结合的方法来实现。参考 MPEG-4 人脸规范模型标准,其中正面照片中定义了 39 个特征点,侧面照片中定义了 17 个特征点。使用图像分析的方法^[10,11]自动确定具有显著视觉特征且容易自动提取的特征点的位置,例如正面照片以及侧面照片上的鼻尖点。而由于嘴唇、眼睛等特定区域的特征点提取有难度,则使用手工的方式标注这些特定区域的特征点。如图 3 所示。

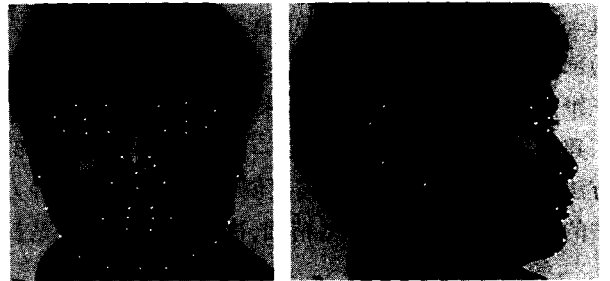


图 3 人脸正面与侧面特征点的定义

2 特定三维人脸模型的建立

2.1 人脸模型整体比例的修改

整体修改是将通用人脸模型修改为特定人脸模型

的第一步。从正面人脸照片可以获得 X 与 Y 轴的信息,从侧面人脸照片可以获得 Y 与 Z 轴的信息。其中,从正面看人脸照片时,从左到右为 X 方向,从下到上为 Y 方向;从侧面看人脸照片时,从下到上为 Y 方向,从后到前为 Z 方向。整体变形是通过将模型上的标定的特征点在 XYZ 方向上的拉伸变换得到的。将通用人脸模型的特征点空间位置按照照片中计算出的特征点空间位置作调整,就可以通过修改通用人脸模型的整体轮廓,使其脸型与五官的位置与特定人脸模型一致。

2.2 局部修改

局部修改是将通用人脸模型修改为特定人脸模型的第二步。目的是让通用人脸模型上的五官,眼睛、鼻子、嘴巴等与特定人脸的五官一致。从而建立起特定人脸模型。文中采用克里金插值方法来实现非特征点的调整。

克里金插值(Kriging)方法^[12]首先是由法国地理数学家 Georges Matheron 和南非矿山工程师提出的一种最优内插策略,又称为空间自协方差最佳插值法。该方法具有良好的离散空间插值能力,考虑了特征点和非特征点的相对位置,同时也考虑了点之间的位置关系。克里金插值方法通过特征点 X_1, X_2, \dots, X_N 的值 $Z(x_i)$ ($i = 1, 2, \dots, N$) 组合来估计 X_0 位置处的值 $Z(X_0)$ 。

X_0 处的估计值为

$$Z^I(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(x_i) \quad (4)$$

记 Z^{II} 为 X_0 位置处的真实值,估计误差记为 $\sigma = Z^I - Z^{II}$ 。相应于随即变量 σ 的均方误差为如公式:

$$r_\sigma^2 = E(\sigma - E(\sigma))^2 \quad (5)$$

为了使均方误差最小,估计系数 λ_i 需要满足方程

$$\begin{cases} \min_{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n} E(\sigma - E(\sigma))^2 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \end{cases} \quad (6)$$

当估计误差的方差最小时,得到普通克里金方法的方程组。如公式

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N \lambda_i = 1 \\ \sum_{i=1}^N \lambda_i C(x_i, x_j) - \mu = C(x_0, x_j) \end{cases} \quad (7)$$

其中 C_{ij} 是两个位置的相关度,文中采用逆距离模型对其进行计算。

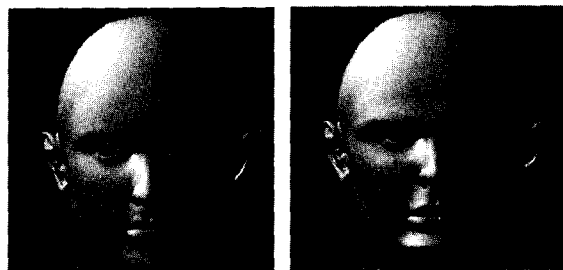
$$C_{ij} = a (d_\Delta(x_i, x_j))^{-\omega} \quad (8)$$

其中 $a > 0, \omega > 0$, 是给定的常数。

3 实验结果

文中使用的通用人脸模型为图4中的(a)图所

示。通过文中所描述的理论进行实验。将通用人脸模型变形后的特定人脸模型为图4中的(b)图所示。



(a) 通用人脸

(b) 特定人脸

图4 通用人脸和修改后的人脸

4 结束语

建立特定人脸模型的方法,是通过变形通用人脸模型得到特定人脸模型。利用人脸的正面和侧面照片作为基础,利用双目立体视觉原理来获得二维平面照片上特征点的三维信息。对通用人脸模型标定特征点,通过对特征点的相应调整,使其几何形状与特定人脸图像一致。对于非特征点的调整,则使用克里金函数插值方法对通用人脸模型进行变形,从而建立特定人脸模型。

利用克里金函数插值方法对非特征点移动的位移进行计算时,需要在每一个非特征点 x_0 处求解一次方程组,计算量较大。这是以后实验中要继续改进的地方。

参考文献:

- [1] Lee Y C, Terzopoulos D, Waters K. Realistic modeling for facial animation [C]//In: SIGGRAPH Conference Proceedings. Los Angeles, USA: [s. n.], 1995:55-62.
- [2] Lee Y C, Terzopoulos D, Waters K. Constructing physics-based facial models of individual [C]//Graphics Interface. Toronto, Ontario: [s. n.], 1993:1-8.
- [3] Blanz V, Vetter T. A morphable model for the synthesis of 3D faces [C]//In: SIGGRAPH 99 Conference 3 Proceedings. Los Angeles: [s. n.], 1999:187-194.
- [4] 赵晓刚,惠延波. 特定三维人脸建模方法综述[J]. 计算机与数字工程, 2009, 37(5): 133-135.
- [5] 张立臣. 三维人脸建模技术探讨[D]. 西安: 陕西师范大学, 2005.
- [6] MPEG. Overview of the MPEG-4 Standard [S]. ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N2725. Seoul, South Korea: [s. n.], 1999.
- [7] 陈培俊. 基于静态图像的人脸表情识别研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2007.
- [8] 王宣银, 潘 锋, 向桂山, 等. 基于 Snake 模型的特定人脸三维重建方法[J]. 机械工程学报, 2007, 43(7): 168-173.

(下转第53页)

应该达到的目标,根据图5的软件质量综合特性和定量指标度量模型^[12]将质量特性细化,该定量指标度量模型是在ISO/IEC 9126软件内部和外部质量特性模型的基础上改进得到的。

该模型分为三层:

第一层是面向管理的质量特性,每一个质量特性是用以描述和评价软件质量的一组属性,代表软件质量的一个方面;

第二层质量量子特性是上层质量特性的细化,一个特定的质量特性可以对应若干个质量量子特性;

第三层是度量特性,对于度量特性只要按照相应的标准进行度量,就可为质量特性和质量量子特性提供定量值。

其中各定量指标是由软件工程工作人员在长期的工作经验中得出的,直观明了,具有可操作性、实用性、可行性和有效性。根据每个软件产品构件的具体情况,可以选取其中的部分特性进行度量,也就只需要确定部分质量特性的质量目标。

4 结束语

软件配置管理与软件质量控制有许多的交叉点,文中将它们的技术理论相结合,使得在软件配置管理的过程中加强对质量控制的支持,通过对软件过程构件和软件产品构件的控制,实现对软件开发过程与软件产品构件的质量控制。

(上接第45页)

- [9] Yan S C, Li M J, Zhang H J, et al. Ranking Prior Likelihood Distributions for Bayesian Shape Localization Framework [C]//in Proceeding of the 9th International Conference on Computer Vision. ICCV 03. France, Nice; [s. n.], 2003.
- [10] 任爱华. 计算机图形学[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2005.

(上接第49页)

- portable debug environment-independent client and non-portable platform-specific server[M]. USA: ACM, 1998.
- [6] 杨帆, 张彩丽. 一种通用远程监控软件的设计与实现[J]. 计算机测量与控制, 2006, 14(10): 1417-1419.
- [7] 王亮, 张石磊, 张春雷. 调试嵌入式系统方法研究[J]. 硅谷, 2008(10): 22-22.
- [8] 吕国芳, 唐海龙, 李进. 基于Modbus RTU的串口调试软件的实现[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(9): 236-238.
- [9] 曹力, 刘晓平. 异域网中分布式仿真系统的通信模型[J]. 系统仿真学报, 2007, 19(13): 2951-2954.
- [10] 郑大虎. 分布式日志服务系统关键技术的研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2005.

参考文献:

- [1] 徐晓春, 李高健. 软件配置管理[M]. 北京:清华大学出版社, 2002.
- [2] 范文峰. 软件过程度量的研究与应用[D]. 上海:上海大学, 2004.
- [3] 徐如志. 基于复用的软件过程改进方法与优化控制技术研究[D]. 上海:复旦大学, 2004.
- [4] 杨美清, 梅宏, 李克勤. 软件复用与软件构件技术[J]. 电子学报, 1999, 27(2): 68-75.
- [5] 马亮. 基于规约匹配的构件检索[J]. 小型微型计算机系统, 2002, 23(10): 1153-1157.
- [6] Elrac W A, Carleton A D. 度量软件过程[M]. 任爱华, 刘又诚, 译. 北京:北京航空航天大学出版社, 2002.
- [7] 李健, 金茂忠. 软件过程度量技术的研究[J]. 计算机工程与应用, 2001(5): 86-90.
- [8] 马亮. 基于规约匹配的构件检索[J]. 小型微型计算机系统, 2002, 23(10): 1153-1157.
- [9] GB/T 16260.3-2006/ISO/IEC TR 9126-3: 软件工程产品质量. 第3部分:内部量[S]. 2003.
- [10] Damiani E, Fugini M G, Belletini C. A hierarchy-aware approach to faceted classification of objected-oriented components[J]. ACM Transactions on Software Engineering and Methodology, 1999, 8(3): 215-262.
- [11] ISO/IEC 9126. Software Engineering - Product Quality - Part 3: Internal Metrics, ISO[S]. 2003.
- [12] 程诺, 万琳, 张威. 基于量化指标分析的软件质量度量方法[J]. 北京化工大学学报, 2007, 34(增刊I): 126-129.

- [11] 王新成. 高级图像处理技术[M]. 北京:中国科学技术出版社, 2001.

- [12] 靳国栋, 刘衍聪, 牛文杰. 距离加权反比插值法和克里金插值法的比较[J]. 长春工业大学学报(自然科学版), 2009, 28(4): 813-818.

- [11] 张龙. 工业实时以太网:现场总线与以太网技术在工业自动控制系统中的必然趋势[J]. 自动化博览, 2007, 24(6): 44-48.

- [12] 何进, 谢松巍. 基于Socket的TCP/IP网络通信模式研究[J]. 计算机应用研究, 2001, 18(8): 134-135.

- [13] 刘利强, 吴永英, 王勇智. IPv6下Socket网络编程的研究与实现[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(6): 201-205.

- [14] 黄显信. 利用Socket通信进程实现不同数据库间数据的同步[J]. 计算机与数字工程, 2003, 31(5): 28-30.

- [15] 翟廉飞, 柴天佑, 高忠江, 等. 制粉系统智能解耦控制的分布式仿真实验平台[J]. 系统仿真学报, 2006, 18(7): 1824-1828.