

人体特殊动作三维动画建模与渲染方法改进研究

孔素然,殷均平

(宁波大红鹰学院 艺术与传媒学院,浙江 宁波 315175)

摘 要:在对人体特殊动作进行三维动画重建时,三维动画建模环境中容易产生干扰,导致渲染与建模过程误差较大.提出一种人体特殊动作三维动画建模与渲染方法改进方法,构建人体三维人体骨架模型,依据三维模型和二维动作图像上的线对应关系,通过透视投影关系及人体骨骼的比例关系,对模型中不同三维特征点坐标进行动画重构,并完成高精度渲染.实验结果表明,所提方法具有很高的三维建模精度,效果改进明显.

关键词: 人体;特殊动作;三维建模;动画渲染

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2016)09-0169-04

The Special Action Study of Three Dimensional Animation Modeling and Rendering Method Improvement

KONG Su-ran, YIN Jun-ping

(School of Arts and Media, Ningbo Dahongying University, Ningbo 315175, China)

Abstract: In the special action to the human body 3 d reconstruction, the three dimensional animation modeling environment prone to interference, lead to error rendering and modeling process. Put forward a kind of special body movement to the three dimensional animation modeling and rendering method improvement, building three-dimensional human body skeleton model, based on 3 d models and 2 d images corresponding relationship of the lines, and the camera calibration. Through the perspective projection relationship and the proportion of the human body skeleton, the model of different 3 d reconstruct animated feature point coordinate, and completes the high precision rendering. The experimental results show that the proposed method possesses high precision of 3 d modeling, improve the effect.

Key words: human body; special action; 3 d modeling; animation rendering

1 引言

近年来,随着三维动画视觉模拟技术的逐渐改进,对人体动作实时三维建模准确性的要求也越来越高^[1].对人员动作进行研究有助于三维图像处理技能的提高^[2].通过三维建模方法可有效提高人员运动动画重建的准确性,进而准确研究出动作姿势的规律性.因此,三维重建方法被广泛应用于动画领域,对其的研究具有重要意义^[3-4].

文献[5]提出一种基于立体成像三维重建方法,该方法主要包括五个阶段:收集并匹配特征点、投影

重建、摄像机标定、聚集匹配以及塑造三维模型.但该方法只适用于特征点显著的物体,针对特征点不易提取的物体,三维重建精度较低;文献[6]提出一种轮廓表面三维重建方法,该方法首先采集各层次的图形的轮廓,再用外轮廓线最高点绘制三角形,使各层轮廓线相连,获取待重建物体的轮廓.但该方法邻近层次轮廓点之间的相应形式往往存在很多问题,三维重建的结果不理想.文献[7]提出一种基于Cuberille的三维重建方法,该方法将三维图像的各像素都看成一个六面体,若体素单位数据场的值不存在差异,则将六个面转换成等值面,把不重叠的部

分再次相连对等值面进行描述, Cuberille 方法可分块实现三维重建过程, 然而该方法会使三维图像出现变形, 特别是在物体轮廓处呈锯齿状, 使图像呈“块状”; 文献[8]提出一种攻击与特征匹配的三维重建方法, 该方法首先完成对立体图像角点、边框的检验, 再针对每个特点一一匹配. 该方法能够有效实现对比度与光照改变较大物体的三维重建, 然而其仅可得到零散的视差图像, 三维重建效果不佳.

本文提出一种人体特殊动作三维动画建模与渲染方法改进方法.

2 三维人体骨架模型的建立

本节将人体看作由关节点连接的刚体的集合, 用一条线段对一个刚体进行描述, 将人员动作转换成人体骨架的运动, 获取人体三维人体骨架模型, 如图 1 所示.

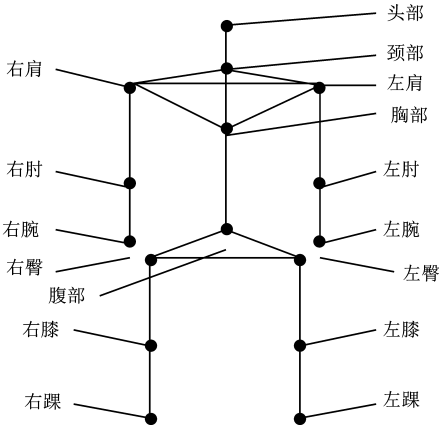


图 1 三维人体骨架模型

下面将详细分析怎样通过计算机视觉的方法对三维人体骨架运动特征进行动画重建.

2.1 动画重构中的关节点三维坐标求解

完成摄像机的标定后, 通过透视投影关系及人体骨骼的比例关系, 可对动作模型中不同三维特征点的坐标进行计算, 实现动作的三维动画重建.

本节以人体运动时左臂的二维姿态为例. 首先, 依据先验知识得到运动时后臂的长度是 l , 利用图像处理软件获取人员关节和肩部关节点的计算机帧存二维图像坐标 (X_{f1}, Y_{f1}) , (X_{f2}, Y_{f2}) , 再通过标定构造摄像机将其转换成摄像机坐标系下的三维坐标 (X_{c1}, Y_{c1}, Z_{c1}) , (X_{c2}, Y_{c2}, Z_{c2}) , 依据空间两点之间的距离计算公式构建下述等式:

$$l = \sqrt{(X_{c1} - X_{c2})^2 + (Y_{c1} - Y_{c2})^2 + (Z_{c1} - Z_{c2})^2} \quad (1)$$

将用于标定的平面模板放在右肩关节点周围, 正对摄像机光轴方向. 对摄像机镜头和平面模板之间的近似距离 d 进行计算, 将其看作右肩关节点的深度值. 联立公式获取关于 Z_{c2} 的一元二次方程:

$$AZ_{c2}^2 + BZ_{c2} + C = 0 \quad (2)$$

式中, A, B, C 分别为一元二次方程中的比例系数.

$$A = \frac{X_w + Y_w}{f^2} + 1 \quad (3)$$

$$B = -2d \left(\frac{XX_w + YY_w}{f^2} + 1 \right) \quad (4)$$

$$C = \left(\frac{X_w + Y_w}{f^2} + 1 \right) d^2 - l^2 \quad (5)$$

式中, f 用于描述焦距, d 用于描述原点与该直线方程的垂直距离.

可求得 $Z_{c2} = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$, 依据人体动

作的连贯性, 将动作序列依据运动突变点分割成几个子序列, 并代入关节点的深度坐标值, 即可计算出 X_{c1}, Y_{c1} 与 X_{c2}, Y_{c2} :

$$\begin{cases} X_{c1} = \frac{X_w}{f} Z_{c1} \\ Y_{c1} = \frac{Y_w}{f} Z_{c1} \\ Z_{c1} = d \end{cases}, \begin{cases} X_{c2} = \frac{X_w}{f} Z_{c2} \\ Y_{c2} = \frac{Y_w}{f} Z_{c2} \\ Z_{c2} = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} \end{cases} \quad (6)$$

2.2 渲染技术的改进

在 2.1 节中重构动画的关节点三维坐标求解的基础上, 对彩色图像进行渲染技术的改进, 其卡通风格的渲染技术改进步骤如下:

- (1) 首先, 输入彩色图像, 用 I 表示;
- (2) 调节各通道像素值, 令其像素值在 $[0, 1]$ 区间内, 提取彩色图像各通道的轮廓, 并保存为 I_{cr}, I_{cg}, I_{cb} ;
- (3) 闭合处理步骤 2 中保存的各通道轮廓, 命名为 $I_{src}, I_{cgc}, I_{dbc}$;
- (4) 根据步骤 3 中得到的 $I_{src}, I_{cgc}, I_{dbc}$, 利用连通域原理区域划分源彩色图像, 划分后填充区域颜色, 得到填充后轮廓图 I_1 和 I_2 ;
- (5) 融合 I_1 和 I_2 , 滤波处理后, 完成卡通风格渲染, 得到具有卡通风格效果的图像 I_{rgb} .

3 实例分析

为了验证本文提出方法有效性, 需要进行相关的实验分析. 实验将因式分解方法作为对比, 在 CPU 是 PV 2.8 GHz、内存是 2 GB 的 PC 上进行分

析,两种三维重建方法可通过 VC++实现,将某乒乓球运动员直拍打球动作图像作为实例,进行三维动画重建,并将传统的因式分解法作为对照.

3.1 三维动画重建结果

采用本文方法对图 2 所示的视频某帧乒乓球运动员直拍打球动作进行三维动画重建,得到的骨架模型如图 3 所示.



图 2 乒乓球运动员直拍打球动作

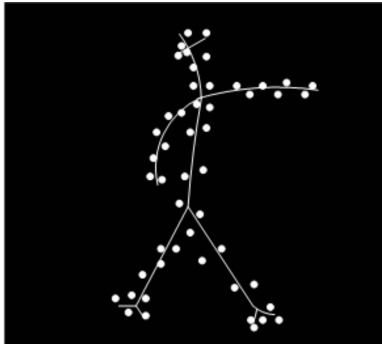


图 3 骨架模型

获取图 3 描述的乒乓球运动员直拍打球动作骨架模型后,采用本文方法构建三维坐标模型,实现运动员骨架的三维重建,得到结果如图 4 所示.采用传统的因式分解法对图 2 描述的乒乓球运动员直拍打球动作构建三维坐标模型的结果如图 5 所示.

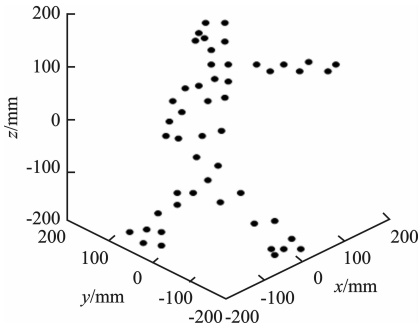


图 4 本文方法构建三维坐标模型

分析图 4、图 5 可以看出,采用本文方法构建的三维坐标中的三维重建效果较好,而采用因式分解法构建的三维坐标中的三维重建效果不佳,明显劣

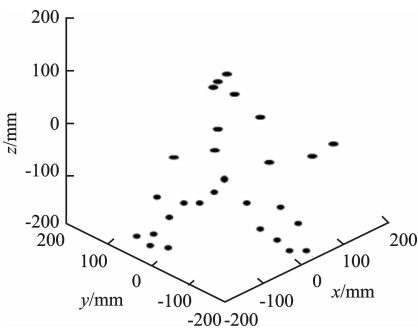


图 5 因式分解法构建三维坐标模型

于本文方法.这主要是因为通过因式分解法获取的人体关键点并不准确,与真实的关键点之间存在一定的差异.不仅如此,图像之间关联也与实际关联存在差异,当前获取的基础矩阵在很大程度上无法满足后续三维重建的要求,导致三维重建结果不佳.

3.2 三维渲染精度分析

为了定量验证本文方法的有效性,表 1 给出了传统的渲染和本文方法渲染结果的反投影误差对比结果,反投影误差(σ)可通过式(7)进行计算:

$$\sigma = \frac{\|W - W_t\|}{\|W\|} \times 100\%$$
 (7)

式中, W 用于描述原始测量矩阵; W_t 用于描述三维渲染结果的反投影测量矩阵.

表 1 两种方法投影误差比较结果

实验序号	反投影误差/%		特征点数量/个	
	本文方法	传统方法	本文方法	传统方法
1	13	32	78	62
2	17	35	75	60
3	16	34	81	64
4	14	27	82	72
5	18	28	77	69
6	15	26	76	73
7	14	30	77	65

分析表 1 可以看出,采用传统方法得到的反投影误差均值约为 30%,而采用本文方法的反投影误差均值约为 15%,是传统方法的 1/2,进一步验证了本文方法的渲染精度.

3.3 重建动画图像评价

为了进一步验证本文方法的有效性,本文通过信息熵、标准差和平均梯度三个指标对三维重建后图像进行定量评价.

信息熵是三维重建后乒乓球运动员直拍打球动作图像信息丰富程度的体现,信息熵越大,信息量越多,三维重建后图像信息越丰富.若信源符号有 n 种

取值: $U_1 \cdots U_i \cdots U_n$, 对应概率为 $P_1 \cdots P_i \cdots P_n$, 且各种符号的出现彼此独立. 这时, 信源的平均不确定性应当为单个符号不确定性 $-\log P_i$ 的统计平均值 (E), 可称为信息熵, 即:

$$H(U) = E[-\log p_i] = - \sum_{i=1}^n p_i \log p_i \tag{8}$$

式(8)中对数一般取 2 为底, 单位为比特. 但是, 也可以取其他对数底, 采用其他相应的单位, 它们之间可用换底公式换算.

标准差是三维重建后乒乓球运动员直拍打球动作图像像素值分布状态的体现, 标准差越大, 灰度级分布越分散. 假设有一组数值 $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ (皆为实数), 其平均值(算术平均值)为 μ , 公式为

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2} \tag{9}$$

平均梯度即清晰度, 是三维重建后乒乓球运动员直拍打球动作图像中细节和纹理变化特征及图像清晰度的体现, 平均梯度越大, 图像越清晰. 其计算公式为

$$\bar{g} = \frac{1}{(M-1)(N-1)} * \sum_{i=j}^{M-1} \sum_{j=1}^{N-1} \sqrt{\frac{(F(i,j) - F(i+1)) + (F(i,j+1))^2}{2}} \tag{10}$$

式中, $F(i, j)$ 为图像的第 i 行, 第 j 列的灰度值; M 、 N 分别为图像的总行数和总列数.

依据上述分析, 将采用本文方法与因式分解法得到的乒乓球运动员直拍打球动作图像信息熵、标准差和平均梯度进行比较, 得到的结果用表 2 进行描述.

表 2 两种方法三维重建图像比较结果

	本文方法	因式分解法
信息熵/bit	8.346	6.475
标准差/px	5.326	27.161
平均梯度/deg	8.734	7.282

分析表 2 可以看出, 采用本文方法进行三维重建得到的乒乓球运动员直拍打球动作图像信息熵和平均梯度均明显高于因式分解法, 说明经本文方法

三维重建后图像信息量和清晰度很高; 而且三维重建后乒乓球运动员直拍打球动作图像的标准差明显低于传统方法, 说明本文方法的灰度级分布较聚集, 进一步验证了本文方法的性能.

4 结束语

提出一种人体特殊动作三维动画建模与渲染方法改进方法, 构建人体三维人体骨架模型, 依据三维模型和二维动作图像上的线对应关系. 实验结果表明, 所提方法具有很高的三维重建精度, 且三维重建后图像信息量和清晰度很高, 灰度级分布较聚集.

参考文献:

[1] 王传宇, 郭新宇, 吴升, 等. 基于计算机视觉的玉米果穗三维重建方法[J]. 农业机械学报, 2014, 45(9): 274-279.

[2] 翟志强, 杜岳峰, 朱忠祥, 等. 基于 Rank 变换的农田场景三维重建方法[J]. 农业工程学报, 2015, 31(20): 157-164.

[3] 高欣健, 张旭东, 高亚捷, 等. 基于单幅灰度图像的快速三维重建方法研究[J]. 机械工程学报, 2014, 50(2): 42-47.

[4] 付轶帆, 吴剑. 基于稀疏散乱数据的实时心内膜三维重建方法[J]. 计算机应用研究, 2014, 31(8): 2516-2519.

[5] 杨宇, 阚凌雁, 于佳, 等. 基于激光扫描的人脸三维重建方法[J]. 红外与激光工程, 2014, 43(12): 3946-3950.

[6] 郑顺义, 王晓南, 马电. 一种便捷式小型物体三维重建方法[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2015, 40(2): 147-152.

[7] 王鑫. 单帧运动图像中人体三维重建方法研究与仿真[J]. 计算机仿真, 2015, 32(10): 267-270.

[8] 彭斌, 麻立群, 潘坚跃, 等. 基于三维场景的电力设施安全区域预警方法[J]. 电子设计工程, 2015, 23(10): 65-67.

作者简介:

孔素然 女, (1978-), 硕士, 副教授, 研究方向为数字媒体. E-mail: surankong@163.com.

殷均平 男, (1968-), 硕士, 副教授, 研究方向为数字媒体.