

基于骨架跟踪的动作捕捉重建方法研究*

王云龙^{1,2}, 费磊^{1,2}, 何昕³, 李昕迪², 杨东亮^{1,2}

(1. 黑龙江省科学院高新技术研究院, 黑龙江 哈尔滨 150020;

2. 黑龙江省科学院智能制造研究所, 黑龙江 哈尔滨 150090;

3. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033)

摘要: 在光学动作捕捉中最常见的问题是遮挡而产生的标记点丢失, 这需要大量后处理工作来恢复缺失标记, 甚至直接导致后期重建失败。针对这一问题, 本文提出一种基于骨架跟踪的动作还原方法。该方法在三维重建和跟踪过程中, 通过校准、三维标记重建、骨架初始化和全局拟合等步骤来预判标记的位置, 并使用人体骨架模型来协助完成三维重建。实验结果证明该方法能够有效提高骨架跟踪成功率, 以此提高三维重建成功率。

关键词: 光学动作捕捉; 骨架跟踪; 三维重建

中图分类号: TP391.4 文献标识码: B 文章编号: 1003-7241(2021)001-0133-04

Research of Motion Capture Reconstruction Method Based on Skeleton Tracking

WANG Yun-long^{1,2}, FEI Lei^{1,2}, HE Xin³, LI Xin-di², YANG Dong-liang^{1,2}

(1. Institute of Advanced Technology, Heilongjiang Academy of Sciences, Harbin 150020 China;

2. Institute of Intelligent Manufacturing, Heilongjiang Academy of Sciences, Harbin 150090 China;

3. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033 China)

Abstract: The most common problem in optical motion capture is the loss of mark points due to occlusion, which requires a lot of post-processing work to recover the missing mark, or even directly leads to the failure of post-reconstruction. In order to solve this problem, this paper proposes a motion based on skeleton tracking reduction method. The method in the process of 3D reconstruction and track, through calibration, 3D mark skeleton reconstruction, initialization and global steps such as fitting to anticipation tag position, and use the human body skeleton model to assist with 3D reconstruction. The experimental results show that the method can effectively improve the skeleton tracking success rate, in order to improve the success rate of 3D reconstruction.

Key words: optical motion capture; skeleton tracking; 3D reconstruction

1 引言

动作捕捉技术最初是20世纪70年代, 首先由DISNEY公司提出, 用来捕捉人体运动姿态, 并将其用于动画制作领域, 使动画中的人物动作看起来更自然生动。之后随着计算机技术和摄影技术的发展, 动作捕捉技术也愈发成熟, 通常作为一种记录运动数据的手段, 被广泛应

用于除了动画之外的其他领域, 譬如电影拍摄、体育训练、生物力学、医疗康复等方面^[1-2]。

动作捕捉技术从原理上可分为机械式、惯性式和光学式等。典型的动作捕捉系统一般由数据采集、信号接收、数据传输和数据处理四部分组成, 其工作流程如图1所示。

机械式动作捕捉系统由安装在人体上的关节和导杆组成, 人在运动时会带动导杆, 从而导致关节角度发生变化, 由此根据杆长和角度即可恢复人体运动情况^[3]。惯性

*基金项目: 黑龙江省2019年度省院合作专项(编号YS19A19)

收稿日期: 2019-08-06

式动作捕捉系统依靠安装在人体上的惯性传感器来工作,人在运动时,通过采集惯性传感器的运动数据,通过特定算法即可恢复人体运动过程。光学动作捕捉系统依靠发光二极管或反光Marker球作为标记点,摄像机通过捕捉标记点来完成运动轨迹跟踪,并实现人体运动重建^[4]。

2 光学动作捕捉及其改进

与机械式和惯性式动作捕捉系统相比,光学式动作捕捉系统具有捕捉精度高、采集速度快、适应能力强、后处理简便等特点,已经在众多领域广泛应用,成为了主流的动作捕捉技术^[5-6]。

传统光学动作捕捉流程如图2所示,这种顺序式结构在执行的过程中如果出现标记点被遮挡的情况,程序就无法正常运行,会导致错误累积,造成严重的后果。因此

必须进行人工干预,引导程序找回丢失的标记点,这不仅大大降低了执行效率,还限制了其应用环境,增加了后处理成本^[7]。

针对这种情况,本文提出了一种全新的动作还原方法,其流程如图3所示。首先使用标准动作和标记对骨架进行标定,然后通过动作捕捉完成数据采集,使用该标定骨架作为基准,用来跟踪人体动作并还原。

3 基于骨架跟踪的标记重建

本文提出的基于骨架跟踪的标记重建方法如下:

(1) 校准

首先,摆出标准的“大”字型姿势(如图4a所示),与该姿势对应的通用骨架模型如图4b所示。通过缩放和位置调整,手动将人体标记点与骨架关键点对应,使骨架完全

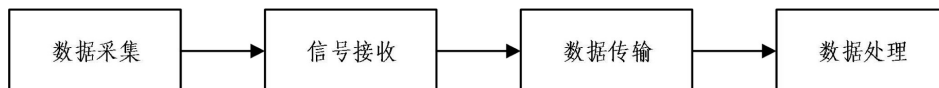


图1 动作捕捉系统流程图

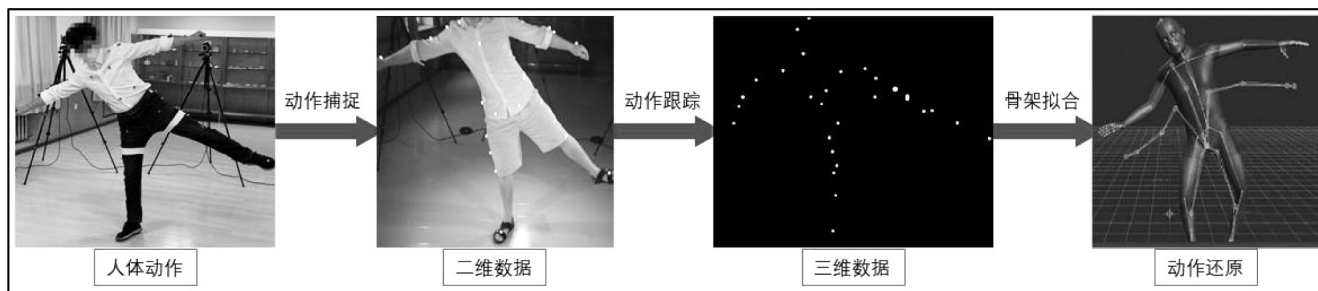


图2 顺序式动作还原

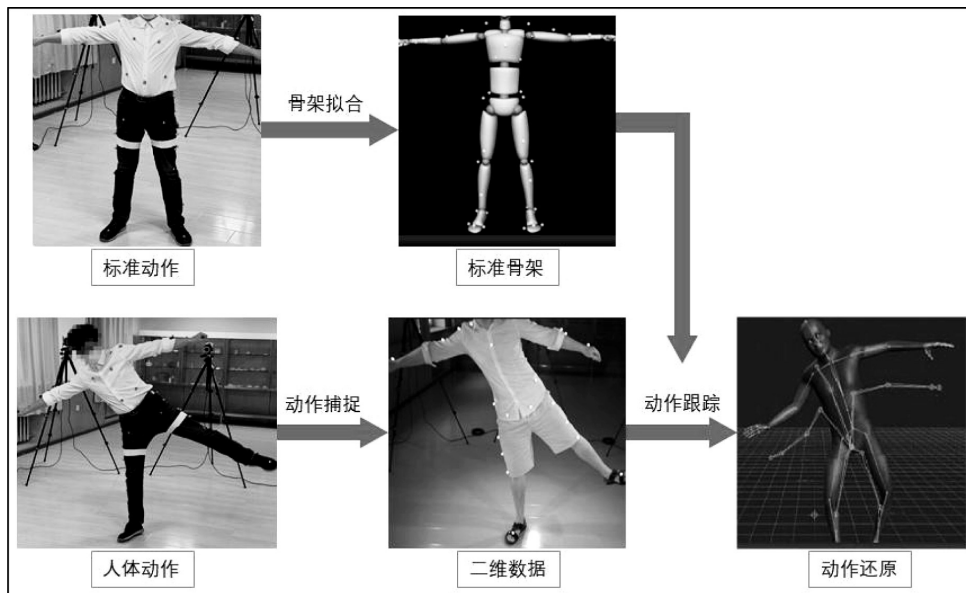


图3 基于骨架跟踪的动作还原

符合人体的解剖结构^[4]。本文设计了一个简单的人体骨架标记模型,并与真实人体关节相对应,骨架包含17个关节点,每个关节都被限制在以该关节为中心的球体内^[8-9]。最终的骨架标记模型如图4c所示。

(2) 三维标记重建

获取人体动作后,需要将复杂动作拆分为多个简单动作来分析,拆分原则以肢体连贯性为准。拆分后对每一个独立动作进行三维重建和跟踪。

程序在执行过程中,除了对第一帧进行手动标记外,其余帧的处理均为自动完成,因此在第一帧中的所有标记必须保证是正确无误的,在这个过程中,可以将丢失或错误的标记点手动恢复到指定位置。如果第一帧中出现错误标记,会导致该错误标记一直存在并影响整体结果;如果第一帧中缺失正确标记,那么该标记会在后续的所有帧序列丢失,且不可挽回。在第一帧中确认所有正确标记后,将每个标记与身体关节相对应,没有对应关节的标记将会被舍弃,然后在整个序列中进行标记跟踪。与三维跟踪相比,二维跟踪需要更少的数据量,具有更好的连续性。因此可以用二维跟踪来辅助三维跟踪。基本的跟踪想法是利用到的位置变化,来预测和的位置,其中的位置可以直接使用,的位置作为参考引入下一循环的预测。

(3) 骨架初始化

确立了三维标记重建后,需要对人体骨架进行初始化操作。取所有帧中四肢长度和躯干长度的均值作为人体骨架长度标准,并以此为标准,按照标准人体尺寸来推测骨架其他部分的长度,由此得到和人体尺寸类似的骨架模型。

(4) 全局拟合

得到初始化的骨架模型后,骨架可以通过缩放来适配实际的人体尺寸,但这只是比较粗略的适配,并不能精确地固定到每一个关节点上,因此必须确定标记点到关节的距离。

本文将人体标记和和骨架模型重合后形成新的帧序列,在每一帧中,计算标记点到关节点的距离,将这些距离的均值作为该距离的初始值,即可将标记点限制在以关节为球心的一定半径内。结合之前的骨架初始化状态,即可完成骨架跟踪。

4 骨架跟踪实验

下面对本文提出的基于骨架跟踪的动作还原方法进行测试,使用 Qualisys 动作捕捉系统进行测试,系统只设置4台高速红外摄像机,模拟实际使用时产生遮挡的情

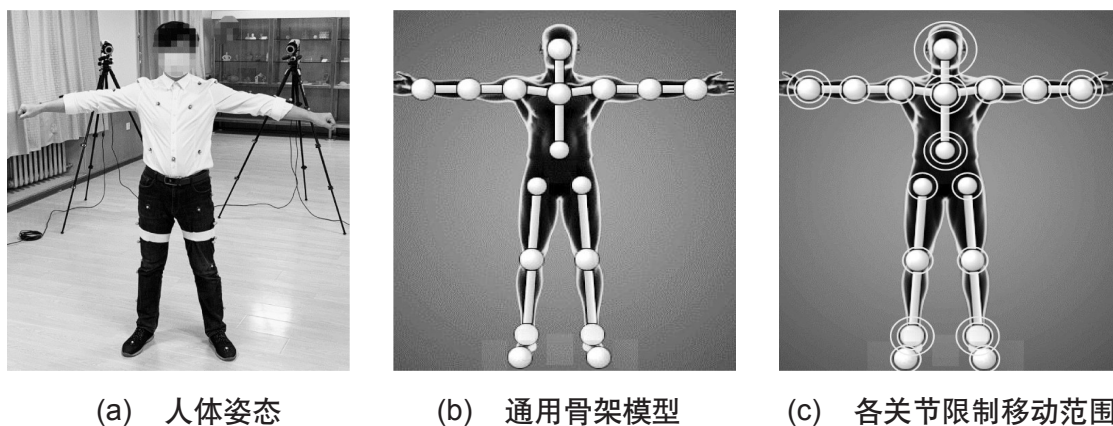


图4 骨架和标记模型

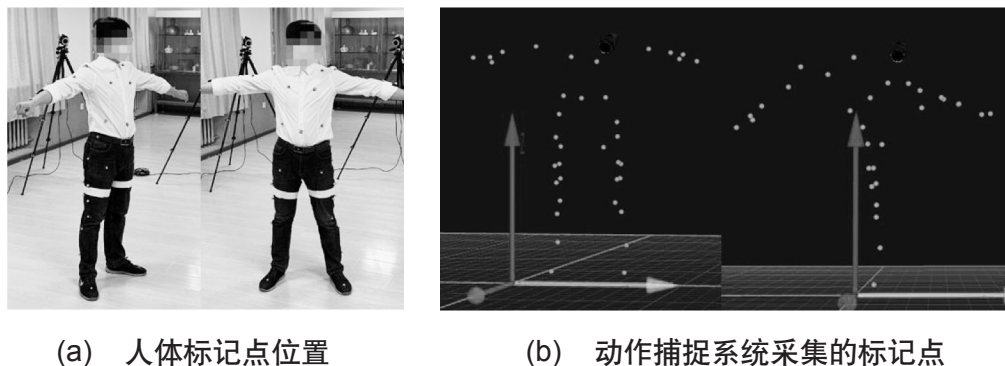


图5 动作捕捉过程

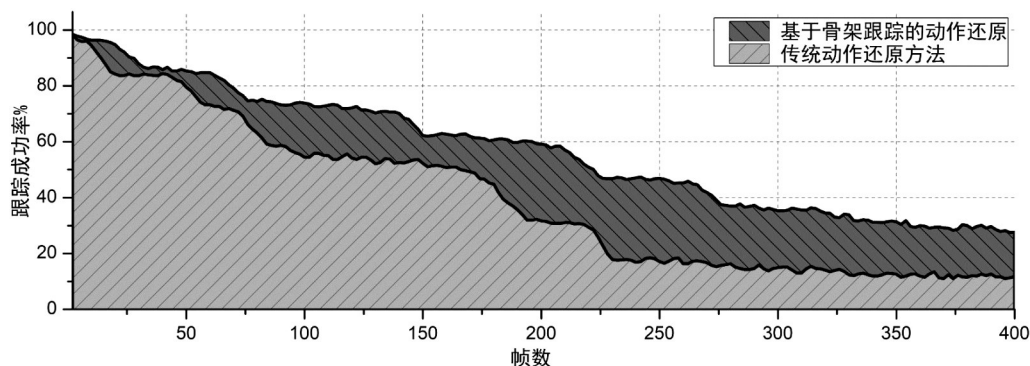


图6 两种还原方法跟踪率对比

况。在人体关节处贴上37个标记点,如图5a所示;Qualisys动作捕捉系统采集到的标记点如图5b所示。在配置Intel Core i7-6700处理器和16G内存的计算机中,基于Matlab 2018b运行该算法,处理速度约30帧/秒,满足动作捕捉系统的速度需求。

使用动作捕捉系统采集滑雪时双臂挥动动作,采集速率80帧/秒,持续5秒,共计400帧。基于Matlab平台,分别使用顺序式动作还原方法和基于骨架跟踪的动作还原方法对人体动作进行还原,400帧数据的处理过程耗时15.6秒。

经过处理,400帧运动数据的特征点跟踪成功率对比如图6所示,从图中可知传统动作还原方法在180-230帧时,跟踪成功率出现明显下滑,从50%下滑至20%;而基于骨架跟踪的动作还原方法,250帧时跟踪成功率在50%,400帧时跟踪成功率在30%。

5 结束语

本文介绍了一种基于骨架跟踪的动作还原方法,该方法在传统的顺序式动作还原方法基础上加以改进,在三维重建和跟踪过程中,使用人体骨架模型来协助三维重建,由校准、三维标记重建、骨架初始化和全局拟合等过程构成。使用Qualisys动作捕捉系统来验证该方法,结果证明该方法可以有效提高骨架跟踪成功率,以此提高三维重建成功率。通过该方法的研究,可以提高动作捕捉过程中标记跟踪的鲁棒性,减少对外部干预的需求。下一步的工作将对复杂动作展开研究,制定更合理的动作拆分方法,有针对性的提高三维重建速度,提高重建效率。

参考文献:

[1] 何天宇,罗奇.运动捕捉技术及其在体育运动中的应用

研究综述[J].电子测量技术,2019,42(3):146-152.

[2] 黄玉飞.动作捕捉技术在体育运动领域的发展现状[J].当代体育科技,2017,7(27):210-211.

[3] 鲁涛.人体三维运动捕捉数据失真恢复研究[D].杭州:浙江理工大学,2018.

[4] 彭淑娟,赫高峰,柳欣,等.基于运动分割和稀疏低秩分解的失真人体运动捕捉数据恢复[J].计算机辅助设计与图形学学报,2015(4):721-730.

[5] 温锦纯.基于运动学的虚拟现实手臂动作捕捉技术研究[D].深圳:深圳大学,2018.

[6] Costa B F, Esperana C. Motion Capture Analysis and Reconstruction Using Spatial Keyframes[M]//Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications, 2020.

[7] Cenedese A, Varotto L. A Distributed Approach to 3D Reconstruction in Marker Motion Capture Systems[C]//the 13th International Conference, 2019.

[8] 周斌,马玲.三维人体运动跟踪中形状特征表述重建[J].沈阳工业大学学报,2017,39(3):340-345.

[9] Koch H, Mallet R, Libreri K, et al. Motion-controlled body capture and reconstruction; U.S. Patent 10,321,117[P]. 2019-6-11.

作者简介:王云龙(1989-),男,硕士研究生,助理研究员,研究方向:计算机视觉,三维测量。