

# 人体动作捕捉技术综述以及一种新的动作捕捉方案陈述

李晓丹 肖明 曾莉

(西南民族大学 计算机科学与技术学院, 四川 成都 610041)

**摘要:** 文章综述了目前动作捕捉领域几大主流解决方案, 并重点挑选出目前在专业领域应用最广泛的光学式捕捉以及在家用领域做出建树的视频式动作捕捉进行了实现原理的阐述和分析。在综合对比了几大方案的优劣之后, 提出了基于加速度信息的一种新的动作捕捉方案。

**关键词:** 动作捕捉; 传感器; 加速度; 姿态测量

DOI: 10.3969/j.issn.1671-6396.2011.15.018

## Review on the Motion Capture Technologies

Li Xiao-dan, XIAO Ming, ZENG Li

(College of Computer Science and Technology, Southwest University for Nationalities, ChengDu, Sichuan 610041)

**Abstract:** This paper reviewed currently prevalent solutions in the field of motion capture, and illustrated and analyzed the principle of optical motion capture and video motion capture. By comparing the major solutions, a novel solution based on the accelerate information was proposed.

**Key words:** Motion capture; Sensor; Acceleration; Moving posture measurement

## 1 引言

近年来, 随着计算机科学和传感器技术的快速发展, 动作捕捉技术在游戏设计, 运动分析, 舞蹈采集, 虚拟现实等技术中得到了越来越广泛的应用。

费舍尔(Fleischer)于1915年发明的“Rotoscope”技术被认为是动作捕捉的先驱, 该技术主要原理为将实际拍摄出的动作影像作为动画描绘的底样, 然后动画师以此为基础逐帧描绘出所需的动作。1930~1940年代的动画格利佛游记(Gulliver's Travels)和超人(the Superman cartoons)均采用了此技术进行角色人物的动作捕捉。1970年代开始, 计算机技术开始应用于动画制作, 纽约计算机图形技术实验室的Rebecca Allen设计了一种光学装置, 采用了类似Rotoscope技术的实现原理, 将演员动作投影到屏幕上, 为动画制作提供参考<sup>[1, 2]</sup>。

随后逐渐衍生出了其他动作捕捉技术。目前主要使用的动作捕捉技术有光学式, 机械式, 电磁式, 声学式及基于视频序列的捕捉式5种。1999年, A Menach将动作捕捉定义为“在一定空间范围内通过对特殊标记点的跟踪来记录捕捉对象运动信息, 然后将其换算为可使用数学方式进行表达的运动的过”<sup>[3]</sup>。

## 2 动作捕捉技术的分类及优缺点

目前主流的动作捕捉技术可分为光学式, 机械式, 电磁式, 声学式以及视频捕捉式5类。

### 2.1 光学式动作捕捉

为目前应用较为广泛的方案, 其实现主要原理为利用分布在空间中固定位置的多台摄像机通过对捕捉对象上特

定光点(Marker)的监视和跟踪完成动作捕捉。

光学式动作捕捉的优点: (1) 表演者活动的动作幅度大, 无线缆、机械装置对动作的束缚; (2) 采样速率较高, 一般可达每秒60帧的速率, 可满足大多数动作捕捉的需求; (3) Marker价格便宜, 系统扩充成本低廉。

光学式动作捕捉的缺点: (1) 系统整体造价高昂, 一套典型的光学式动作捕捉系统一般由32台左右的摄像机组成, 同时还有庞大且复杂的后期处理设备, 一套光学式动作捕捉系统的造价常高达数十万甚至数百万; (2) 系统对环境要求较高, 表演者活动空间范围有限。光学式动作捕捉系统对场地的光照及反射情况十分敏感, 易造成Marker的误采集, 因此对场地的限制条件较高。以及由于摄像机的分布需求, 动作捕捉常限定在室内条件下进行。因此动作捕捉场地不可能很大, 这就对许多需要大范围运动的动作的捕捉产生了限制; (3) 后期处理成本大, 实时性表现不佳。由于运动中各Marker很容易互相混淆和遮挡, 从而产生错误的动作捕捉结果, 因此需要人工后期介入处理数据。而一次动作捕捉所产生的数据量是十分庞大的, 通常一段5分钟的动作捕捉结果通常需要一个动作捕捉师3天的工作才能完成后期的数据处理。

### 2.2 机械式动作捕捉

借助机械装置完成运动信息的采集。典型的机械式动作捕捉系统由多个关节和刚性连杆组成, 借助安装在各个关节处的角度传感器完成各时刻的关节形态的采集以此可重绘出该时刻被捕捉对象的形态。

机械式动作捕捉优点: (1) 对环境限制比较小, 不需

收稿日期: 2011-03-19 修回日期: 2011-04-08

作者简介: 李晓丹(1988-), 男, 汉族, 山东籍, 主要从事人工智能和嵌入式系统方向研究工作。

要环境有诸如材料、质地、光照条件等限制;(2)捕捉精度较高,可以较真实的还原捕捉对象运动信息;

(3)可以实现实时捕捉,由于数据处理量较小和实现原理简单,因此可以满足实时性的动作捕捉需求;(4)可以同时捕捉多个对象,由于动作捕捉模块相对独立,排除了光学式捕捉中各Marker互相干扰的情况,因此可以满足多对象同时捕捉的需求。机械式动作捕捉缺点主要就是机械装置对捕捉对象的动作限制较大,使用不便。

### 2.3 电磁式动作捕捉

也是目前较为常用的解决方案。系统主要由电磁发射源,接收传感器和数据处理单元所组成。由电磁发射源产生一个低频的空间稳定分布的电磁场,被捕捉对象身上佩戴着若干个接收传感器在电磁场中运动,接收传感器切割磁感线完成模拟信号到电信号的转换,再将信号传送给数据处理单元,数据处理单元则可根据接收到的信号推算出每个传感器所处的空间方位。

电磁式动作捕捉的优点:(1)技术成熟,成本低廉;(2)可实现实时捕捉。电磁式动作捕捉的缺点:

(1)为了减低抖动和干扰对动作捕捉的影响,一般采用频率被限定在了15HZ左右,因此对高速运动比如跑步等的捕捉效果失真度较高;(2)当对多个运动对象进行捕捉时,如果采用无线数据传输方式,则多个发射源发射的信号将会产生互相干扰,如果采用线缆方式传输,则对捕捉对象的运动又会产生较大的限制;(3)对环境要求严格,要求环境周围不能存在强磁场,不能有金属物质。

### 2.4 声学式动作捕捉

主要由超声波产生器,接收器和处理单元组成。超声波产生器不间断的向外发射超声波,接收器内部由3~4个超声波探头组成,通过超声波到达不同探头的时间差以计算出对应接收器的空间位置和运动方向。

声学式动作捕捉系统的优点是显著的,它能利用超声波的穿透性很好的解决人体的遮挡问题,并且成本低廉。但其缺点亦十分明显,主要有:(1)捕捉有较大的延迟和滞后,实时性较差;(2)精度不高,误差较大;(3)接收器和发射器之间不能存在较大的遮挡物以免影响声波传输;(4)声波的速度受到较多因素的干扰,比如空气的温度、湿度以及气压等,因而需要做出对应的补偿<sup>[4-5]</sup>。

### 2.5 视频捕捉式动作捕捉

主要模仿人眼的原理,利用空间两个摄像头在某一时刻的所拍摄的两帧影像之间的对比识别出捕捉对象和完成对捕捉对象的定位,目前已经成熟的商用版本有微软的kinect体感游戏辅助设备等。基于视频捕捉的动作捕捉系统优点十分明显:它采用仿生学原理,对运动对象没有限制,对运动范围也没有限制,硬件成本也十分低廉,实时性表现也很优异。但其无法忽视的缺点就是实现难度大,算法复杂,且精度有待提高<sup>[6]</sup>。

## 3 两种典型的动作捕捉系统实现原理浅析

### 3.1 光学式动作捕捉

光学式动作捕捉通常将人体分成16~18个肢体段(不包括手足的细节),如图1所示,分别设置若干个

Marker,通常共设置26~32个Marker。以大连东锐软件有限公司研发的DVMC-8820动作捕捉系统为例,系统将人体分为16个肢体段,共设置32个标记点,通过将Marker放置在不易被遮挡的地方,各Marker之间形成规则的几何图案的手段提高识别精度和后期处理的效率(如图2所示)。光学式动作捕捉按照Marker的类别可以分为主动式和被动式两种,其主要区别在于主动式捕捉的Marker采用发光二极管等主动发光设备,而被动式捕捉的Marker主要则采用涂有特殊材质从而在摄像机的捕捉下会显得格外明亮的小球。

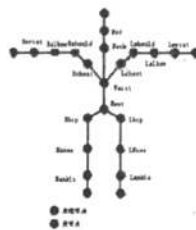


图1

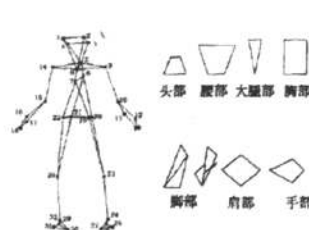


图2

在实际应用时,空间固定摆放一组摄像机如图3所示,通过摄像机标定算法完成摄像机所拍摄的Marker图像二维坐标到世界坐标系下的三维坐标的还原。其中摄像机标定算法的主要工作是一组摄像机对Marker进行跟踪,根据空间3维坐标系与图像中2维坐标的映射关系,建立标定方程,对标定方程做相应的变换后得到计算相对简单的线性方程,从而解出相应的摄像机参数以完成坐标换算,再结合图2通过对几何形状的判断完成Marker所处部位的判断,最终还原捕捉对象的运动信息。

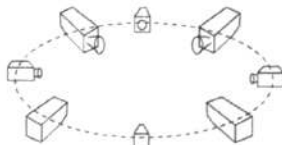


图3

### 3.2 基于视频序列的动作捕捉

基于视频序列的动作捕捉可以理解成采用智能算法从而不需要在捕捉对象身上佩戴Marker并且减少了对采集设备要求的光学式捕捉系统。其获取空间3维坐标的原理与传统光学式动作捕捉类似,均采用摄像机标定的算法。主要的不同则是在对捕捉对象动作的处理过程。

典型的基于视频序列的动作捕捉通常要对拍摄到的图像进行如下步骤的处理:(1)通过提取轮廓等方式分离出捕捉对象与背景;(2)使用通用的三维人体模型与步骤1中提取的人体姿态进行匹配和修改,形成与捕捉对象尽可能相似的模型;(3)调整步骤2生成的模型的姿态,使其与视频初始部分的姿态保持一致;(4)对于当前一帧内的模型的动作,使用投影法将模型的投影与其进行匹配,使用启发式搜索等算法找出模型与当前图像最为匹配的姿态;(5)结合摄像机标定算法完成捕捉对象的空间定位。

通过以上步骤完成动作的捕捉,其中各个子步骤中又有多种不同的解决算法。各算法间各有优劣,鉴于本文主要是对目前主流的动作捕捉解决方案提出综述,便不再详述各实

现算法。

#### 4 一种新的动作捕捉方案的思路

上文已经综述了目前主流的动作捕捉解决方案,可以看出目前动作捕捉主要面临的情况有:(1)对动作的限制问题;(2)动作捕捉的精度问题;(3)解决方案的成本问题;(4)解决算法时间复杂度问题。

目前尚没有一种方案能对这四个问题同时提供较完美的整体解决,而基于这种考虑,笔者提出了一种新的动作捕捉思路:通过对动作捕捉对象的加速度信息的处理获取其空间位置及姿态信息。

目前的几乎所有动作捕捉的解决方案均是基于对物体空间位置信息的直接获取这一思路出发的,而我们知道,根据牛顿三定律,空间位移信息的二阶导数是其加速度信息,那么通过对捕捉对象加速度信息的获取,利用二阶求导的逆过程,则可得到捕捉对象的空间位置信息。

笔者基于此设计了一套新的方案,将系统分为三大模块:加速度信息模块,数据收集模块,数据处理模块。给定初始状态,绘制此状态下的骨骼模型,安装在捕捉对象关节处的多个加速度模块实时采集该关节加速度信息,数据收集模块对此信息进行高频采样,将采样结果传送给数据处理模块,数据处理模块根据该次采样结果进行消除误差等数学处理后计算出下一采样点时该模块所处空间位置。获得多个关节空间位置以后则可以完整地重绘捕捉对象的动作模型。而手指等肢端细节动作的捕捉则可通过采用传感器技术完成对指关节骨骼运动的捕捉来实现。

容易发现由于某一时刻加速度信息推算下一采样点的位移信息,动作的捕捉具有延后一个时钟周期的特性,但在对大量数据进行分析以及计算后发现,在800HZ的采样频率下,取重力加速度 $g=9.8\text{m/s}^2$ 在加速度方向改变频率10HZ的情况下,累计最大误差只有约0.07cm,显然是可以接受的。

与其他方案相比,此套方案对动作无限制,捕捉精度较高,成本低廉,算法的时间复杂度也比较低,较完美的解决了上述提出的四个问题。

#### 5 结语

文章综述了目前几大流行的动作捕捉技术并对其相关发展情况、实现方式和优缺点进行了比较和分析,并着重地选择了目前专业捕捉最常使用的光学式捕捉和目前已经投入家庭使用的视频序列的动作捕捉两套方案进行了实现原理上的剖析。在完成了对几大主流方案的研究之后,笔者针对目前仍然存在的问题提出了一套具有自主知识产权的解决方案,并对该方案进行了简要的描述。现在该套方案已初步开发出雏形,下一步将通过采用更高精度的芯片,优化实现代码等手段提升验证平台的性能,进行更大量的数据实验。相信随着科技水平和相关领域的不断发展,动作捕捉技术将会得到越来越深入的研究和越来越广泛的应用。

#### 参考文献:

- [1] 黄波士,陈福民.人体动作捕捉及运动控制的研究[J].计算机工程与应用,2005,7.
- [2] 冯远淑,陈福民.基于动作捕捉的计算机动画探讨与实现[J].同济大学学报(自然科学版),2004,9.
- [3] Menache A.Understanding Motion Capture for Computer Animation and Video Games[M].Morgan Kaufmann,1999,10.
- [4] 殷俊,张凯,崔晋,郑洁.游戏动画中的动作捕捉[J].江苏大学学报(自然科学版),2006.
- [5] 苏惠童.动作捕捉标记点摆放方案基本原理及运用[J].影视技术,2005,10.
- [6] 于明卓.基于DV视频的动作捕捉系统研究[D].沈阳工业大学硕士学位论文,2007.
- [7] 黄海明,刘金刚.一种精确而快速的关节中心判定算法[J].系统仿真学报,2005.
- [8] 张金剑,陈福民.光学动作捕捉中的摄像机标定.计算机应用,2004,6.

(上接第16页) SE\_PRIVILEGE\_ENABLED;

```
AdjustTokenPrivileges(hToken, FALSE, &Privileges,
NULL, NULL, NULL);
```

```
ExitWindowsEx(EWX_SHUTDOWN|EWX_POWEROFF|EWX_FORCE, NULL);
```

注销、重启则分别将上面代码中的SHUTDOWN改为:LOGOFF或REBOOT。

#### 4 结束语

21世纪是人类全面进入信息化社会的世纪,信息技术日新月异的高速发展必将引起教育的深刻变革。目前多媒体技术和网络技术已经使教育思想、观念、模式、方法、手段等发生了巨大变化。现代信息技术极大地拓展了教育的时空界限,改变着教与学的关系,空前地提高了人们学习的兴趣、效率和能动性。先进的信息技术使教育资源共享的原则得以贯彻,人们听取世界高水平教授课程的要求得以满足,学习选择的自由度大大提高,信息摄取无比便捷,工作效率也得到了极大的提高。其中基于局域网的联

机教学系统就是信息技术在教育方面应用的一个典型例子。联机教学通过教育和网络技术的结合打造了自身优势,它具有上课时间和地点灵活方便的优势,使老师和学生能根据自己的时间安排随时随地进行教与学的互动。

#### 参考文献:

- [1] Programming with Visual C++, Alan Smith, Publishing Company of Electronic and Industry, 2001.
- [2] Visual Studio.NET MSDN, Microsoft press, 2002.
- [3] Kate Gregory编著.蔡众等译. Visual C++.NET编程详解[M].电子工业出版社,2003,4.
- [4] 易居编著. Visual C++.NET网络编程[M].中国铁道出版社,2003,6.
- [5] 王华等编著. Visual C++.NET开发指南与实例详析[M].机械工业出版社,2003,1.
- [6] 王兴品编著. Visual C++.NET应用编程150例[M].电子工业出版社,2003,8.
- [7] Visual C++.NET深入编程(电子版).
- [8] 汪令江等编著.奇思异想编程一VC篇[M].国防工业出版社,2004,5.

# 人体动作捕捉技术综述以及一种新的动作捕捉方案陈述

作者: [李晓丹](#), [肖明](#), [曾莉](#), [LI Xiao-dan](#), [XIAO Ming](#), [ZENG Li](#)  
作者单位: [西南民族大学, 计算机科学与技术学院, 四川, 成都, 610041](#)  
刊名: [中国西部科技](#)  
英文刊名: [SCIENCE AND TECHNOLOGY OF WEST CHINA](#)  
年, 卷(期): 2011, 10(15)  
被引用次数: 4次

## 参考文献(8条)

1. [黄波士;陈福民](#) 人体动作捕捉及运动控制的研究[期刊论文]-[计算机工程与应用](#) 2005(07)
2. [冯远淑;陈福民](#) 基于动作捕捉的计算机动画探讨与实现[期刊论文]-[同济大学学报\(自然科学版\)](#) 2004(09)
3. [Menache A](#) [Understanding Motion Capture for Computer Animation and Video Games](#) 1999
4. [殷俊;张凯;崔晋;郑洁](#) 游戏动画中的动作捕捉 2006
5. [苏惠童](#) 动作捕捉标记点摆放方案基本原理及运用 2005
6. [于明卓](#) 基于DV视频的动作捕捉系统研究[学位论文] 2007
7. [黄海明;刘金刚](#) 一种精确而快速的关节中心判定算法[期刊论文]-[系统仿真学报](#) 2005(4)
8. [张金剑;陈福民](#) 光学动作捕捉中的摄像机标定[期刊论文]-[计算机应用](#) 2004(06)

## 本文读者也读过(10条)

1. [耿卫东](#), [李雪兰](#), [潘云鹤](#) 动作捕捉数据的重用技术研究[会议论文]-2004
2. [周沁](#) 走进动作捕捉技术的殿堂[期刊论文]-[电视字幕·特技与动画](#)2002, 9(5)
3. [徐捷](#) 结合动作捕捉数据的三维卡通人物的动画生成方法研究[学位论文]2003
4. [张金剑](#), [陈福民](#) 光学动作捕捉中的摄像机标定[期刊论文]-[计算机应用](#)2004, 24(z1)
5. [尹钊](#) 动作捕捉在影视作品中的应用[期刊论文]-[影视制作](#)2010(11)
6. [沈晓杰](#) 运动数据的编辑合成技术研究[学位论文]2006
7. [杨宏凯](#) 数据驱动的动作模拟系统[学位论文]2007
8. [香港特新科技有限公司](#) 光学动作捕捉系统—Motion Capture[期刊论文]-[电视字幕·特技与动画](#)2001(11)
9. [沈娟](#), [李建微](#), [Shen Juan](#), [LI Jianwei](#) 动作捕捉中的动画驱动及运动编辑技术综述[期刊论文]-[计算机与数字工程](#)2008, 36(3)
10. [蔡群](#), [吕俊](#) 基于动作捕捉技术的贵州少数民族舞蹈数字化保护研究[期刊论文]-[贵州大学学报\(自然科学版\)](#) 2009, 26(4)

## 引证文献(4条)

1. [李明宇](#), [赵亮](#), [姜军](#) 动作捕捉技术应用研究调查报告[期刊论文]-[科技信息](#) 2011(36)
2. [谢恒](#) 三维人体动作及其在智能舞蹈教学中的运用[期刊论文]-[戏剧之家](#)

2013(11)

3. [李慧](#), [张德政](#), [钱文彬](#), [陈红倩](#), [陈谊](#) 一种基于动作学习的2D形状动画制作方法[期刊论文]-[系统仿真学报](#) 2013(9)
4. [刘卓](#) 基于体感的人体运动捕捉技术在军事体育中的应用研究[期刊论文]-[军事体育学报](#) 2013(4)