

基于 Kinect 的动态姿势识别方法在医疗康复中的应用

杨海清, 钱 涛

(浙江工业大学 信息工程学院, 浙江 杭州 310014)

摘 要: 在三维虚拟实验领域, 人体姿势识别属于其中的一项关键技术, 将该技术应用于现代医疗当中, 可对医疗康复提供一定的辅助和推进作用。在此研究中, 把 Kinect 人体骨骼跟踪技术与医疗康复结合起来, 在广泛收集标准医疗康复动作的基础上, 构建了一套标准医疗康复动作数据库, 作为与传感器收集到的数据进行比较的基础。为了提升对关节角度测量的稳定性和姿势识别的准确度, 提出了一种根据关节点之间的欧式距离和角度来进行姿势判定的方式。结果表明, 通过这一技术的运用, 对姿势的识别率较高, 可针对训练者的康复训练及时给出反馈, 使得针对训练者的动作评价和指导更加便捷、高效, 有利于医疗科技的发展, 具有推广价值。

关键词: 人机交互; 姿势识别; 医疗康复

中图分类号: TN99

文献标识码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.200147

中文引用格式: 杨海清, 钱涛. 基于 Kinect 的动态姿势识别方法在医疗康复中的应用[J]. 电子技术应用, 2020, 46(12): 94-96, 102.

英文引用格式: Yang Haiqing, Qian Tao. Application of Kinect-based dynamic posture recognition method in medical rehabilitation[J]. Application of Electronic Technique, 2020, 46(12): 94-96, 102.

Application of Kinect-based dynamic posture recognition method in medical rehabilitation

Yang Haiqing, Qian Tao

(School of Information Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

Abstract: In the field of three-dimensional virtual experiment, human pose recognition is one of the key technologies. Applying this technology to modern medical treatment can provide certain assistance and promotion for medical rehabilitation. In this study, the Kinect human bone tracking technology is combined with medical rehabilitation. Based on the extensive collection of standard medical rehabilitation actions, a set of standard medical rehabilitation action database is constructed as the basis for comparison with the data collected by sensors. In order to improve the stability of joint angle measurement and the accuracy of pose recognition, a method of pose determination based on the Euclidean distance and angle between joint points is proposed. The results show that through the application of this technology, the recognition rate of posture is high, and the feedback can be given in time for the rehabilitation training of the trainer, which makes the movement evaluation and guidance for the trainer more convenient and efficient, and is conducive to the development of medical science and technology, with the promotion value.

Key words: human-computer interaction; gesture recognition; medical rehabilitation

0 引言

随着现代视觉追踪技术的发展, 借助 Kinect 技术可以对人的动作进行实时跟踪与反馈, 当前该技术已在体感游戏领域取得了广泛运用。医疗康复的目的是帮助患者克服特定的功能障碍, 提升患者的生活质量, 从而使之顺利回归社会生活当中。因而, 在医疗康复中同样需要对人体的姿势、动作进行观察与分析, 若能将识别人体动作姿势的技术与医疗科技相结合, 将有助于推进医疗康复的发展, 更好地为人们服务。

Kinect 一经提出就取得了广泛认可, 国内外争相开展相关研究, 也取得了较为丰富的成果。其中, SCHWARZ L A^[1]

等借助 Kinect 技术来获取人体骨骼模型的深度图像, 从而对人体各部位的距离进行测定; 我国研究者 Zheng Xiao^[2]等利用 Kinect 的深度传感器来识别人体在三维空间中的动作情况; HU R Z L^[3]等则把 Kinect 安装在学步车上, 以此来获取腿部的动作, 用于后续的分析。

相对于其他获取人体姿势的设备和技术, 利用 Kinect 进行人体识别在保证准确性的同时, 在便利性和经济性方面具有明显优势。在本研究中, 以隐马尔可夫模型的姿势识别法^[4]和 Hausdorff 的距离识别法^[5]为基础, 提出一种以固定轴的关节点为参照的角度表示方法, 可以保证待测线和基准线是相对稳定的, 确保夹角测量的准

确性^[6]。

1 人体姿势识别

1.1 获取人体姿势图像

Kinect 系统在实际的应用过程中,所搜集到的图像信息存在大量不稳定的噪声,因此图像必须经过处理之后才能够为人体姿态的识别提供必要的支持。为实现降噪的目标,需引入计算机视觉领域的多种算法进行处理^[7]。

此设计中,采用了当前已经相对成熟的泊松方程算法对人体姿态识别图像进行预处理^[8],通过对采集到图像的信息点进行判断,将噪声信息与非噪声信息区分开来。其方法为:对第一提取方向特征点进行计算,确定其方向、空间位置等信息;然后按照泊松公式对其进行计算,形成以特征点为基础的虚拟距离产场。根据特征点的位置情况,对跟踪目标的轮廓进行估计。由于多个周围点共同构成了一个特征点,因此可以形成基本的形状。不过由于 Kinect 采样精度不高,因此误判的情况较为常见。

1.2 人体深度图像提取^[9]

图像提取的过程实际上就是人从背景中分离出来的过程,主要是通过切割复杂图像而提取符合人类体型的信息。为达成这一目标,本研究中采用的是背景差分法。但是使用该方法之前,首先需要使图像经过二值化处理,避免噪声对最终分割结果的影响。具体提取结果如图 1 所示。

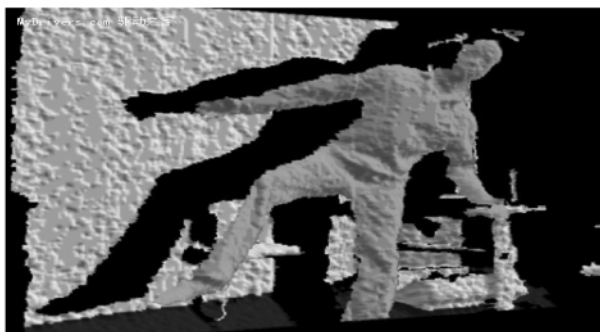


图 1 复杂背景下的深度图

完成对采集到的影像资料进行预处理后,进入人体特征分析流程。流程图如图 2 所示。

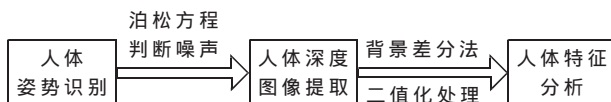


图 2 特征提取及分析流程

2 算法流程

要想完成对人体姿势的追踪,不仅需要获取骨骼信息,还得需要进行角度测量与姿势识别工作。图 3 为具体的流程图,在获取骨架模型的基础上进行关节点距离与角度的计算,再与之前构建的数据库进行比对,最终

完成姿势识别的工作。

3 算法的实现

3.1 基于 Kinect 的人体关节点识别

Kinect 能够识别跟踪人体骨架。首先,针对人体的 25 个关节点建立起三维坐标;然后,将上述坐标与深度信息结合起来,建立起人体的骨架结构。图 4 展示了利用 Kinect 技术所建立的骨架模型^[10]。

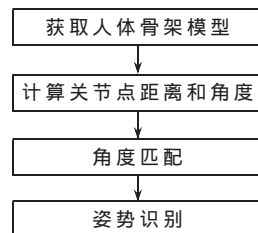


图 3 人体姿势识别流程图

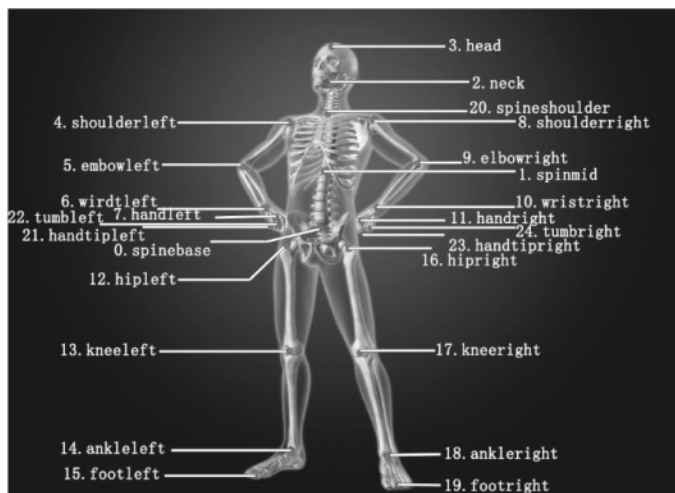


图 4 Kinect 识别的人体骨架模型

3.2 关节点距离的计算^[11]

要想进行关节点距离的计算,首先需获得场景的深度信息,计算得到人与相机之间的深度值,再将其代入到下式中进行距离计算:

$$d = K \tan(Hd_{\text{raw}} + L) - O \quad (1)$$

其中, d 代表目标到传感器之间的距离, d_{raw} 为深度值, $H=3.5 \times 10^{-4} \text{ rad}$, $K=12.36 \text{ cm}$, $L=1.18 \text{ rad}$, $O=3.7 \text{ cm}$ 。文献给出深度图像素坐标为 $(x_{\text{image}}, y_{\text{image}}, z_{\text{image}})$,到实际坐标 $(x_{\text{world}}, y_{\text{world}}, z_{\text{world}})$ 的变化公式为:

$$\begin{cases} x_{\text{world}} = (x_{\text{image}} - \frac{w}{2})(z_{\text{world}} + D')F \frac{w}{h} \\ y_{\text{world}} = (y_{\text{image}} - \frac{h}{2})(z_{\text{world}} + D')F \\ z_{\text{world}} = d \end{cases} \quad (2)$$

其中, $D'=-10$, $F=0.0021$,分辨率 $w \times h$ 为 640×480 , $X(x_1, x_2, x_3)$ 、 $Y(y_1, y_2, y_3)$ 为 2 个坐标。结合式(1)和式(2),得出欧式距离:

$$D(X, Y) = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + (x_3 - y_3)^2} \quad (3)$$

通过式(3)可求得关节点之间的距离。

3.3 关节点角度计算

在人体模型关节点角度的计算中,首先用 a 、 b 、 c 来表示关节点之间的欧式距离,然后利用余弦定理对关节

点的夹角进行计算,如图5所示。

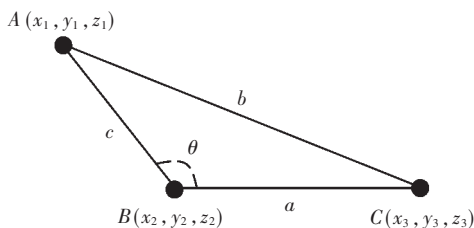


图5 夹角计算

$$\begin{cases} a=D(B,C) \\ b=D(A,C) \\ c=D(A,B) \end{cases} \quad (4)$$

$$\theta = \cos^{-1} \frac{a^2 - b^2 + c^2}{2ac} \quad (5)$$

考虑到关节点之间的相对位置存在不稳定性,因而若将上述结果直接用于人体姿势识别,可能导致较大的误差。为提升测量的精度,在本研究中提出以三维坐标系中X轴的正向作为基准轴、以两个关节点之间的连线作为测量线的方式来进行人体姿势的识别。其中,定义正方向为人体中轴线向外的方向,正向为肩部横轴线为中心向外的方向,在计算测线与基准线间的夹角时采取逆时针的顺序,并将该夹角定义为关节点间的角度。通过这一方式将待测线与基准线确定下来,进而提升了测量的准确性。

本文中定义关节点角度为:

$$P=\{P_1, P_2, \theta, \tau\} \quad (6)$$

其中, P_1 、 P_2 代表两个不同的关节点, θ 代表两个关节点连线与基准线间的夹角, τ 代表角度阈值。为匹配不同的精度要求,可通过对值的调整实现,若以 θ_1 代表左肩与左肘之间的夹角,以 θ_2 代表左肘和左腕间的夹角, θ_3 与 θ_4 分别代表右肩与右肘、右肘与右左腕间的夹角,则上半身的姿势定义需满足:

$$\Delta=(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \tau) \quad (7)$$

不同姿势角度对照表如表1所示。

表1 不同姿势角度对照表

| 姿势 | θ_1 | θ_2 | θ_3 | θ_4 | τ |
|-----------|------------|------------|------------|------------|--------|
| 举起双手 | 180 | 90 | 0 | 90 | 10 |
| 放下双手 | 270 | 270 | 270 | 270 | 10 |
| 举起左手,伸平右手 | 180 | 90 | 0 | 0 | 10 |
| 举起左手,放下右手 | 180 | 90 | 270 | 270 | 10 |
| 举起右手,伸平左手 | 180 | 180 | 0 | 90 | 10 |
| 举起右手,放下左手 | 270 | 270 | 0 | 90 | 10 |
| 伸平双臂 | 180 | 180 | 0 | 0 | 10 |

利用 Kinect 技术获取被测对象所有关节间的角度,然后将其与数据库中的角度值进行做差比较,若4个角度的值均在设定的判定阈值范围内,则姿势匹配成

功;若其中任意一个角度超出了阈值,则判定失败。具体如下:

$$\max_{i \in N} |\theta_i - \alpha_i| < \tau \quad (8)$$

其中, θ_i 为实际角度, α_i 为设定角度, τ 为设定的阈值。

3.4 实验分析

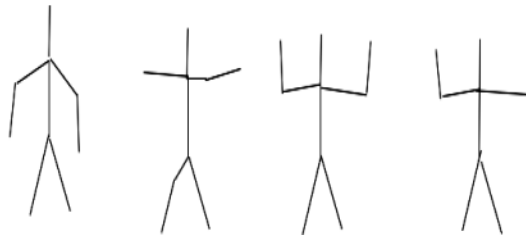
利用本文算法对人体简单的7个姿势动作进行测试,从表2中可看出,若设置 $\tau=10^\circ$,则做出举起左、右手或举起双手的动作时,可全部识别,而在两只手分别放下的时候识别率也可以达到98%。

表2 人体姿势识别统计

| 姿势 | 次数/人 | 人数 | 正确识别次数 | 识别率/% |
|-----------|------|----|--------|-------|
| 举起双手 | 20 | 5 | 100 | 100 |
| 放下双手 | 20 | 5 | 100 | 100 |
| 举起左手,伸平右手 | 20 | 5 | 100 | 100 |
| 举起左手,放下右手 | 20 | 5 | 98 | 98 |
| 举起右手,伸平左手 | 20 | 5 | 100 | 100 |
| 举起右手,放下左手 | 20 | 5 | 100 | 100 |
| 伸平双臂 | 20 | 5 | 100 | 100 |

利用算法设计简单的一套医疗康复游戏,玩家可通过界面上的提示做出相应的动作,从第一个动作开始,只有第一个动作合格之后才能接下去做第二个动作,如果中间有哪个动作和数据库里面的标准动作不匹配,则界面上会给出相应的提示和指导建议。本文进行了简单的上肢康复训练实验,可以锻炼上肢的灵活性,可以根据实际的需要设置角度,从而帮助上肢不灵活的患者进行正规的有效果的训练,如图6所示。

放下双手 π 姿势 举起双手 左手举起,右手放平



| | | | |
|------------|------------|------------|------------|
| 角度 1: 256° | 角度 1: 175° | 角度 1: 178° | 角度 1: 181° |
| 角度 2: 268° | 角度 2: 181° | 角度 2: 100° | 角度 2: 97° |
| 角度 3: 261° | 角度 3: 345° | 角度 3: 4° | 角度 3: 345° |
| 角度 4: 259° | 角度 4: 10° | 角度 4: 75° | 角度 4: 3° |

图6 人体姿势识别和角度检测

4 结论

本文算法采用了 Microsoft Visual Studio 2010 和 Microsoft Kinect SDK1.7。通过实验表明,采取固定轴的关节点角度表示方案,提升了对关节点之间夹角测量的准确程度,减少了误差,对人体姿势的判断速度较快,其准确率较高。但同时需要解决被遮挡关节点运动信息的问题,

(下转第102页)

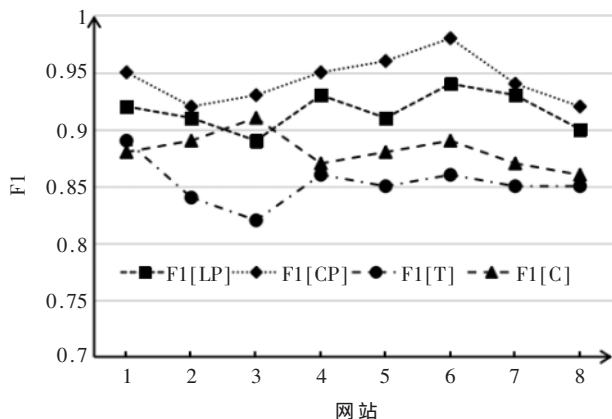


图 8 不同网站测试 F1 值

分类标注数据库,进行分类模型的训练学习,使得分类模型能够具有较高的普遍性,能够自适应不同的网站样式的差异;

(2)基于子图上下文的结构化信息提取方法,通过列表子树、内容子树来提取相应的网页标题项、内容项结构化信息,并通过日期提取、实体提取进行信息验证,从而保证了较高的结构化信息提取准确率。

参考文献

- [1] GUPTA S, KAISER G. DOM-based content extraction of HTML documents[C]. Proceedings of the 12th World Wide Web Conference. New York: ACM Press, 2003: 207-214.
- [2] 孙承杰, 关毅. 基于统计的网页正文信息抽取方法的研究[J]. 中文信息学报, 2004, 18(5): 17-22.
- [3] Cai Deng, Yu Shipeng, Wen Jirong, et al. VIPS: a vision based age segmentation algorithm[R/OL]. (2003-11)[2020-

03-03]. <http://research.microsoft.com/apps/pubs/default.aspx?id=70027.pdf>.

- [4] Wang Jiying, LOCHOVSKY F H. Data-rich section extraction from HTML pages[C]. Proceedings of the 3rd International Conference on Web Informations Systems Engineering. Washington DC: IEEE Computer Society, 2002: 2313-2322.
 - [5] CRESCENZI V, MECCA G. RoadRunner: towards automatic data extraction from large Web sites[C]. Proceedings of the 27th VLDB Conference. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 2001: 109-118.
 - [6] 欧建文, 董首斌, 蔡斌. 模板化网页主题信息提取方法[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2005, 45(9): 1743-1747.
 - [7] 张彦超, 刘方, 李勇, 等. 基于自动生成模板的 Web 信息提取技术[J]. 北京交通大学学报(自然科学版), 2009, 33(5): 40-45.
 - [8] 郑长松, 傅彦, 余莉. 基于模板的 Web 信息自动抽取方法[J]. 计算机应用研究, 2009, 26(2): 570-582.
 - [9] 陈治昂, 周知予, 李大学. 一种基于模板的快速网页文本自动抽取算法[J]. 计算机应用研究, 2009, 26(7): 2646-2649.
 - [10] 杨少华, 林海略, 韩燕波. 针对模板生成网页的一种数据自动抽取方法[J]. 软件学报, 2008, 19(2): 209-223.
- (收稿日期: 2020-03-03)

作者简介:

淮晓永(1973-), 男, 博士, 高级工程师, 主要研究方向: 智能软件工程、云计算。

韩晓东(1994-), 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向: 计算机软件、人工智能。

高若辰(1996-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向: 智能信息处理。

(上接第 96 页)

进一步提高和完善人体骨架姿势的正确性。

参考文献

- [1] SCHWARZ L A, MKHITARYAN A, MATEUS D, et al. Human skeleton tracking from depth data using geodesic distances and optical flow[J]. Image and Vision Computing, 2012, 30(3): 217-226.
- [2] Zheng Xiao, Fu Mengyin, Yang Yi, et al. 3D Human postures recognition using Kinect[C]. 2012 4th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics (IHM-SC), 2012: 344-347.
- [3] HU R Z L, HARTFIEL A, TUNG J, et al. 3D pose tracking of walker users' lower limb with a structured-light camera on a moving platform[C]. Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, 2011: 29-36.
- [4] 钱堃, 马旭东, 戴先中. 基于抽象马尔科夫模型的运动行为识别方法[J]. 模式识别与人工智能, 2009(3): 433-439.
- [5] 孙冰岩, 曹琦, 王星. 基于 Hausdorff 距离的目标跟踪方法

研究[J]. 现代防御技术, 2010(5): 127-130.

- [6] 李昕迪. 基于 Kinect 的人体姿势识别方法在舞蹈训练中的应用[D]. 哈尔滨: 黑龙江大学, 2015.
- [7] 胡小华, 李向攀, 祁泽阳. 可穿戴式人体姿态检测系统设计[J]. 电子技术应用, 2017, 43(9): 13-16.
- [8] 王晓琳. 基于计算机视觉的手势识别人机交互技术[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2010.
- [9] 张璘, 杨丰崎. 基于深度学习的图像分类搜索系统[J]. 电子技术应用, 2019, 45(12): 51-55.
- [10] 冷晶晶. 基于 Kinect 骨架信息的人体动作识别[J]. 数字技术与应用, 2014(9): 80.
- [11] 战荫伟, 于芝枝, 蔡俊. 基于 Kinect 角度测量的姿势识别算法[J]. 传感器与微系统, 2014, 33(7): 129-132.

(收稿日期: 2020-02-25)

作者简介:

杨海清(1971-), 男, 副教授, 主要研究方向: 无线传感和网络控制技术及应用。

钱涛(1994-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 无线传感技术。

版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所