

基于传感原理的虚拟仿生模型的动作设计

白 晓,张婧婧,张隅希

(新疆农业大学 计算机与信息工程学院,新疆 乌鲁木齐 830052)

摘 要:系统以惯性传感器的数据采集为硬件基础,借助 ARDUINO 开发平台,在 Unity3D 软件中实现了虚拟仿生模型的动作设计。基于仿生模型的三维姿态解算原理,设计并渲染了虚拟的手臂仿生模型,依此剖析模型的姿态变化方式;根据手臂模型的 3D 脚本控制,实现模型节点角度的三维空间变化;在惯性传感器的应用基础上,完成固定于测试者手臂上的三个传感节点的数据采集,并通过 ARDUINO 开发平台将角度数据传至上位机。在上位机 3D 视频软件中,通过挂接模型的脚本文档,将硬件获取的角度数据与虚拟手臂模型的 3 个节点的 transform 组件相关联,实现虚拟仿生动作与测试者实际动作的同步变化,同时达到了虚拟模型的动作捕捉设计的基本要求。

关键词:惯性传感器;虚拟仿生模型;姿态解算;脚本控制;transform 组件

中图分类号:TP242.6+2

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2019)05-0201-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2019.05.042

Action Design of Virtual Bionic Model Based on Sensing Principle

BAI Xiao,ZHANG Jing-jing,ZHANG Yu-xi

(School of Computer and Information Engineering,Xinjiang Agricultural University,Urumqi 830052,China)

Abstract:Based on the data acquisition of inertial sensors,with ARDUINO development platform,we have realized the action design of virtual bionic model in the Unity 3D software. Adopting the principle of three-dimensional attitude calculation of bionic model,we design and render a virtual arm bionic model,and then analyze the posture change mode of the model. According to the 3D script control of the arm model,three-dimensional spatial change of the node angle of the model is realized. On the basis of the application of inertial sensors,the data collection of three sensor nodes which are fixed on the arm of the tester has been completed,and the angle data is transmitted to the upper computer through the ARDUINO development platform. In the host computer 3D video software,the angle data obtained by the hardware is associated with the transform component of 3 nodes of the virtual arm model by hanging the script document of the model. It realizes the synchronous change of virtual bionic action and the actual action of the tester,and at the same time,achieves the basic requirements of the motion capture design of the virtual model.

Key words:inertial sensor;virtual bionic model;attitude calculation;script control;transform component

0 引 言

仿生设计学是仿生学与设计学互相交叉渗透而形成的一门的边缘学科,其研究范围广泛、内容丰富多彩^[1],涉及到多门类的自然科学,相关研究的领域和研究的方法也不尽相同。仿生设计学的主要研究方法为“模型分析法”^[2],该系统的研究即为虚拟仿生模型的一种构造技术。通过构造虚拟手臂模型,模仿测试者的手臂姿态变化,实现人机互动的虚拟现实效果,该技术在动画制作、步态分析、生物力学、人机工程等领域应用广泛^[3-4]。

设计中应用惯性传感器的传感原理,将三维角度

数据送至 3D 视频软件的模型控制脚本中进行处理,旨在实现仿生模型与测试者姿态同步变化的虚拟仿真效果^[5-6]。

1 仿生动作的姿态解算原理

仿生动作的姿态变化受控于模型中不同节点的角度数据,每个节点的三维角度数据包括:滚转角 ϕ 、俯仰角 φ 和偏航角 θ ^[7],如图 1 所示。其中 Y_0 轴指向水平东, X_0 指向水平南, Z_0 轴竖直向上,为绝对参考系。 X_n 、 Y_n 、 Z_n (其中 $n=1,2,3$)分别为节点的当前坐标系, X_n 指向节点右侧方向, Y_n 指向节点前进方向, Z_n

收稿日期:2018-06-22

修回日期:2018-10-25

网络出版时间:2018-12-21

基金项目:新疆维吾尔自治区大学生创新项目(201810758082)

作者简介:白 晓(1997-),男,研究方向为物联网技术;张婧婧,硕士,高级实验师,通讯作者,研究方向为嵌入式技术与应用。

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20181221.1554.056.html>

指向垂直于节点的方向,其角度测量的范围由控制模型的角度传感器决定。该设计中采用的角度传感器型

号为 JY61^[8],其数据量程中角度 X 、 Z 轴为 $\pm 180^\circ$, Y 轴为 $\pm 90^\circ$ 。

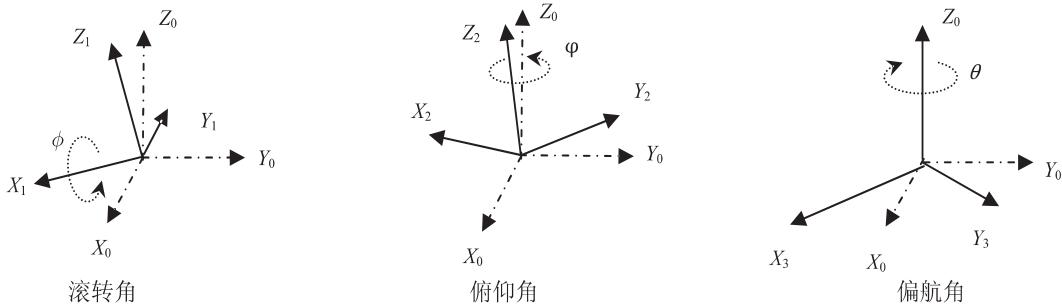


图 1 三维数据的参考坐标系

基于 Jy61 采集的角度数据,系统虚拟仿生模型的姿态解算方式如下:

角速度计算公式:

滚转角 (x 轴)

$$\text{Roll} = ((\text{RollH} < 8) \mid \text{RollL}) / 32768 * 180(^{\circ})$$

俯仰角 (y 轴)

$$\text{Pitch} = ((\text{PitchH} < 8) \mid \text{PitchL}) / 32768 * 180(^{\circ})$$

偏航角 (z 轴)

$$\text{Yaw} = ((\text{YawH} < 8) \mid \text{YawL}) / 32768 * 180(^{\circ})$$

2 虚拟仿生模型的设计

2.1 手臂模型的设计

基于 Unity3D 视频开发工具,该设计中手臂仿生模型的外观及节点选取如图 2 所示。首先创建基于 3D 动画的手臂骨骼模型^[9-10],生成后缀为 .fbx 的模型外观文件;其次在手臂的上部关节处先放置控制节点 1(即图 2 的根节点 1),用于建立模型的绝对坐标系;随后依次放置以节点 1 为根的子节点 2,及以子节点 2 为根的下一级子节点 3,后二者均为相对坐标系,以前一级节点坐标为参考,旨在模仿手臂 3 个关节处的相对动作。利用 Unity3D 中每个节点的 transform 组件,实时更新上述 3 个节点的三维角度数据(欧拉角),即可呈现上肢仿生动作的变化效果。

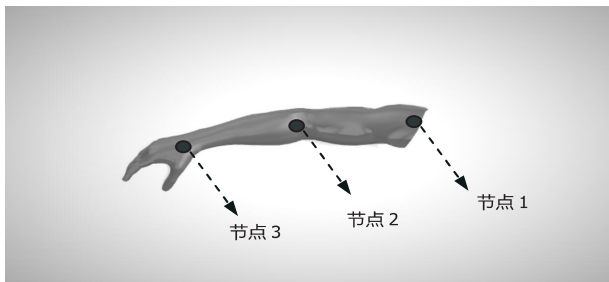


图 2 手臂仿生模型

2.2 手臂模型的渲染

为了使模型的虚拟仿生效果更为逼真,设计中增加了必要的场景布置和模型肤色渲染。首先在 Unity3D 的工程中创建材质球,并为材质球增加皮肤

贴图,然后将处理后的材质球拖拽到手臂模型中,即可生成彩色图片;其次在模型中还进行了场景布置,在场景中加入 Camera 组件和 Light 组件,用于观察 3D 视图和调整背景光线。

2.3 虚拟手臂模型的 3D 脚本设计

在 Unity3D 开发工具中,虚拟仿生模型的姿态变化取决于挂接该模型的脚本设计^[11]。脚本的姿态控制可与节点的 transform 组件关联,将从串口获取的欧拉角配置到 transform 组件的 rotation (x, y, z) 中即可完成不同节点的角度更新。该设计中虚拟手臂模型有三处节点需分别控制,因此控制脚本代码也分为三个部分,其中根节点 1 的控制过程较为复杂,其程序流程设计如图 3 所示。

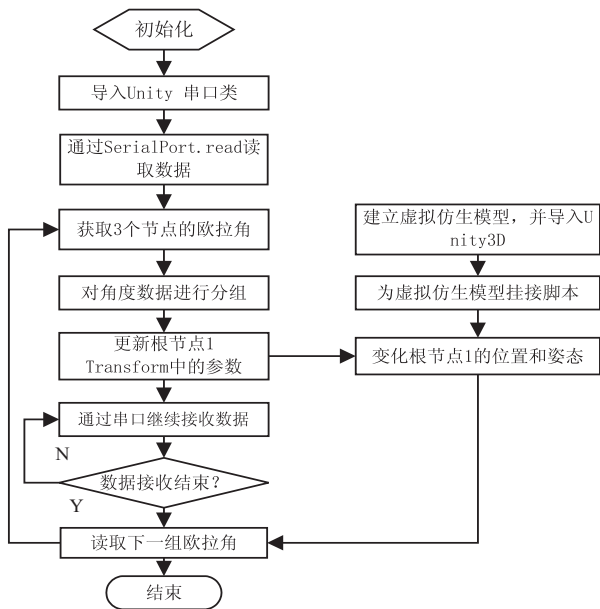


图 3 根节点 1 的脚本控制流程

需要注意的是,读取所有节点的数据后,系统通过 SerialPort. WriteLine 方法将数据送入 Transform 组件中,因此在接收一帧数据后,串口需要执行先送数后关闭的动作。对节点 2 和节点 3 而言,只需根据根节点 1 读取的欧拉角数据更新节点 2、3 的相对角度,即可实现姿态的相应变化。

3 虚拟仿生系统的硬件设计

3.1 惯性传感器的工作原理

利用固定于人体上肢的3只惯性传感器,该系统获得了手臂仿生模型所需的姿态数据,然后经过无线传输方式将姿态信号传送至上位机。设计中选用的Jy61传感器属于高精度惯性传感器的一种,该模块主要采用高精度的陀螺加速度计MPU6050。基于I²C总线,MPU6050可输出三轴加速度和三轴角速度,其中针对三轴的角速度进行积分,即可获得3个方向上的旋转角度,即为欧拉角。然而由于误差噪声的存在,陀螺仪的积分过程无法获得准确的姿态,尤其在运行一段时间后,积分误差的累加会使得模型姿态和实际的动作相差甚远,为此Jy61需配合动态卡尔曼滤波算法^[12-14],降低获取动态角度数据的误差,确保在较长时间的动态环境下准确输出当前的姿态数据。

在Jy61传感器中,三维角度数据获取时通常以0x55为包头,在读取0x53角度包标识后开始接收角度数据,依次读取的数据包括:X轴角度低字节、X轴角度高字节、Y轴角度低字节、Y轴角度高字节、Z轴角度低字节。

3.2 系统的硬件设计原理

基于ARDUINO UNO R3开发板^[15],该系统实现了惯性传感器的数据采集及与上位机的数据传送。在开发板的低位I/O口中,以模拟软串口的方式,放置了3组JY61传感器,并将其固定于测试者的手掌、前臂、上臂之间(参考图2的位置),用于采集三个节点的三维角度数据。获取角度数据后,利用HC-05蓝牙模块将数据送至上位机,再通过更新transform组件的参数,即可随机改变仿生手臂中3个节点的欧拉角(即更新姿态)。即当测试者随意变化手臂姿态时,Unity 3D中的仿生模型就会跟随传感节点同步变化且实时更新姿态。

4 虚拟仿生模型的实现

4.1 传感器的数据采集及处理

在ARDUINO平台中,针对Jy61传感器的数据采集、处理过程较为简单,该设计中首先模拟了3组软串口,其串口的波特率均设定为:9 600 bps。在接收到标识包0x53后,系统开始读取角度数据,其中采集并处理角度数据的核心代码如下:

```
if(counter==0&&Re_buf[0]!=0x55) return; //第0号数据不是帧头

counter++;

if(counter==11)//每帧接收到11个数据
{
    counter=0;//重新赋值,准备下一帧数据的接收
```

```
sign=1;
}

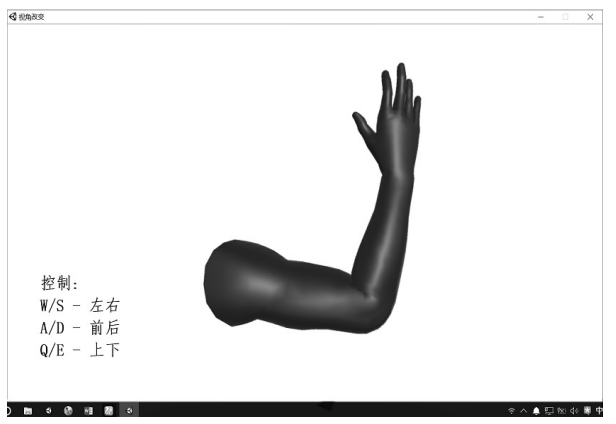
if(sign)
{
    sign=0;
    if(Re_buf[0]==0x55) //检查帧头
    {
        if(Re_buf[1]==0x53) //取角速度数据
        {
            angle[0]=(short(Re_buf[3]<<8|Re_buf[2]))/32768.0*180;
            angle[1]=(short(Re_buf[5]<<8|Re_buf[4]))/32768.0*180;
            angle[2]=(short(Re_buf[7]<<8|Re_buf[6]))/32768.0*180;

            Serial.print("!");
            Serial.print(angle[0]); //显示节点1的欧拉角
            Serial.print("#");
            Serial.print(angle[1]); //显示节点2的欧拉角
            Serial.print("#");
            Serial.print(angle[2]); //显示节点3的欧拉角
            mySerial1.flush();
            mySerial1.end(); //关闭串口1,打开串口2,接收第2个节点数据
            mySerial2.begin(9600);
        }
    }
}
```

依据上述代码,依次采集三组惯性传感器的数据,并发送至Unity 3D中,由控制仿生模型姿态变化的3D脚本接收,并实施相应动作。

4.2 系统的测试

根据上述设计内容,在Unity3D中进行虚拟仿生模型的动作测试。基于ARDUINO平台中固定于测试者上肢的3个传感器节点,系统实时获取虚拟仿生模型所需的欧拉角,以实现动作跟踪。当测试者做举手和放下的动作时,虚拟仿生模型中的测试效果如图4所示。



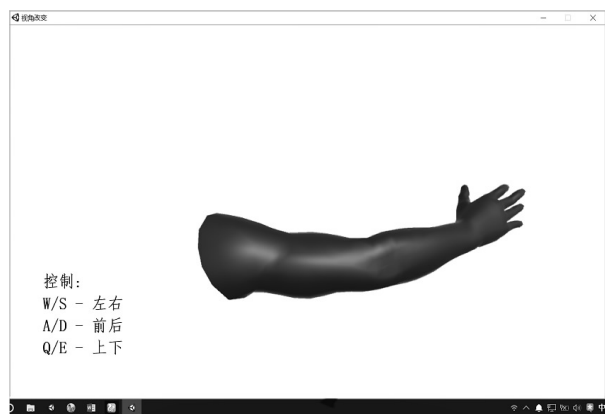


图 4 虚拟仿生手臂的动作测试

5 结束语

根据系统测试结果表明,初步实现了基于传感原理的虚拟仿生模型的设计要求,能够模拟手臂相应关节的翻转、伸缩、倾斜等姿态变化,且系统设计优势在于测试者做动作时基本不受束缚,解算得到的姿态运动范围大、动态性能高。同时 Jy61 传感器体积小,便于佩戴且成本相对低廉,因此系统符合虚拟仿生模型的设计要求。

设计的不足之处在于,基于 ARDUINO 平台的硬件开发过程中,由于 I/O 口数量有限,无法获取更多的传感节点数据,使得部分关节节点的动作僵硬;此外,在硬件平台的数据采集过程中,对采取的数据进行分时传输,就 3 个节点的数据传输速度而言,未出现明显动作延时,如增大传感节点数量,数据的传输延时将不容忽视。

参考文献:

- [1] 陆冀宁,丁磊. 仿生设计的目的性分类研究[J]. 装饰, 2016,58(2):138-139.
- [2] 刘福林. 仿生学发展过程的分析[J]. 安徽农业科学,2007, 35(15):4404-4405.

- [3] 戴琼海. 大力发展三维显示等关键技术助力虚拟/增强现实迈进新时代[J]. 科技导报,2018,36(9):1.
- [4] KIM S, NUSSBAUM M A. Performance evaluation of a wearable inertial motion capture system for capturing physical exposures during manual material handling tasks[J]. Ergonomics,2013,56(2):314-326.
- [5] ZHU Rong,ZHOU Zhaoying. A real-time articulated human motion tracking using tri-axis inertial/magnetic sensors package[J]. IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering,2004,12(2):295-302.
- [6] 张平平. 大范围运动过程中人体下肢动作捕捉系统设计[J]. 现代电子技术,2018,41(3):88-91.
- [7] 相瑞排,石广田,李帅. 机械式运动捕捉系统应用中的若干问题研究[J]. 兰州交通大学学报,2013,32(4):44-47.
- [8] 刘震,王雪梅,倪文波. 基于 MEMS 传感器的高精度姿态角测量研究[J]. 中国测试,2017,43(2):6-12.
- [9] JUNG P G,OH S,LIM G,et al. A mobile motion capture system based on inertial sensors and smart shoes[J]. Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control, 2014, 136(1):011002.
- [10] 张衡,张泽宇. 基于 MEMS 传感器和 Unity3D 的人体运动捕获系统[J]. 图学学报,2015,36(2):274-281.
- [11] 袁铨,张建中,姜衍,等. 动态 3 维场景中多角色动画的交互式模拟研究[J]. 中国图象图形学报,2011,16(6): 1070-1079.
- [12] ABOLHASANI M R. Robust Kalman filtering for discrete-time systems with stochastic uncertain time-varying parameters[J]. Electronics Letters,2017,53(3):146-148.
- [13] BIRKELUND K,JOHANSEN J A. Improved bispectrum based tests for Gaussianity and linearity[J]. Signal Processing, 2009,89(12):2537-2546.
- [14] 马纪军,李铁,贾军,等. 一种基于 Kalman 滤波的跟踪控制方法[J]. 遥测遥控,2016,37(1):31-37.
- [15] 王书湖,齐世举,刘宏刚,等. 基于 Arduino 的陀螺仪模拟训练系统设计[J]. 科学技术与工程, 2013, 13(21): 6302-6305.