

计算机技术

基于 DSP 和 MEMS 的人体动作识别系统

李懿 羊彦

(西北工业大学电子信息学院,西安 710129)

摘要 为解决现有虚拟训练软件的人体动作输入设备沉浸感和训练效果不足的问题,采用 DSP 和微机电系统(MEMS)构建人体动作识别系统。该系统应用 MEMS 器件为核心构建微惯性测量单元(MIMU)模块,模块的 DSP 芯片完成传感器数据采集和人体姿态解算。实验结果表明系统样机在动态活动测试中运行稳定可靠,动态解算精度在 1° 以内,可准确测量人体动作,满足虚拟训练要求。该研究提供了一种新型的虚拟训练软件的硬件输入设备,具有一定的市场价值。

关键词 虚拟训练软件 动作识别 微机电子位(MEMS) 数字信号处理(Digital Signal Processing, DSP)

中图分类号 TP216.1; **文献标志码** A

虚拟训练软件采用虚拟现实技术构建相应的三维交互模拟场景,具有训练周期短、训练效率高的特点,广泛应用于高风险领域。为满足训练效果,虚拟训练软件一般需要较高的沉浸感,对人体动作输入设备的数据准确性和实时性有很高的要求。目前,采用 MEMS 作为核心器件构建的 MIMU 模块已广泛应用于低精度姿态测量和惯性导航等领域,具有价格低、体积小、功耗低的特点^[1]。本文将基于 MIMU 的惯性测量技术、高速信息处理芯片 DSP 和虚拟训练软件相结合,开发出人体动作识别系统,以期准确获取受训者在突发事件中的动作反映过程及应对措施,验证系统作为虚拟训练软件的人体动作输入设备的可行性。

1 系统总体方案

测试表明为全面表现人体动作,至少需要获得人体头部、手部和腿部的三个部位的基本训练动作。本系统将 MIMU 模块配置于受训者的头部、手部和腿部实时采集身体对应部位的姿态信息,通信

模块将采集到的所有模块数据打包定时发送到计算机的虚拟训练软件中,通过系统实时识别人体动作信息,并显示在虚拟训练软件场景中,实现人机交互功能。为提高系统独立性和可移植性,系统各部分姿态测量模块都使用硬件结构相同的 MIMU 模块,可以方便地根据需要改变模块配置部位。

系统总框图如图 1 所示,分布于人体头部、手部和腿部的 MIMU 模块获取相应部位的姿态数据,通过通信模块获取三个模块姿态信息并将其转换为与虚拟训练软件约定的数据通信格式,通过串口将打包好的人体动作数据包发送到虚拟训练软件。

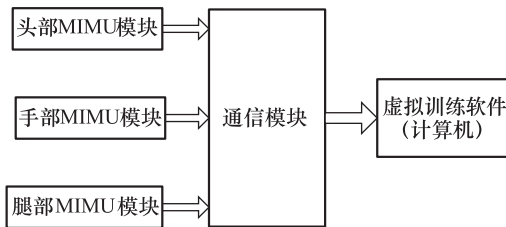


图 1 系统总框图

放置于受训者身体不同部位的 MIMU 模块区别在于软件编程中给定的模块数据地址不同。MIMU 模块中采用 DSP 作为主控芯片,通过 AD 采集 MEMS 器件的传感器数据,在滤波预处理后完成姿态解算。采用 DSP 作为控制芯片可减少姿态解算

2010年11月5日收到

第一作者简介:李懿(1986—),河南人,信号与信息处理专业硕士研究生,研究方向:姿态测量系统。

周期长度,提高系统解算精度。

如图2所示,MIMU模块主要包括DSP高速信号处理芯片,MEMS加速度计,陀螺和磁阻传感器。模块通过DSP自带的AD对三轴加计以及三个陀螺温度传感器输出的温度模拟信号进行采样;另外采用一片AD芯片对三路单轴陀螺以及三轴磁阻传感器进行采样。

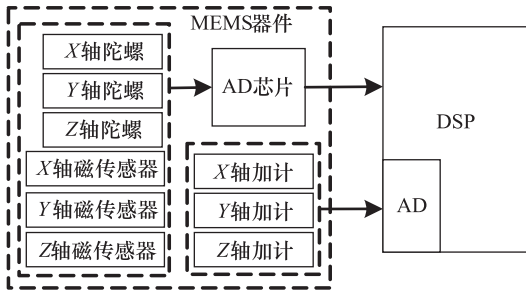


图2 MIMU模块原理框图

通信模块采用单片机为处理器。如图3所示,单片机和DSP芯片的工作电压不同,因此通信模块与头部、手部和腿部的MIMU模块之间进行数据通信需要经过电平转换;模块通过周期扫描采集按键消息;通信模块将数据打包完毕后通过串口经电平转换芯片与计算机的虚拟训练软件进行通信。

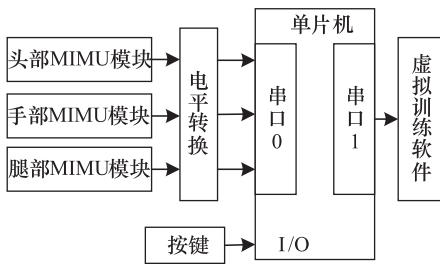


图3 通信模块原理框图

2 系统原理

2.1 DSP软件流程

MIMU模块由DSP芯片进行时序控制和姿态解算。为便于实际操作,DSP分两种工作模式:正常工作模式和参数标定模式。当系统运行于正常工作模式时,系统多个MIMU模块同时与通信模块串口

相接,系统多个模块串口之间为满足同一时刻只能使一条串口联通,需将MIMU模块串口初始化为休眠模式,然后通过通信模块分时唤醒各MIMU模块串口^[2]。参数标定模式则用于MIMU模块误差参数计算和标定。DSP软件流程图如图4所示。

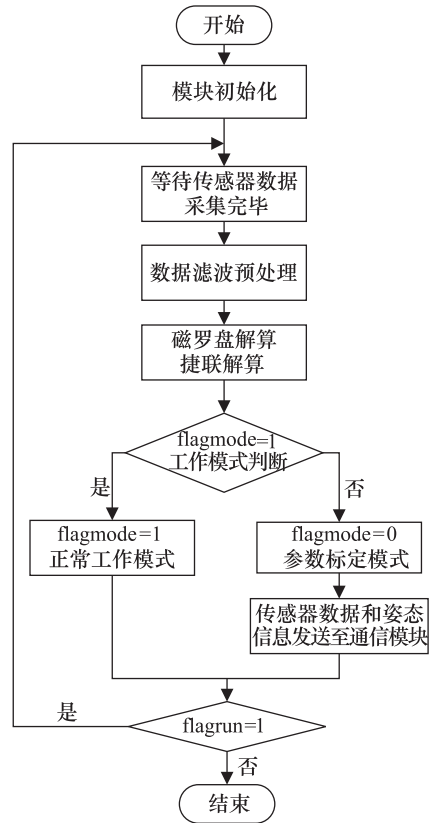


图4 DSP软件流程图

如图4所示,MIMU模块上电后进行系统参数初始化,然后等待DSP定时采集传感器数据。当传感器数据采集完毕后,对数据进行滤波预处理,之后开始磁罗盘解算和捷联解算,实时解算模块当前姿态角。DSP通过模块工作模式标志位flagmode的当前值来判断的模块工作模式;当flagmode=1时为正常工作模式,而flagmode=0时为参数标定模式。在正常工作模式下,DSP程序接收到通信模块发送的数据发送命令后进入中断,在DSP数据处理中断程序中将MIMU模块实时解算的人体姿态数据通过串口发送至通信模块,随后DSP模块循环等待下一次命令。在参数标定模式下,模块姿态角解算完成后直接通过串口将传感器电压值和解算的姿态信

息发送至计算机软件,等待软件中的参数标定程序对数据进行处理,在获得模块 MEMS 器件传感器标定参数后,可通过标定程序界面将参数直接写入 MIMU 模块中。程序在每次姿态解算完成后判断运行标志位 flagrun 当前值:如果 flagrun = 1 则继续进行姿态解算,当 flagrun = 0 时则程序停止运行。

2.2 姿态解算算法

MIMU 模块首先通过 DSP 获得 MEMS 传感器数据,经过滤波处理后将传感器数据带入姿态解算算法解算出模块当前姿态角。姿态解算算法主要包括捷联解算算法和磁罗盘姿态解算算法。

捷联解算算法通过 MEMS 陀螺采样值实时解算 MIMU 模块姿态角。姿态解算算法主要有欧拉法、方向余弦法、四元数法等。欧拉法虽然计算简便,但是在俯仰角接近 90° 时出现奇点,算法有局限性。方向余弦法的姿态微分方程包含了九个未知量的线性微分方程组,计算量比较大,不容易实现。而四元数法相对于其他算法,计算量少,计算快速,成为常用算法。本系统即采用四元数法^[3,4]。

磁罗盘姿态解算算法通过获取加速度计和磁阻传感器数据实现电子罗盘,为捷连解算算法提供初始姿态角。当系统处于相对静态状态,且 MIMU 模块周围不存在强磁场干扰时可准确解算模块姿态。通过加速度计采样值可计算电子罗盘的俯仰角 θ 和横滚角 γ :

$$\theta = \arcsin\left(\frac{A_x^b}{f_g}\right), \gamma = \arctan\left(\frac{A_y^b}{A_z^b}\right)。$$

其中, A_x^b, A_y^b, A_z^b 为加速度计三个轴的测量值。加速度计测得的是载体相对于惯性空间的加速度在载体坐标系中的投影,其测量值为重力加速度 f_g 在载体坐标系 X_b, Y_b, Z_b 轴的分量。地理坐标系和载体坐标系之间的坐标变换矩阵 C_p^b 表示为:

$$C_p^b = \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & -\sin\theta \\ \sin\gamma\sin\theta & \cos\gamma & \sin\gamma\cos\theta \\ \cos\gamma\sin\theta & -\sin\gamma & \cos\gamma\cos\theta \end{bmatrix}。$$

由此可得航向角 ψ :

$$\psi = \arctan\left(\frac{H_y^p}{H_x^p}\right)。$$

其中:

$$H_x^p = \cos\theta H_x^b + \sin\theta \sin\gamma H_y^b - \sin\theta \cos\gamma H_z^b;$$

$$H_y^p = \cos\gamma H_y^b + \sin\gamma H_z^b;$$

$$H_z^p = \sin\theta H_x^b - \cos\theta \sin\gamma H_y^b + \cos\theta \cos\gamma H_z^b。$$

H_x^b, H_y^b, H_z^b 为磁阻传感器在载体坐标系下的三个轴向磁场强度。为消除磁罗盘的零位误差和灵敏度误差,利用最小二乘法对航向角进行误差补^[5]。

2.3 姿态识别算法

系统通过通信模块定时将头部、手部和腿部三个模块的姿态数据统一发送到计算机虚拟训练软件中,计算机软件对通信模块发送的数据帧进行解包并对相关数据提取,转化为显示界面相应的三轴姿态角和偏移量,从而显示出当前人体姿态。为验证系统对虚拟训练场景的驱动能力,在通信模块中加入了鼠标事件、按键事件,使得系统能够控制计算机的鼠标及键盘输入,为虚拟训练场景中的虚拟人物提供相应动作控制接口。

3 实验结果及分析

3.1 MIMU 模块测试结果

该实验主要是测试系统 MIMU 模块水平放置时动态匀速转动中的偏航角精度,及其对应 MIMU 模块俯仰角和滚转角的输出值大小。如图 5 所示,偏航角的变化准确反映了转台平转的运动过程:偏航角在 $0^\circ-360^\circ$ 范围内分别以 $30^\circ/s, 90^\circ/s, 150^\circ/s$ 匀速转动;图中在 25s, 48s 附近处波形频率变化准确反映出转台由 $30^\circ/s$ 加速至 $90^\circ/s$, 以及由 $90^\circ/s$ 加速至 $150^\circ/s$ 的匀加速过程。

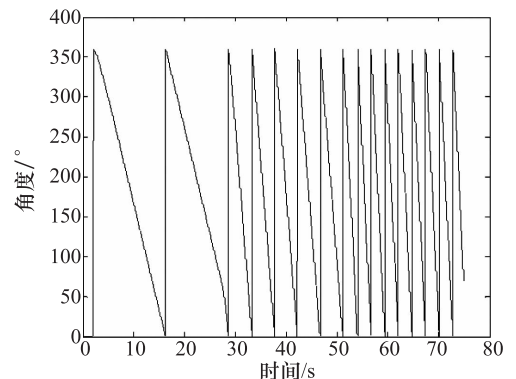


图 5 MIMU 模块动态测试偏航角

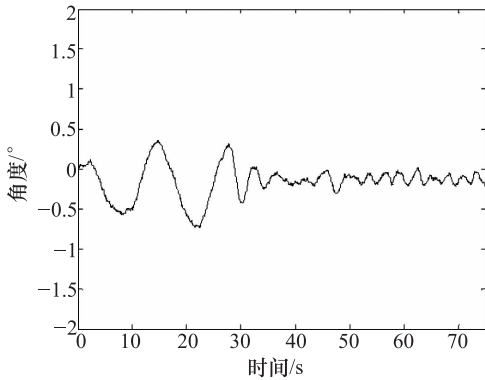


图6 MIMU 模块动态测试俯仰角

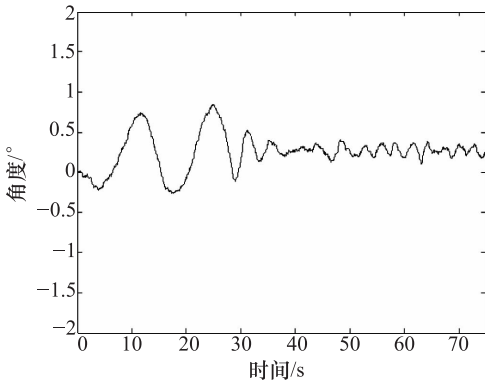


图7 MIMU 模块动态测试横滚角

由图6、图7所示,由于MIMU系统的三个单轴陀螺存在安装误差,在MIMU模块偏航角旋转时,横滚角和俯仰角与偏航角之间存在的耦合误差会导致信号波动,实验结果表明本系统耦合误差很小。综合图5、图6、图7,系统总体测试结果表明MIMU模块在短时间内具有良好的姿态测量功能,其动态测量精度优于 1° ,姿态角轴间耦合误差低速时优于 1° ,高速时优于 0.5° ,满足人体动作识别系统的精度要求。

3.2 姿态测量系统与虚拟软件对接测试

将头部、手部和腿部模块经通信模块连接至计算机的虚拟训练软件中,对系统所有模块联调测试,

通过实验测试该系统对人体动作的灵敏度和准确度,从而判断是否可以达到训练效果。测试软件用某款第一人称视角射击游戏作为测试主体,直观测试系统姿态动作的表现效果和按键操作效果。测试时,受训者直接佩戴系统,采用主观判断方法在游戏中直接感受系统实际操作表现。

经多组测试,实验效果表明测试中系统工作稳定,受训者人体动作可驱动虚拟训练软件场景中的人物迅速显示正确姿态,并在按键按下后实现相应控制效果。操作效果比起键盘控制更加真实,有沉浸感,满足训练效果。

4 结论

本文采用DSP和MEMS的器件构建人体动作识别系统。系统应用MEMS为核心构建MIMU模块,DSP完成传感器数据采集和人体姿态解算,可有效提高系统解算精度。使用本系统可取代传统的键盘操作方法,使用按键和人体动作识别模块将人体动作实时、正确显示在虚拟软件模拟的训练场景中。实验结果表明,原理样机在动态测试中运行稳定可靠,动态解算精度在 1° 以内。实际虚拟训练软件测试结果表明系统满足虚拟训练要求,可有效提高虚拟软件的沉浸感。

参 考 文 献

- 1 刘涛,皮运生. 微机械陀螺在组合导航系统中的应用. 微处理机,2008;12(6):177—179
- 2 苏奎峰. TMS320X281X DSP原理及C程序开发. 北京:北京航空航天大学出版社. 2008
- 3 秦永元. 惯性导航. 北京:北京科学出版社. 2006
- 4 陈银溢. 微惯性航向、姿态系统研究. 太原:硕士学位论文,中北大学,2005
- 5 邵婷婷,马建仓,胡士峰,等. 电子罗盘的倾斜及罗差补偿算法研究. 传感技术学报,2007;20(6):1335—1338

(下转第0273页)

见的欺骗点击手段提出一个基于 Web 日志挖掘的广告欺骗点击检测模型,并通过实验对模型进行了验证。随着 Internet 的发展,网络广告越来越受到广大广告商的青睐,对欺骗点击的检测方法的研究还需更加深入。

参 考 文 献

1 张 佶. 网络广告点击作弊的常见来源与迹象. <http://www.zhangji.net/>. 2007

- 2 Adsense G. 欺骗点击作弊的分析. http://zhiwu88.blog.hexun.com/34057481_d.html, 2009
- 3 Bing Liu. Web 数据挖掘. 俞 勇,等译. 北京:清华大学出版社,2009
- 4 Jain R K, Kasana Dr R S, Jain Dr S. Efficient Web log mining using doubly linked tree. (IJCSIS) International Journal of Computer Science and Information Security. <http://arxiv.org/abs/0907.5433>, 2009
- 5 Han Jiawei, Kamber M. 数据挖掘:概念与技术(第 2 版). 范明, 孟小峰,译. 北京:机械工业出版社, 2007

A Fraud-click Detecting Model Based on Web Log Mining

CUI Hong-juan, KANG Mu-ning

(Computer Collage of Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, P. R. China)

[Abstract] There are a lot of fraud clicks following the high click rate of online advertising. How to accurately identify fraud clicks to ensure the user's online advertising revenue is becoming the top priority. By analyzing the means and features of fraud click and characteristics of Web log mining, a fraud clicks detecting model is proposed based on Web log mining. The realization of each module is described in detail. Experiments show that the model is simple and efficient, it can effectively detect fraudulent clicks.

[Key words] online advertising fraud clicks detecting web log mining double-linked tree

(上接第 0260 页)

System of Human Motion Detection Based on DSP and MEMS

LI Yi, YANG Yan

(School of Electronics and Information, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710129, P. R. China)

[Abstract] To improve the sense of immersion and training effects of human detection input device for the virtual training software, the system of human motion detection based on DSP and MEMS was designed. The system uses MEMS as key components to form the Micro Inertial Measurement Unit (MIMU), and the DSP chip of the MIMU samples the sensor's voltage values and makes the attitude algorithm. Experiments results show that the system runs stable in motion test and resolving precision can up to 1 degree at least. Thus the system can detect human motion accurately and meet the requirement of virtual software training. The research provides a new hardware design of input signal device for virtual training software and then has a certain market valuation.

[Key words] virtual software motion detection MEMS DSP