

基于 AHRS 的人体姿态捕捉系统的设计与实现^①

张庆宾^② 田国会^③ 张衍儒

(山东大学控制科学与工程学院 济南 250061)

摘 要 研究了利用穿戴式传感器进行人体姿态捕捉的问题。设计实现了一种被称做姿态航向参考系统(AHRS)的传感器模块,将 AHRS 模块绑定在人体的主要运动关节,其采集的陀螺仪、加速度计和磁力计信号经过基于小波变换的降噪处理后,对三种传感器进行基于扩展卡尔曼滤波算法的数据融合,解算出人体关节的运动姿态。通过 WIFI 模块将各个关节的姿态数据发送到计算机,上位机软件利用 OPENGL 技术建立了人体三维骨骼模型,并根据接收的数据对人体姿态与骨骼模型进行坐标转换和关节解耦,将人体姿态动作直观地显示出来。实验结果表明,所设计的惯性传感器模块 AHRS 的检测精度高,稳定性好,没有数据漂移和累积误差,所提出的姿态捕捉系统能够准确地检测人体姿态动作,反应速度快,满足实时性的要求。

关键词 姿态航向参考系统(AHRS),小波变换,数据融合,扩展卡尔曼滤波器,人体姿态捕捉

0 引 言

近年来人体姿态捕捉及行为理解成为了研究热点。人体姿态捕捉在病人康复训练、非正常行为检测与报警、非可视环境下人体行为理解以及交互式虚拟现实等领域有着广泛的应用。目前人体动作捕捉主要分为基于视觉监控和基于穿戴式传感器两种方法。本研究进行了利用穿戴式传感器捕捉人体姿态的探索,设计并实现了一种基于 AHRS (attitude and heading reference system,姿态航向参考系统,一部传感器模块)的人体姿态捕捉系统,该系统测量精度高,性能稳定,满足实时性要求。

1 相关研究

Alexandros 等^[1]基于分布式视觉对人进行姿态检测和动作识别,根据多个摄像机对人体动作进行多个角度检测,并做了模糊矢量化,然后采用神经网络进行训练和分类,能比较准确地识别人的日常动作,但由于数据量大,难以满足在线检测的要求。

Vezzani 等^[2]针对在线动作识别做了大量工作,首先利用隐马尔可夫模型(HMM)将连续的动作视频流作了动作片段分解,然后用贝叶斯标准化对不同长度的观测序列进行了识别,由于分类算法复杂,实时性不高。Blackburn 等^[3]提出了一种基于视频流的人体动作识别算法:首先对输入的视频数据进行降维,然后进行动作数据匹配,最后从动作数据库中得到与视频输入相匹配的动作。该方法相对简单,但是利用特征点匹配的识别率不高。Jingen 等^[4]提出了一种基于无约束视频流的人体动作识别方法:首先从样本架构中提取局部静态特征来捕捉局部姿态形状和外观,然后提取时空特征点,利用基于直方图相似加权的金字塔匹配核分类算法对相似特征进行匹配,识别率较高。利用视觉监控的方法进行人体动作捕捉和识别,可以利用少量的摄像机对监测区域的多目标进行监控,同时,被监测对象不需要穿戴任何设备,约束性小。然而,采用视觉进行人体姿态捕捉会受到外界环境很大的影响,比如光照条件、背景、遮挡物和摄像机质量等,在火灾现场、矿井内等非可视环境中该方法则完全失效。另外,采用视觉方法进行人体跟踪和动作捕捉会受到摄像机监测区

① 国家自然科学基金(61075092),山东省自然科学基金(ZR2011FM011)和山东大学自主创新基金(2011JC017)资助项目。

② 男,1987年生,硕士;研究方向:模式识别,智能空间,服务机器人等;E-mail:zhangqingbin10@163.com

③ 通讯作者,E-mail:g. h. tian@sdu. edu. cn

(收稿日期:2013-03-20)

域的限制,降低了实用性。

随着 MEMS 技术的迅速发展,穿戴式传感器在人体姿态动作捕捉方面渐渐发挥出优势。穿戴式传感器不会受到光照、背景等外界环境的干扰,又克服了摄像机监测区域受限的缺点,因此,越来越多的研究者用它进行动作识别和行为理解。东北农林大学的顾伟宏等^[5]采用加速度传感器做了一种手语识别系统,在指关节安装加速度传感器采集手势的动作特征,对手指的运动方向、运动轨迹以及手指间的角度关系进行全面检测,有很好的应用前景,但是单纯的加速度传感器存在噪声大、漂移严重等缺陷,用于轨迹跟踪和角度解算有很大难度。Juha 等^[6]利用穿戴式传感器(主要是加速度计和生理信号传感器)进行了人体动作的研究,基于上下文感知信息和决策树的方法对人体姿态进行识别,由于加速度信号难以完整表达人体动作特征,因此该方法识别率较低。北京大学邹月娴等^[7]设计了一种人体安全气囊,采用基于惯性元件的姿态检测器对老年人进行实时摔倒检测,当老年人摔倒时开启安全气囊,减少老年人所受的损伤。该方法简单易行,实用性较高,而动作分类数量有限,用于人体动作捕捉和识别存在困难。Allen 等^[8]采用了分布式运动传感器网络进行人体动作识别,提出了一种线性解算的方法对传感器节点进行数据处理,能够稳定捕捉人体姿态,但由于数据量大,计算复杂,实时性不高。

本文提出的基于 AHRS 模块进行人体姿态捕捉的方法,用 AHRS 采集陀螺仪、加速度计和磁力计三种 MEMS 传感器数据,经过小波降噪后,根据扩展卡尔曼滤波算法进行数据融合,解算出了稳定、精确的姿态角度、速度和加速度,能够很好地满足人体姿态捕捉系统实时性和准确性的要求。

2 人体姿态捕捉系统

人体姿态捕捉系统由 9 个 AHRS 模块和计算机组成,模块分布在人的躯干、上下臂和大小腿,如图 1 所示。当系统工作时,9 个 AHRS 模块通过 WIFI 以 30Hz 频率连续上传捕捉的姿态数据,计算机在接收数据时采用地址查询方式对 9 个模块发送的数据进行接收。上位机软件利用 OpenGL 技术建立了人体三维骨骼模型,根据接收的数据对人体姿态与骨骼模型进行坐标转换和关节解耦,将人体姿态动作实时直观地显示出来。

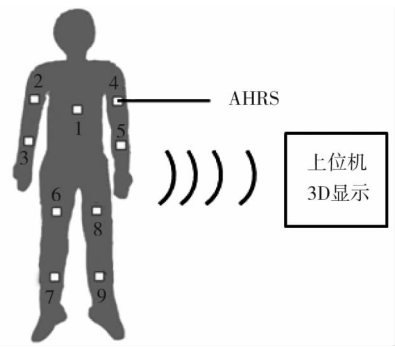


图 1 人体姿态捕捉系统示意图

2.1 AHRS 模块硬件设计

AHRS 以 STM32 为主控制器,并嵌入 uC/OS-II 实时操作系统。如图 2 所示,硬件主要包括陀螺仪、加速度计、磁力计、WIFI 模块、高频滤波电路、信号调理电路、A/D 参考电源电路、E²PROM 数据存储电路和看门狗电路。陀螺仪 LPY530 和 LPR530 的量程为 $\pm 1200^{\circ}/s$,加速度计 ADXL345 的量程为 $\pm 16g$,磁力计 HMC5883 的量程为 $\pm 8Ga$ 。AHRS 模

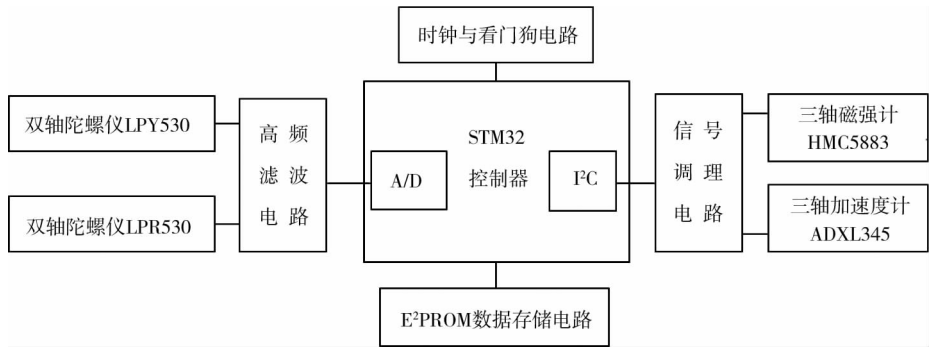


图 2 AHRS 模块框架图

块采样频率可调(0 ~ 100Hz),典型值取 30Hz,通过 WIFI 模块可以方便地介入无线网络,与上位机通

信。
为了减小体积和电磁干扰,增强独立性和便捷

性,AHRS 模块采用两层设计。如图 3 所示,上层主要针对主控制器、三种 MEMS 传感器、高频滤波和信号调理电路进行设计;下层主要针对 WIFI 通信模块、电源供电、锂电池充电、基准电源和复位电路进行设计。

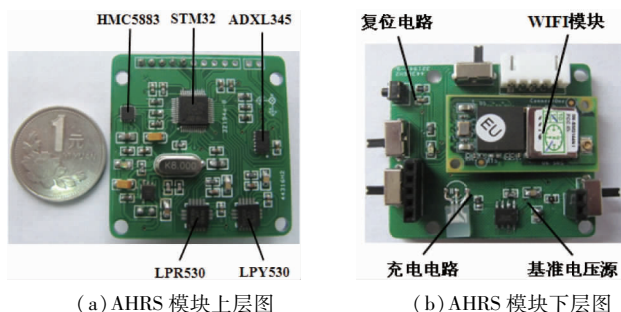


图 3 AHRS 模块实物图

2.2 AHRS 模块原理

AHRS 模块工作时,主控制器分别对陀螺仪、磁力计和加速度计进行数据采集,去噪后进行角度解算和数据融合,实时估计出模块的姿态角度、速度和加速度,然后通过 WIFI 模块将数据发送到上位机,上位机程序对模块的数据进行处理,可以实时显示模块的姿态。

采集陀螺仪 LPY530 和 LPR530 原始数据,利用欧拉角与四元数转换^[9,10],积分求出相对姿态角。采集加速度计和磁力计信号,利用重力场和大地磁场在地理坐标系和模块本体坐标系之间的方向余弦转换,解算出绝对姿态角。如图 4(a)所示, G 为重力方向, XYZ 为固定在模块上的坐标系,当模块分别绕 X 轴和 Y 轴旋转时, X 轴和 Y 轴与重力 G 的夹角会随旋转发生相应的变化,当模块绕 Z 轴旋转时, Z 轴与重力 G 共线,夹角不会随旋转发生变化,无法解算 Z 轴的旋转角度,故需要磁力计进行弥补。如图 4(b)所示, B 为大地磁场方向,模块绕 Z 轴旋转时, Z 轴与磁场 B 的夹角会随旋转发生相应的变化,解算出 Z 轴的旋转角度。

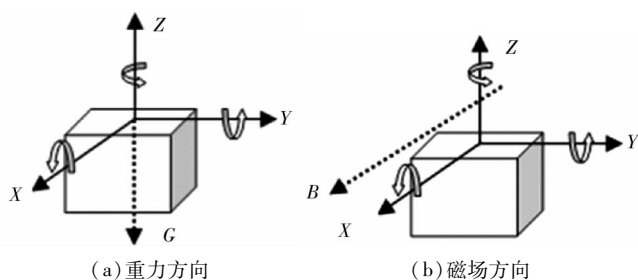


图 4 AHRS 原理示意图

3 数据处理与融合

AHRS 模块的数据处理涵盖了小波降噪、四元数与欧拉角转换、扩展卡尔曼滤波和多传感器融合等技术,并充分考虑了振动、磁场干扰和温度等环境因素对角度解算的影响。

3.1 小波降噪

小波变换具有良好的函数适应性和自适应降噪能力,满足系统实时在线噪声处理的要求,可广泛应用于信号噪声处理等领域^[11]。

由于加工工艺的限制和环境的影响,传感器信号噪声比较严重,如果直接进行姿态角的解算和数据融合,解算的结果精度较低,且存在严重漂移,因此,主控制器采集陀螺仪、加速度计和磁力计的数据后,首先利用小波变换对传感器原始数据进行降噪处理^[12]。设滑动窗口宽度为 N ,观测序列为 y_n ,其中 y_n 包含目标信号 f_n 和噪声信号 e_n ,即

$$y_n = f_n + e_n \quad (1)$$

利用小波阈值收缩降噪法对观测信号进行小波降噪。具体步骤如下:

(1) 阈值选取。本文中小波变换的阈值选取 Minimaxi 阈值

$$T = \begin{cases} 0, & N \leq 32 \\ \sigma(0.396 + 0.1829 \times \log_2 N), & N > 32 \end{cases} \quad (2)$$

其中, σ 是噪声信号的标准差, N 是信号的长度。

(2) 计算观测信号的正交小波变换。利用 Mallat 分解算法对观测信号进行小波分解,得到相应的小波分解系数

$$\begin{cases} c_n^j = 2^{-1/2} \sum_k c_k^{j+1} h_{k-2n} \\ d_n^j = 2^{-1/2} \sum_k c_k^{j+1} g_{k-2n} \end{cases} \quad (3)$$

(3) 对小波系数进行非线性阈值处理。把观测信号的小波系数的绝对值与选定的阈值 λ 比较,小于阈值的点变为零,大于等于阈值的点保持不变。阈值函数为

$$w_{j,k} = \begin{cases} w_{j,k}, & |w_{j,k}| \geq \lambda \\ 0, & |w_{j,k}| < \lambda \end{cases} \quad (4)$$

(4) 小波逆变换。将经过处理的小波系数利用式

$$c_n^{j+1} = 2^{-1/2} \sum_k c_k^{j+1} h_{k-2n} + 2^{-1/2} \sum_k d_k^j g_{k-2n} \quad (5)$$

进行重构,得到目标信号的估计值。

对于新的观测量 Y_{N+1} , 移动一步滑动窗口, 得到观测噪声在 $N+1$ 时刻的小波系数。依此类推, 可实现观测噪声的实时在线估计。

通过小波变换对传感器原始数据进行降噪, 实验数据得到改善。以加速度计为例, 图 5 是降噪前加速度计 Z 轴的原始数据, 图 6 是经过小波降噪后 Z 轴的数据。

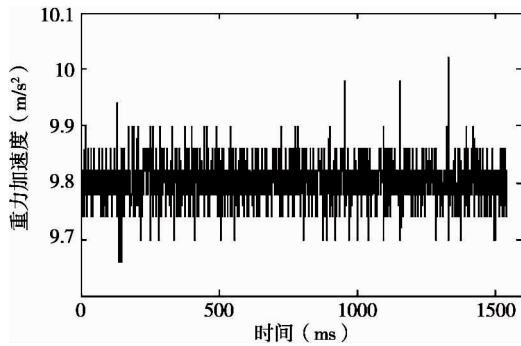


图 5 降噪前加速度计 Z 轴数据

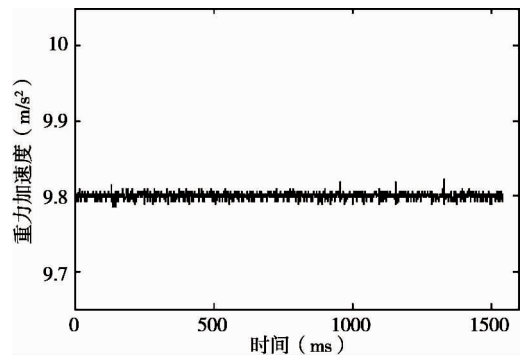


图 6 降噪后加速度计 Z 轴数据

3.2 多传感器数据融合

惯性元件进行姿态解算时, 陀螺仪数据发散, 无法长期使用, 加速度计需要两次积分, 解算的姿态角漂移快, 动态性能不好, 磁力计易受铁磁物质干扰, 因此需要对陀螺仪、加速度计和磁力计进行数据融合以得到稳定精确的姿态角度^[13,14]。

3.2.1 加速度计与陀螺仪数据融合

加速度计与陀螺仪的融合原理是在静态时用加速度计的值修正陀螺仪, 根据振动强度实时更正加速度计的滤波增益, 保证系统的动态响应特性并快速消除稳态误差。反之, 在动态时利用陀螺仪的值修正加速度计。根据小波降噪处理的三轴加速度值 (A_x, A_y, A_z) , 用欧拉角解算倾斜角 $roll$ 和俯仰角 $pitch$, 如下式所示:

$$roll = \tan^{-1}(-A_y, -A_z) \quad (6)$$

$$pitch = \tan^{-1}(A_x, \sqrt{A_y^2 + A_z^2}) \quad (7)$$

3.2.2 磁力计与加速度计数据融合

磁力计与加速度计的融合原理是利用加速度计对磁力计进行倾斜补偿。读取磁力计的三轴磁场强度 $M_b = [M_x \ M_y \ M_z]^T$, 利用式

$$M'_x = M_x \cos(pitch) + M_y \sin(roll) \sin(pitch) - M_z \cos(roll) \sin(pitch) \quad (8)$$

$$M'_y = M_y \cos(roll) + M_z \sin(roll) \quad (9)$$

求出倾斜补偿后的磁力计输出 M'_x 和 M'_y 。

根据倾斜补偿后的磁力计值, 解算偏航角 yaw :

$$yaw = \tan^{-1} \frac{M'_y}{M'_x} \quad (10)$$

3.2.3 陀螺仪与磁力计数据融合

为了消除偏航角误差, 需融合陀螺仪与磁力计的数据, 这样不但可以提高系统的动态特性, 同时也能降低系统的稳态误差。利用磁力计提供无漂移的方向角参考矢量, 消除陀螺仪的漂移, 同时利用陀螺仪的瞬时特性, 实时校正磁场扰动对磁力计的影响。

3.3 基于扩展卡尔曼滤波器的姿态角度融合

根据式 (6)、(7) 和 (10) 解算得到姿态角度 ($roll, pitch$ 和 yaw), 利用欧拉角与四元数转换关系, 求出初始四元数

$$\begin{cases} q_0 = \cos \frac{roll}{2} \cos \frac{pitch}{2} \cos \frac{yaw}{2} + \sin \frac{roll}{2} \sin \frac{pitch}{2} \sin \frac{yaw}{2} \\ q_1 = \sin \frac{roll}{2} \cos \frac{pitch}{2} \cos \frac{yaw}{2} - \cos \frac{roll}{2} \sin \frac{pitch}{2} \sin \frac{yaw}{2} \\ q_2 = \cos \frac{roll}{2} \sin \frac{pitch}{2} \cos \frac{yaw}{2} + \sin \frac{roll}{2} \cos \frac{pitch}{2} \sin \frac{yaw}{2} \\ q_3 = \cos \frac{roll}{2} \cos \frac{pitch}{2} \sin \frac{yaw}{2} - \sin \frac{roll}{2} \sin \frac{pitch}{2} \cos \frac{yaw}{2} \end{cases} \quad (11)$$

读取加速度值 (A_x, A_y, A_z) , 对加速度值进行标准正交化处理, 如下式所示:

$$Z_m = \begin{cases} \frac{A_x}{\sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}} \\ \frac{A_y}{\sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}} \\ \frac{A_z}{\sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}} \end{cases} \quad (12)$$

根据四元数矩阵得出姿态向量在三个轴的投影

$$Z_e = \begin{cases} 2(q_1 \cdot q_3 - q_0 \cdot q_2) \\ 2(q_2 \cdot q_3 + q_0 \cdot q_1) \\ 1 - 2(q_1^2 + q_2^2) \end{cases} \quad (13)$$

计算姿态角度的误差估计

$$\mathbf{E}_{PR} = \mathbf{Z}_m - \mathbf{Z}_e \quad (14)$$

式中: $\mathbf{E}_{PR}$ 为姿态角度的误差估计矩阵, $\mathbf{Z}_m$ 为加速度计的标准正交化矩阵, $\mathbf{Z}_e$ 为当前四元数矩阵在三个轴的投影矩阵。

定义姿态角度矩阵 $\mathbf{H}_{PR}$

$$\mathbf{H}_{PR} = \begin{bmatrix} -2q_2 & 2q_3 & -2q_0 & -2q_1 & 0 & 0 & 0 \\ 2q_1 & 2q_0 & 2q_3 & 2q_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -4q_1 & -4q_2 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (15)$$

计算姿态角度误差的协方差矩阵 $\mathbf{P}_{PR}$

$$\mathbf{P}_{PR} = \mathbf{H}_{PR} \mathbf{P} \mathbf{H}_{PR}^T + \mathbf{P}_{PR} \quad (16)$$

利用协方差矩阵 $\mathbf{P}_{PR}$ 更新卡尔曼滤波器的增益值 $\mathbf{K}_{PR}$

$$\mathbf{K}_{PR} = \mathbf{P} \mathbf{H}_{PR}^T \mathbf{P}_{PR}^{-1} \quad (17)$$

式中, $\mathbf{P}$ 为整个系统的协方差矩阵。

根据所求的增益值 $\mathbf{K}_{PR}$, 更新系统状态向量 $\mathbf{X}$

$$\mathbf{X} = \mathbf{X} + \mathbf{K}_{PR} \mathbf{E}_{PR} \quad (18)$$

根据系统状态向量 $\mathbf{X}$, 更新系统协方差矩阵 $\mathbf{P}$

$$\mathbf{P} = \mathbf{P} - \mathbf{K}_{PR} \mathbf{H}_{PR} \mathbf{P} \quad (19)$$

根据状态向量 $\mathbf{X}$, 利用欧拉角与四元数转换矩阵, 估计出高精度、无漂移的姿态角度 ($roll^*$, $pitch^*$, yaw^*)

$$\begin{cases} roll^* = \tan^{-1} \left(\frac{2q_2q_3 + 2q_0q_1}{2q_0^2 + 2q_3^2 - 1} \right) \\ pitch^* = -\sin^{-1} (2q_1q_3 - 2q_0q_2) \\ yaw^* = \tan^{-1} \left(\frac{2q_1q_2 + 2q_0q_3}{2q_0^2 + 2q_1^2 - 1} \right) \end{cases} \quad (20)$$

4 实验结果及分析

4.1 AHRS 模块精度评估

为了验证所设计的 AHRS 模块解算出的姿态角度的精度, 本文利用 StarGazer 定位系统作为参考系。StarGazer 是韩国 HAGISONIC 公司生产的定位传感器产品^[15], 定位精度高 (1° 以内), 稳定性强。如图 7 所示, 将 AHRS 模块与 StarGazer 固定在一个旋转圆盘上进行实验。以偏航角度 yaw 为例, 图 8 显示了在圆盘旋转一周的过程中, AHRS 模块姿态角度 yaw 与 StarGazer 的数据对比。图 9 是以 StarGazer 作为参考系, AHRS 模块姿态角度 yaw 的相对误差。

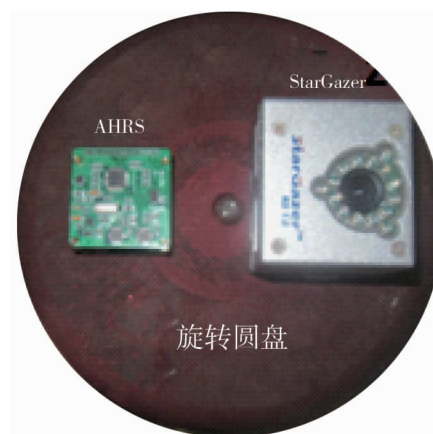


图 7 精度验证平台

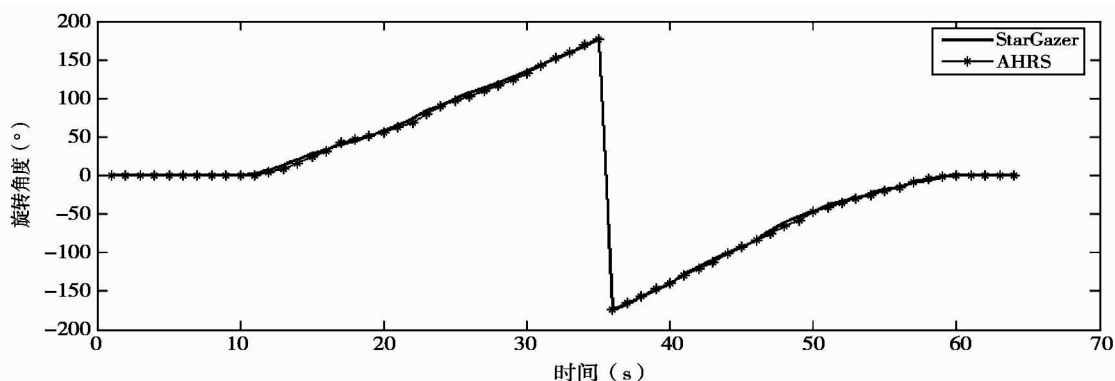


图 8 AHRS 模块姿态角度 yaw 与 StarGazer 数据对比

实验结果表明, 所设计的 AHRS 模块解算出的姿态角度动态误差都在 3° 以内, 且稳定性高, 满足人体姿态捕捉系统的精度要求。另外, AHRS 模块

的上传数据频率是 30Hz, 对于人体姿态捕捉的实时性要求也能够满足。

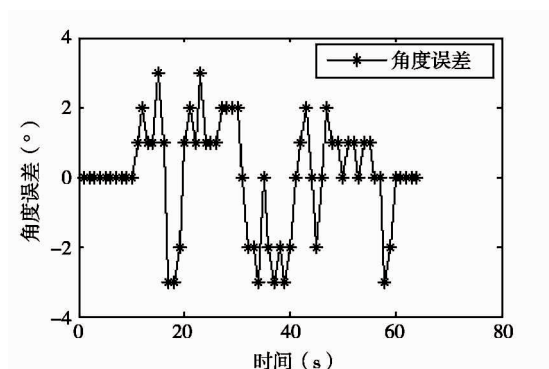


图9 AHRS 模块结算角度误差

4.2 姿态捕捉系统实际效果测试

将 AHRS 模块穿戴在用户身上,如图 1 所示,躯干传感器 1 可以捕捉人体的上身动作,如弯腰、后仰、转身和异常摔倒。同时,它是上肢运动的参考坐

标系,通过对上肢运动与躯干运动解耦,能够实现人体姿态捕捉的完整性和连续性。上臂传感器 2、4 以躯干传感器 1 为参考坐标系,下臂传感器 3、5 则分别以传感器 2、4 为参考坐标系,且存在解耦关系,即上下臂运动相对独立。这 4 个传感器通常用来捕捉手臂的日常动作,如喝水、打电话、扫地等。腿部传感器 6、7、8、9 的工作方式和手臂传感器类似,捕捉大腿和小腿日常动作,如走、跑、跳、坐等。该人体姿态捕捉系统能够方便准确地对人的各种动作、姿态进行跟踪估计并实时显示。

将 9 个姿态传感器模块穿戴在人体相应部位,对几种典型日常动作进行实验。如图 10 所示,系统能够实时准确地对人体姿态动作进行跟踪估计,完成人体姿态捕捉的功能。



图10 几种典型姿态捕捉结果

5 结 论

本研究设计并实现了一种基于 AHRS 的人体姿态捕捉系统,在完成系统硬件的基础上对三种传感器进行基于扩展卡尔曼滤波器的数据融合,得到了稳定可靠的姿态角度。通过 WIFI 网络将姿态数据发送到上位机,三维人体骨骼模型软件可以实时准确地显示人体姿态,完成人体姿态捕捉的功能。另外,该系统对人体行为理解和沉浸式娱乐游戏等方面有很大的参考和借鉴意义。

本研究所设计 AHRS 模块的动态精度在 3° 以内,不存在累积误差和数据漂移的问题,稳定性高。由于模块独立分散,如果实际应用于人体姿态捕捉,还需要考虑系统穿戴的舒适性,为下一步研究工作提出了要求。

参考文献

- [1] Iosifidis A, Tefas A, Pitas I. Neural representation and learning for multi-view human action recognition. In: Proceedings of the 2012 International Joint Conference on
- Neural Networks, Brisbane, Australia, 2012. 1-6
- [2] Vezzani R, Piccardi M, Cucchiara R. An efficient Bayesian framework for on-line action recognition. In: Proceedings of the 16th IEEE International Conference on Image Processing, Cairo, Egypt, 2009. 3553-3556
- [3] Blackburn J, Ribeiro E. Human motion recognition using Isomap and dynamic time warping. In: Human Motion-Understanding, Modeling, Capture and Animation. Rio De Janeiro/Brazil: Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co. K, 2007. 285-298
- [4] Liu J, Luo J, Shah M. Action recognition in unconstrained amateur videos. In: Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, Taipei, Taiwan, 2009. 3549-3552
- [5] 顾伟宏, 闵昆龙, 张晓娜. 新型数据手套及其手势识别研究. 自动化仪表, 2011, 32(002): 56-58
- [6] Parkka J, Ermes M, Korpipaa P, et al. Activity classification using realistic data from wearable sensors. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 2006, 10(1): 119-128
- [7] Shi G, Chan C S, Li W J, et al. Mobile human airbag system for fall protection using MEMS sensors and embed-

- ded SVM classifier. *Sensors Journal*, 2009, 9 (5) : 495-503
- [8] Yang A Y, Jafari R, Sastry S S, et al. Distributed recognition of human actions using wearable motion sensor networks. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 2009, 1 (2) : 103-115
- [9] 张涛, 徐晓苏. 基于 LS-SVM 的捷联大失准角初始对准技术. 高技术通讯, 2012, 22 (1) : 88-93
- [10] 张帆, 曹喜滨, 邹经湘. 一种新的全角度四元数与欧拉角的转换算法. 南京理工大学学报, 2002, 26 (4) : 376-380
- [11] Mallat S G. A theory for multiresolution signal decomposition; the wavelet representation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1989, 11 (7) : 674-693
- [12] 耿立辉, 萧德云. 输入数据缺失情况下的 OE 模型辨识算法研究. 高技术通讯, 2010, 20 (3) : 279-283
- [13] 陈玉坤, 司锡才, 李志刚. 联合卡尔曼滤波在多传感器信息融合技术中的应用. 弹箭与制导学报, 2005, 25 (4) : 946-948
- [14] 党宏社, 韩崇昭, 段战胜. 基于多卡尔曼滤波器的自适应传感器融合. 系统工程与电子技术, 2004, 26 (3) : 311-313
- [15] Wada K, Kubo E, Nakashio N, et al. Path planning for bedroom type robot module. In: Proceedings of the 2011 IEEE International Symposium on System Integration, Kyoto, Japan, 2011. 288-292

Design and implementation of a human posture capture system based on AHRS

Zhang Qingbin, Tian Guohui, Zhang Yanru

(School of Control Science and Engineering, Shandong University, Jinan 250061)

Abstract

The problem of human posture capture using wearable sensors was studied. The attitude and heading reference system (AHRS), a sensor module, was designed and implemented, and some AHRS modules were attached to a user's main joints for obtaining signals of a module's three sensors of gyroscope, accelerometer and magnetometer. After the noise reduction processing based on the wavelet transform, the three kinds of sensor data were fused with the extended Kalman filter algorithm for calculating the movement posture of the user's joints. Each joint posture data was sent to the computer by using the WIFI module, and the OpenGL technology was applied to building of the three-dimensional skeletal model. According to the received data, the coordinate transformation was carried out between human posture and the skeletal model, and then the human posture was displayed visually. The experimental results show that the inertial sensor module AHRS has the high detection precision and stability, with no data drift and cumulative error. By using the proposed method, the human posture can be captured accurately and effectively, meeting the real-time requirement.

Key Words: attitude and heading reference system (AHRS), wavelet transform, data fusion, extended Kalman filter, human posture capture