

文章编号:1003-5850(2014)12-0055-03

基于加速度传感器的人体行为识别系统的设计与实现

徐炳雪,史建华,钱俊臣,赵玉铎,倪 健
(江南大学,江苏 无锡 214000)

摘 要: 为了能够有效地提取人体行为特征,提出了一种基于加速度传感器的人体行为识别系统,主要识别站立、行走、跑步、上楼、下楼这5种人体行为。该系统通过提取标准差、偏度、峰度和相关系数等统计特征来实现多层分类。实验表明,该系统可以有效地对这5种人体行为进行识别。

关键词: 加速度传感器,行为识别,特征提取

中图分类号:TP311

文献标识码:A

Design and Implementation of an Acceleration Sensor System Based on Human Behavior Recognition

XU Bing-xue, SHI Jian-hua, QIAN Jun-chen, ZHAO Yu-duo, NI Jian
(Jiangnan University, Wuxi 214000, China)

Abstract: In order to extract the characteristics of human behavior effectively, this paper proposes a system for activity recognition based on a tri-axis accelerometer. Five activity such as standing, walking, running, up stair and down stair are recognized in this system. Many Statistical characteristics are proposed including standard deviation, skewness, kurtosis and correlation coefficient for classification. Experiments show that, the system can effectively identify the five kinds of human behavior.

Key words: acceleration sensor, activity recognition, feature extraction

在物联网高速发展的时代,智慧医疗的应用越来越广泛,因此,人体行为识别就变得越来越重要,成了目前众多研究中必不可少的课题。人体行为识别有基于视觉的和基于传感器的两个方向^[1,2]。本文中研究的基于加速度传感器的人体行为识别方法属于后者,是人体行为识别研究中重要的一部分。相比较基于视觉的人体行为识别,基于传感器的行为识别方法具有人性化、获取数据自由等优点^[3]。

行为识别的描述方法有3种,分别是基于模板匹配、统计模式识别和基于语义描述。最早期的人体行为识别方法是基于模板匹配方法,该方法常用的动态时间规整算法(DTW)已经应用于步态识别。然而,统计模式识别方法与基于模版匹配方法相比,具有更高的识别精度,所以统计模式识别方法是基于加速度传

感器的人体行为识别的常用识别方法。统计模式识别中常用的统计识别方法分别为:决策树、K近邻、贝叶斯、SVM、神经网络和隐马尔科夫模型(HMM)等,隐马尔科夫模型已经在文献[4]中应用于长期行为识别,文献[5]中SVM算法对人体行为识别的研究。目前加速度传感器已经被应用于各个领域,本文所阐述的基于加速度传感器的人体行为识别系统是通过加速度信号进行信号处理和信号特征提取来获得特征矩阵,通过分析设计出分类器,从而将站立、行走、跑步、上楼、下楼这5种行为有效地进行识别。

1 信号采集

要通过加速度的变化来识别人体当前的行为,就必须有一套成熟的系统和方法来获取人在运动时的

* 收稿日期:2014-09-18,修回日期:2014-10-08

** 作者简介:徐炳雪,女,1990年生,本科,研究方向:人体行为识别。

具体数据变化情况。而这样的系统应该具备以下要求:受环境干扰较小,耐用性强;采样频率足够高;设备体积小,便于携带;能够做到实时传输采集到的数据;设备功耗足够低等。

麻省理工学院多媒体实验室开发的一种加速度传感器系统是由接收器模块、3D 加速度传感器模块、2D 加速度传感器模块组成,整个系统采用射频通信^[9]。但是这个数据采集系统体积较大,就携带来说不方便。为了便于携带,设计的加速度传感器模块的硬件图如图1所示。

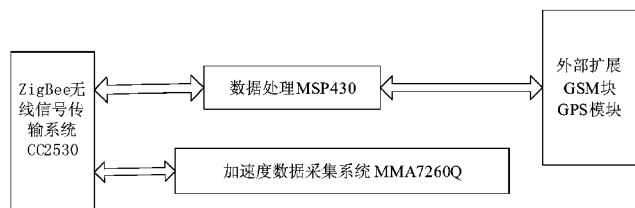


图1 加速度传感器模块硬件设计图

采用 MMA7260Q 三轴加速度传感器对数据进行采集,用 MSP430 作为控制器,ZigBee 无线传输模块 CC2530 负责数据传输。由于正常情况下人们活动的频率并不高,所以将采样的频率设置为 30 Hz,这样采集到的数据在有足够说服力的同时又不至于采样过度。本文实现了一个具有以下特性的数据采集系统:采集设备体积小,便于携带,采用电源与电路板绑定的方法减少电路线路,易于使用,能保证用户完全不受约束地正常生活。ZigBee 是一种便宜的、低功耗的近距离无线组网通讯技术,在数据采集方面性能非常卓越,这一技术刚好跟我们所需求的功能相吻合,整个数据采集系统采用 ZigBee 技术与计算机接收模块进行通信。而采用的 MMA7260Q 三轴加速度传感器有倾斜度侦测、运动检测、定位侦测、震动侦测、自由落下侦测 5 种感应功能。

数据采集和发送模块安装在用户端,另一个数据接收模块接在电脑终端上。由于我们制作的采集模块很轻,很小,以至于方便佩戴。当用户运动时,MMA7260Q 三轴加速度传感器会将 X、Y、Z 轴的数据采集并通过无线方式发送给电脑接收模块,再通过电脑上的软件部分对采集到的数据进行分析处理,将结果输出,显示用户的实时状态。

本文所采用的数据采集方法相比较于以前实验室中实现的方法具有采集数据可靠性更高、采集设备更加方便携带、通信功耗更低等一系列特点。

2 特征提取

特征提取是指在加速度信号中通过信号处理挖掘出一些反应人体运动状态的信息。特征提取将信号采集与行为分类连接起来,是人体运动状态识别中的关键。基于近年来对于人体运动识别系统中信号特征的统计分析我们可以将加速度特征提取的方法归纳为时域分析法、频域分析法和时频分析法 3 类。

时域分析法是指从采集到的时域加速度数据中直接提取特征矢量。常用的时域特征有均值、方差或标准差、两轴相关系数等。

频域分析法主要是将时域信号进行快速傅里叶变换后,提取离散 FFT 系数、FFT 能量、频域熵等。

时频分析法是一种主要基于小波分析的方法,该方法能够将时域信息和频域信息有效地结合。

在我们的研究中,合理利用了 3 种加速度特征提取方法,结合它们自己的特点,利用三轴加速度传感器采集到三轴数据,然后提取每一轴数据的均值、标准差、任意两轴的相关系数,基于功率谱密度的振幅均值、振幅标准差以及每一轴快速傅里叶变换、小波能量,从而达到准确的特征提取的目的。提取特征用到的数学公式主要是:

$$\text{均值: } \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

$$\text{标准差: } \sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

功率谱密度振幅标准差:

$$\sigma_{amp} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (C(i) - \mu_{amp})^2} \quad (3)$$

$$\text{任意两轴的相关系数: } \text{corr}(x, y) = \frac{\text{cov}(x, y)}{\sigma_x \cdot \sigma_y} \quad (4)$$

$$\text{功率谱密度振幅均值: } \mu_{amp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N C(i) \quad (5)$$

利用上述公式计算出数据的各种特征,然后再参与 SVM 的训练和行为识别,从而达到人体行为识别的效果。采用的方法有效结合本身的需要,达到了理想的结果。

3 分类方法

现在的研究中有很多关于人体行为识别的方法,

实际上在研究的试验中用到的有基于模板匹配的 MEI、MHI、二维网络和 DTW,以及基于状态空间的隐马尔科夫及其改进模型、动态贝叶斯网络、人工神经网络以及支持向量机。

隐马尔科夫模型是一种用参数表示的用于描述随机过程统计特性的概率模型。文献[7]中就是利用 HMM 模型成功地对人体的行为进行了识别。HMM 的缺点是不能有效地处理 3 个或者 3 个以上的过程。而分层 HMM,通过两层的 HMM 可以对坐、站、行走、跑步、躺等人体的行为准确地识别,能在一定的程度上减少能量的损耗,还能延长整个人体行为识别系统的生命周期。HDP-HMM 提供了一个无限状态的 HMM 结构,自己可以寻找人体行为的状态,借助 SVM 的核函数去掉干扰行为,再根据人体行为模型提取行为从而减少识别错误率。Adithyan Palaniappan^[8]等人成功地利用 SVM 对人体行为进行了分类,根据人体的一些行为是连续的,提出了行为转移表,再结合 SVM 算法,从而提高了人体行为识别的正确率,增强了机器理解人体行为的能力。SVM 的优点是能够较好地解决常见的非线性分类问题中的小样本、非线性、高维数和局部极小点等实际问题。SVM 的缺点是算法对于大规模训练样本难以实施,且对于用 SVM 解决多分类的问题仍存在困难。

人体行为识别是基于三轴加速度传感器的,传感器可以很方便地附带在人体上的各个部位,通过加速度传感器采集人体行为信息,然后进行分类识别。基于 SVM 的小样本识别具有独特的优势,运用 SVM 进行人体行为分类,在我们的实验中选择 10 个男生和 10 个女生分别做出站立、行走、跑步、上楼和下楼的动作,然后进行行为的分类识别,结果如表 1 所示。

表 1 SVM 识别人体行为的结果

序号	行为状态	正确次数 / 总	正确率 /%
1	站立	100/100	100%
2	跑步	98/100	98%
3	行走	100/100	100%
4	上楼	96/100	96%
5	下楼	96/100	96%

在试验中 SVM 分类方法的平均成功率达到 98%,这也充分显示我们在研究中运用的信号采集、特征提取和分类方法是合适的。

4 总结与展望

随着科技的发展,加速度传感器已经具有体积小、质量轻、功耗小、成本低、可靠性高等特点。但还是有些需要解决的问题,例如:有些传感器需要固定在人体上,会给人的行动造成不便;实验数据并不完全是人的自然活动;系统能够识别的动作有限;基于加速度传感器的算法稳定性不够高等。

目前基于加速度传感器的人体行为识别的研究还不成熟,无论是硬件设备,还是算法都会有很大的发展空间,所以在这个方面的研究会有更加广阔的未来。例如:信号采集的传感器可以是组合传感器,这样可以提高算法的稳定性和广泛性;特征提取和行为分类的算法还可以提高;还有就是把加速度的研究领域拓宽,尽快把实验研究应用到使用中。

参考文献:

- [1] 阮涛涛.基于视觉的人体行为检测识别研究[D].杭州:浙江大学,2011.
- [2] 徐川龙.一种基于三维加速度传感器的人体行为识别方法[J].计算机系统应用,2013,22(6):132-135.
- [3] 刘晓祥.基于加速度传感器的动作捕捉系统的研究[D].长春:吉林大学,2011.
- [4] 梁璐.基于层次隐马尔科夫的行为识别研究[D].上海:华东师范大学,2012.
- [5] 郑莉莉.基于 SVM 的人体异常行为检测算法研究[D].杭州:浙江工业大学,2012.
- [6] E M Tapia, N Marmasse. MITes: Wireless portable sensors for studying behavior [C]//In Proceedings of Extended Abstracts, Ubiquitous Computing, 2004.
- [7] 梁鹏华.基于 HMM 的人体行为识别研究[D].兰州:兰州交通大学,2013.
- [8] Adithyan Palaniappan, R Bhargavi, V Vaidehi. Abnormal Human Activity Recognition Using SVM Based Approach [C]//2012 International Conference on Recent Trends In Information Technology, Chennai:IEEE,2012,97-102.

更正启事

本刊 2014 年第 11 期第 49 页《基于 USB 总线信号分析系统的研究》一文,作者李晓玲、夏辉丽的单位应为:中原工学院信息商务学院计算机科学系,河南 郑州 450007。由于编校错误,给作者带来不便,本刊深表歉意,特此更正。