

[自控·检测]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2016.04.013

基于环境传感器和穿戴式传感器的行为异常检测

李艳飞, 李振宇

(浙江大学电气工程学院, 浙江 杭州 310027)

摘要:针对独居老人频繁出现行为异常的情况,提出了基于热释电红外传感器和穿戴式传感器的老人行为异常检测系统。设计了行为异常检测的硬件环境,介绍了红外传感器和穿戴式传感器的工作原理,提出了依据重力加速度所在轴向检测老人躺下位置是否发生异常的方法,并融合了红外传感器和穿戴式传感器的信息对躺下位置异常进行检测。在1居室的家庭环境中对位置异常检测的方法进行验证,通过实验的方法验证了算法的可行性,并确定了检测躺下状态的阈值。系统能有效实现对独居老人是否发生躺下位置异常进行检测。

关键词:行为异常检测;热释电红外传感器;穿戴式传感器;区域检测;躺下状态检测

中图分类号:TP212.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2895(2016)04-0063-04

Location Abnormal Detection Based on Environment Sensors and Wearable Sensors

LI Yanfei, LI Zhenyu

(College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: According to the problem that old solitary people have displayed abnormal behavior in daily life frequently, abnormal behavior detection method was proposed in this paper based on the pyroelectric infrared sensors (PIR) and wearable sensors. The hardware environment of abnormal behavior detection was designed, the working principle of PIR sensors and wearable sensors was introduced, and the method of detect whether the old men's position was lying properly was proposed, which was based on what axis the acceleration of gravity the old men lied down, and the information of PIR sensors and wearable sensors were fused to detect anomalies lying position. In the "one room house" family environment, the anomaly detection method was validated, the feasibility of the algorithm and the threshold of the lying states were verified through the experiment. The system was effective to detect whether the elderly people have abnormal behaviors.

Key words: behavior abnormal detection; PIR sensor; wearable sensor; area detection; lying state detection

随着社会的发展,人口老龄化程度日益加深^[1],劳动力匮乏导致年轻人的工作压力增大,无暇照顾年迈的父母。当前社会老人独居发生意外的现象出现愈加频繁^[2],养老成了当前亟待解决的社会问题^[3],本文就独居的老人是否发生意外状况进行研究。

当老人由于突然身体不适而发生昏厥时首先导致身体失去平衡而摔倒,摔倒后老人一般处于躺下状态(仰卧或者侧卧),文献[4]已对老人摔倒检测进行了研究,本文主要研究老人躺下的位置是否发生异常,利

用红外传感器和穿戴式传感器信息融合算法来判断。本文的结构安排如下:第1部分引出研究问题;第2部分介绍实验硬件平台的搭建;第3部分介绍躺下状态判断及躺下位置异常检测,最后对本文的研究内容进行总结。

1 实验平台的搭建

本文的研究是基于1居室的实验环境进行的,实验环境的大小为6.85 m×5.97 m,根据家庭环境的设计格局部署红外传感器节点,电红外传感器节点^[5-6]部

收稿日期:2016-01-06;修回日期:2016-02-26

基金项目:国家自然科学基金(61328302);国家自然科学基金(61222310);国家自然科学基金(61174142)。

作者简介:李艳飞(1989),女,河南平顶山人,硕士研究生,主要从事老人看护系统的研究。E-mail: betterlyf@126.com

署及检测范围如图 1 所示。

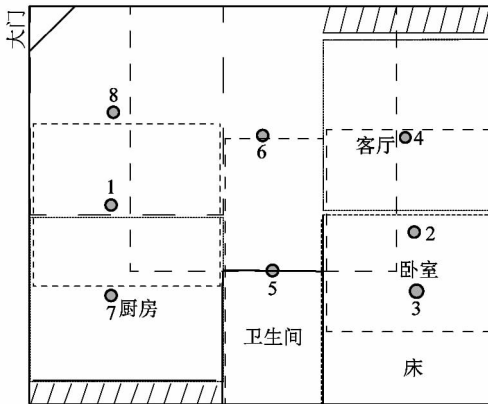


图 1 传感器节点位置及检测范围示意图

Figure 1 Detection range and location of sensor nodes

图 1 中空圆代表传感器节点的位置,数字 1~8 表示传感器的 ID,如此部署节点主要是为了使每一个房间都有一个特定的传感器与之相对应,要达到这样的目的还需要将传感器限制器的形状设置为矩形,并为每一个红外传感器限制器设置不同的尺寸,限制器形状及其与传感器相对位置如图 2 所示。

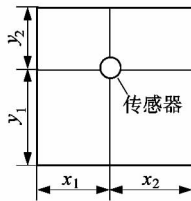


图 2 限制器形状及其与传感器相对位置示意图

Figure 2 Shape of limiter and distance of its edge to sensor

其中 x_1, x_2 分别为传感器中心到限制器左右边界的距离, y_1, y_2 分别为传感器中心到限制器前、后边界的距离。传感器限制器尺寸的计算方法如图 3 所示。

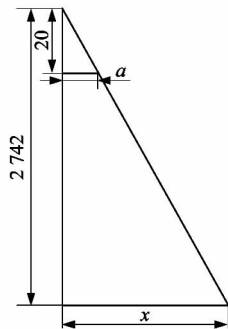


图 3 限制器尺寸计算方法

Figure 3 Calculation method of limiter size

图中 x 为地面检测范围的尺寸, a 为限制器尺寸, 限制器的高度为 40 mm, 由于传感器本身的高度为 20 mm, 所以传感器的高度与限制器高度差为 20 mm。由图 3 可知, 根据地面检测范围的尺寸及公式 $a = \frac{20}{2742}x$ 可以得到限制器的尺寸。由于每个传感器的检测范围均不相同, 即每个限制器尺寸都不相同, 故其大小需要单独计算, 计算后的传感器 ID 与限制其检测范围的限制器的尺寸对照表见表 1。

表 1 传感器 ID 与其限制器尺寸对照表

Table 1 Table of sensor ID and its limiter size mm

传感器 i_{ID}	限制器尺寸			
	x_1	x_2	y_1	y_2
1	9.0	12.5	9.0	9.0
2	10.0	8.2	11.0	11.0
3	10.0	8.2	10.0	10.0
4	9.0	9.0	11.0	11.0
5	5.0	5.0	14.0	14.0
6	14.0	14.0	14.0	14.0
7	8.7	12.5	8.7	8.7
8	9.0	12.5	11.0	11.0

穿戴式传感器的参数通过 BTool 进行设置^[8]。CC2650STK 中有多个传感器, 每个传感器都有对应的参数, 可以根据需要对不同的传感器分别进行设置, 并通过参数设置来控制加速度数据发送的频率。

2 位置检测算法

由图 1 可知每个房间都有其对应的标志传感器, 在检测人的位置信息时, 可以利用被触发的传感器的 ID 及其检测范围得到老人的位置范围^[9-11]。不同传感器被触发就表示人在不同的区域内。例如, 有且仅有 $i_{ID} = 3$ 的传感器被触发时, 则人在床上; 若 $i_{ID} = 2$ 和 $i_{ID} = 3$ 的传感器同时被触发, 则人在卧室里床以外的区域。由被触发的传感器判断人的位置信息的流程如图 4 所示, 经过多次实验得到, 处理数据的时间间隔 α 取值为 0.6 s 可以达到比较高的检测精度, 所以在试验过程中设置处理数据的时间间隔的阈值为 $\alpha_{th} = 0.6$ s。

3 躺下状态判断及行为异常检测

本文中的行为异常检测主要是针对老人躺下的位置是否异常进行检测。首先我们对躺下这一状态进行检测, 在试验过程中, 按照加速度传感器的 x 轴指向人前进的方向, y 轴指向脚的方向, z 轴指向人体左侧^[12]的方向将传感器固定在腰部。加速度传感器各轴方向与人体的位置关系如图 5 所示。

由于重力加速度的方向始终是与地面垂直的, 根据加速度传感器的轴向与人体的相对位置关系可以知

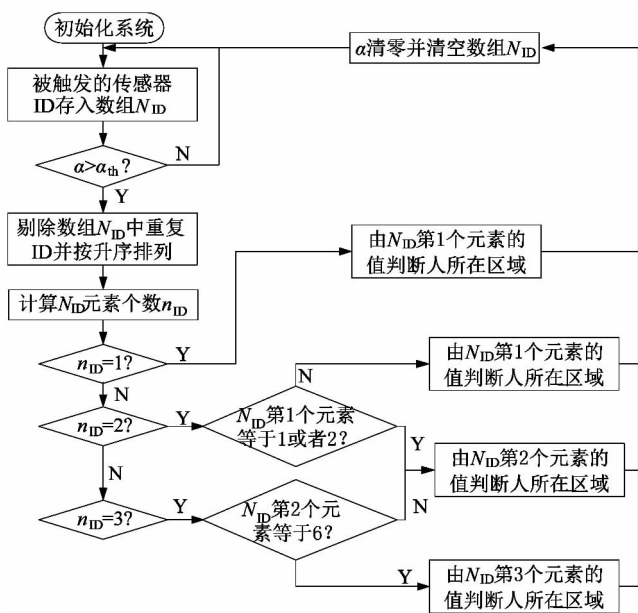


图4 人的位置区域检测流程图

Figure 4 Flow chart of range of human location

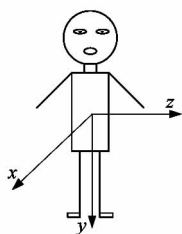


图5 加速度传感器3个轴的方向

Figure 5 Direction of three-axis of acceleration sensor

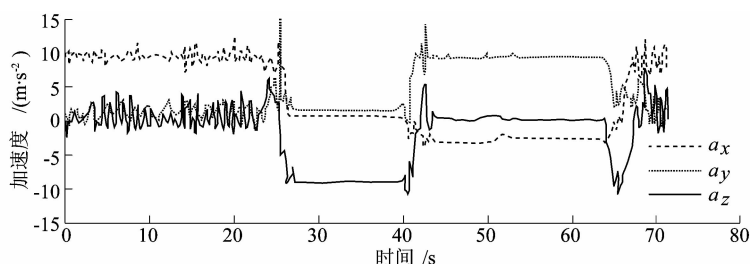


图6 “行走—仰卧—侧卧—仰卧并站起来”的加速度数据

Figure 6 Acceleration data of “walking-supine-lateral-supine and standing up”

表2 人体状态判断表

Table 1 Body state determination table

加速度信息	人体姿态
$a_y > a \ \&\& \ (a_x < a \ \parallel \ a_z < a)$	直立状态
$a_y < a \ \&\& \ (a_x > a \ \parallel \ a_z > a)$	躺下状态

行为异常检测算法的核心是由热释电红外传感器网络的信息判断人的大致位置,由加速度传感器的信息来判断人是否处于躺下的状态,当人的状态为躺下

道,当人处于站立状态时,重力加速度落在 y 轴上,而当人躺下时重力加速度由 y 轴转移到 x 轴(仰卧)或者 z 轴(侧卧)。为了验证人体在不同状态下对加速度传感器各个轴向的影响,按照“行走—仰卧—侧卧—仰卧并站起来”的运动规律进行实验,实验数据如图6所示。

其中 a_x, a_y, a_z 分别为 x, y 和 z 轴的加速度,根据传感器的轴向与人体坐标的相对位置及图6中的曲线可知 20~30 s 时人的姿态开始由行走往仰卧状态变化,此时重力加速度逐渐由 y 轴转到了 x 轴(负轴)上,所以在人躺下前, y 轴的加速度数据在 $9.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ 附近波动。当人处于仰卧状态时 y 轴的加速度数据接近于 $0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$,而 x 轴的加速度数据变为在 $-9.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ 附近波动,在 40 s 之后人的状态开始由仰卧变为侧卧,此时 x 轴和 y 轴的加速度数据均接近于 $0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$,而 z 轴的加速度数据逐渐变为 $9.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$,并在其附近波动。在 60~70 s 时,人的状态由侧卧变为仰卧并站起来。由图6还可以看出,不管人处于哪种状态,重力加速度所在的那个轴上的加速度数据的绝对值均大于 $5.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$,而另外 2 个轴上的加速度信息均小于 $5.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$,所以可以根据重力加速度出现在加速度传感器 y 轴(站立)或 x 轴(仰卧)或 z 轴(侧卧)上来判断人的行为状态,并且以加速度 $a = 5.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ 作为判断重力加速度是否存在于该轴上的边界值,假设 a_x, a_y, a_z 分别为 x 轴, y 轴和 z 轴的加速度值,则判断人体状态的方法如表2所示。

时,判断此时人所处的位置,当人躺下的位置在床上时,认为老人睡觉了,否则人的位置出现异常。躺下位置异常检测的流程如图7所示。

结合红外传感器网络的信息和加速度传感器的信息可以比较准确地判断人躺下的位置是否出现异常,当检测到人的位置出现异常时,及时触发警报,并将人的位置信息发送给看护老人的机器人^[13],由机器人做进一步的动作。

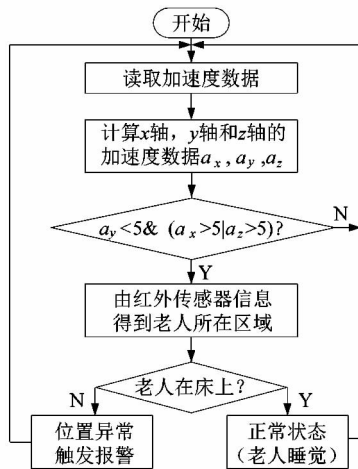


图7 行为异常检测流程

Figure 7 Flowchart of location abnormal detection

4 结语

本文基于真实的实验环境,融合环境传感器和穿戴式传感器的信息对老人的行为异常进行检测。根据红外传感器的信息得到了老人所在的位置区域^[14],由穿戴式传感器信息判断老人的姿态信息,通过红外传感器和穿戴式传感器的信息融合的方法实现了对人体躺下位置异常的检测。本文的研究仅给出了对躺下位置异常的检测方法,没有对更多的行为异常情况的检测进行介绍。在后续的工作中会继续对更多种类的行为异常进行研究,并加入机器人看护和人机交互部分,以便对独居老人更多的行为异常信息进行检测。

参考文献:

[1] World Health Organization. 10 facts on ageing and the life course [EB/OL]. (2014-05-26) [2016-01-05]. http://www.who.int/features/factfiles/ageing/ageing_facts/en/.
 [2] 刘蕴才. 遥测遥控系统[M]. 北京:国防工业出版社,1999.

[3] Wikipedia. Elderly care [EB/OL]. (2014-05-19) [2016-01-05]. https://en.wikipedia.org/wiki/Elderly_care.
 [4] 刘鹏,卢潭城,吕愿愿,等. 基于MEMS三轴加速度传感器的摔倒检测[J]. 传感技术学报,2014,27(4):570-574.
 [5] HA K N, LEE K C, LEE S. Development of PIR sensor based indoor location detection system for smart home [C]//SICE-ICASE International Joint Conference. Busan, Korea: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2006:2162-2167.
 [6] LEE S, HA K N, LEE K-C. A pyroelectric infrared sensor-based indoor location-aware system for the smart home [J]. IEEE Transactions on consumer electronics, 2006, 52(4):1311-1317.
 [7] Texas Instruments. Bluetooth low energy CC2540/41 mini development kit user's guide [EB/OL] [2016-01-01]. <http://www.ti.com/lit/ug/swru270c/swru270c.pdf>.
 [8] Texas Instruments. Multi-standard SensorTag: Full GATT table [EB/OL]. [2016-01-01]. http://www.ti.com/ww/en/wireless_connectivity/sensortag2015/tearDown.html.
 [9] PATWARI N, HERO A O, PERKINS M, et al. Relative location estimation in wireless sensor networks [J]. IEEE transactions on signal processing, 2003, 51(8):2137-2148.
 [10] PATWARI N, O'DEA R J, WANG Y. Relative location in wireless networks [J]. Vehicular technology conference, 2001, 2: 1149-1153.
 [11] KOYUNCU H, YANG S H. A survey of indoor positioning and object locating systems [J]. International journal of computer science and network security, 2010, 10(5):121-128.
 [12] 张小驰,陈天华,许继平,等. 基于多传感器融合的摔倒检测算法的研究[J]. 计算机测量与控制, 2015, 23(6):2237-2240.
 [13] LUO R C, CHEN O. Wireless and pyroelectric sensory fusion system for indoor human/robot localization and monitoring [J]. IEEE/ASME transactions on mechatronics, 2013, 18(3):845-853.
 [14] GU Yanying, LO A, NIEMEGERERS I. A survey of indoor positioning systems for wireless personal networks [J]. IEEE commun surveys & tutorials, 2009, 11(1):13-32.

[信息·简讯]

· 产品信息 ·

西门子全新运动控制产品实现运动控制系统一体化

西门子发布了全新的运动控制产品 Simatic S7-1500T,集成 Profinet 通讯功能的伺服驱动系统 Sinamics V90,以及高度集成的工程软件 TIA Portal V14。全新的 S7-1500T 集成逻辑控制、安全功能,及强大的运动控制功能,如电子凸轮和齿轮同步等。新版支持 Profinet 通信功能的 Sinamics V90 驱动系统更加适合多轴、高速、高精度应用,应用更广泛。一体化的 TIA Portal V14 工程软件使得 Simatic 用户能够在熟悉的软件环境下轻松实现高级运动控制功能。

TIA Portal V14 集成了凸轮编辑器,简化了电子凸轮的设计与编程,可方便地配置主轴和从轴之间的传动比,实现速度及位置同步。同时支持在设备运行过程中实时的凸轮调整 and 变化,适应不同的工艺需求,为运动控制任务的设计提供便捷高效的支持。

西门子现已推出支持自动化以太网标准 Profinet 的 Sinamics V90 伺服驱动系统。该系统覆盖了 0.05 ~ 7kW 的功率范围,具有不同规格的驱动器尺寸和电机轴高,广泛适用于如包装行业的罐装及封装机、物料搬运行业的自动堆垛机、印刷行业的卷绕机和分切机等设备制造行业。新推出的集成了 Profinet 接口的 Sinamics V90 伺服驱动系统可以通过 PROFIdrive 协议与上位机控制器例如 Simatic 1500 T-CPU 高级运动控制器、Simatic S7-1500 高性能 PLC 和 Simatic S7-1200 基本型 PLC 进行通信,实现各种自动化任务和运动控制功能。该解决方案提供了广泛的功能的同时并降低了系统的复杂性。

(朱建芸)