

基于物联网的危重病人体征监测报警系统设计

刘孝天

(福建师范大学 数学与信息学院, 福州 350108)

摘要: 由于传统系统存在准确率低、误警率高等问题, 导致危重病人体征监测准确度较低; 提出了基于物联网的危重病人体征监测报警系统设计; 根据系统设计基本原理, 架构硬件结构框图, 对传感器接口进行设计, 并在监测报警指挥中心设置监控组件; 针对软件部分, 需提取体征信号, 检测蓝牙与网络连接状态, 对信息进行采集与上传, 并对远程命令信息进行接收与显示, 进而实现终端软件界面的设计; 通过实验验证可知, 该系统信号提取准确率高、误警率低。

关键词: 物联网; 危重病人; 体征; 监测; 报警

Design of Monitoring and Alarm System for Critical Patients' Physical Signs Based on Internet of Things

Liu Xiaotian

(Institute of Mathematics and Information, Fujian Normal University, Fuzhou 350108, China)

Abstract: Because the traditional system has the problems of low accuracy and high false alarm rate, there is a great safety risk for vital signs monitoring of critically ill patients. According to the basic principle of the system architecture design, hardware structure, design of the sensor interface, alarm and command center set up monitoring component in monitoring; for the software part, extracting the signs, detection of Bluetooth and network connection status, collect and upload the information, and the remote command information receiving and display, and then realize the terminal design software interface. Through experimental verification, it is known that the system has high accuracy and low false alarm rate.

Keywords: internet of things; critical patients; physical signs; monitoring; alarm

0 引言

在我国医学领域中, 危重病人是临床医学最需关注的病人, 为了给病人赢取时间和条件, 在医学设备上应加强管理^[1]。目前, 危重病医学水平尚处于起步阶段, 而且医院有关这方面的设备并不完全, 为此如何解决危重病人体征出现的异常状况, 成为了医学领域急需解决的问题, 为此对病人体征进行监测与报警可有效解决该问题, 并引起了国内外学者广泛关注^[2]。有学者提出在神经网络结构下对体征进行监测与报警, 该方法可通过对病人进行以往病史中体征数据的提取, 与现有的临床诊断相融合, 可获取一组变量, 进而对病人体征变化情况进行监测与报警。但是该方法存在耗时间长、计算复杂等缺点, 无法为病人赢得关键性时间; 还有学者提出了特征统计危重病人生命特征的监测报警方法, 该方法是将病人在发生疾病时的生命特征信号作为数据样本, 利用特征统计方差作为判断病人是否出现异常情况的依据, 但是由于该方法存在风险大、耗时间长、效果差等问题, 不能得到医院应用; 使用传

统方法对危重病人体征进行监测与报警, 虽然已被广泛应用于医院中, 但是存在准确率低、误警率高等问题, 依然存在较大风险^[3]。

基于上述存在的问题, 提出了基于物联网的危重病人生命体征监测报警系统设计, 该系统在设计时, 融合线性调频规则来分析危重病人生病体征, 并以此为基础提取出危重病人体征信号与干扰噪声存在的不同频域差异, 利用滤波器去除掉高频干扰因素, 以病人的正常生命体征为基础进行实验验证。通过实验验证该系统设计是具有有效性的, 信号提取准确率高、误警率低, 能够被医院广泛使用。

1 系统总体设计

针对病人体征信号进行监测与报警系统设计的基本原理为: 根据监测基本定义, 利用电子设备或者机械装置对信号进行转换与收集, 以此获取病人在正常状态下和异常情况下生理状态下的特征数据, 经过模拟信号的放大与滤波等相关病人体征信号的处理, 可将模拟的生理信号经过A/D转换器将信号转换为数据信息, 通过计算机收集相关数据并进行处理, 经过详细计算, 可提取出二次信号, 并将结果以折线或者数据走向形式展现在屏幕上, 一旦出现所监测到的数据超过正常值, 那么执行报警功能。

收稿日期: 2018-01-23; 修回日期: 2018-03-12。

作者简介: 刘孝天(1993-), 男, 河南漯河人, 主要从事计算机人工智能方向的研究。

1.1 硬件设计

危重病人体征监测报警系统是由生命体征信号的采集和监控指挥这两个部分组成的，采集器终端是由危重病人随身携带的，主要负责各项生命体征信号采集与上传，经过上传的数据被监测指挥中心所获取，并进行数据分析，最终可将生命体征数据以折线的形式展现出来，也是对病人出现异常情况的报警，具体系统硬件结构框图设计如图 1 所示。

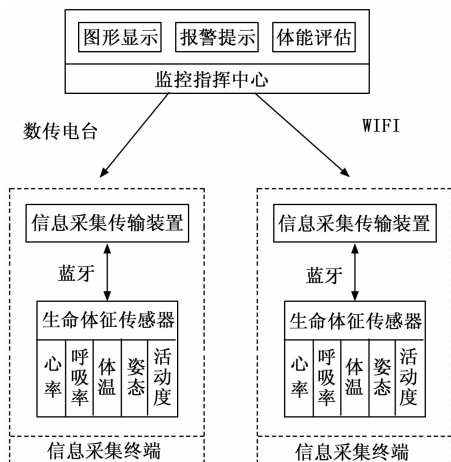


图 1 危重病人体征监测报警系统结构框图

针对危重病人体征信息的采集是由体征传感器与信息采集传输接口进行连接的，该接口主要负责对病人体征数据进行传输。其中，体征传感器主要用于对病人体温、心率、呼吸速率和三轴加速器为一体进行多功能信息融合的传感器，可用于对体征信号和运动状态的捕捉，可实现对危重病人心率、呼吸率、体温、静止姿态、活动度等体征的采集。将该装置放置于病人胸部，利用蓝牙对信息进行实时传输，可将具有低消耗功率的嵌入式终端设备作用发挥得淋漓尽致，其内部镶嵌的安卓操作系统，具有 GPS 定位、强光震动等提示功能^[4]。传输接口通过接收到的蓝牙信息将病人体征实时传输到系统中，并通过 WIFI、数传电台等无线通信方式与监测报警中心取得联系，针对该接口的设置如图 2 所示。

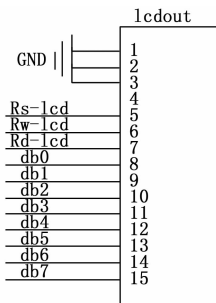


图 2 传感器接口设计

息传输终端紧密相连，实时获取具有在线病人体征的生命信息，并以图像或文字的形式进行显示。如果出现异常数据，则给予报警提示，根据生命体征信息对数学模型进行评估，可对出现危重病人异常状况进行报警。针对报警的病人，可统一部署附近的医生组建救援小组，通过对系统中病人体征信号的显示进行分析，并及时采取急救措施^[4]。

1.2 软件设计

我国危重病医学水平尚处于起步阶段，而且医院有关这方面的软件功能设计并不完全，为此如何解决危重病人体征异常情况突发成为了该领域急需解决的问题^[5]。危重病人体征监测报警是解决该类问题的重要途径之一，引起了国内外学者广泛关注^[6]。危重病人在出现生命体征信号波动微弱的情况，需利用系统软件部分的功能来抵触外界干扰影响。病人体征信息采集的终端软件功能设计是在安卓操作系统基础上进行研发的，按照软件功能和多线程的设计方式，进行初始化主界面程序整理后，可实现蓝牙连接、信息采集、命令接收、信息显示和报警的功能，由此可提高程序执行的效率。

1.2.1 危重病人生命体征信号的提取

针对危重病人体征监测报警信号的提取，需先融合线性雷达原理对病人的生理状态，包括心跳和呼吸速率展开分析^[7]，根据其引起的回波幅度大小、相位高低等之间关系获取危重病人体征信号，具体提取步骤如下所示：利用危重病人体征线性调频信号频率，获取危重病人体征扫描斜率和初始信号频率，并以此描述危重病人在正常情况下的生命体征状态。根据初始危重病人体征信号相位，可获取回波信号发射的延迟时间。以该时间为基础，对危重病人在正常情况下的生理状态所引起的信号相位变化进行计算，并将不同扫描信号进行混频放置，同时去除掉过高频率，进而获取危重病人体征信号的回波中间频率。在报警过程中，由于危重病人心跳与呼吸都是由于口腔与胸腔共同振动所引起的，为此可利用心跳速率和呼吸频率计算腔体共振幅度和振动角频率。在对危重病人体征进行监测时，如果雷达扫描到危重病人出现心律不齐或呼吸不顺畅的现象，那么可以利用回波信号对系统进行信息传达，促使系统及及时报警。

危重病人在正常情况下，其心跳和呼吸会引起病人胸壁发生振动，即为病人呼吸时，胸部的提起与放平^[8]，此时的信号映射变化是在雷达回波信号中产生的瞬时位移变化，利用病人正常时的生理信号对低频周期产生的微弱信号进行分析，并在病人体征监测报警过程中，融合非接触监测原理实时分析病人心跳速率和呼吸频率所造成的雷达回波幅度值大小与相位高度值等，以此为基础，可快速对为何总病人生命体征信号进行提取，为系统设计提供数据。

1.2.2 蓝牙与网络连接状态监测

针对蓝牙与网络连接状态监测可通过某段监测的体征

在监测报警指挥中心设有监控组件，可与病人体征信

传感器信号进行显示,并判断蓝牙连接状况,如果在 10 s 内该信号没有出现,那么需对蓝牙进行初始化设置,并自动完成搜索功能,进行一系列的注册与连接。连接成功后,可发送时间同步命令信息,促使传感器对信号进行传输的时间与网络终端保持一致,同时,将采集终端所发送的网络信息通过远程网络进行及时接收,断线或重启后的网络,需采取重连机制,确保网络通信正常。

1.2.3 生命体征信息采集与上传

在蓝牙连接成功条件下,信号采集终端设备需接收来自传感器接口传递的病人心率、呼吸率等体征信息数据包,经过解析后,利用远程通信方式,将解析后的数据包重新协议封包,并上传至网络终端服务器,最后对数据进行存储。生命体征信息采集与上传具体流程如下所示:

①蓝牙接收来自接口的数据包;②将数据包进行解析处理;③将解析后的数据包重新协议封包;④如果发送的数据包为 1 个,那么需将数据上传;如果不是一个,那么需对数据直接存储;⑤进行“睡眠”状态,经过沉淀后,再次返回到第①步,开始新的数据收集。

1.2.4 远程命令接收与显示

针对远程命令接收与显示需利用线程机制对监测报警中心所发送的命令信息进行存储与解析,并使用最高级的显示方式,即语音播报对位置进行标记。

1.2.5 实时信息显示与报警提示

对于实时信息显示与报警采用人机交互线程方式,主要负责病人体征数据的显示和蓝牙与网络连接状态的显示^[9];针对命令信息需按照等级启动声音、震动等提示,还可以利用手动报警按钮,发送成功数据,具体线程工作流程如下所示:①信息实时显示;②通信状态显示;③残留数据包是否为 1 个,如果是,则需启动声音或震动方式。如果不是,则需发出呼救;④进行“睡眠”状态,经过沉淀后,再次返回到第①步。

1.2.6 终端软件界面实现

在危重病人体征数据监测与报警界面可显示出具体生理参数值、运动状态数据和通信数据,并设有一键呼救按钮,具体界面设置如图 3 所示。

2 报警系统的实现

针对危重病人体征监测与报警的过程中,需提取病人生理特征和在不同干扰环境下的频域差异数据,利用滤波器去除掉高频噪声对报警的影响,保证危重病人体征信号在正常或非正常状态都能在统计特征上具有明显的差别标准,以该标准为基础进行体征异常信号判断,达到及时报警的效果,具体实现步骤如下所示:

1) 如果病人出现异常情况,那么系统需先提取出危重病人体征信号与数据,并在不同干扰因素下实现收集频域差异数据;

2) 如果危重病人出现生命体征微弱的现象,且外界干

危重病人体征监控终端			
提示: 蓝牙正常			
心率BPM 239		体温 30.7 ℃	
呼吸速率BPM 7.9			
活动度		活动	
姿态		平躺	
经度		纬度	
定位位置		一键呼救	

图 3 终端软件界面设计

扰程度较大,那么系统需依据危重病人体征信号实现自身频域所匹配的滤波器,达到去除干扰因素影响的目的;

3) 以危重病人体征信号在正常状态和异常状态下的数据特征为基础,设 $S(x)$ 为危重病人体征信号随着随机变量 x 的方差,具体可表述为变量 x 取值范围主要取决于危重病人体征信号在正常状态下的偏离程度,如果 $S(x)$ 取值较小,那么变量 x 取值范围则在正常状态下的偏离范围之内。反之,如果 $S(x)$ 取值较大,那么变量 x 取值比较分散,此时可将危重病人体征出现的异常信号收集,经过处理,予以报警。

在对病人体征进行监测报警的过程中,危重病人体征信号和周围环境存在的干扰信息都会随着时间变化而发生改变^[10],并且它们之间的方差不会为 0,由于病人体征信号与干扰信号之间是相互独立的,为此雷达回波信号方差大小取决于病人体征信号与干扰信号的总和,具体可表述为:

$$S(a) = S(b) + S(c) \quad (1)$$

由公式 (1) 可知: $S(a)$ 为雷达进行回波时所收到的信号整体方差; $S(b)$ 为危重病人体征信号方差; $S(c)$ 为由于环境干扰而噪声的方差。如果危重病人体征信号是在正常情况下,那么 $S(b) = 0$; 如果病人体征信号处于异常状态下,那么 $S(b) > 0$ 。根据上述公式,设定阈值,进而实现危重病人体征信号的高效监测与实时报警功能。

3 实验

为了验证基于物联网的危重病人体征监测报警系统设计的有效性,进行了如下实验,在 Matlab 环境下构建危重病人体征监测报警实验平台。

3.1 实验参数设置

针对系统验证是在实际环境中能够完成监测和报警功能的,为此,选取某医院危重病人共 10 人参加实验,实验参数是在危重病人体征正常状态下设置,具体设置如表 1 所示。

3.2 实验结果与分析

根据上述选取的 10 位病人正常状态下的体征数据,分

表 1 实验参数设置

参与人员 编号	脉搏 (次/分)	血氧饱和度 (%)	体温 (摄氏度)
A	76	96	36.3
B	80	98	36.4
C	69	98	36.7
D	76	95	36.5
E	75	97	36.6
F	75	97	36.5
G	80	99	36.4
H	74	99	36.8
I	73	96	36.6
J	81	98	36.5

别采用传统系统与本文系统对危重病人体征监测报警信号进行提取，将提取到的信号准确率进行对比，结果如表 2 所示。

表 2 不同系统信号提取准确率对比结果

参与人员编号	准确率(%)	
	改进系统	传统系统
A	95	88
B	96	73
C	95	72
D	91	65
E	97	78
F	99	83
G	96	82
H	89	67
I	94	78
J	93	80

由表 2 可看出，改进设计的系统对于危重病人体征监测报警信号的提取准确率要大于传统系统，主要是由于改进系统融合了雷达原理分析危重病人的生理状态所引起的微小回波幅度和相位，促使危重病人体征信号准确率提取能够得到保障。

在同样实验数据条件下，将传统系统与改进系统对危重病人体征监测的误警率进行对比，结果如图 4 所示。

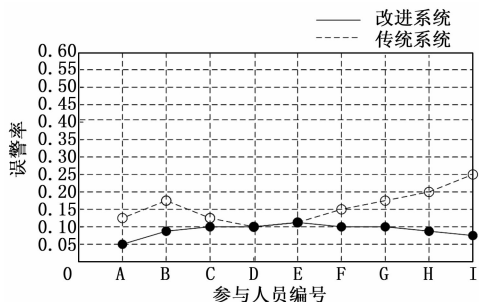


图 4 两种系统监测误警率对比结果

由图 4 可知：参与人员编号为 A 和 B 时，传统系统误警率高于改进系统，然而参与人员编号为 C 时，传统系统

误警率逐渐降低，当编号为 D 时，传统系统与改进系统误警率折线重合，直到编号为 E 时，才出现分离，并呈现上升趋势，误警率增加。

3.3 实验结论

根据上述实验内容，可得出实验结论：

改进设计的系统对于危重病人体征监测报警信号的提取准确率要大于传统系统，主要是由于改进系统融合了雷达原理分析危重病人的生理状态所引起的微小回波幅度和相位，促使危重病人体征信号准确率提取能够得到保障，并且两种系统的误警率折线呈现分离—重合—分离的现象，主要是因为改进系统在设计时采用了滤除高频干扰分量的滤波器，促使危重病人特征信号是否出现异常能够进行准确判断，进而大大降低了误警率。由此可知：改进系统信号的提取准确率高，且监测报警的误警率低。

4 结束语

针对危重病人体征信号监测与报警需采用信号波动信息来保障病人的生命安全，由于病人在进行体征监测时，容易受到外界各种因素的干扰导致信号监测存在较大误差，为此在物联网环境下对病人体征进行监测与报警。融合线性雷达原理对危重病人生理状态进行分析，并以此为基础提取体征信号，采用滤波器去除高频干扰，以危重病人体征正常状态为参考资料，进行实验验证。通过实验结果可知，该系统具有良好的监测报警性能，大幅度提升了危重病人监控报警准确性。

参考文献：

- [1] 李周平, 韩 韬. 基于加速度传感器的微振动报警系统设计 [J]. 电子设计工程, 2017, 25 (7): 187-190.
- [2] 许晨曦, 李丽华, 黄孟选, 等. 鸡舍环境参数实时监测预警系统的设计及应用 [J]. 家畜生态学报, 2017, 20 (10): 43-50.
- [3] 陈桂鹏, 秦文婧, 丁 建, 等. 基于物联网技术的生猪存栏远程监测系统设计与验证 [J]. 中国农业科学, 2017, 50 (5): 942-950.
- [4] 冯 超, 徐艳蕾. 基于物联网的粮食仓库远程监测系统设计与应用 [J]. 农业现代化研究, 2017, 38 (2): 328-334.
- [5] 廖建尚. 基于物联网的温室大棚环境监控系统设计方法 [J]. 农业工程学报, 2016, 32 (11): 233-243.
- [6] 魏永强, 宋子龙, 王 祥. 基于物联网模式的水库大坝安全监测智能机系统设计 [J]. 水利水电技术, 2015, 46 (10): 38-42.
- [7] 于继武, 邢远秀. 基于物联网技术的矿山井筒安全监测系统设计与应用 [J]. 金属矿山, 2015, 44 (7): 107-110.
- [8] 冯立波, 左国超, 杨存基, 等. 基于物联网的农村污水监测系统设计与应用 [J]. 环境工程学报, 2015, 9 (2): 670-676.
- [9] 房俊龙, 吕洪圣, 赵朝阳, 等. 基于物联网技术的输电杆塔倾斜监测系统设计与应用 [J]. 电测与仪表, 2015, 52 (1): 111-114.
- [10] 姜 洲, 刘方求, 黄艳华, 等. 基于物联网的尾矿库监测系统设计与应用 [J]. 环境工程, 2016, 15 (s1): 961-964.