

基于 ZigBee 的养老院健康监护系统设计

孔维康, 陶 帅, 汪祖民

(大连大学 信息工程学院, 辽宁 大连 116622)

摘要: 针对养老院中对老人的监护需求, 提出一种基于 ZigBee 无线通信技术的养老院健康监护方案, 设计一个经济实用的低功耗 ZigBee 无线监测系统; 系统各个节点以 CC2530 为核心, 通过控制 Pulse Sensor 脉搏传感器、DS18B20 体温传感器、XGZP6847 血压传感器来采集老人的生命体征数据; 数据通过监护中心进行监测与分析, 如果超出健康范围, 系统将进行语音提示并通知护工; 实验表明该系统可以有效提高养老院的监护水平。

关键词: ZigBee; 养老院; CC2530; Pulse Sensor; DS18B20; XGZP6847

Design of Health Monitoring System Based on ZigBee in Nursing Homes

Kong Weikang, Tao Shuai, Wang Zumin

(College of Information Engineering, Dalian University, Dalian 116622, China)

Abstract: Due to the demand for nursing care of elderly, a health care scheme in nursing homes is proposed based on ZigBee wireless communication technology, design a cost-effective, low-power-consumption ZigBee wireless monitoring system. Each node of the system is based on CC2530, collects the vital signs of elderly by controlling the pulse sensor, temperature sensor of DS18B20, blood pressure sensor of XGZP6847. Data is monitored and analysed in custody center. If the data exceeds the range, the system will give a voice prompt, and announce nursing workers. The experimental results show that the system can effectively improve the level of nursing home care.

Keywords: ZigBee; nursing home; CC2530; pulse sensor; DS18B20; XGZP6847

0 引言

最新数据显示, 中国老龄人口每年以近 800 万的速度增加, 我国已进入老龄化社会。这使得更多的老年人不得不选择在养老院养老。近几年, 老人心脏病发猝死的新闻常有报道, 大部分是因为没能及时的了解自身健康指标的变化, 造成晕厥死亡。传统的健康监护设备普遍体积大, 使用过程繁琐复杂, 在很大程度上限制了病人的及时救助治疗。在国外, 已经有了一些利用无线技术的监护设备研究的成功案例。在国内, 结合了无线传输技术的健康监护系统正日渐成为市场发展的主流。

然而, 现有的系统终端采集完信号后, 没有对老人进行语音提示, 而本系统不但对老年人的血压、脉搏进行监护, 并且在超出健康范围的时候进行语音提示和通知护工。这样能够使老人了解自身的健康状况并且及时休息或者去医院治疗, 从而避免耽误救治。

1 系统总体设计

ZigBee 无线通信技术是一种低功耗、低成本的短距离无线通信技术, 组网方式灵活多样, 数据传输安全可靠^[1], 与

传感器结合就能组建 ZigBee 无线传感器网络, 实现一点对多点, 两点间的通信。ZigBee 网络节点按功能分为三大类: 协调器节点、路由器节点、终端节点。根据实际情况和用户的需求, 一定数量的节点可以组成 3 种不同拓扑结构的网络, 分别是星形网络, 树形网络和网状网络^[2]。本文采用组网相对简单的星形拓扑结构。星型网络由一个协调器和多个终端设备组成, 只存在协调器与终端之间的通信。

本健康监护系统的总体框架图如图 1 所示。系统的功能实现分为以下部分。第一, ZigBee 无线终端采集节点对人体的参数进行采集; 第二, ZigBee 采集节点通过 ZigBee 协议将采集的数据发送到协调器节点; 第三, 协调器节点根据采集数值和系统设定值进行比较, 决定是否启动灯光模块来通知护工; 第四, 协调器节点根据采集数值和系统设定值进行比较, 决定是否启动语音模块来提醒老人; 第五, 协调器节点还负责建立 ZigBee 网络, 发送和接收指令; 第六, 协调器通过 RS-232

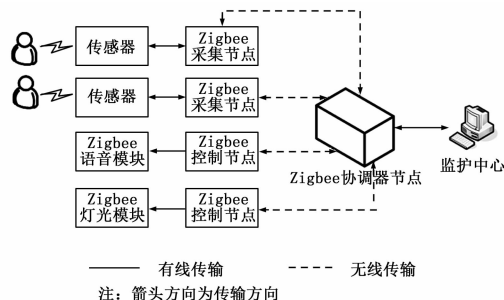


图 1 系统总体结构图

收稿日期:2015-06-03; 修回日期:2015-09-11。

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金项目(61501076)。

作者简介:孔维康(1986-),女,天津市人,硕士研究生,主要从事物联网技术应用、无线传感器网络方向的研究。

汪祖民(1975-),男,河南信阳人,教授,硕士研究生导师,主要从事物联网技术、嵌入式开发方向的研究。

串口与监护中心进行数据通信；第七，监护中心负责显示老人的健康信息。另外，整个 ZigBee 网络采用无线传输模式，ZigBee 网络和监护中心之间采用有线传输模式。

2 系统硬件设计

2.1 终端节点硬件设计

本健康监护系统设计的终端节点分为无线采集终端节点和无线控制终端节点两类。无线采集终端节点主要任务是驱动 DB18B20 传感器采集体温数据；驱动 Pulse Sensor 传感器采集脉搏心率数据；驱动 MPS-2107 传感器采集血压数据。无线控制终端节点主要任务是通过 2.4 GHz 天线接收协调器节点发送的命令，驱动语音模块和灯光模块。其结构如图 2 所示。

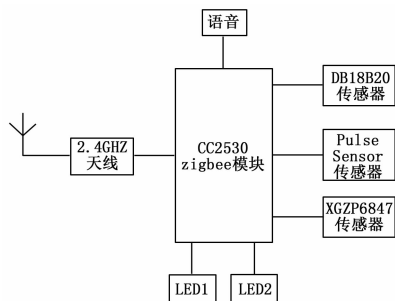


图 2 终端节点结构图

2.1.1 无线采集终端节点硬件设计

CC2530 是 TI 公司推出的工作于 2.4 GHz 频段，符合 IEEE802.15.4 规范的真真正上系统。CC2530 从睡眠模式转换到主动模式的时间极短、响应速度极快，这些特性使得芯片非常适合在无线传感器网络中的应用^[3]。为了降低功耗，CC2530 控制系统大部分时间工作在休眠状态下，定时开启各驱动模块完成人体特征信息的采集和发送工作后，再次进入休眠^[4]。

Pulse Sensor 是一款光电反射式脉搏传感器。将其佩戴于手指或耳垂等处，通过导线连接可将采集到的模拟信号传输给单片机用来转换为数字信号，再通过单片机简单计算后就可以得到心率数值^[5]。

DS18B20 是由美国 DALLAS 公司生产的高性能单线数字式温度传感器。该传感器具有体积小，硬件开销低，抗干扰能力强，精度高的特点^[6]。另外，DS18B20 是温度—电流传感器，可有效提高系统抗干扰能力。

XGZP6847 是芜湖芯感智传感器技术有限公司生产的一款广泛用于医疗电子行业的血压传感器。该传感器尺寸小，易安装，集成了数字调理芯片，其 PCB 板的两面分别安装有压力传感器和处理电路芯片，对传感器的偏移，灵敏度，温漂和非线性进行数字补偿，产生一个经过校准，温度补偿后的标准电压信号。

Pulse Sensor 传感器、DS18B20 传感器、XGZP6847 传感器与 CC2530 接口电路如图 3 所示。

2.1.2 无线控制终端节点硬件设计

本系统设计的无线控制终端节点控制语音模块和灯光模块。

ISD1700 语音模块是华邦 ISD 公司 2007 年推出的优质语音播放电路。该模块的优势在于音质好，电压范围宽，应用灵

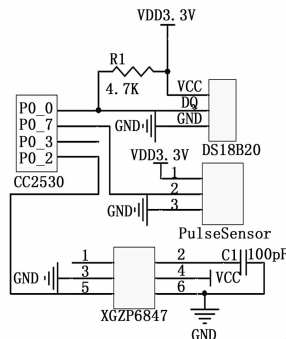


图 3 Pulse Sensor、DS18B20、XGZP6847 与 CC2530 连接图

活，造价低^[7]。在本系统中，ZigBee 采集节点通过 ZigBee 协议将采集的数据发送到协调器节点之后，协调器节点根据采集数值和系统设定阈值进行比较，决定是否启动语音模块来提醒老人。另外，本系统协调器节点还会根据采集数值和系统设定值进行比较，决定是否启动灯光模块来通知护工。灯光模块设计有两盏灯：LED1 和 LED2，两盏灯都需要 CC2530 进行控制，当一方出现超出设定值的情况后，相应的灯就会亮起，通知护工。

语音模块、灯光模块与 CC2530 接口电路如图 4 所示。

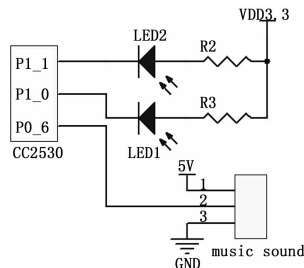


图 4 Sound、LED 与 CC2530 连接图

2.2 协调器节点硬件设计

协调器节点的作用是负责建立网络；接收并处理无线终端节点采集的老年人脉搏心率数据、体温数据；操作无线终端控制节点，对 LED1、LED2、放音模块进行控制；以及通过串口 RS-232 数据线完成与监控中心的电脑进行通信，将数据发送到电脑上显示。协调器节点结构如图 5 所示。

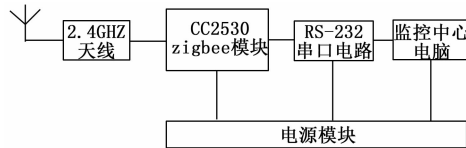


图 5 协调器节点结构图

协调器节点主要由 CC2530 ZigBee 模块、RS-232 串口电路、电脑以及电源模块组成，其中 CC2530 模块是协调器节点的核心部分，它的任务是，接收无线采集终端节点发送来的脉搏心率数据和体温数据，根据需求存储，并且对数据能够进行简单的处理分析，如果超出指定范围，触发无线终端控制节点，控制灯光模块和语音模块。从图 1 所示系统总体结构图中可以看出，ZigBee 协调器和监护中心电脑之间采用有线传输模式。在串行通讯时，要求通讯双方都采用一个标准接口，使不同的设备可以方便地连接起来进行通讯。RS-232 接口是目

前最常用的一种串行通讯接口。本系统协调器和电脑之间采用 RS-232 通讯接口，将采集的数据通过协调器整理后传给监护中心。

3 系统软件设计

3.1 脉搏采集节点软件设计

脉搏采集节点采集老人的心跳脉搏，并发送给协调器，接收协调器发送的指令。其软件设计流程如图 6 所示。采集节点上电后首先进行硬件和协议栈的初始化，搜索邻近的网络，并且发送申请加入信息，等待网络协调器确认，信息确认通过后，节点即入网成功，然后进入休眠模式。接收到指令后从休眠模式退出，检测到脉搏信号后启动定时器，截取一段时间内的脉搏数值，整理之后发送给协调器。数据发送成功后又进入休眠模式，再次受到协调器读取数值的指令时，退出休眠模式。

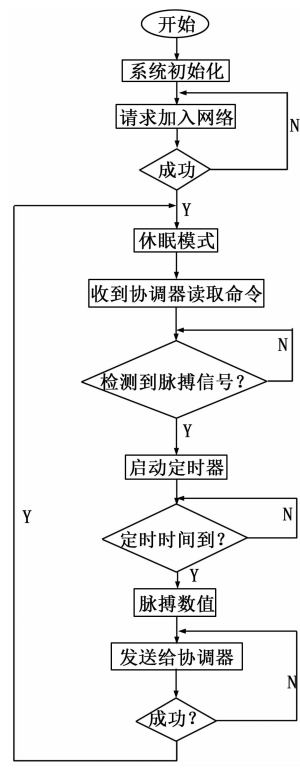


图 6 脉搏采集节点程序流程图

3.2 无线控制终端节点软件设计

无线控制终端节点软件设计流程如图 7 所示。上电后首先进行硬件和协议栈初始化，成功加入协调器网络后，进入休眠模式。当收到协调器命令信息后，节点立即由休眠模式进入工作模式，调用灯光模块通知护工，调用语音模块提示老人。

3.3 用户界面的实现

本监护系统的设计是在基于 ZigBee 的养老院健康监护系统的研究基础上的进一步探索。系统在进行设计时考虑了以下几方面因素：1) 系统的稳定性，安全性和可靠性；2) 系统的实时操作能力；3) 用户界面的友好性。

本监护系统的界面安装在监护中心的电脑上，并由养老院的相关管理人员控制。根据养老院老人的身体情况，分为以下两种等级的监控方式：1) 对于有危重病情的老人的监护采用

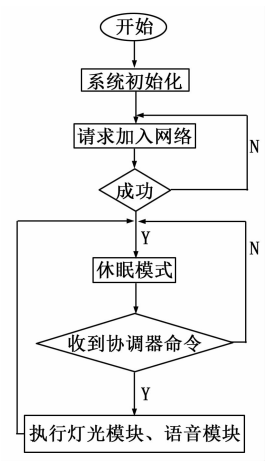


图 7 无线控制终端节点结构图

24 小时实时监控的方式。由采集系统全天自动采集老人的身体参数，并上传至监护中心，由管理人员判断。2) 对于普通老人，采用定时采集的方式，即由监护中心的管理人员每天从监护中心操作本界面，控制系统终端定时采集老人的身体参数。

3.4 上位机软件程序设计

人机界面和传感器的通信采用 Visual Basic 编程，数据的采集与处理及实时显示的核心代码如下：

```
Private Sub Form_Load() '启动默认加载
On Error Resume Next '得到存在串口的函数
For a = 1 To 20
MSComm1.CommPort = a '获取串口端口号控件
MSComm1.PortOpen = True
If MSComm1.PortOpen = True Then
Combo1.AddItem "COM" & a '显示端口号
'On Error Resume Next '读取数据
Select Case MSComm1.CommEvent '有数据上传
Case comEvReceive '数据接收
buffer = MSComm1.Input '读取数据
MSComm1.InBufferCount = 0 '清缓冲
Private Sub start_Click()
On Error Resume Next '打开串口
MSComm1.InBufferSize = 50 '设置缓冲区大小
MSComm1.InputMode = comInputModeText '字符读取
```

4 实验与结果分析

根据设计的基于 ZigBee 的养老院健康监护系统，本文对系统进行初步测试，即对老人的体温、脉搏和血压进行采集。同时，为了测试系统采集数据的准确性，将系统测量的结果与传统方式的测量结果进行比较。另外，舒张压、收缩压采集的单位为 kPa（千帕），需要换算成常用单位 mmHg（毫米汞柱），换算公式为： $kPa \times 7.5 = mmHg$ 。生理参数测量情况对比如表 1，表 2 所示。本实验数据是采用定时采集的方式，即由监护中心的管理人员在一天的不同时段，从监护中心操作本界面“启动”按钮，利用 ZigBee 无线网络控制系统终端定时采集老人的身体参数。

从表 1、表 2 测量数据可以看出，系统能采集老人生理参数并无线传输，验证了系统无线传输功能的有效性；同时，系

统测量的数据与传统测量的结果基本上一致,说明系统对相关参数的测量有较高的准确性,温度平均误差 0.41%,心率平均误差 1.17%,收缩压平均误差 0.4%,舒张压平均误差 0.9%,这些误差范围不会影响医护人员正确决策,符合实

表 1 体温与脉搏测量数据与传统测量值的对比

时间	体温(单位:摄氏度)		心率脉搏(单位:次每分)	
	DS18B20 传感器	体温计	Pulse sensor 传感器	传统计数
8:00	36.1	36	89	90
10:00	36.4	36.2	92	91
14:00	36.4	36.2	90	88
16:00	36.7	36.8	79	79
20:00	36.9	36.8	88	88
22:00	36.5	36.7	77	79

表 2 血压测量数据与传统测量值的对比

		XGZP6847 血压传感器测量值 (单位:mmHg)		传统血压计测量值 (单位:mmHg)	
状态	时间	收缩压	舒张压	收缩压	舒张压
测试者 1	8:00	109.5	80.25	110	80
	12:00	109.5	88.275	110	75
	17:00	117.75	78	120	80
测试者 2	8:00	102	68.25	100	65
	12:00	90	60	90	60
	17:00	98.25	66	95	65
测试者 2	8:00	125.25	95.25	130	95
	12:00	128.25	98.25	130	100
	17:00	128.25	96	130	95

~~~~~

(上接第 88 页)  
有效性。实验结果表明,该方法的故障诊断准确率达 97.5%。在相同条件下,采用 VPMCD 方法进行模式识别用以对比,准确率为 87.5%。

4 结论

将 WVPMCD 和层次模糊熵应用于液压泵的故障诊断,实验数据分析与比较结果表明,WVPMCD 方法由于在训练时运用加权最小二乘参数估计法代替最小二乘参数估计法,克服了模型可能出现的异方差,提高了预测精度,有效实现了对液压泵的故障诊断。

参考文献:

[1] Raghuraj R, Lakshminaryanan S. Variable Predictive Models—A New Multivariate Classification Approach for Pattern Recognition Applications [J]. Pattern Recognition, 2009, 42 (1): 7-16.  
[2] 程军圣, 马兴伟, 杨 宇. 基于 VPMCD 和 EMD 的齿轮故障诊断方法 [J]. 振动与冲击, 2013, 32 (20): 9-13.

际要求。

5 结论

本系统通过设计基于 ZigBee 的养老院健康监护系统,可有效地对老人的身体指标进行监护,避免老人出现健康状况时无人知晓。本文以 CC2530 为硬件核心构建一个 ZigBee 无线传感网络,详细阐述了协调器节点、终端节点的硬件设计方法和软件设计流程。经实验表明,系统可靠性高、功耗低,能够满足实际应用的要求,使老人能够了解自身的身体情况并且及时休息或者去医院治疗,从而避免耽误救治,为养老院老人健康监护提出了一种新的方法。

参考文献:

[1] 赵锦萌, 吴效明, 张莉莉. 面向家庭的 ZigBee 医疗监护网络研究 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (3): 780-783.  
[2] 朱 亮, 王绪国, 庾嘉平, 等. 基于 ZigBee 的医疗监护系统的设计与研究 [J]. 微型机与应用, 2013, 32 (19): 66-68.  
[3] 衣翠平, 柏逢明. 基于 ZigBee 技术的 CC2530 粮库温湿度检测系统研究 [J]. 长春光学精密机械学院学报, 2011, 34 (4): 53-57.  
[4] 吴 响, 张 立, 赵 强, 等. 基于体域网的远程健康监护系统设计 [J]. 电子技术应用, 2014 (3): 19-21.  
[5] 孟仁俊, 丁 辛. 可嵌入服装的 PVDF 压电传感器的研制与应用 [J]. 产业用纺织品, 2010, 28 (2): 26-30.  
[6] 秦 芹. 一种基于 DS18B20 的温度采集新方案 [J]. 电子技术, 2010, 37 (10): 62-64.  
[7] 刘恩华, 徐科明. 基于 ISD1700 SPI 协议模式的语音报警系统 [J]. 电子测试, 2009, (10): 69-72.

[3] 罗颂荣, 程军圣, 郑近德等. GA-VPMCD 方法及其在机械故障智能诊断中的应用 [J]. 振动工程学报, 2014, 27 (2): 289-295.  
[4] 杨 宇, 李永国, 程军圣. WVPMCD 及其在滚动轴承故障诊断中的应用 [J]. 湖南大学学报 (自然科学版), 2014, 41 (2): 52-57.  
[5] Richmann J S, Moorman J R. Physiological Time Series Analysis Using Approximate Entropy and Sample Entropy [J]. American Journal of Physiology—Heart and Circulatory Physiology, 2000, 278: 2039-2049.  
[6] Jiang Ying, Peng C K, Xu Yuesheng. Hierarchical Entropy Analysis for Biological Signals [J]. Journal of Computational and Applied Mathematics, 2011, (236): 728-742.  
[7] Zhu Keheng, Song Xigeng, Xue Dongxin. A Roller Bearing Fault Diagnosis Method Based on Hierarchical Entropy and Support Vector Machine with Particle Swarm Optimization Algorithm [J]. Measurement, 2014 (47): 669-675.  
[8] 陈伟婷. 基于熵的表面肌电信号特征提取研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2008.