

基于 WSN 的空巢老人室内环境监测系统

李嘉昕, 史中权, 卞新高, 吴佳玲

(河海大学机电工程学院, 江苏 常州 213022)

摘要: 随着无线传感器网络即 WSN 的发展, 相关的室内环境监测系统也愈发成熟, 另一方面, 空巢和独居老人的数量也在逐年增加。因此在物联网时代, 环境监测系统在居家养老方面还存在巨大的发展空间。由此提出了一种由家庭网关、ZigBee 无线传感器网络、移动终端、手环控制终端组成的针对空巢老人的室内环境监测系统, 借用手环作为老人的控制终端而非手机, 极大方便了老人对于该套系统的使用, 家庭网关作为决策中心对于采集的数据进行实时分析, 并通过移动终端通知家属。实现将分散的数据采集节点通过 WSN 进行互联并实时进行动态数据分析, 分析结果同时反馈修正轮训周期, 一方面能够尽可能的节约能耗, 另一方面可以最大程度降低空巢老人独自生活的潜在风险。

关键词: 室内环境监测; 无线传感器网络; 空巢老人; ZigBee

中图分类号: TP92; TP212.9 文献标识码: A 文章编号: 1003-7241(2018)08-0041-05

Smart Home System Based on WSN for Empty Nester

LI Jia-xin, SHI Zhong-quan, BIAN Xin-gao, WU Jia-ling

(Mechanical and Electrical Engineering College Hohai University, Changzhou 213022 China)

Abstract: With the development of WSN, the connected indoor environment monitoring system is maturing, on the other hand, the number of empty nester is increasing sharply and the connected problems have been concerned by society. So, in the time of IoT, the nursing indoor environment monitoring system still have a big development space. This system is designed as a ZigBee-based smart home system for empty nester with home gateway, ZigBee local area network, mobile terminal and wristband control terminal. The wristband is helpful for nester to use this system without mobile phones, the data as the decision center is analyzed by the home gateway and let other family members know the situation. The realization of this system can reduce the potential risk of living alone and create more social values by its dynamic data analysis.

Key words: indoor environment monitoring system; wireless sensor network; empty nester; ZigBee

1 引言

随着物联网技术的高速发展, 人们对家居生活的智能化需求越来越高, 而随着人口老龄化日益严重, 养老问题成为一个人们关心的社会问题, 空巢和独居老人也在逐年增加^[1-2]。目前国内外的智能家居系统研究方案发展迅速, 各种配套设备及应用如雨后春笋一般不断涌现, 功能基本囊括了我们生活的方方面面, 包括针对安保的视频监控系统、着重于生活的智能厨房系统等等^[3-5]。但是针对空巢老人领域的专用环境监测系统却不多见, 目前通用性的环境监测系统如果直接运用于老人的生活场景一方面功能较复杂, 很多功能对于老人说优先级很低,

另一方面缺少有效的控制手段, 基本以手机终端室内控制为主, 也不利于老人的使用^[6-7]。所有我们针对未来室内环境监测系统的发展趋势和社会现状, 基于 ZigBee 无线网络, 构建专门面向空巢老人的室内环境监测系统。

ZigBee 技术作为一种新兴的无线传感器网络技术, 有着其自身低功耗、低成本的特点^[8-9]。本文选择基于 ZigBee 的无线传感器网络构造针对空巢老人的配套环境监测系统, 控制手环进一步简化空巢老人对于监测点的操作, 同时家庭网关实时分析监测老人的生活环境并作相应的决策, 在潜在风险较大时及时通知家属, 以防意外的发生。

2 系统总体方案设计

整个室内环境监测系统分为三个模块: 环境监测模

收稿日期: 2017-07-03

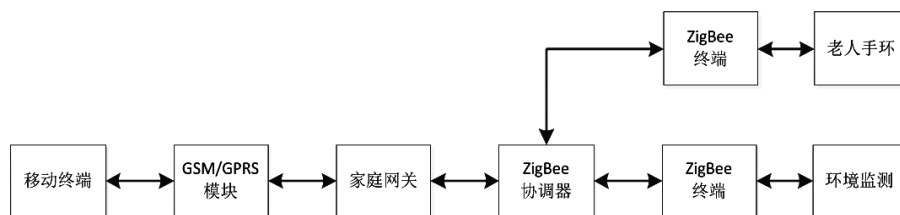


图1 系统框图

块、手环控制模块以及家庭网关。三个模块通过 ZigBee 协调器、ZigBee 终端共同组成室内无线传感器网络。环境监测模块主要负责对于空巢老人环境参数的实时监测，并周期性将监测数据发送给家庭网关。手环控制模块主要方便空巢老人远距离进行操作，比如开关灯和一键 SOS 报警。家庭网关主要负责周期性接收环境监测模块中 ZigBee 终端发送的环境监测数据并及时分析这些数据，在必要时通过短信或者自动电话的方式告知家属，以防意外发生，系统框图如图 1 所示。

2.1 环境监测模块设计

环境监测模块包括温湿度传感器、气体浓度传感器，这些传感器集中部署于多个区域进行环境参数的监测，是该系统的最主要输入部分。

温湿度传感器使用 DHT11，这是一款含有校准信号的数字输出型温湿度复合传感器，外接需要 3.3V 的 VCC、GND 与一个输出引脚 OUT，软件方面可以使用模块化编程的思想，调用温度读取函数 DHT11()^[10]。

气体浓度传感器使用 MQ-2，当传感器所在环境存在可燃气体时，传感器的电导率会随之变化，模块电路使之输出与之匹配的信号，外接需要 5V 的 VCC、GND 和两个输出引脚 DO 和 AO，分别输出数字信号和模拟信号，同样可以调用内置的气体浓度读取函数 gasLoad()^[11]。

2.2 手环控制模块设计

手环控制模块基于 STM32F103，手环通过 ZigBee 终端连接 ZigBee 网络从而直接控制家居，主要针对简单设备的开关量控制，例如台灯和走廊灯，降低老人夜间活动的风险，除了一些简单设备的功能控制，它还带有生命体征监测系统，该系统核心是 MAX30100 心率传感器^[12]，一旦老人出现摔倒或者危机情况，主控制器 STM32F103 能够及时分析心率信号并通过家庭网关告知家属，另一方面该系统也有一键 SOS 报警功能，当老人自身感觉不适的时候，可以直接借助家庭网关通知家属避免潜在风险。

2.3 家庭网关设计

设计基于 ARM9 的 S3C2440 开发板的家庭网关，

考虑到安全性与稳定性，选择 Linux 作为开发板的嵌入式操作系统，结合 QT 开发工具编写的 UI 界面进行总体环境监测网络的建立以及控制。一方面运用微控制器强大的数据分析能力，实时监测温度、湿度、气体浓度等环境因素。另一方面家庭网关通过 ZigBee 协调器进行 ZigBee 区域网络的构建，并且通过 GSM/GPRS 模块借助 4G 网络与手机专用 APP 交互，实时监测家居环境并在必要时及时通知老人家属。

3 ZigBee 网络方案设计

3.1 ZigBee 协调器设计

ZigBee 协调器基于 TI 的 ZigBee 开发专用芯片 CC2530，上电之后，ZigBee 协调器进入待命状态，等待家庭网关组网的命令，然后开始自动组建 ZigBee 区域网络，一旦有节点请求加入，ZigBee 会根据区域码和功能码进行该节点的编码并在网络中加入该节点。另一方面，ZigBee 协调器协调管理整个 ZigBee 网络，周期性轮询各个 ZigBee 终端监测的数据并通过串口发送给家庭网关进行处理，流程图如图 2 所示。

3.2 ZigBee 终端节点设计

ZigBee 终端同样基于 TI 的 ZigBee 开发专用芯片 CC2530，但是编码的时候注意模式应该选择 EndPoint 而非 Coordinator。上电之后，ZigBee 终端进行初始化工作并探索有无已经建立的 ZigBee 区域网络，如果有，则申请加入并发送验证消息，如果没有，则周期性执行探索工作。

成功入网之后则进行自身温湿度、气体浓度和心率的采集工作，执行周期根据 ZigBee 的网络设置而定，采集一轮完毕通过 ZigBee 区域网络将采集的参数发送到 ZigBee 协调器进行统一处理。

3.3 数据的采集和接收

3.3.1 数据的采集

数据的采集源点即是 ZigBee 终端设备，目前的环境监测采集点主要包括连接 ZigBee 终端设备的温湿度

传感器 DHT11 和气体浓度传感器 MQ-2, ZigBee 终端接收 ZigBee 协调器的命令进行各自区域的采集配置, Z-Stack 协议栈很多都封装好了, 调用该函数即可实现数据的无线发送, 调用该函数后, 如何初始化硬件进行数据发送等工作协议栈也已经将所需要的工作做好了。用户只需要调用相应 API 函数即可, ZigBee 终端会通过该函数将采集的信息发送给 ZigBee 协调器。

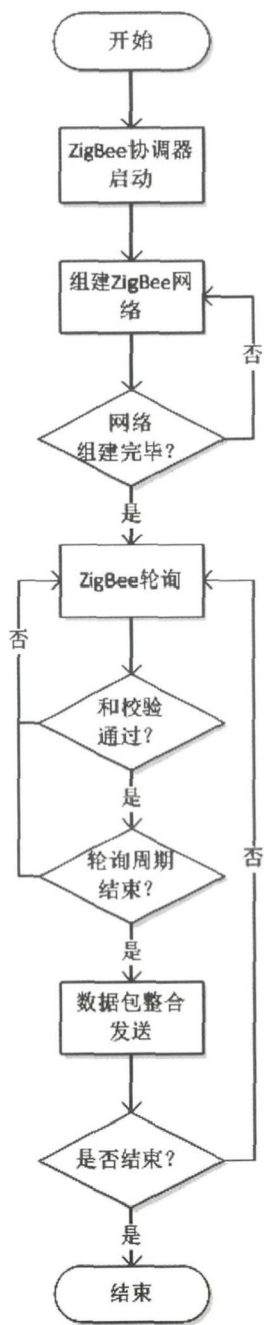


图 2 ZigBee 协调器流程图

3.3.2 数据的接收

数据的接收节点是 ZigBee 协调器设备, 一方面协调器作为网络的发起者进行 ZigBee 区域网络的组建并

进行网络配置, 另一方面周期性轮询各个数据采集节点, 获取环境监测和心率数据并将这些数据发送给家庭网关进行进一步分析, 主要调用 Z-Stack 协议栈的数据接收函数, 该函数主要负责应用层的数据接收相关任务, 无需编写底层硬件操作程序, 另一方面在此函数中我们将温湿度数据接收以后通过串口操作函数将数据发送给家庭网关, 完成此次数据采集工作。

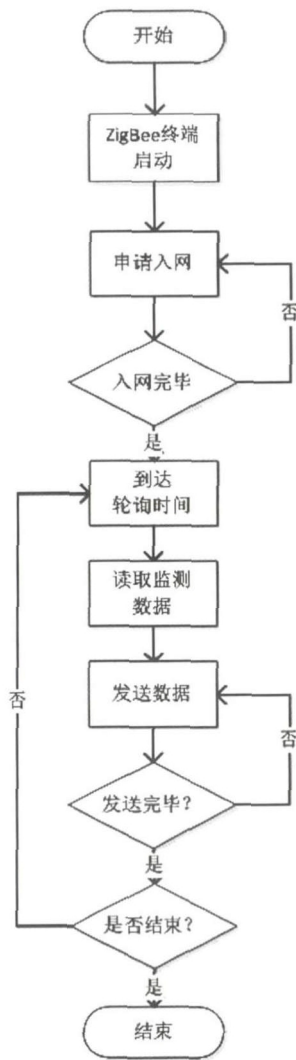


图 3 ZigBee 终端流程图

3.3.3 数据的校验

使用 ZigBee 无线网络不可避免的会遇到噪声和干扰问题, 因此本系统在 ZigBee 应用层数据封装中采用了以和校验为基础的纠错方法, 发送方将发送的数据进行累加, 并将累加得到的数据的最后 8 位即 1 字节单独添加到数据包的末尾作为和校验字节, 接收方接收到数据包之后, 首先解包, 然后将除和校验字节外的字节再次进行累加并取最后 8 位, 同和校验字节进行匹配, 若两者相同, 即代表数据包正确, 若不相同, 则摒弃当前

数据包并进行数据重发,重发多次仍然不相同则置位故障标志,方便之后进行故障诊断。

3.4 通信协议

应用层的通信协议为了满足分区和具体设定的检测参数的要求,选择如下的串口通信的数据协议格式,具体协议如下表所示。

表 1 ZigBee 应用层通信数据包格式

ZigBee 终端-ZigBee 协调器 数据包——长度:8 字节				
3 字节网络地址		3 字节环境参数	1 字节测量节点数量	1 字节和校验
0 字节	1-2 字节	3 字节	4 字节	5 字节
标识符	区域功能码	温度值	湿度值	心率值
6 字节		7 字节		
测量的环境节点数量				
应用层和校验				
ZigBee 协调器-ZigBee 终端 数据包——长度:7 字节				
3 字节网络地址		1 字节命令参数	2 字节轮询参数	1 字节和校验
0 字节	1-2 字节	3 字节	4-5 字节	6 字节
标识符	区域功能码	网络命令	周期轮询值	和校验

4 环境风险度估计和 ZigBee 轮询周期修正

根据得到的属性真实值和安全阈值的差得到环境风险度并动态修正该区域下一次的轮询周期,包括以下步骤:

设目前得到的对于属性 X 的属性值 x,安全阈值为 x_0 ,原周期轮询时间为 T_0 ,最小轮询时间为 T_{min} ,最大轮询时间 T_{max} ,安全界定值的范围需要根据具体应用环境进行调整,表 2 仅为代表性范围示例。

表 2 监测属性的权重分布

传感器测量参数	统一单位	权重 p	安全界定值 x_0
温度	摄氏度(°C)	5-8	-15-50
湿度	相对湿度(%RH)	3-6	30-70
气体浓度	百万分比浓度(%)	10-15	0.001-0.05

在正常环境下根据前 10 次融合结果得到对当前属性的平均估计 $\bar{x}:\bar{x} = \frac{x_{n-9} + x_{n-8} + \dots + x_{n-1} + x_n}{10}$

作为判断风险值的环境参照。

如果 $x < x_0$,当前属性为安全界定范围内,风险度估计如下: $d = \frac{|x - \bar{x}|}{\bar{x}} \times p$

p 是不同监测属性的权重,需要根据具体传感器进行调整,如表 2。

若得到的 $d > 1$,判断当前属性具有潜在威胁。

如果 $x > x_0$,判断当前属性为高危状态。

根据当前监测属性的风险度查表动态修正对应终端的轮询周期得到 T_1 且 $T_{min} < T_1 < T_{max}$ 。

若 $T_1 \approx T_{max}$,判断当前属性为安全界定范围内。

若 $T_1 \approx T_{min}$,判断当前属性具有潜在威胁。

表 3 轮询周期修正系数

当前风险度 d 的范围 d	轮询周期修正 T_1
[0, 0.5]	$1.3 * T_1$
(0.5, 1]	T_1
(1, 2]	$0.8 * T_1$
(2, 5]	$0.5 * T_1$
>5	$0.1 * T_1$

5 系统测试

本次设计的针对空巢老人的环境监测系统关键测试部分分三块,环境监测数据和心率数据的实时显示,家居用灯的操作以及 SOS 信号的发出,针对此我们编写了基于 QT 的 UI 界面,此界面在 PC 机上进行测试,测试完毕之后移植进家庭网关进行正式应用,测试用例如表 4。

表 4 测试用例

项目名称	基于 WSN 的空巢老人室内环境监测系统	程序版本	1.0V
测试环境	硬件环境:WIN7 台式机、RS232 转 USB 模块、CC2530		
编制人	李嘉昕	编制时间	2016-12-22
功能特性	完成终端节点数据采集工作,并在 QT 界面显示		
测试目的	验证设计的界面能否正常接收数据		
用例编号	预期结果	测试结果	
C001	QT 界面正确显示数据	QT 界面不显示数据	
C002	QT 界面正确显示数据	QT 界面正确显示数据	



图 4 数据监控界面

6 结束语

该系统实现了基于 WSN 的针对空巢老人的室内环境监测系统,在基于 ZigBee 局域网络的环境监测系统

的基础上,添加了老人手环进行家居用灯的远程控制并在紧急情况下进行 SOS 报警,针对性设计的家庭网关负责对轮询数据进行处理和判断,并在必要时通过 GSM 模块以短信或者电话的形式通知家属,避免潜在风险。下一阶段将完善家庭网关界面:在 UI 界面上完成数据可视化的功能,并实现对各项监测数据的上下限预警功能,同时完善界面,更加简洁、易用且交互性良好。

参考文献:

- [1] 陈婷婷.城市空巢老人社会支持体系研究[D].淄博:山东理工大学,2012.
- [2] 周湘莲,刘英.论农村空巢老人精神养老的政府责任[J].湖南师范大学社会科学学报,2014,(4):54-60.
- [3] 周涛.基于无线传感器网络的智能家居安防系统[D].太原:太原理工大学,2011.
- [4] 刘柏良,叶根军,熊传鹏.智能厨房饮食系统研究与设计[J].设计,2016,(13):100-101.
- [5] S.M.T.BATHAEE,A.FEREIDUNIAN,A.KHAJEH AMIRI HAGH,H.HEYDARI.Design and Implementation of a Novel HomePlug-Based Solution for Low Cost and High Performance Smart Home

(上接第 40 页)

量,大致拟合了实际的信道环境,而当需要仿真某个实际信道环境,则需要调整参数(如转移概率,保持距离,还有莱斯和 Suzuki 信道参数),不断调试,从而能够最大限度地逼近该实际信道环境。

参考文献:

- [1] 赵瑞玉,李文娟.激光通信中光信号的调制技术研究与分析[J].激光杂志,2016,37(7):90-92.
- [2] 吴哲夫,周言.基于信道状态信息的无源被动定位[J].传感技术学报,2015,(5):677-683.
- [3] 邓志祥,王保云,郎非.一类有信道状态的半确定性正交中继信道的容量[J].电子与信息学报,2013,35(11):2584-2589.
- [4] 谭家杰,邹常青.室内多环 LED 的信道特性分析[J].系统仿真学报,2013,25(12):2906-2911.
- [5] 周志强,叶通,李东.多状态马尔可夫信道的时延分析[J].电信科学,2016,32(9):22-28.
- [6] 郭业才,赵卫娟,张秀再.卫星信道三状态 Markov 模型设计与仿真[J].计算机应用,2016,36(1):91-95.
- [7] 高小栩.卷积 LDPC 码在瑞利信道下的性能分析[J].数字技术与应用,2012,(12):78-79.
- [8] 李丹,柯峰.一种基于基扩展模型的 OFDM 频域快时变信道估计方法[J].信号处理,2012,28(2):193-199.
- [9] 杨浩,桑林.瑞利衰落信道 Jakes 模型的研究与性能分析[J].现代电信科技,2012,(8):26-29.

Networking[J].Journal of Electronic Science and Technology,2014,(1):33-38.

- [6] 张月霞,张玉宣,王加庆.基于 TD-LTE 和 Android 技术的智能家居系统设计[J].计算机测量与控制,2016,(8):182-185.
- [7] 邵鹏飞,王喆,张宝儒.面向移动互联网的智能家居系统研究[J].计算机测量与控制,2012,(2):474-476,479.
- [8] 宁炳武.Zigbee 网络组网研究与实现[D].大连:大连理工大学,2007.
- [9] 孙荣霞,袁颖,王硕南,李瑞.基于 ZigBee 的温室环境无线测控系统[J].计算机测量与控制,2016,(11):81-84.
- [10] 李长有,王文华.基于 DHT11 温湿度测控系统设计[J].机床与液压,2013,(13):107-108,97.
- [11] 张群强,赵巧妮.基于 MQ-2 型传感器火灾报警系统的设计[J].价值工程,2015,(13):96-98.
- [12] 廉小亲.基于脉搏传感器的家用智能心率监控系统[A].中国自动化学会、江苏省自动化学会.2005 年全国自动化新技术学术交流会议论文集[C].中国自动化学会、江苏省自动化学会,2005:3.

作者简介:李嘉昕(1994-),男,硕士,研究方向:嵌入式开发。

- [10] 刘燕莉,景小荣,于秀兰.基于 Matlab 的 3D MIMO 信道空间相关性仿真[J].计算机仿真,2013,30(12):187-190.
- [11] 陈启香,李茂青,林俊亭.列车超短波直接通信信道衰落特性分析[J].计算机工程与应用,2015,51(8):74-78.
- [12] 周杰,姚颖莉,邵根富.基于车载通信标准街道场景的电磁散射信道模型[J].物理学报,2016,65(14):501-509.
- [13] 周杰,朱慧娟,袁梅.基于二维空间域移动通信统计信道的空时特性[J].电子技术应用,2016,42(8):116-120.
- [14] 冯佳计,贾晓伟,沈建琪.小变量情况下第一类整数阶 Bessel 函数的计算[J].电子学报,2016,44(11):2720-2725.
- [15] 吴帆,郑臻哲.基于博弈论的频谱动态管理研究[J].计算机研究与发展,2016,53(1):38-52.
- [16] 崔家礼,宫贺,王一丁.基于代数距离的椭圆拟合的优化及应用研究[J].计算机科学,2014,41(s2):88-90.
- [17] 王美洁,郭锐.极化码低时延列表连续删除译码算法[J].通信技术,2016,49(3):270-273.
- [18] 肖楠,梁俊,张衡阳.一种适用于卫星网络信道预约的统计预测机制[J].系统工程与电子技术,2014,36(12):2518-2525.

作者简介:田红林(1968-),男,高级工程师,研究方向:信息化。