

基于无线传感网的消防员生命体征参数 监测系统研究

邹 鸣¹, 鲍贤亮², 陈年海², 徐一凡², 庄建军², 宁新宝²

(1.南京森林警察学院学生处,江苏 南京 210023)
(2.南京大学电子科学与工程学院,江苏 南京 210023)

摘要 本文设计了一种基于无线传感网的消防员生命体征参数监测系统. 系统采用 **HK-2000B+脉搏传感器** 采集人体脉搏信号,以单一 CC2530 芯片作为信号采集和无线通讯平台,用 C#控件编写上位机监控软件,实现了对消防人员生理参数的远程实时监控,包括实时脉搏波形显示和瞬时心率计算. 本系统具有低功耗、远距离、高稳定性的特点,为消防员野外救灾任务提供安全保障和支持.

关键词 消防, Zigbee 技术, 无线传感网, 可穿戴式设备

中图分类号 TP274 **文献标志码** A **文章编号** 1672-1292(2015) 02-0083-05

Study on a Monitoring System for Vital Signals from the Firemen at Work Based on Wireless Sensor Network

Zou Ming¹, Bao Xianliang², Chen Nianhai², Xu Yifan², Zhuang Jianjun², Ning Xinbao²

(1.Office of Student Affairs, Nanjing Forest Police College, Nanjing 210023, China)
(2.School of Science of Electronics and Engineering, Nanjing University, Nanjing 210023, China)

Abstract: This paper designs a fireman vital signal monitoring system based on wireless sensor networks. With the use of **HK-2000B+pulse sensor**, CC2530 development platform and PC Windows software on C#, the system realizes remote real-time monitoring of firefighters' physiological parameters, including pulse waveform display and instantaneous heart rate calculation. With the advantage of low power, remote distance and high stability, this system provides security and support for firefighters rescue mission and has great practical value. It shows the broad application prospects in conjunction with other sensors and wearable devices.

Key words: firefighting, Zigbee technology, wireless sensor network, wearable devices

据有关文献统计,1996 年至 2005 年的 10 年间,全国消防员牺牲共 131 人,伤残 1 610 人;而 2007 年至 2009 年仅 3 年间,全国就有 153 名消防员牺牲,500 余人伤残. 一方面消防员执行救火任务时发生意外伤亡事件呈明显上升趋势,另一方面有关于消防员生命体征远程监控方面的相关研究尚属空白. 消防救火人员实时监测系统的开发可对消防员自身的安全预警、人员的合理调度、危险处境的及时救援提供必要的保障和支持.

无线传感器网络技术在军事、农业、环境监测、医疗卫生、工业、智能交通、建筑物测量、空间探索等领域有着广阔的应用前景和巨大的应用价值. 本文参照无线传感网络在地震救灾^[1]、矿井安全监测^[2]等领域的应用,设计一种基于无线传感网的消防员生命体征参数监测系统,以便消防人员在执行野外救灾任务时,实时监测每位消防员的生理参数,及时了解参加消防救灾任务的消防员的人身安全情况.

1 系统整体框架

本系统主要分为 3 个部分:佩戴在消防员身上的脉搏传感器和无线发射装置、监测中心的无线接收装

收稿日期: 2015-01-17.

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金项目(LGYB201416)、国家级大学生创新训练计划项目(G1410284025).

通讯联系人: 庄建军,博士,副教授,研究方向: 医学电子、嵌入式技术应用. E-mail: jjzhuang@nju.edu.cn

置及上位机监控软件. 脉搏信号采集采用 **HK-2000B+型压电薄膜式脉搏传感器**,模数转换和无线通讯采用 CC2530 芯片,上位机窗口软件 and 数据处理采用 C#编程,整个系统实现对消防员脉搏信号的远程实时监测.

2 硬件模块设计

2.1 脉搏数据采集通信模块

佩戴在消防员身上的脉搏数据采集通讯模块包括两个部分: 脉搏传感器和无线发射装置.

脉搏数据采集模块采用 **HK-2000B+集成传感器**,该脉搏传感器利用力敏元件(PVDF 压电薄膜) 采集人体的脉搏信号^[3]. 电路部分外置,集成了信号放大、信号调理、幅度调整和基线调整等电路,输出直接连接 A/D 转换电路. 该传感器器具有灵敏度高(2 000 $\mu\text{V/mmHg}$)、抗干扰能力强、性能可靠及使用寿命长等优点.

无线发射模块采用 CC2530 集成芯片. CC2530 芯片内集成了 2.4 GHz IEEE 802.15.4 兼容 RF 收发器,高性能、低功耗的具有代码预取功能的 8051 微控制内核,在系统可编程 Flash 存储器和 8 kB RAM,外围设备包括 DMA、定时器、串行通信协议 USART 和通用的 I/O 引脚等^[4].

CC2530 芯片完成对 **HK-2000B+脉搏传感器**测得的模拟信号的模数转换,再将数据通过 RF 收发器发射至远端的协调器.

2.2 协调器

Zigbee 的节点类别有 3 种: 协调器、路由器和终端. 一个组网有且只能有一个协调器,负责为每个节点分配 16 位网络地址. Zigbee 网络由协调器实现自组网功能. 当协调器启动时,会在允许的多个通道上进行能量扫描和搜索其他 Zigbee 协调器,根据附近协调器和路由器返回的信标帧,尝试选择一个没有被占用的个域网标志(PAN ID) 建立自己的网络. 新网络成功建立后,Zigbee 路由器和终端设备即可加入到此网络中^[5-7].

本系统协调器模块仍使用 CC2530 芯片,在接收到终端发送的数据后,以串口的方式将数据发送到上位机. 系统的网络拓扑结构如图 1 所示.

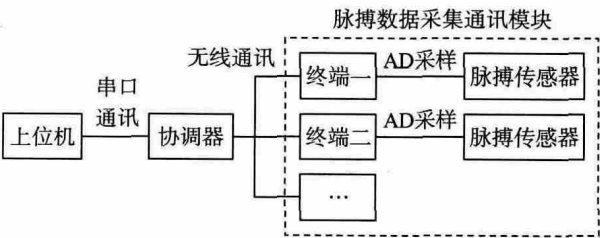


图 1 系统的拓扑结构图
Fig. 1 Topology of the whole system

3 软件模块设计

本系统的软件开发主要包括脉搏数据采集通信模块软件设计、协调器软件设计及上位机监控软件设计.

3.1 脉搏数据采集通信模块

脉搏数据采集通信模块设计主要包括节点入网、对脉搏模拟信号进行 AD 采样和发送采样值. 本系统 AD 采样精度为 12 位,用 2 个字节传输,缓冲区设为 41 个字节,采样间隔为 0.066 s,缓冲区满后完成一次无线发送,先高八位后低八位,41 个数据流第一个字节为终端节点网络地址末八位,用以区分不同节点传来的数据,后跟随 20 个采样点的数据. 终端软件流程如图 2 所示.

3.2 协调器

协调器接收每个节点发来的脉搏采样点数据并将其通过串口传输到上位机,调用硬件模块函数,配置串行端口 COM2、波特率设置为 115 200 bps、数据位 8 位、奇偶校验位无、停止位 1 位等. 协调器软件流程如图 3 所示.

3.3 上位机监控软件

本系统的上位机监控软件采用 C#语言开发,利用公共控件生成监控软件的窗口整体框架,利用 SerialPort 串口通讯控件接收协调器发送过来的脉搏数据^[8],最后处理数据、显示波形和计算心率. 脉搏模拟信号的最小值明显且突出,计算心率时,以脉搏波波形的最小值为特征点,记录相邻最小值间隔点的个数,乘以采样间隔时间即可得脉搏的瞬时周期,取倒数后即得瞬心率.

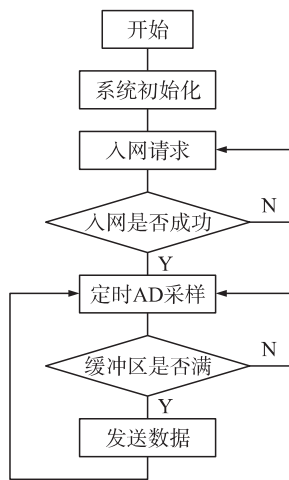


图 2 脉搏数据采集通信模块流程图
Fig. 2 The flow chart of Zigbee terminal Module

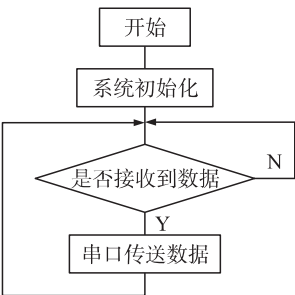


图 3 协调器软件流程图
Fig. 3 The flow chart of Zigbee coordinator Module

每一搏最小值搜索算法实现原理如下: 先找到某个极小值点, 并与该点后一段时间内的点比较, 若该极小值比它们都小, 就认为该极小值是一个最小值点, 若还有其他点的值比该极小值小, 就用此点作为新的极小值点, 如此重复判断下去, 即可得每一个脉搏周期的最小值。

4 测试结果与分析

脉搏传感器输出并经放大电路后的模拟信号(波形倒置未反相) 如图 4 所示。

上位机监控软件运行界面如图 5 所示。其中, 节点 1 是接收到的脉搏信号, 节点 2 是同时接收到的标准 1.2 Hz 正弦波信号, 数据个数一栏显示出串口缓冲区接收到的字节数和完成处理的字节数。

本文采用标准正弦波信号测试并验证监控系统心率计算的准确性。图 4 所示脉搏波传感器输出的脉搏波波形和图 5 所示上位机接收到的脉搏波波形外观上看非常接近, 观察图 4 中波形的周期大约为 0.7 s, 即 85.7 次/min, 上位机软件计算得到 82 次, 由于示波器读取周期为估算, 且示波器截屏和监控软件截屏难以做到严格同步, 故两者的误差在可以接受范围内。表 1 所示为标准正弦波测试结果, 表明对 0.9 Hz~1.4 Hz 频率范围内的正弦波系统均可较准确地计算出频率。普通人的心跳在 70 次/min 左右(60 次/min~100 次/min 之间), 系统在此范围都有很好的准确度和稳定性。

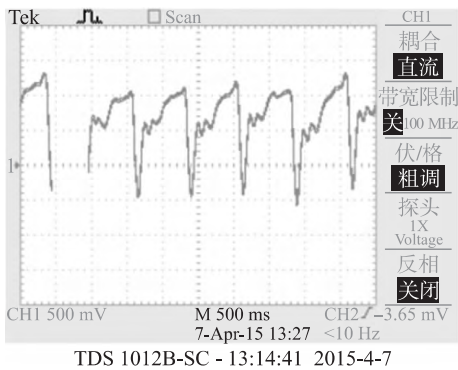


图 4 HK-2000B+脉搏传感器输出的模拟信号
Fig. 4 Pulse output signal of HK-2000B+sensor

表 1 标准正弦波测试结果

Table 1 The testing result using sinusoidal signal

标准正弦波 输出频率/Hz	理论测得心 率值/(次/min)	软件显示 结果/(次/min)
0.9	54	56
1	60	61
1.1	66	65
1.2	72	69
1.3	78	75
1.4	84	82

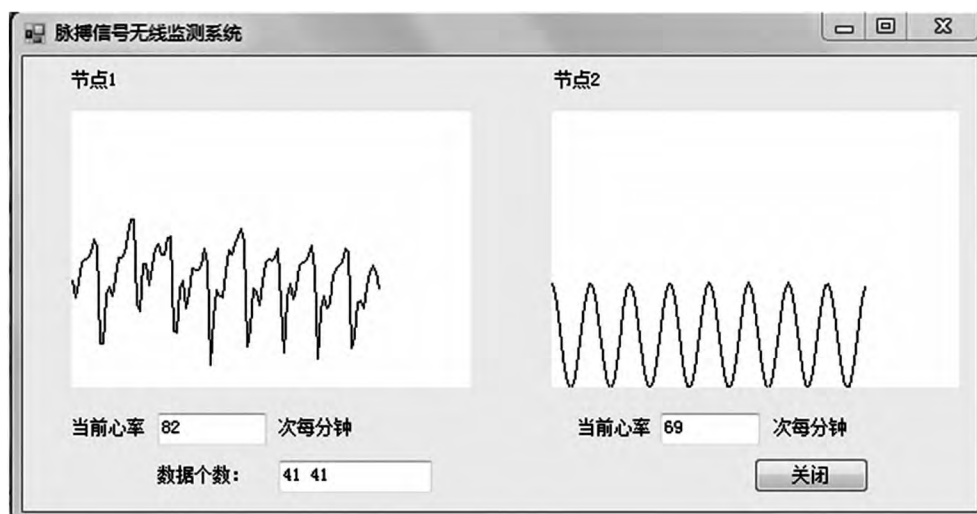


图5 上位机监控软件

Fig. 5 Monitoring Software on PC

5 结语

本文利用 **HK-2000B+脉搏传感器** 和 CC2530 无线通讯模块搭建了一个多节点实时脉搏监测系统,实现了对消防员生命体征的远程监控,同时多节点数据传输稳定,心率计算误差较小。Zigbee 网络的传输距离可达 200 m。CC2530 芯片在接收模式时工作电流为 24 mA,在发射模式(1 dBm)时工作电流为 29 mA,而待机模式下最低仅有 0.4 μ A,真正实现了远距离和低功耗。该系统目前只搭建了监测系统的主要框架,未来还可配合毒气传感器和温度传感器,实现对救灾环境的检测^[8],配合 GPS 定位或 RSSI 定位,在控制中心实现即时的救灾人员调度^[10],既可以保障消防人员的生命安全,也能为救灾任务提供第一手的现场信息,为科学救灾提供保证,有着良好的开发前景和实用价值。

参考文献 (References)

- [1] 吴蒋,李壮,张运波. 基于 Zigbee 技术的地震灾区人员搜救系统 [J]. 地球物理学进展,2008,23(4):1336-1339.
Wu Jiang, Li Zhuang, Zhang Yunbo. Design of the search and rescue work system based on ZigBee technology [J]. Progress in Geophysics, 2008, 23(4): 1336-1339. (in Chinese)
- [2] 张任,张亚南. 煤矿人体安全监测系统设计 [J]. 塔里木大学学报,2012,24(1):31-36.
Zhang Ren, Zhang Yanan. Design of coal mine human safety monitoring system [J]. Journal of Tarim University, 2012, 24(1): 31-36. (in Chinese)
- [3] 兰羽. **HK-2000A 传感器**的脉搏测量系统设计 [J]. 自动化技术与应用,2013,32(9):118-120.
Lan Yu. The design of pulse measurement system based on HK-2000A sensor [J]. Techniques of Automation and Applications, 2013, 32(9): 118-120. (in Chinese)
- [4] 龚文超,吴猛猛,刘双双. 基于 CC2530 无线监控系统设计与实现 [J]. 电子测量技术,2012,35(6):33-36.
Gong Wenchao, Wu Mengmeng, Liu Shuangshuang. The design and realization of wireless monitoring system based on CC2530 [J]. Electronic Measurement Technology, 2012, 35(6): 33-36. (in Chinese)
- [5] 凌秀泽,秦荪榛,徐寅林. 心电信号无线传输网络节点的研究与实现 [J]. 南京师范大学学报:工程技术版,2012,12(3):71-75.
Ling Xiuzhe, Qin Sunzhen, Xu Yinlin. Study and realization of wireless transmission network nodes of ECG [J]. Journal of Nanjing Normal University: Engineering and Technology Edition, 2012, 12(3): 71-75. (in Chinese)
- [6] 秦荪榛,凌秀泽,徐寅林. 基于无线传感网络的血氧实时监测系统的研究与设计 [J]. 南京师范大学学报:工程技术版,2012,12(4):39-43.
Qin Sunzhen, Ling Xiuzhe, Xu Yinlin. Research and design of real-time blood oxygen monitoring system based on wireless sensor network [J]. Journal of Nanjing Normal University: Engineering and Technology Edition, 2012, 12(4): 39-43. (in Chinese)

- [7] 唐晓强,王红旭,陈庆兰. 基于 GPRS-Zigbee 的路灯监控系统设计 [J]. 数据采集与处理,2010(S1): 196-199.
Tang Xiaoqiang,Wang Hongxu,Chen Qinglan. Street lamp monitoring system design based on GPRS-ZigBee [J]. Journal of Data Acquisition & Processing,2010(S1): 196-199.(in Chinese)
- [8] 刘仁杰,姚星周. Windows 环境下多线程多串口通信的实现 [J]. 工业控制计算机,2011,24(5): 32-33.
Liu Renjie,Yao Xingzhou. Serial communication use of multithreading technique in Windows system [J]. Industrial Control Computer,2011,24(5): 32-33.(in Chinese)
- [9] 李正周,方朝阳,顾园山,等. 基于无线多传感器信息融合的火灾检测系统 [J]. 数据采集与处理,2014,29(5): 694-698.
Li Zhengzhou,Fang Chaoyang,Gu Yuanshan,et al. Fire detection system based on wireless multi-sensor information fusion [J]. Journal of Data Acquisition & Processing,2014,29(5): 694-698.(in Chinese)
- [10] 李战明,李振兴. ZigBee 技术在人员搜救系统中的应用 [J]. 电子测量与仪器学报,2011,25(2): 186-190.
Li Zhanming,Li Zhenxing. Application of ZigBee technology in rescue system [J]. Journal of Electronic Measurement and Instrument,2011,25(2): 186-190.(in Chinese)

[责任编辑: 严海琳]

(上接第 14 页)

- [1] 崔新新. 单自关断开关桥式短路故障限流器拓扑与控制策略 [D]. 南京: 南京师范大学电气与自动化工程学院,2013.
Cui Xinxin. Since the cut-off switch pipe bridge type circuit fault current limiter topology and control strategy [D]. Nanjing: School of Electrical and Automation Engineering,Nanjing Normal University,2013. (in Chinese)
- [2] 费万民,吕征宇,吴兆麟,等. 三相接地系统短路故障限流器及其控制策略 [J]. 电力系统自动化,2002,26(8): 33-37.
Fei Wanmin,Lu Zhengyu,Wu Zhaolin,et al. Short circuit fault current limiter used in grounded three-phase power system and its control mode [J]. Automation of Electric Power Systems,2002,26(8): 33-37. (in Chinese)
- [3] 费万民,吕征宇,谭凌云,等. 三相不接地系统短路故障限流器的研究 [J]. 电力系统自动化,2002,26(16): 48-51.
Fei Wanmin,Lu Zhengyu,Tan Lingyun,et al. Research of short circuit fault current limiter used in three-phase ungrounded power systems [J]. Automation of Electric Power Systems,2002,26 (16): 48-51. (in Chinese)
- [4] 费万民,张艳丽,吕征宇. 基于 IGCT 的新型固态桥式短路故障限流器 [J]. 电力系统自动化,2006,30(7): 60-64.
Fei Wanmin,Zhang Yanli,Lu Zhengyu. IGCT-based novel solid state bridge type fault current limiter [J]. Automation of Electric Power Systems,2006,30(7): 60-64. (in Chinese)
- [5] 费万民,张艳丽,孟照娟,等. 基于自关断器件的三相不接地系统短路限流器及其实验研究 [J]. 电工技术学报,2007,22(5): 64-70.
Fei Wanmin,Zhang Yanli,Meng Zhaojuan,et al. Fault current limiter based on self-turn-off devices for three-phase ungrounded power systems [J]. Transactions of China Electrotechnical Society,2007,22(5): 64-70. (in Chinese)
- [6] 张艳丽,费万民,吴勤. 基于单可控开关的短路故障限流器 [J]. 电力自动化设备,2009,29(8): 46-50.
Zhang Yanli,Fei Wanmin,Wu Qin. Fault current limiter based on single controllable switch [J]. Electric Power Automation Equipment,2009,29(8): 46-50. (in Chinese)

[责任编辑: 严海琳]