

# 基于 Zigbee 的人体心电信号无线监测系统的设计

韩 泊, 苗长云, 戈立军

(天津工业大学 电子与信息工程学院, 天津 300387)

**摘要:** 提出了一种基于 Zigbee 技术的人体心电信号无线监测系统设计方案; 采用 Zigbee 技术和 STM32W108 ARM 芯片设计了系统采集节点和汇聚节点的硬件电路, 采用 C 语言编写了其软件, 实现人体心电信号的采集和无线传输; 利用 Labview 软件设计人体心电监测界面, 实现了利用 PC 机对采集到的心电信号进行实时监测; 实验表明, 该监测系统通信质量良好, 能够实现心电信号的采集、波形显示, 以及心率值和心电频谱的分析, 在家庭医疗领域具有较高的应用价值。

**关键词:** 心电监测; Zigbee; STM32W108 微处理器; Labview

## Wireless Human Body ECG Monitoring System Based on Zigbee

Han Bo, Miao Changyun, Ge Lijun

(College of Electronics and Information Engineering, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387, China)

**Abstract:** This paper presents a ECG monitoring system design based on Zigbee technology; Use Zigbee technology and STM32W108 ARM chip to design the hardware circuits of acquisition nodes and sink node, and use C language to write their software, to realize human ECG acquisition and wireless transmission; Through the PC for data monitoring and analysis based on the ECG monitoring user interface designed by the Labview software of National Instruments Company. The experiments show that, the monitoring network achieves relatively more precise ECG acquisition, monitoring and analysis of heart rate and ECG spectrum. The system has certain application value in the family guardianship field.

**Keywords:** ECG monitoring; Zigbee; STM32W108; Labview

## 0 引言

据统计, 我国每年患心脏病的人数接近 200 万人, 由于得不到及时有效的救治, 心脏病病人医院外死亡率高达 85%<sup>[1]</sup>。传统医院内的心电监护仪虽然能够提供高精度的测量, 但由于其是有线监测, 这在某种程度上限制了病人的活动自由, 并且病人需要经常在医院和家庭之间劳苦奔波, 一定程度上延误了患者尤其是老年患者病情的及时诊断<sup>[2]</sup>。因此在人均高质量医疗卫生资源匮乏的背景下, 如何快速有效地为患者提供医疗服务, 及时有效地为患者进行救治成为当前我国医疗体系建设中亟待解决的问题。

近年来, 随着无线通信技术的快速发展, 可穿戴式人体生理监测技术应运而生, 可实时采集生理信号、提取信号特征、传输数据, 从而实现对人体非介入式、无创的医疗诊断监测。通过无线技术的应用, 高度集成的前端采集, 以及低功耗的组网方案, 在一定程度上使便携式心电监护成为了可能。Zigbee 是一种近年来才兴起的短距离、低功耗、自组织的无线通信技术。

Zigbee 工作频段在 2.4 GHz 的情况下, 最高通信速率为

250 kbps, 满足对心电数据传输的需求; 在采用星形网络拓扑结构时, 网内主节点最多可管理 254 个子节点, 扩展性好; 同时 Zigbee 免协议专利费, 开发成本低<sup>[3]</sup>。总的来说, Zigbee 就是一种便宜的, 低功耗的近距离无线通信组网技术。

因此, 本文设计了一种基于 Zigbee 的人体心电信号无线监测系统, 通过采集节点和 Zigbee 技术实现人体心电数据的分布式采集和无线传输, 利用汇聚节点进行数据收集和转换, 再经由以太网传输至远程 PC 机监测端, 该系统能够实现对人体心电信号的采集、传输和实时监测。

## 1 监测系统设计方案

基于 Zigbee 的人体心电信号无线监测系统是由心电传感器、采集节点、汇聚节点、以太网以及 PC 机组成, 其组成框图如图 1 所示。

心电传感器测量方式为标准的三导联输入。采集节点实现对人体心电信号的采集和通过 Zigbee 方式将数据无线传送给汇聚节点。本文中的 Zigbee 网络采用星形拓扑, 结构简单, 相邻节点间不使用中继的情况下, 可以通信 10~100 m, 满足实际情况的需要。汇聚节点将通过 Zigbee 接收到的心电数据进行转换, 经由以太网传输至 PC 机上, 利用现有的以太网资源, 节省成本且传输距离较远。远程 PC 机上的监测软件对接收到的心电数据进行波形显示, 以及其他的分析处理。

收稿日期: 2014-02-03; 修回日期: 2014-03-29。

基金项目: 国家青年科学基金(61307094)。

作者简介: 韩 泊(1988-), 男, 辽宁朝阳人, 工学硕士, 主要从事嵌入式测控方向的研究。

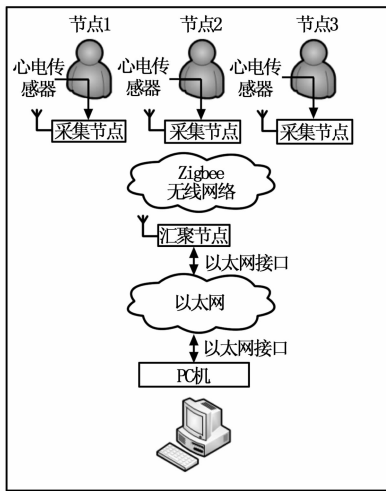


图 1 系统整体结构图

## 2 硬件电路设计

### 2.1 采集节点硬件设计

采集节点由心电传感器、微控制器和外置天线组成，其组成框图如图 2 所示，心电传感器具有 475 倍增益，共模抑制比为 65 dB，能够测量 0~4 mV 的人体心电波形。调理后的心电信号通过全双工 UART 传送给微控制器内置的 EM250 无线收发器，再通过外置天线无线发送给汇聚节点。

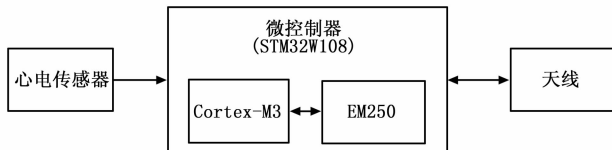


图 2 采集节点组成框图

微控制器采用意法半导体 (ST) 公司生产的 STM32W108 芯片，该芯片是内置有 Cortex-M3 ARM 处理单元，并集成有 IEEE802.15.4 无线通信标准的系统级芯片<sup>[4]</sup>，与其它 2.4 GHz 片上芯片最大的区别在于：(1) 在保持低功耗的情况下，采用的是 32 位 Cortex-M3 内核，处理能力强；(2) 芯片内部将 Zigbee 协议栈封装在 EM250 芯片中，为用户进行物联网应用开发提供了便利；(3) 芯片内部功率放大器的发射功率可以达到 +7 dBm，无需功率放大就可获得较大的通信距离<sup>[5]</sup>，符合对于心电采集系统的需求。

### 2.2 汇聚节点硬件设计

汇聚节点由外置天线、微控制器、以太网控制器和相应的以太网接口电路组成，除以太网控制器外，其余部分均与采集节点相同，汇聚节点采用 ENC28J60 作为以太网控制芯片，STM32W108 使用 SPI 总线将心电数据交由 ENC28J60，再通过以太网传输给 PC 机。

ENC28J60 是带有行业标准串行外设接口 (SPI) 的独立以太网控制器。它可作为任何配备有 SPI 控制器的以太网接口。同时 ENC28J60 还提供了一个内部的 DMA 模块，以实现快速数据吞吐和硬件支持的 IP 校验和计算，数据传输速率高达 10 Mb/s<sup>[6]</sup>。

## 3 软件设计

### 3.1 采集节点软件设计

STM32W108 微处理器的开发环境为 IAR 公司的 Embedded Workbench for ARM (EWARM) 软件，该软件是 IAR System 公司为 ARM 微处理器研发的一个集成开发环境，相比其他 ARM 开发环境，IAR EWARM 具有入门容易、使用方便和代码紧凑等特点<sup>[7]</sup>。

在采集节点，程序主要的功能是处理采集到的心电信号，数据格式的转换，并通过内置的 EM250 无线发射模块将数据传输出去。采集节点的软件设计流程如图 3 所示：微控制器上电后，首先对 Zigbee 协议栈进行初始化，然后查询是否能够成功的加入到网络中，加入网络后，等待汇聚节点分配网络地址、并下达采集指令。然后开始采集心电数据，采集完毕产生中断，STM32W 芯片对采集到的心电数据打包，经由 Zigbee 方式无线发送至汇聚节点。

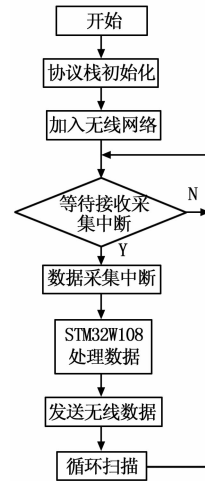


图 3 采集节点软件流程图

### 3.2 汇聚节点软件设计

在汇聚节点，程序主要汇总从各采集节点发送过来的心电数据，并通过 SPI 总线连接的外围 ENC28J60 芯片，将数据经由以太网发送至 PC 机上。汇聚节点的软件设计流程如图 4 所示：汇聚节点上电后同样首先对内置的网络协议栈进行初始化，建立一个网络，当有采集节点加入的时候，分配给该节点一个地址，并向该节点发送采集数据的指令，汇聚节点设置一个中断，当采集节点向汇聚节点发送数据请求时，产生中断，此时汇聚节点将收到的心电数据进行帧格式转换，以适应跨交换机和路由器的远距离传输，最终经由以太网将数据传输至远程 PC 机上。

### 3.3 PC 机监测软件设计

本文采用美国国家仪器公司的 Labview 软件，设计上位机监测界面。Labview 软件具有图形化编程环境、可重用性高、调试功能强大等特点。该监测软件除了显示心电波形外，还可以从心电信号中提取其它非直接的测量信息，最常见的就是心率值和 RR 间期的计算，RR 间期即相邻两个 R 波时间的差值，对于分析心率变异 (HRV)，即心率的快慢差异性有很大

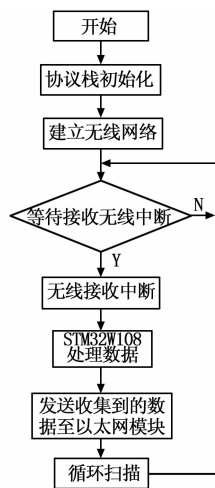


图 4 汇聚节点软件流程图

帮助, 有助于及时发现患者的心电异常。另外, 如果需要对采集到的心电数据进行存储或者进一步分析, 也可以利用 Labview 的 Express VI, 将心电数据存储成 .txt 或者 .xls 格式, 同时也可以利用 Labview 自带的 MATLAB Script Node, 对心电信号进行小波分析等操作。对生理数据的呈现、存储和分析对后期的研究具有重要的意义<sup>[8]</sup>。

本系统监测软件程序框图如图 5 所示, 利用 Labview 自带的 VISA, 也即 I/O 的 API 接口, 调用 UDP 协议, 将指定端口接收到的数据进行格式转换, 低通滤波等处理, 首先得到心电波形, 然后对波形进行其他的间接分析: 频谱计算、心率值计算, 以及通过峰值检测、差值计算等处理, 计算出 RR 间期值。

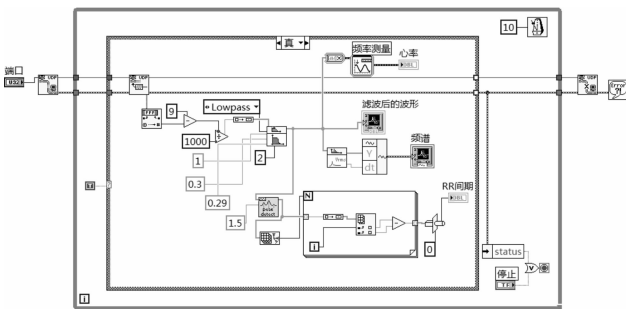
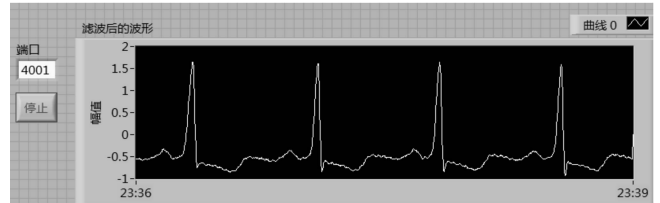


图 5 Labview 程序框图

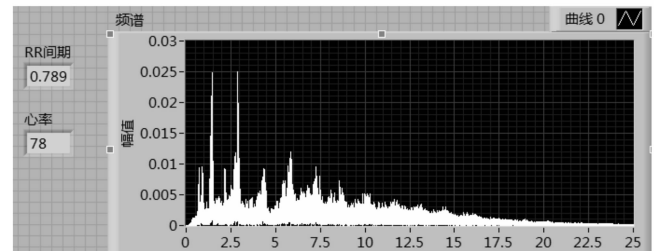
### 4 系统实验

系统测试时, 被试者贴好 3 个标准的心电电极, 手持采集节点端, 在室内自由活动, 汇聚节点也放置在同一个屋子内, 并同时设置汇聚节点与上位机 PC 端的 IP 地址使二者位于同一个局域网内, 然后开始进行心电数据采集。实验如图 6 所示, 图 6 (a) 指定接收计算机端口号 4001 的网络数据, 经过 UDP 读取, 低通滤波等处理, 将心电波形显示在前面板上。图 6 (b) 对接收到的心电信号进行其他的非直接分析, RR 间期值为 0.789, 符合 0.6~0.8 这一区间, RR 差值正

常; 心率值为 78, 也符合人体正常的心率指标。通过实验图可以看出, 软件能够对采集到的心电数据进行正确的波形显示与分析。整个界面简洁, 波形显示清晰, 系统的通信质量良好。



(a) 心电波形显示图



(b) RR间期、心率、频谱图

图 6 Labview 实验图

### 5 结论

本文提出了一种基于 Zigbee 技术的人体心电信号无线监测系统设计方案, 利用 Zigbee 技术自身的自组织通信、低功耗等特点, 对人体心电信号进行无线实时监测。实验表明, 该系统无线通信质量良好, 实现了对采集到的人体心电数据进行正确的波形显示和分析。系统结构简单、应用方便, 基本满足当前对于个性化和信息化无线医疗监护的需求, 为远程家庭医疗监护系统的发展提供了帮助。

#### 参考文献:

- [1] 张 澍. 中国心脏病猝死防治现状、困境及前景 [A]. 中华医学会第十一次全国心血管病学术会议专题报告汇编 [C], 2009.
- [2] 黄晓东, 陈怡彬, 黄小贤. 基于 Zigbee 的远程心电监护系统设计 [J]. 医疗卫生设备, 2013, (4): 7-9.
- [3] 袁 源, 王紫婷, 刘洋帆. 基于 FPGA 和 ZigBee 技术的智能家居系统 [J]. 信息通信, 2011, (6): 42-43.
- [4] 赵汗青, 王亚刚, 王 凯. 基于 Zigbee 无线通信协议的智能灯光控制系统设计 [J]. 电子技术设计与应用, 2012, (10): 62-64.
- [5] 董 洁, 笄东旭, 杨文武, 等. 基于 STM32W 的老人心率实时监测及跌倒检测系统 [J]. 电子元器件应用, 2012, (12): 75-78.
- [6] 高吉星, 赵 强, 佟为明. 基于 ENC28J60 的 TMS320F2812 以太网通信接口设计 [J]. 计算机测量与控制, 2013, 21 (3): 709-711.
- [7] 王 廷, 焦斌亮, 纪丽猛. 基于 STM32W108 的油田无线传感网络设计 [J]. 计算机安全, 2011, (5): 31-34.
- [8] 杨 林, 张永魁. 基于 Zigbee 的多生理参数测量与分析系统的设计 [J]. 中国医疗设备, 2012, (2): 25-27.