

基于 GPS 与 GPRS 的远程健康监护系统的设计

张立¹, 徐凯¹, 胡俊峰¹, 赵强²

(1. 徐州医学院 医学影像学院, 江苏 徐州 221000; 2. 徐州医学院 医学信息学院, 江苏 徐州 221000)

摘要: 为实现对存在健康隐患人群的位置及生命特征信息远程监测, 设计了基于 GPS 与 GPRS 的远程健康监护系统; 以 STM32 为主处理器, 根据生命特征传感器采集的信号特点, 设计监测节点驱动电路; 在 GPS 与 GPRS 网络的基础上, 设计监测节点软件; 利用软件设计技术, 设计监控终端与数据处理中心; 最终该系统能够实时获取和转发人体血氧、心电、温度及位置信息, 数据处理服务平台能够存储、分析和发布获取的信息, 各监控终端可以查询被监测者的位置与生命特征信息; 测试表明, 该系统采集的数据准确, 信号转发能力强, 能够满足应用需求。

关键词: STM32; GPRS 网络; GPS 系统; 生命特征; 健康监护

Design of Remote Health Monitoring System Based on GPS and GPRS

Zhang Li¹, Xu Kai¹, Hu Junfeng¹, Zhao Qiang²

(1. School of Medicine Imaging, Xuzhou Medical College, Xuzhou 221000, China;

2. School of Medical Information, Xuzhou Medical College, Xuzhou 221000, China)

Abstract: This article has designed a remote health monitoring system based on GPS and GPRS to monitor the position and vital signs information of people who have health hazards. On the basis of STM32 and according to signal features of vital signs information sensors, the drive circuit of monitoring node has been designed. By using GPS and GPRS network, the software of monitoring node has been designed. Various monitoring terminals and data processing service platform are designed by using software design technology. Finally, this system can obtain and retransmit blood-oxygen signals, ECG, temperature and position information of body. Data processing service platform is responsible for information storage, analysis and dissemination. Various monitoring terminals can query data processing service platform for position and vital signs information. The test results show that this system can collect precise data, have strong ability to retransmit signals and meet the application requirements.

Keywords: STM32; GPRS network; GPS system; vital signs; health care

0 引言

生命的基本特征信息有脉搏、体温、呼吸、血压等, 它们是生命存在的基本条件, 也是评价人体健康状况的重指标^[1-2]。

随着通信技术的飞速发展, 众多国内外的组织开始进行基于无线网络的健康监护系统的设计与研发^[3-4]。麻省理工大学的 SMART 项目组研制的用于监测急诊室等候区患者生命特征信息的信息采集, 报警联动系统^[5]; 范德堡大学的 CareNet 小组研制的远程健康监护系统, 可以利用移动网络将实时采集的 ECG 信息转发到服务中心^[6]; 乔治亚理工学院的 Daniela Staiulescu 设计了可以采集心电信号的可移动的传感器系统等^[7]。

本文结合 GPRS 技术、GPS 全球定位技术、生命特征传感器技术、物联网技术、Android 技术, 设计了能够实时获取被监测者的位置及心电、血氧、体温等生命基本特征信息的系统。

1 系统总体设计

系统主要由监测节点、数据处理服务平台、监控软件和手

持终端等几个部分构成, 系统整体框架如图 1 所示。GPRS 技术具有高速处理数据的能力, 是一项被广泛应用的移动通讯技术。选用 GPRS 技术作为本系统的无线通信方式, 结合现有的以太网, 构成本系统的通信网络。首先监测节点通过 GPS 模块实时获取节点的位置信息。与此同时, 监测节点也在实时采集人体的特征信息, STM32 处理器将这些数据打包后通过 GPRS 接入点将这些数据推送到以太网, 数据处理服务平台通过以太网接收到这些数据包, 然后对位置信息和人体特征相关数据进一步处理, 并进行有效的抽取、融合、分析和预测并向不同的监控端推送它们各自所需的数据。各监控终端也可以主动向数据处理服务平台申请获取相关信息, 从而可以实时了解被监护人所在位置以及其身体健康状况。

2 监测节点硬件设计

监测节点由血氧、体温、心电等人体特征传感器前端、传感器驱动模块、GPS 模块、SIM 卡模块、主处理器等几个部分组成, 节点的硬件框架如图 2 所示。监测节点选用意法半导体公司的 STM32 作为主处理器, 该款芯片具有资源丰富、数据处理能力强、低功耗等特点^[8]。传感器前端采集的信号经过驱动模块处理后, 转换成 STM32 可以采集的模拟或数字信号。与此同时, 处理器周期性地从 U-BLOX 模块获取被监测者所处位置的经纬度数据, STM32 完成一次完整的数据采集后, 通过华为公司的 SIM300S 模块将数据发送出去。也可以响应按键事件, 进行人体特征数据的本地显示。为了降低监测节点的功耗, 定时开启各驱动模块完成人体特征信息和位置信

收稿日期: 2014-05-20; 修回日期: 2014-06-25。

基金项目: 徐州市科技计划项目 (XM13B021); 徐州市科技计划项目 (XM12B077)。

作者简介: 张立 (1990-), 男, 江苏徐州人, 主要从事嵌入式技术、无线网络、信号处理方向的研究。

赵强 (1958-), 男, 江苏徐州人, 教授, 主要从事医学信息、医疗大数据、传感器网络方向的研究。

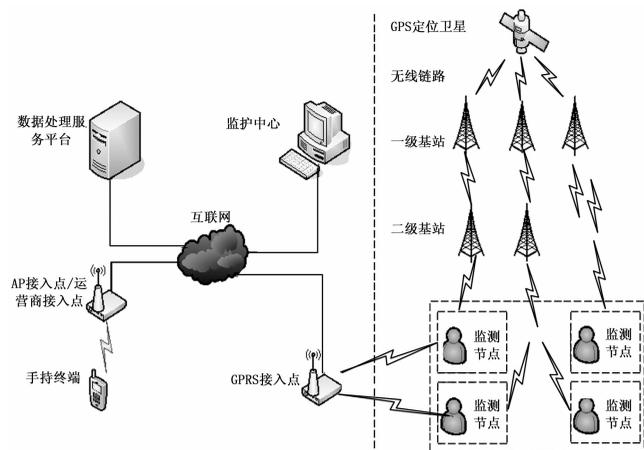


图 1 系统整体框架

信息的采集, 然后节点进入休眠状态。

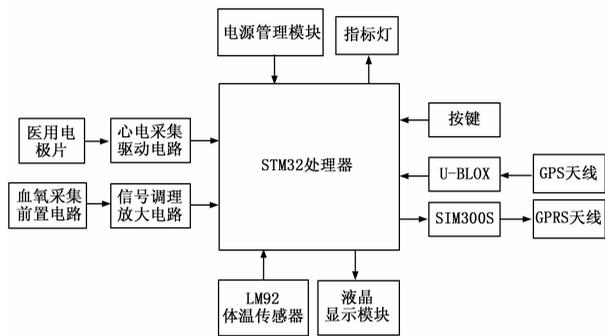


图 2 节点硬件框架

2.1 血氧信号采集模块设计

脉搏血氧测量电路的设计是基于动脉搏动期间光吸收量的变化^[9]。动脉搏动期间所吸收的光量与血液中的氧含量有关, 微处理器根据红外光线发送和接收到的光量就可以计算出血氧饱和度和脉搏。测量部位选择透光度较好的指尖, 探测光线选择 660 nm 和 940 nm 红外光。测量方法是将指尖放在两个发光管和一个光探测器之间, MCU 控制两个光源交替照射指尖, 根据光探测器测得的光余量计算出两种光的吸收比, 然后将结果与饱和度数值表比较进而得出血氧饱和度。同时将采集到的信号转换为电信号进行计数即可得到脉搏数。

在脉搏血氧测量电路的设计中使用 OSI 公司生产的 DLED-660/940-CSL-3 发光二极管作为系统的红外线发射光源; 使用 PIN-0. 81-LLS 接收二极管作为系统的光源接收器件。双波长发光二极管的驱动电路如图 3 中的电路图 (1) 所示。图 3 中的电路图 (1) 中采用标准的 RED1、RED2 来控制发光二极管; 采用 IRED1、IRED2 来驱动红外线二极管。通过分析图 3 中的电路图 (1) 可知, 当 RED1、RED2 分别为高电平和低电平时相应的三极管导通, 则有电流通过发光二极管 D1; 而当 IRED1、IRED2 分别为高电平与低电平时其所控制的极管导通, 则有电流通过 D2, 二极管发出红外线。接收二极管处理电路如图 3 中的电路图 (2) 所示。电阻 R38 和电容 C11 与运放构成低通滤波器, 信可以滤除系统中的噪声号。经计算电阻 R38 取 2M, 电容 C11 取 20 pF, 系统最终设计滤波频率为 1 000 Hz。

2.2 心电信号采集模块设计

在人体的各种生理变化中, 心脏的一系列电活动是维持人

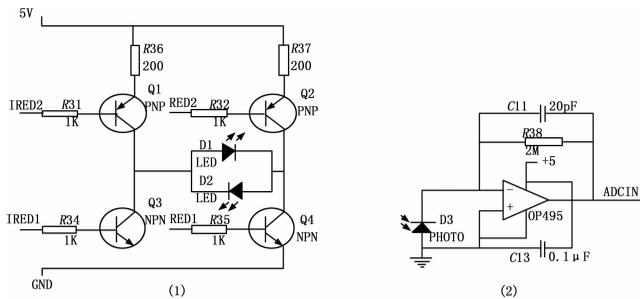


图 3 血氧采集模块前置电路

体正常生理活动的重要组成部分。心电图是在心脏肌肉去极化与复极化的过程中产生的, 其反应了每一个心跳周期各个阶段心脏的电活动情况, 一个心跳周期主要包括心房收缩期、心室收缩期和舒张期。

原始的心电信号非常微弱, 峰峰值只有几百微伏。由于信号的幅值小而且极易受到各种噪声信号的干扰, 所以想直接使用原始的心电信号来监测人体的心电状态是无法实现的。为了获取 STM32 可以采集的 ECG 模拟信号, 使用由放大电路和滤波电路构成的驱动电路完成对原始信号的放大与滤波。ECG 采集驱动电路结构框图如图 4 所示, 用三导联的方式使用电极片获取人体体表的原始信号, 并连接到仪表放大器完成心电信号的初次放大, 再经由前级放大, 将原始信号放大到一定的信号强度。接着利用 0.5~150 Hz 的带通滤波器过滤由呼吸和肌肉收缩产生的低频噪声信号以及高频线路信号引起的高频噪声信号^[10]。经过上述处理过的信号, 分别经由高通滤波器与低通滤波器进入 50 Hz 的陷波滤波器, 滤除 50 Hz 交流电源的干扰噪声。为了获取合适的电压放大倍数, 信号进入后级放大电路, 并最终将信号传递给 STM32, STM32 利用自身的高精度 AD 转换器对电压信号进行采样, 并输出人体的心电信号序列。

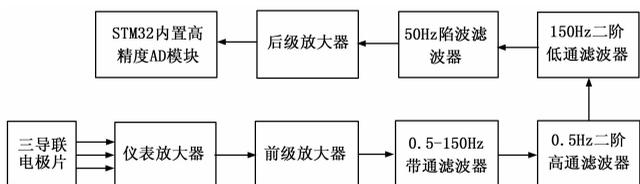


图 4 心电采集驱动电路结构框图

2.3 位置信息采集、体温信号采集及 GPRS 通信模块的设计

采集位置信息时, 选用 U-blox 公司最新推出的 U-blox7 定位芯片, 该模块前瞻性地具备兼容美国 GPS 卫星系统和欧盟伽利略卫星系统引擎, 数据刷新频率可小于 1 s, 50 mW 的超低功耗和高达 -160 dBm 的 SuperSense 跟踪灵敏度, 能够满足本系统实时定位的需求^[11]。采集人体温度信号时, 选用 LM92 作为节点的温度传感器, LM92 是美国国家半导体的一款高精度数字温度传感器, LM92 的工作电压为 2.7~5.5 V, 测量温度范围为 -55~150 °C, 内含有 I²C 控制器和 A/D 转换器, 测量精度可达 ±0.33 °C, 刷新时间为 500 ms, 能够达到本系统的要求。监测节点无线发送数据模块采用 SIM300, 该模块是小体积即插即用模组中完善的 GSM/GPRS 解决方案, 使用工业标准界面, 具有小尺寸与低功耗的特点, 能够实现语音、SMS、数据和传真信息的高速传输, 能够满足本系统数据传输的特点^[12]。

3 监测节点软件设计

选用 STM32F103 增强型系列处理器作为节点的数据采集

与转发中心, 拥有 ARM Cortex-M3 内核的 STM32 是意法半导体的一款专门面向嵌入式应用的处理器^[13-14], 具有高性能、低成本、低功耗的特点。在 STM32 增强型处理器的基础上, 完成人体特征及位置信息的采集, 并通过 GPRS 网络实现数据实时的传输。监测节点的工作流程如图 5 所示。首先执行硬件的初始化, 实现 AD、定时器、GPS 等模块的初始化, 然后通过 GPRS 模块寻找到数据传输的无线网络, 并执行相关入口函数及硬件配置函数, 加入到现有的 GPRS 无线传输网络, 执行人体特征及位置信息采集程序。为了降低节点的能耗, 采集节点周期性的采集人体特征数据及位置信息, 然后进入休眠状态, 也可以通过定时、按键等事件唤醒系统完成信息采集任务。

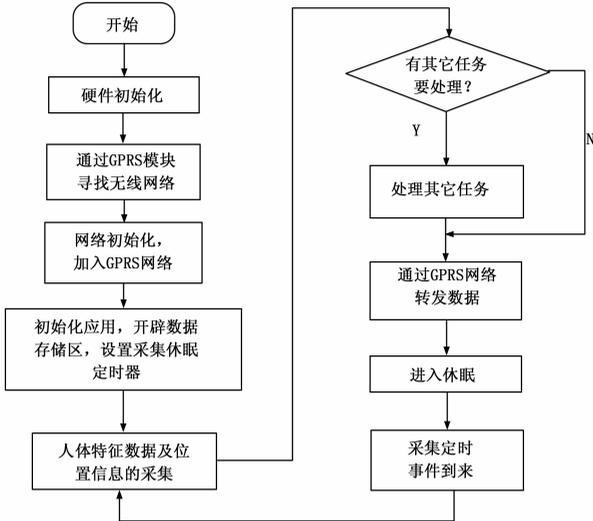


图 5 监测节点软件工作流程图

4 系统测试结果

在实验环境中分别对 GPS 模块的定位精度、生命特征信息采集的驱动电路、监控终端的数据收包率进行测试。

首先对定位精度进行测试, 测试人员携带一个监测终端, 该监测终端会在 STM32 处理器的智能控制下采集 GPS 模块收到的位置信息, 并通过 GPRS 网络定时向实验室中的监控终端发送数据包, 根据实验室中监控终端收到的经纬度信息, 在 Google 地球中找到该位置, 发现正是测试人员所在的位置, 经过反复的测试发现本系统所选用的 GPS 模块的定位精度在 10 米以内, 可以满足实时定位被监护人的目的。

其次对生命特征信息采集的驱动电路进行测试, 主要进行心电图与脉搏强度驱动电路的测试, 在分别布置好心电图与脉搏强度采集驱动电路后, 该驱动电路的输出端就会输出心电图与脉搏强度的模拟信号, 监测节点定时将采集到的模拟信号通过处理器内部的高精度 AD 转换器转换为数字信号, 并在 12864 液晶屏上面绘制出反映信号趋势的图谱如图 6 所示, (1) 为心电图信号的图谱, (2) 脉搏强度信号的图谱。与正常图谱对比后发现该图谱可以准确的反映被测者当前的身体状况, 从而说明驱动电路获取的数据相对准确。

最后, 对终端的数据包接收情况进行了测试, 通过调整监测终端的程序, 人为的规定监测终端 1 min 内发送 12 个数据包, 通过对监控终端单位时间内收到的数据包计数可以发现, 其每分钟收到的数据包的个数在 10~12 个之间, 并且每一包数据都是可靠的数据, 从而说明该系统具有极强的数据转发能力。

基于 GPS 与 GPRS 的远程健康监护系统, 结合生命体征传感技术、GPS 定位技术以及现有 GPRS 网络, 完成了对人体生命特征信息及位置信息实时采集、转发和远程显示工作。

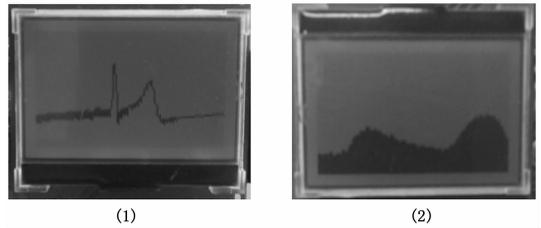


图 6 监测节点采集的心电与脉搏信号图谱

通过对系统的整体测试发现系统在采集生命特征数据与人体位置信息方面具有较高的准确度, 在数据的转发方面具有较高的收包率, 能够满足实际应用。课题下一步对如何减小感知节点的体积, 提高系统的易用性以及降低节点功耗进一步研究, 同时将结合数据挖掘、人工智能等技术, 研究如何根据采集到海量人体生命特征数据, 对被监测人的身体健康状态进行分析和预测。

参考文献:

- [1] 轩运动, 赵湛, 方震, 等. 基于无线体域网技术的老人健康监护系统的设计 [J]. 计算机研究与发展, 2011 (S2): 355-359.
- [2] Ko J G, Lu C Y, Srivastava M B, et al. Wireless sensor networks for healthcare [J] Proc. IEEE, 2010, 98 (11): 1947-1960.
- [3] Yilmaz T, Foster R, Hao Y. Detecting vital signs with wearable wireless sensors [J]. Sensors, 2010, 10 (12): 10837-10862.
- [4] Benot Latre, Bart Braem, Ingrid Moerman, et al. A Survey on Wireless Body Area Networks [J]. Wireless Network, 2011, 17: 1-18.
- [5] Curtis D, Shih E, Waterman J, et al. Physiological signal monitoring in the waiting areas of an emergency room [A]. Proceedings of the ICST 3rd international conference on Body area networks [C]. Tempe, Arizona; ICST. 2008; 1-8.
- [6] Jiang S, Cao Y, Iyengar S, et al. CareNet: an integrated wireless sensor networking environment for remote healthcare [A]. Proceedings of the ICST 3rd international conference on Body area networks [C]. Tempe, Arizona; ICST. 2008; 1-3.
- [7] Daniela Staiculescu, Vasileios Lakafosis, Li Yang, et al. Biomedical Applications-Antenna Body Area Network [EB/OL]. <http://www.athena-gatech.org/research/BIOMEDICAL/index.html>, 2013.
- [8] 武利珍, 张文超, 程春荣. 基于 STM32 的便携式心电图仪设计 [J]. 电子器件, 2009, 32 (5): 945-949.
- [9] 刘俊微, 庞春颖, 徐伯鸾. 光电脉搏血氧仪的设计与实现 [J]. 激光与红外, 2014, 44 (1): 50-55.
- [10] 朱凌云, 吴宝明. 移动心电监护系统 QRS 波的实时检测算法研究 [J]. 仪器仪表学报, 2009, 26 (6): 603-607.
- [11] 杜娟, 尹文庆, 钱燕, 等. 基于 GPS 和 Google Earth 的车辆远程定位监测系统的设计 [J]. 测控技术, 2013, 32 (7): 23-26.
- [12] 林绿洲, 王力超, 陆起涌. 基于 GPS 与 GPRS 的公交智能监控系统 [J]. 仪器仪表学报, 2006, 27 (6): 561-563.
- [13] 张秀娟, 程飞龙. 基于 STM32 的便携式生命体征监护仪设计 [J]. 电子技术应用, 2013, 39 (11): 19-23.
- [14] 张河新, 王晓辉, 黄晓东. 基于 STM32 和 CAN 总线的智能数据采集节点设计 [J]. 化工自动化及仪表, 2011, 39 (2): 123-127.