

基于北斗 RDSS 远程生命体征监测系统的设计

李政清¹, 关晓磊²

(1. 三亚学院, 海南 三亚 570200; 2. 北京航天科工世纪卫星科技有限公司, 北京 100070)

摘要: 近年来, 随着户外运动的兴起, 经常发生探险旅游人员伤亡走失的事件, 故急需一种能够实时监测人员行踪和生命体征信息的远程监护系统; 结合我国当前推广的北斗短报文服务, 设计了基于北斗 RDSS 远程生命体征监测系统, 该系统以 STM32 单片机为控制核心, 生命体征传感器包含脉搏传感器、血氧传感器、皮温传感器和三轴加速度传感器进行数据采集, 可以对人员的脉率、皮温、血氧饱和度以及体动系数进行综合监测; 经测试, 该系统能够准确测试上述参数, 达到设计要求。

关键词: 北斗 RDSS; STM32 单片机; 生命体征传感器

Design of Remote Vital Signs Monitoring System Based on Beidou RDSS

Li Zhengqing¹, Guan Xiaolei²

(1. San Ya College, Sanya 570200, China;

2. Beijing Aerospace Science and Industry, Century Satellite Technology Corporation Ltd, Beijing 100070, China)

Abstract: In recent years, with the development of outdoor sports, the events of the casualties always happen. Thus, it is badly in need of a remote monitoring system that can monitor the information of the personnel and vital signs in real time. In this paper, it designs the remote vital signs monitoring system based on Beidou RDSS with the Beidou short message service prompted in current. The monitoring system takes STM32 single-chip as the control core and the vital signs sensor includes the pulse sensor, blood oxygen sensor, skin temperature sensor and three-axis acceleration sensor to collect the data, which can monitor the pulse, skin temperature, oxyhemoglobin saturation and body dynamic coefficient synthetically. The test has proven that the system can accurately test the parameters above, which can meet the design requirements.

Keywords: Beidou RDSS; STM32SCM; vital signs sensor

0 引言

近年来, 我国大力发展拥有自主知识产权的“北斗”卫星导航系统。相比于国外技术, 该系统除定位导航、精密授时功能外, 还可通过星载通信中转站, 在用户终端实时进行双向短报文文字通信。系统包括空间卫星、地面收发基站、用户终端三部分(如图 1 所示), 基于上述优点, 本文利用北斗 RDSS (radio determination satellite system 无线电测定业务) 设计远程生命体征监测系统。

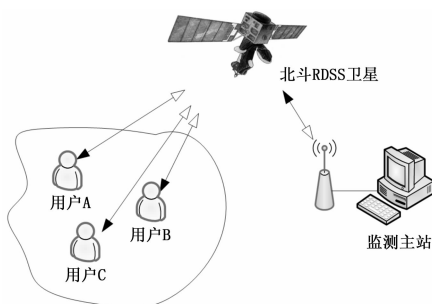


图 1 北斗导航系统结构图

1 系统结构及原理

该系统由生命体征传感器、信号处理模块、控制模块、通信定位模块构成, 原理框图如图 2 所示。

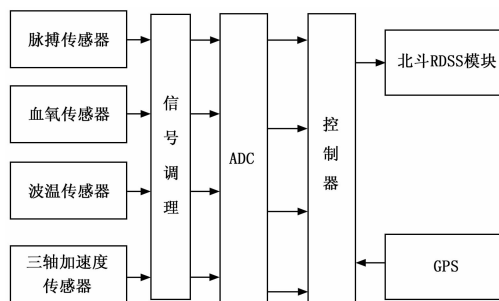


图 2 系统原理框图

生命体征传感器包括脉搏传感器、血氧传感器、皮温传感器和三轴加速度传感器。其中脉搏传感器用于采集人体脉搏波信号, 得到脉率数据; 血氧传感器用于采集人体血氧饱和度数据, 监测人体血液中的氧含量; 皮温传感器用于采集人体皮肤温度信号; 三轴加速度传感器用于测量人体的运动情况, 得到体动系数。GPS 用于获得人员的位置信息。传感器采集数据后, 经过信号调理电路, 模数转换, 采用 STM32F107FV 微处理器作为控制模块。由于北斗 RDSS 是主动定位系统, 在北斗二代中主要用于数据的传输, 在这里, 可以将传感器采集的数据经过打包压缩传送至后端监控主机, 以电子地图的形式显示

收稿日期: 2015-11-01; 修回日期: 2015-12-15。

基金项目: 三亚学院科研项目(XYQN14-06)。

作者简介: 李政清(1986-), 男, 山西晋中人, 硕士, 主要从事测控技术与仪器方向的研究。

人员的位置、脉率、血氧、皮温和体动系数,实时监测人员生命体征。

2 系统硬件设计

2.1 北斗 RDSS 模块

RD120-2W 北斗 RDSS 短报文通信板卡是基于北斗 RDSS 功能设计的收发一体化模块,其接收载波频率 S 波段 (1.55~3.4 GHz),发射载波频率为 L 波段 (1~2 GHz);工作温度 $-40\sim+65\text{ }^{\circ}\text{C}$,存储温度 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+80\text{ }^{\circ}\text{C}$,可承受最大峰值加速度为 6 g,脉冲持续时间 11 ms,两次冲击间隔时间大于 60 ms 的半正弦波脉冲,满足大多数系统工作环境要求;首次捕获时间 $\leq 2\text{ s}$,失锁再次捕获时间 $\leq 1\text{ s}$,通信、定位成功率 $\geq 98\%$,响应速度快;每条短报文容通信量最多为 120 个汉字^[1],可在 $50\times 70\times 10\text{ mm}$ 的体积上实现北斗 RDSS 的基带和射频,通过蓝牙模块与手部或其他终端配套使用,其体积小、功耗低、可靠性高的特点,可广泛应用于兼容北斗的卫星导航、车辆导航、海洋渔业、手持终端、气象探测等领域^[2]。

终端模块与卫星通信易受天气等环境影响,在长报文传输过程中,其数据传输误码率高达 6.73%^[3],因此有效的传输控制成为传输成功与否的关键,故采用将数据进行拆分的方法,形成单个数据包,传输成功率可达 95.5%。拆分后,在单个数据包前加包头,即数据的序列信息(类型和编号),当数据包发送完成后,发送端主动发送查询信息,根据其平均传输延时为 3.8 s ^[4],设置延时控制,若在 10 s 内未收到响应信息,重复三次查询,仍未收到响应,则判断本次发送失败,进入下轮发送。若收到响应,填写包头信息和发送序列,发给接收端。接收后,根据本次序列信息,与缓存中数据比对,若已正确接收,发送接收响应,并还原为原始数据包,若错误接收,则清空接收地址,等待下次接收。

2.2 传感与采集模块

生命体征监测系统由加速度计,陀螺仪,磁性传感器,皮电,温度等各种传感器整合而成。可实时采集脉率、血氧、皮温、身体姿势、位移等多种身体特征参数。数据实时记录,通过蓝牙传输连接到职能终端上或存储在内置的记忆卡中。

1) 红外脉搏传感器,利用特定波长红外线对血管末端血液微循环产生的血液容积变化的敏感特性,检测由于心脏的跳动,引起手指指尖的血容积发生相应的变化,经过信号放大、调理等电路处理。其输出反应指尖血容积变化的完整的脉搏波电压信号同步于脉搏跳动的脉冲信号,从而计算出脉率。

2) 心率传感器,采用人体体表生物电检测的方式检测心脏搏动产生的心电信号,通过信号调理电路、A/D、数字信号处理、比较电路输出同步于心脏跳动的脉冲信号。检测部位有手心、手腕、手臂、胸部等。该传感器有效解决了在动态情况下检测心率有效性和准确性的问题。广泛适合于运动健身器材、汽车驾驶员心率检测、消防员等特殊人群的心率监测等。

3) 血氧传感器,以非介入方式测量血液中的含氧量,它以完全饱和水平的百分比来衡量,即血氧饱和百分比(SpO_2)。该测量基于血液中血红蛋白的光吸收特性,在可见

光谱和近红外光谱内,含氧血红蛋白(HbO_2)与脱氧血红蛋白(Hb)具有不同的吸收曲线。Hb 吸收的红外频率的光线较多,红外光(IR)频率的光线较少。 HbO_2 则相反。红光和红外光 LED 尽可能相互靠近,通过人体中的单一组织位置透射光线。红光和红外光 LED 采用时间复用处理来透射光线,因此不会相互干扰。电路框图如图 3 所示。

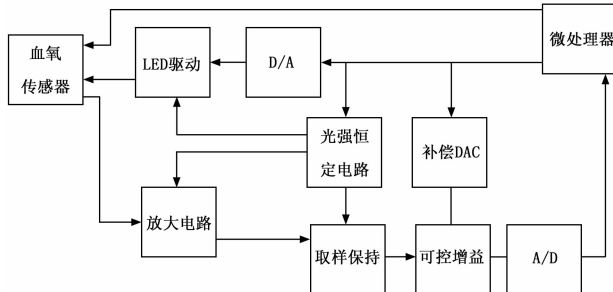


图 3 血氧传感器采集电路框图

4) 体温传感器,采用负湿度系数热敏电阻为感温元件,通过放大电路、AD 采样、USB 通信等电路,将实时的体温数据传送到计算机。该传感器可应用于基于 PC 的体温采集系统,也可用于家庭日常的体温测量。

5) 三轴加速度传感器,利用微型电容式三轴加速度传感器 MMA7260 芯片,设计稳定,防震能力强,可以用来对身体的姿态或者运动方向进行检测。其采用信号调理、单极低通滤波器和温度补偿技术,可在 4 个灵敏度 ($\pm 1.5\text{ g}/2\text{ g}/4\text{ g}/6\text{ g}$) 中选择,还带有低通滤波并做 0 G 补偿,功耗低,工作时电流为 $500\text{ }\mu\text{A}$,休眠模式下为 $3\text{ }\mu\text{A}$,是电池供电的无线数据采集的理想之选。

由于系统使用环境复杂,变化无常,要求器件稳定性好,出于可靠性的考虑,主控芯片单片机配备一个低电压检测器,一个时钟安全管理系统和两个看门狗定时器支持对可靠性的高度要求,同时当系统处于待机状态时,进入低功耗模式,可延长工作周期。

3 数据接口协议

生命体征传感器模块的对外接口采用蓝牙无线传输,实现方式采用蓝牙一串口方式,即生命体征传感器与北斗模块之间采用蓝牙方式传输数据,在应用上则采用串口方式进行端口配置和数据传输。其中,蓝牙传输中,生命体征传感器的蓝牙模块以从设备形式存在,北斗终端蓝牙模块为主设备存在。

3.1 蓝牙串口传输速率

命令字及申请数据模式为 19 200Baud;连续数据模式为 57 600Baud;申请数据模式下的数据率为 38 B/s;连续数据模式下的数据率为 $28\times 20=560\text{ B}$

3.2 北斗短报文

一组数据包大小为 $120\times 14\text{ bits}=1\text{ }680\text{ bits}=210\text{ B}$;传输速率(秒卡)为 1 数据包/s。

生命体征传感器采集数据后,通过串口将数据送入蓝牙模块,然后通过蓝牙无线辐射出去。根据接收命令的不同,发送数据分为单次数据和连续数据^[5]。

1) 单次数据:

单次数据即接收到“申请一组数据”命令后, 发送一帧传感器数据, 其内容包括脉搏频率值、血氧饱和度、海拔高度、皮肤温度和体动系数。

表 1 单次发送数据内容

| | | | | | | |
|------|------------------|-----|--|----------|------|-----------|
| 2 字节 | 30 字节 | | | 2 字节 | 2 字节 | 2 字节 |
| 55AA | | ... | | | | |
| 帧头 | 最后 30 秒的 30 个脉率值 | | | 2 个血氧饱和度 | 海拔高度 | 皮肤温度和体动系数 |

2) 连续数据

当需要进行连续的体征监测时, 输入“连续采集数据”命令, 传感器输出数据格式如下。

表 2 连续发送数据内容

| | | | | | |
|------|------|-------------------------|--|---------|-----------|
| 2 字节 | 1 字节 | 20 字节 | | 3 字节 | 2 字节 |
| 55AA | | ... | | | |
| 帧头 | 包计数 | 脉搏波与直流波数值各 5 个 16 位有符号数 | | 3 轴加速度值 | 其他参数索引与数值 |

4 测试结果及结论

经测试, 单次采集测试结果如图 4~7 所示

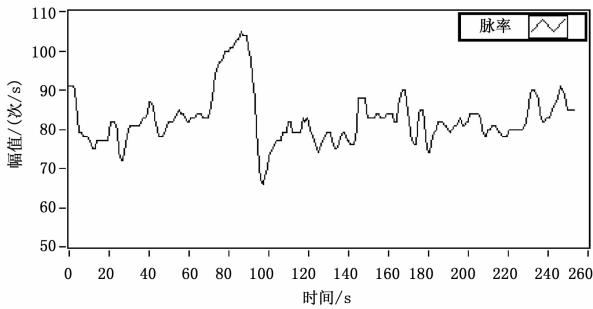


图 4 脉搏频率值

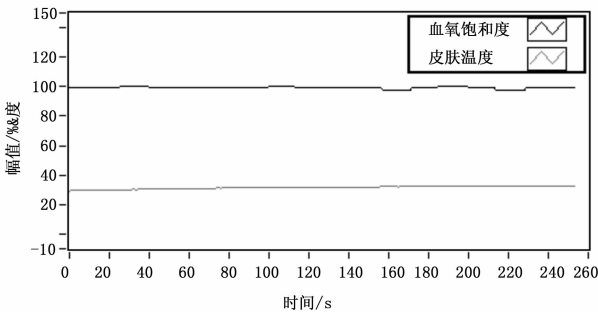


图 5 血氧饱和度及皮肤温度数值

连续采集数据时, 采集结果如图 8 所示

从上述测试结果可以看出, 该系统能够准确获得生命体征各项参数, 各项参数均达到设计精度要求, 结合北斗 RDSS 服务, 能够满足对于生命体征的远程监测目的。但是, 鉴于目前

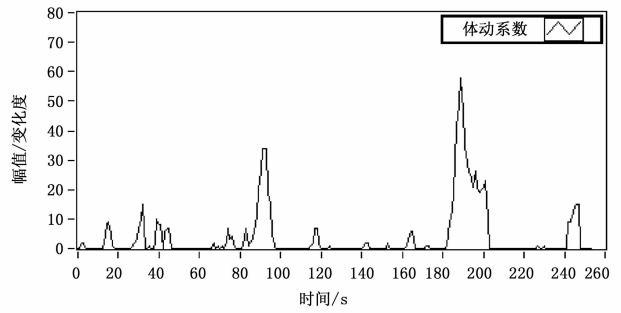


图 6 体动系数值

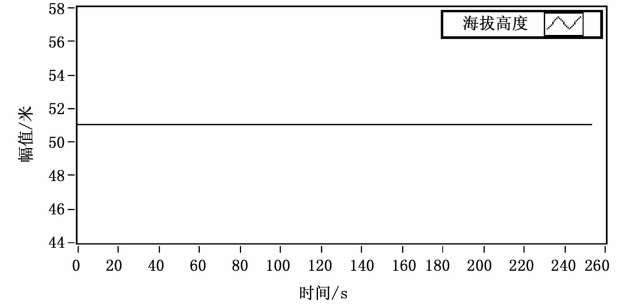


图 7 海拔高度值

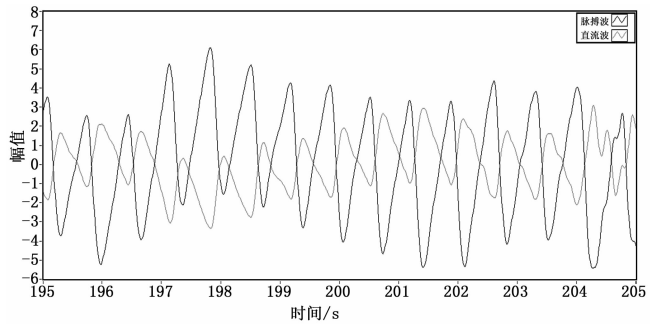


图 8 连续采集数据

我国北斗卫星系统网逐步建立完善中, 北斗卫星导航定位精度在 10~100 m 范围内, 因此本系统在设计中结合 GPS 模块提高系统定位精度, 充分发挥二者优点, 使设计实用性大大提高, 满足不同需求。

参考文献:

[1] 沈华飞. 北斗卫星一代短报文通信技术及应用 [J]. 电子制造, 2014, (23)

[2] 李春华, 蓝天, 杨健, 等. “北斗”短报文通信系统在防洪减灾中的应用 [J]. 中国防汛抗旱, 2014, 24 (2): 79-80.

[3] 成方林, 张翼飞, 刘佳佳. 基于“北斗”导航系统的长报文通信协议 [J]. 海洋技术, 2008, 27 (1): 26-28

[4] 谷军霞, 王春芳, 宋之光. 北斗短报文通信信道性能测试与统计分析 [J]. 气象科技, 2015, 43 (3): 458-46.

[5] 李大志, 陈金春, 管子铭, 等. 北斗短报文通信应用接口设计 [A]. 第二届中国卫星导航学术年会 CSNC2011 [C].