

基于 GPRS 心电监护系统的设计

刘长生^{1,2}, 汤井田¹, 唐艳¹, 刘新桥²

(1. 中南大学 信息物理工程学院, 湖南 长沙 410083;
2. 长沙航空职业技术学院, 湖南 长沙 410014)

摘要: 提出了一种新型心电监护系统的设计, 这种系统是基于 GPRS 的新型心电图仪系统, 它能实现远程监护和实时处理病人的信息, 使得对病人进行随时随地的监护成为可能。然后分析了心电数据无线传输方案, 进一步给出了无线心电监护终端系统硬件设计和软件实现。

关键词: 心电图仪; 远程医疗; 移动通讯; GPRS

中图分类号: TN802

文献标识码: A

文章编号: 1673-9833(2007)05-0025-04

Design of Electrocardio Monitoring System Based on GPRS

Liu Changsheng^{1,2}, Tang Jingtian¹, Tang Yan¹, Liu Xingqiao²

(1. School of Info-physics Engineering, Central South University, ChangSha 410083, China;
2. Changsha Aeronautical Vocational and Technical College, ChangSha 410014, China)

Abstract: Telemedicine is gaining more and more momentum as a new approach for patients' surveillance. In many warded parameters, electrocardiography is the most important, especially for monitoring patients with serious cardiovascular problems. They need to be monitored frequently in order to prevent state of an illness worse. A new electrocardiographic telemetry system based on GPRS can deal with the information of patients in real time. And then, it analyzes the project of electrocardiogram data transmission by telecommunication. Further, it gives the design of hardware system and software system in a electrocardiographic telemetry terminal system.

Key words: electrocardiograph; telemedicine; mobile communications; general packet radio service

1 背景知识

远程医疗作为一种病人健康监护的手段, 受到了越来越多的重视^[1]。在各类监护参数中, 心脏的活动是一个至关重要的生理参数, 特别是对患有严重心血管病的病人。为了阻止病人的病情恶化, 需要对其进行实时监护。因此, 本文提出了一种基于 GPRS 标准的新型心电图仪系统。图 1 给出了整个网络系统的架构, 它包括一个与病人连接的便携心电图获取控制台、接收信号的控制中心以及负责传输心电图的 GPRS 通信协议 3 大部分。病人的心电图信号通过一个控制台中内置 GPRS 调制解调器发送, 由控制中心使用另

一个 GPRS 调制解调器接受信号, 然后通过 RS-232-C 系列的通信接口, 把接收到的信号通过调制解调器反馈到电脑中, 可视化程序就会将心电图显示在屏幕上。在整个系统中, 关键部分是心电图获取控制台, 它负责病人的信息获取以及发送, 下面我们就其心电数据无线传输、心电图获取控制台硬件结构和控制台软件设计分别进行介绍。

2 心电数据无线传输方案

到目前为止, 国内外已经研发出了各种各样的便携式心电监护产品。这些便携式心电监护仪将心电信

收稿日期: 2007-08-04

基金项目: 长沙航空职业技术学院基金资助项目(05-03)

作者简介: 刘长生(1966-), 男, 湖南耒阳人, 长沙航空职业技术学院副教授, 中南大学博士生, 主要研究方向为计算机应用, 软件工程, 地球探测与信息技术。

息传送到医院的传送方式主要有以下几种：1) 由病人将记录盒送到医院的方式。这种方式使病人来回奔波，很不方便，且得不到医生的及时指导和治疗。2) 病人通过固定电话将心电信息传送到医院的方式。这种传输方式基本为声耦合方式^[2]，即将 0.5 ~ 100 Hz 的心电图，经过频率调制到语音频段后再通过电话话筒送出，在医院中心经过反变换恢复心电图数据。声耦合方式使心电信息的失真较大，容易造成误诊，且病人只能在家中监护。3) 用无线发射器将心电信号发射出去的方式。这种方式的传输距离很近，一般在医院内部用作床边监护。4) 采用 USB (Universal Serial Bus, 通用串行总线) 接口闪存数据盘的方式。这种方式兼具快闪存储器和 USB 接口的优点，能快速地与计算机或其他用户进行数据交换。尽管这样，数据的传输还是需要将心电采集仪与 PC 机连接然后进行传输，不能进行实时分析。

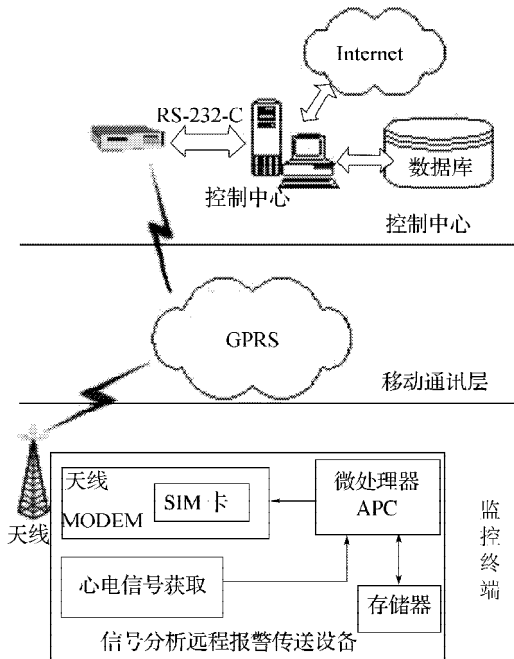


图 1 基于移动通信网的远程监护系统架构

Fig. 1 Framework of telemedicine monitor system based on mobile networks

我们在心电信号传输方案中考虑到手机的日益普及，如果用手机来传输心电信号，那么，心电监护将不受时间、地点的约束，患者可随时随地记录自己的心电信号，然后通过手机将心电信号传送到医院，医生可对患者进行及时的指导和治疗。因此，本心电监护仪的心电数据传输方案确定采用 GSM/GPRS 无线传输方式。

3 心电仪获取控制台硬件结构

心电仪获取控制台主要由 4 个部分组成：心电图仪、高效的微处理控制器、GPRS 调制解调器以及存储

器(参见图 1)。

1) 心电图仪负责信号的获取，其传感器部分包括一个信号放大器、一个 A/D 转换器以及一个低通滤波器。心电信号采集处理电路包括前置放大电路、滤波电路和后级放大电路。2) 微处理器部分，它的作用是存储、压缩、构成、复合和加密数据，这种装置为心电仪系统引入了一个全新的实时处理的工作模式。微控制器的计算能力可以根据具体情况设计，例如：QRS 综合探测、心率估算，以及对心电图信息进行形态运算。3) 远程通信部分，它包括 MCU、GSM/GPRS 模块、SIM 卡和射频电路。4) 存储器部分。采用 Compact Flash 卡进行数据存储，信息以压缩格式存储于固态存储器中，Compact Flash 卡具有高传输速率，大容量的特性，非易失性固态盘，掉电数据不丢失，并且具有良好的抗震性能，宽温度工作范围。

4 心电图获取控制台软件设计

本系统的软件设计是这个系统功能实现的核心。整个系统采用功能化和结构化的嵌入式 C 语言进行开发。由于 C 语言表达与人的表达方式比较接近，因而用这种语言编程具有很好的可读性。采用 C 语言开发微处理器的固件程序，可以提高开发效率和缩短调试周期，从而达到事半功倍的效果^[3]。

在设计中，我们对监护仪的软件按功能进行严格划分，即将每一部分内容假设成一个模块，这样就使得整个结构清晰，层次分明，从而增强了软件系统的易维护性。系统软件的总体结构如图 2 所示。

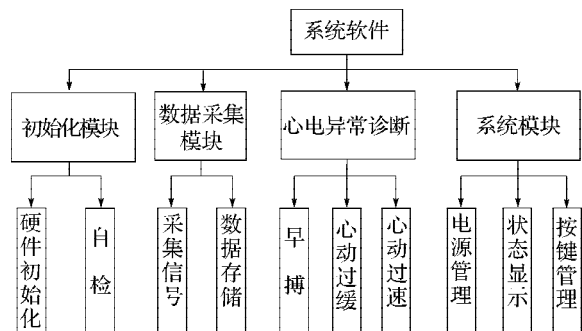


图 2 系统软件结构框图

Fig. 2 System software structure diagram

初始化处理模块包含硬件初始化和自检两部分，其中硬件初始化包含外围电路初始化（如 LCD 初始化）和 MCU 各种寄存器初始化（如定时器、交叉开关等）；自检部分用于开机后检测系统是否正常。

数据采集模块由数据采集和存储两部分构成，数据采集用于采集心电信号，数据存储用于将采集到的心电信号存储到存储器，当报警时系统将存储器内的数据通过 GPRS 网络传送给心电监护中心。

心电异常诊断模块用于处理采集的心电信号，根

据心电信号判断是否心动过速、心动过缓或早搏的3种异常状态,并自动作出相应的操作:1)启动本地报警;2)通过 GSM 网络向固定的一组号码发出预存的报警短信息;3)通过 GPRS 网络向心电监护中心发送存储器中的心电信号数据。

系统模块管理和监视着整个系统的运行,包括系统电源管理、显示心电监测状态、按键管理。

4.1 系统主程序

系统主程序首先对系统的各个参数和变量进行了初始化,并在刚开机时,调用自检程序,以确保机器的正常运行^[4]。启动定时器 0 和 12 位分辨率的模数转换器 ADC0。

主程序还包括查询手动报警按键和清除报警按键状态,如果查询到手动报警按键低电平则报警键按下,产生远程报警信号(通过 GPRS 连续发送采集到的心电信号给心电监护中心),如果查询到清除报警按键低电平,对手动报警按键复位,结束报警。

主程序流程如图 3 所示,主程序从开机就在不间断地循环,永不停息,直到掉电。程序在某个部分不会做长时间停留,只是做简单的处理,即转入下一部分。这种运行机制保证了程序执行的准确可靠,尤其适用于实时性的周期性采样系统。

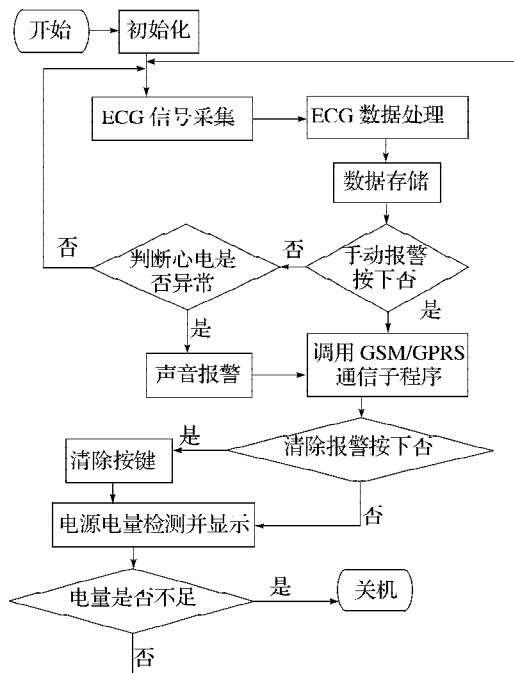


图 3 系统主程序流程图

Fig. 3 System main program flowchart

4.2 初始化处理

初始化过程包括单片机 C8051F005 在启动之后(包括复位),配置看门狗、外部存储器接口、交叉开关、晶振、ADC0 启动方式和 I/O 口的输入输出方式(推挽方式和漏极开路方式)。

系统使用 C8051F005 中的 3 个定时器,它们分别被

用于:定时器 0 用于计算连续两个 QRS 波的间隔时间,定时器 1 用于定时 1min;定时器 2 作为 UATRO 的波特率发生器,用于 GPRS Modem 上的数据传输速率,预设值为 9 600 bps。

单片机复位后再启动内部振荡器,本系统通过配置 OSCICN 寄存器,使用 16 MHz 的内部振荡器。

4.3 子程序模块分析

4.3.1 心率信号采集子模块

根据心率值可以判断一个人是否患有如早搏、心动过速等几种常见的心脏病,是人体生命指征中最重要的监护参数之一。心率值有瞬时值和平均心率值两种。瞬时值是指根据相邻两次心跳间隔时间所确定的心率值,平均心率值是指一分钟内心脏实际跳动的次数。对于瞬时心率值,只要测出相邻两个心电波之间的时间间隔 T ,就可以计算出瞬时心率值 $60/T$ (次/分钟)。可用下式表示:

$$\text{瞬时心率} = \frac{60}{T} \times 60 \text{ 次/分钟} \quad (1)$$

瞬时心率值比平均心率值更能及时、准确地反映心脏跳动的实际情况,本设计选择连续测到两次心脏搏动计算心率一次,计算参见式(1)。这样既避免了每测一次即计算并更新时心率值的频繁更新闪烁,又通过两次的平均减少了测量误差,使得显示值比较准确,同时心率更新也比较及时,具有瞬时心率的特点和优点。实现代码如下:

```
gbZaoBo_XinLv = 0; // 使 gbZaoBo_XinLv 等于 0, 则转换到早搏信号测量
```

```
AMX0SL=0x02; // 转换 ADC 的通道到早搏
```

```
guc_HeartRhythm=120 000/guiTime // 心率= 2*60*1000 ms/guiTime
```

```
Array[gucArray_Count] = guiTime; // 保存心率值到数组
```

```
gucArray_Count++;
```

```
if(gucArray_Count == 5) // 如果保存了 5 个心率数据
```

4.3.2 早搏子模块

当连续两个 R 波的间期超出平均心动周期的 1.8 倍^[5]时,判断该状况为早搏现象,如果在 1 min 内连续发生 5 次或者 5 次以上早搏,启动本地报警,调用 GSM/GPRS 通讯子程序实现远程报警,并传输心电数据。实现代码如下:

```
gbZaoBo_XinLv = 1; // 使 gbZaoBo_XinLv 等于 0, 则转换到早搏信号测量
```

```
AMX0SL=0x01; // 转换 ADC 的通道到心率
```

```
if(guc_HeartRhythm>
```

```
gui_HeartRhythm_Average&&!gbOK)
```

```
{ gbOK=!; gucCount=0; TR1=1; } // 第一次早搏后, 启动定时器 1, 计时 1 min
```

```

else //第一次早搏后, 1 min 内每出现一次早搏,
gucCount 加 1
    {if((guc_Heartrhythm-gui_Heartrhythm_Average)>10) //
如果心率大于平均值 10 s 就是早搏
        {gucCount++; // 早搏次数加一 AMX0SL
        if(gucCount>5) guiTimer1Count = 1 200; // 1 min 时
        间未到但已经有了 5 次早搏, 跳出报警
        }}}

```

4.3.3 GSM 通讯子程序

GSM 通讯子程序在等待 GSM 启动完成后确定 SIM 卡连接正常, 然后登陆 GSM 网, 当检测到手动报警按键低电平或者心率超出阈值时则向已设置好的号码发送短消息、向心电监护中心发送心电数据。实现代码如下:

```

PrintStr("AT+CSCA="+8613807310500"\n"); //设置
短消息中心号码
PrintStr("AT+CMGF=1\n"); //设置文本格式发送
方式
if(gbZaoBo)
PrintStr("AT+CMGS="13807319999">Zaobo^z\n");
// 发送 ZaoBo 短消息到 13807319999
else
PrintStr("AT+CMGS="13807319999">LOW^z\n"); //
发送 LOW 短消息到 13807319999
Send_Heartrhythm(guc_Heartrhythm); // 心率过低,
发送心率数据。

```

5 结论及展望

本文介绍了基于 GPRS 标准的新型心电图仪系统。这种新型系统, 在传统的心电图仪基础上增加了新的功能, 能够实时处理病人的信息, 使得对病人进行随时随地的监护成为可能。它将心电图仪、高效的数据处理模块、GPRS 调制解调器集中在一起, 使新的系统具有如下优点: 1) 它可对病人进行方便、安全、可靠的安全记录监护。一旦病人感觉不适或心律异常, 它就可以传输心电图信号与医疗中心联系。而以前的心电监护仪是先将心电图存储, 稍后再进行分析处理, 没有实现实时监控的作用。2) 通过这种新型仪器, 专家和病人之间可以随时相互作用, 包括口头呼叫、紧急事件、参数重置、建议等。并且在控制中心内, 一

个监护站或计算机网络可以同时监护多个不同的病人。3) 无线通讯采用 GPRS 网络, 它具有永远在线的特点, 不像传统手机需要拨号上网。而它的收费不是按用户上网的时间, 而是按用户每月传输的数据量计算^[6, 7], 这样使得费用相对便宜。

当然这个系统在某些方面还有待改进: 一方面, 尽管科技不断发展, 基础设施通信和先进的硬件仍需要高质量的远程遥控设备, 它们依旧很贵。另一方面, 利用无线网络传送心电图, 信号干扰是一个主要需要解决的问题, 因此有必要用到误差校正码, 然而当前的无线带宽还不能满足这一要求。所以在进一步的研究中, 我们将引入新一代无线通讯技术的 3G (第三代) 标准来优化系统。它被认为可以给移动用户带来目前因特网所提供的带宽服务, 这意味着随时随地都可以提供任何形式的通信服务。这种网络的开拓为用户提供更多的功能, 也将能够实现远程医疗中更多的功能^[8, 9]。

参考文献:

- [1] 尧德中, 李永杰, 周山宏. 生物医学中的信息技术[J]. 电子科技大学学报: 社会科学版, 2001, 2(3): 3.
- [2] 邱庆军, 蒋景英, 虞启璇, 等. QRS 波检测方法的回顾与新进展[J]. 中国医疗器械杂志, 1999, 23(6): 344-347.
- [3] 赵亮, 侯国锐. 单片机 C 语言编程与实例[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003.
- [4] 冯建华, 赵亮. 单片机应用系统设计与产品开发[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2004.
- [5] 范晓东, 朱泽煌. 心电特征点定位算法[J]. 北京生物医学工程, 1996, 15(1): 15-18.
- [6] 徐济仁, 崔剑, 董红星. GPRS 的技术与应用[J]. 四川通信技术, 2001, 31(5): 21.
- [7] Will. GPRS cost a packet Mobile: Communications International[J]. Issue, 2000, 67: 55.
- [8] Yao W, Rober S H I. 3G Mobile Communication for Wireless Tele-Echography Robotic System[C]//Proccrdings of 6th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics. Orlando Florida: [s.n.], 2002: 138.
- [9] Rober S H I. Telemedicine in the United Kingdom, current status and future prospects[J]. IEEE Trans. Inform. Technol. Biomed, 1999, 3: 15.