

一种基于手机通信的心电图机设计^①

刘高平, 陈红良

(浙江万里学院 电子工程研究所, 宁波 315100)

摘要: 主要介绍了一种基于心电图采样模块与智能手机的心电图服务系统设计方法. 首先给出了系统的基本框架, 然后重点给出了具有蓝牙接口的心电图机设计方案以及手机终端软件设计方法, 其中采用专用的心电图模块 AIKD812-256 与蓝牙模块 HC-06 设计心电图机, 采用 J2ME 平台编程实现蓝牙通信、心电数据存储、心电数据发送至服务器的功能, 并对实现过程中的关键代码进行分析, 最后给出了心电图机运行的测试结果. 测试结果表明本文设计的心电图机可用于远程医疗监护.

关键词: 心电图; 蓝牙; 手机; J2ME

Design of an ECG Machine Based on Mobile Phone Communication

LIU Gao-Ping, CHEN Hong-Liang

(Electronic Engineering Institute, Zhejiang Wanli University, Ningbo 315100, China)

Abstract: This paper introduces one design method of ECG service system based on the electrocardiogram sampling module and intelligent mobile phone. This paper gives the basic structure of the system at first, then the focus is given to the design scheme of a Bluetooth interface ECG machine and the software design method of mobile phone terminal, in which the ECG machine is designed using special ECG module AIKD812-256 and Bluetooth module HC-06, the function of Bluetooth communication, data storage, electrocardiogram data sent to the server is realized on J2ME programming platform, and the key code in the realization is analyzed. The test result of the ECG machine is given at last. Test results show that the design of the ECG machine can be used for remote medical treatment and care.

Key words: electrocardiogram; Bluetooth; mobile phone; J2ME

近几年来, 心脑血管疾病成为了危及人类健康的主要疾病之一. 心电信号是进行病理诊断的依据, 现有心电监护系统主要包括 2 种^[1]: (1)记录病人心电数据的 Holter 系统; (2)病房的心电监护系统. 前者携带方便, 但不能进行实时诊断; 后者可以用于诊断, 但只能在医院使用.

随着人们生活节奏的加快, 需要一种携带方便, 又能实时供医生诊断的便携式心电监护系统. 如文献^[2,3]分别介绍了一种基于智能手机的心电实时监护系统, 系统由测量节点、智能手机节点和监护中心端组成, 智能手机节点通过蓝牙实时接收由心电采集节点传来的心电数据, 并将监护情况通过 GPRS 网络传输到监

护中心, 但均未给出具有蓝牙功能心电图机节点的设计方法. 文献[4]提出了一种基于 ZigBee 的多功能心电信号的测量方法, 可用于连接计算机系统实现病人长期监测. 文献[5]中提出了一个基于 Linux 的 12 导联心电信号便携式监测系统, 具有交互式液晶触摸功能, 可用于互联网远程诊断系统.

本文以 AIKD812-256 心电图采样模块与智能手机为核心设计一种具有蓝牙通信接口的便携式心电监护系统. 该心电图监护系统将心电图机采集到的心电数据通过蓝牙接口传输至手机, 手机可以实时存储心电数据, 并能根据需要将会心电数据通过 GPRS/3G 网络传输至医疗中心服务器, 供专业人员诊断. 文章安排如

^① 基金项目:浙江省公益性技术应用研究计划(2011C21035);浙江省重点科技创新团队计划(2010R50009)

收稿时间:2012-02-17;收到修改稿时间:2012-03-19

下: 第 1 部分给出具有蓝牙接口的心电图机设计方案; 第 2 部分为手机软件设计方法, 包括蓝牙通信、心电数据存储、心电数据发送至服务器, 并对其实现过程中的关键代码进行分析; 第 3 部分为测试情况与小结.

1 心电图机设计方案

1.1 系统简介

心电图是一门较为深奥的学科, 一般情况下, 基层医疗单位医生、心血管患者不可能都是心电图方面的专家. 本文提出的系统以具有优质资源的医疗机构为服务中心, 通过 Internet 网络与多个位于乡镇或农村、重点监护病人的心电图机终端互连, 在一定程度上解决“看病难”问题. 本系统主要由如下 4 部分组成: 心电图机、安装有专用软件的手机、专家诊断终端、1 个医疗中心服务器, 系统结构框图如图 1 所示. 其中, 心电图机与手机一一对应, 其数量 m 为系统中需要心电监测的用户数; 专家诊断终端数 n 是系统中专家为用户进行诊断操作的计算机数.

在该系统中, 心电图机采集人体的心电数据, 并通过蓝牙将测得的心电图数据传送至手机, 实时地显示在手机屏幕上, 根据用户设置可以将心电数据存储在手机中或通过 GPRS/3G 网络传输至医疗中心服务器. 专业人员可以在专家诊断终端上对上传的心电数据进行诊断, 并利用电子邮件或短信将诊断完成的消息通知对应用户, 以使用户通过手机软件提取诊断结果.

限于文章篇幅, 本文重点介绍系统中心心电图机与手机软件的设计方法.

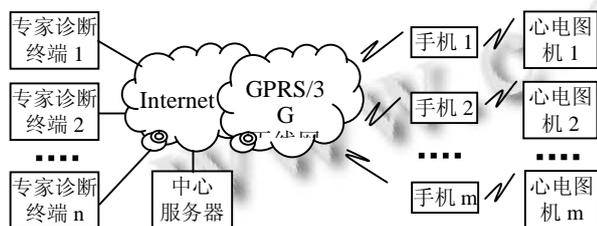


图 1 系统结构框图

1.2 AIKD812-256 模块及其应用

本文心电图机设计以 AIKD812-256 模块为核心. 该模块是专用于心电信号采样的产品^[6], 采用同步 12 导联采样, 单 5V 电源供电. 它有八个差分信号输入通道, 使用精密运算放大器、24 位模数转换器和高速处理器, 整个电路被封装在 1.5×1.5×0.381 英寸的模块

内, 并在处理器上安装了有效的数字滤波器算法, 使得本产品非常容易在强噪声背景、高输出阻抗环境下获取微小的心电图信号.

该模块以 UART 串行方式输入输出数据, 3.3V 的 TTL 电平, 波特率为 115200bps, 数据格式为 8 位数据位、1 位停止位、非校验. 对心电图采样模块的控制操作采用一定格式的命令帧, 命令帧均由 20 字节组成. 如表 1 所示, 其中帧头的 4 个字节固定为“AIKD”字符串, 校验和为帧前面 19 字节的异或结果, 具体的命令和附加字节表示的含义可参考资料[6], 在此只给出本文用到的命令字节, 如表 2 所示, 其中开始命令的附加字节为 1、2 时, 模块输出数据类型分别为 Wilson 导联、Frank 导联; 模块收到握手命令后, 会回送 15 字节的应答帧.

表 1 模块的控制帧格式

序号	0~3	4	5~18	19
内容	帧头	命令	附加字节	校验和

表 2 模块的控制命令字节

类别	命令字节	命令描述
开始	0x15	使用第 1 个附加字节
复位	0x35	不使用附加字节
握手	0x45	不使用附加字节, 模块应答

模块收到开始命令后, 开始每 2ms 输出一个心电图数据帧, 每帧 16 字节, 当输出为 Wilson 体系时, 数据包内包括 II、III、V1~V6 导联的数据(分别记为 DII、DIII、DV1~DV6), 手机终端接收到数据帧后可以计算出 I、avR、avL 和 avF 导联的数据(分别记为 DI、DavR、DavL、DavF), 计算方法如下:

$$DI = DII - DIII$$

$$DavR = DIII/2 - DIII$$

$$DavL = DII/2 - DIII$$

$$DavF = (DII + DIII)/2$$

1.3 蓝牙接口设计

在模块的硬件连接上, 心电图采样模块的输入端串联 10K 电阻后可直接连接导联线, 如图 2 所示. 图中蓝牙模块采用 HC-06, 该模块采用 CSR 蓝牙芯片, 遵循蓝牙 V2.0 协议标准, 模块尺寸为 3.57×1.52cm, 利用串口的 TXD、RXD 信号脚与心电图采样模块直接

相连, 波特率设置为 115200bps^[7]. 由于心电图采样模块与蓝牙模块尺寸小, 因此整个心电图机体积小, 便于携带.

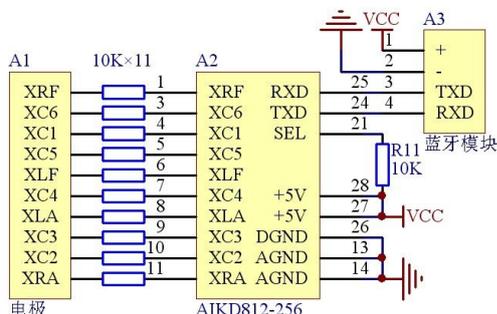


图 2 心电图机主要电路的连接图

2 手机软件设计

为了实现整个系统目标, 在手机终端中必须安装心电数据存储与收发软件. 该软件具有如下功能: 通过蓝牙实现心电数据接收、心电数据的存储、通过 GPRS/3G 向中心服务器发送心电数据.

本文手机终端软件采用 J2ME 进行编程, 下面对这些功能实现过程中的关键代码进行分析.

2.1 蓝牙通信

(1) 蓝牙查寻连接

系统设计时将手机作为客户端、蓝牙模块作为服务端, 即利用手机去搜索并连接蓝牙模块. 需要注意的是, 用手机与蓝牙模块连接, 首先得保证手机具有蓝牙功能.

整个蓝牙连接过程包括客户端搜索附近蓝牙设备、在搜索到的指定蓝牙设备上搜索蓝牙服务、连接搜索到的蓝牙服务, 最后实现数据的互通^[8], 具体的关键代码如下:

```
LocalDevice localDevice =
LocalDevice.getLocalDevice(); // 取得本地蓝牙设备
discoveryAgent = localDevice.getDiscoveryAgent();
// 取得蓝牙代理
```

上面两步通过后, 就可以确定本设备带有蓝牙接口, 并同时启动蓝牙功能. 通过上述步骤后, 利用

```
discoveryAgent.startInquiry(DiscoveryAgent.GIAC,
this);
```

开始搜索附近蓝牙设备, 搜索到设备后自动调用 deviceDiscovered() 回调方法, 在 deviceDiscovered() 方法里添加设备. 本系统中每次只连接一个设备, 所以一

旦搜到一个设备后就通过 discoveryAgent.cancelInquiry() 方法取消设备搜索, 自动调用 inquiryCompleted() 回调方法, 在 inquiryCompleted() 中添加 discoveryAgent.searchServices() 程序搜索在设备上服务, 每发现一个服务时都会自动调用 servicesDiscovered(), 完成全部搜索服务后自动调用 serviceSearchCompleted() 方法.

在搜索到蓝牙设备, 并在蓝牙设备上搜索到串口服务器后, 通过

```
url = sr.getConnectionURL(ServiceRecord.
NOAUTHENTICATE_NOENCRYPT, false);
conn = (StreamConnection) Connector.open(url);
实现蓝牙的连接.
```

(2) 手机与心电图模块通信

蓝牙连接成功后利用 conn.openDataInputStream() 打开输入流、conn.openDataOutputStream() 打开输出流, 通过 read() 或 write() 方法进行数据通信. 在通信过程中主要实现 2 个功能: 手机控制心电图模块、手机接收来自心电图模块的数据, 其中手机控制心电图模块主要包括握手信号的发送、开始命令和停止命令的发送.

为了实现手机与心电图机的数据通信连接, 手机首先发送握手信号到蓝牙模块. 根据表 2, 可以知道发送握手信号的格式以及发送代码为:

```
byte b[20] = {0x41, 0x49, 0x4B, 0x44, 0x45, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0x5E}; // 握手帧, 0x5E 为校验和
```

```
DataOutputStream dos =
conn.openDataOutputStream(); // 打开输出流
dos.write(b); // 发送数据
```

心电图机接收到手机发送的握手帧后, 会发送 15 字节的应答帧. 手机软件利用接收线程接收应答帧, 相应代码如下:

```
byte c[15];
DataInputStream dis =
conn.openDataInputStream(); // 打开输入流
dis.read(c, 15);
```

同样, 还可以采用上述方法发送不同控制命令的字节数组到心电图模块, 控制心电图机进行相应的操作, 如开始命令和停止命令, 限于文章篇幅, 在此不作赘述.

手机接收到应答帧后发送开始传输命令帧, 接着开始接收心电图数据. 手机接收心电图数据的关键程

序代码结构如下:

```
byte d[16];
DataInputStream dis =
conn.openDataInputStream();// 打开输入流
while(true){
while(dis.available()<16);// 等待输入缓存中至少
有 16 个字节
dis.read(d,0,16);
/* 对接收到的数据进行处理、显示与存储 */
}
```

2.2 心电数据存储

手机终端一个重要功能就是心电数据的存储. 在 J2ME 程序中, RMS(Record Management Store 的缩写) 记录库是一个小型的简单数据库管理系统, 可以用来保存应用程序中的数据^[9].

RMS 具体的存储方式由各设备厂商自己实现, 存储的位置也会因为设备厂商的不同而不同. 在 RMS 中, 每一条数据被称为一条记录, 记录库实际是记录的集合. 本文将一个心电数据作为一个记录存入记录库. 一个记录格式如表 3 所示.

表 3 心电数据记录格式

序号	0~126	127~80126	80127
内容	头部信息	心电数据	校验和

其中, 头部信息包含预设的用户信息以及心电数据的保存时间, 校验和为前面 80127 个字节的异或和.

从一个记录格式可知, 由于心电图机每 2ms 输出 16 个字节的数据, 所以一个保存的心电图时间长度为 $(8126-127+1) \times 2/16=10000\text{ms}$, 即 10s.

记录中头部信息的时间信息为心电数据保存时手机的系统时间, 可以利用如下代码得到:

```
Calendar c = Calendar.getInstance();
Date d = c.getTime();
```

然后从 d 中提取年月日及时分的具体数据, 并与上述接收到的心电数据一起存入记录库中.

对于记录库的操作, 先要打开记录库, 然后对记录库进行操作, 其中包括记录的增加、删除、修改等, 最后将记录库关闭. 具体主要通过以下方法实现记录库的操作:

```
penRecordStore(rsName,true); //打开名为
rsName 的记录库
```

```
deleteRecordStore(rsName); //删除名为 rsName 的
记录库
addRecord(b, 0, b.length); //添加数组 b 到记录库
getRecord(id); //读取第 id 条记录
setRecord(id,b,0,b.length); //将第 id 条记录设置成
字节数组 b
```

2.3 心电数据发送至服务器

本设计中采用 TCP Socket 方式与中心服务器进行数据通信, MIDP2.0 中定义了 SocketConnection 和 ServerSocketConnection 接口用于实现 TCP Socket 编程. 由于本系统中手机端作为客户端, 所以只用到了 SocketConnection 接口.

为了实现 Socket 通信, 必须先建立连接

```
sc=(SocketConnection)Connector.open(url);
```

其中 url 为服务器的地址, 本系统中 url=Socket://61.153.1.12:5000, 即服务器 IP 地址为 61.153.1.12.

为了防止因服务器未开而导致的长时间连接, 程序中设置了一个定时器, 在经过设定的时间后仍未连接成功, 给出提示, 并终止连接. 如果成功建立连接, 则打开输出流和输入流

```
dos=new
```

```
DataOutputStream(sc.openOutputStream());
```

```
dis=new DataInputStream(sc.openInputStream());
```

然后通过 read()或 write()方法进行数据通信.

同时, 为了防止传输过程中出现数据差错, 本设计中单帧心电图数据采用固定长度的格式传输, 具体格式参见表 3, 实际传输时在该表的格式前增加一个帧头 "A1A2A3". 当中心服务器收到此帧头时, 就认为帧头后续的数据为表 3 格式的心电图数据. 一帧数据接收完后对其中校验和进行核查, 如果核查结果正确, 发送 "OK" 字符串至手机终端; 反之, 发送 "ER" 字符串, 以便提示手机终端重传心电图数据.

另外, 为了便于中心服务器存储心电数据, 上传至服务器的心电数据包括预设的用户信息以及心电记录的保存时间. 专家诊断完成后, 根据用户信息(如电子邮件或手机号码)通知用户提取诊断结论.

3 测试与小结

本文的设计调试包括 2 部分: 心电图机电路、手机软件. 手机软件采用 JBuilder2006 开发平台, 调试成功后, 将软件打包, 并下载到具有蓝牙功能的手机中

进行运行测试。图3是软件在NOKIA 6300上运行的情况,其中图(a)为软件的主界面,图(b)为蓝牙连接过程的界面,图(c)为有关参数设置的界面,图(d)为心电数据接收时心电图动态显示情况,图(e)为心电数据的记录库列表,图(f)为心电数据上传服务器时的界面。



图3 手机软件运行界面

经测试,本文设计的心电图机达到了预定目标,并具有携带方便、使用简便的特点,可实现小型医疗机构与重点监护病人远程医疗监护的功能,对提高全民健康水平,有着积极的意义。

参考文献

- 1 丁明石.基于移动通信技术的远程实时心电监护系统设计[博士学位论文].天津:天津大学,2005.
- 2 郭兴明,陈丽珊,陈旻,彭承琳.基于智能手机的心电实时监护系统的设计.计算机应用研究,2010,27(6):2181-2191.
- 3 何彪,周开班.基于智能手机的远程实时心电监护系统.计算机工程,2009,35(12):248-250
- 4 Yazng HC, Cheng CM, Chein TU. A novel design of ECG electrode combined with antenna for ZigBee-based wireless measurement. IFMBE Proc. of 6th World Congress of Biomechanics. Chennai: Scientific Publishing, Services Pvt. Ltd., 2010: 1382-1385.
- 5 Tan TH, Chang CS, et al. Development of a portable linux-based ECG measurement and monitoring system. Journal of Medical Systems, 2011,35(4):559-569
- 6 AIKD812-256 心电图采样模块技术说明书[2011-11-15]. <http://www.aikd616.com>.
- 7 HC-06 模块产品规格书 [2012-01-05]. <http://www.wavesen.com>.
- 8 王晓.J2ME 程序开发实用案例从入门到精通.北京:清华大学出版社,2007.169-173.
- 9 陈旭东,徐保民,张宏勋.J2ME 应用教程.北京:清华大学出版社,2007.98-118.

(上接第 121 页)

- 6 ADSP-BF531/ADSP-BF532/ADSP-BF533 Datasheet. Analog Devices, Inc.,2011.
- 7 ADSP-BF533 Blackfin Processor Hardware Reference Datasheet.Analog Devices,Inc.April 2009.
- 8 K4M56163PG-R(B)E/G/C/F Datasheet.SAMSUNG Electronics,2006.
- 9 Plepp F. Blackfin and SDRAM Technogy (EE-326).

- December, 2008.
- 10 AT45DB161D Datasheet.Atmel,2008.
- 11 Desai H. ADSP-BF533 Blackfin 加载过程 (EE-240). Semptemper, 2008.
- 12 K9F8G08UXM Datasheet.SAMSUNG Electronics, 2007.
- 13 Zhan K, Zhao D. ADSP-BF533 Blackfin Processor to NAND FLASH Memory(EE-302). November, 2006.