

基于蓝牙的心音、呼吸音无线电子听诊监护系统*

王柏祥¹ 戴燕云¹ 施剑锋¹ 金 涛²

(1. 浙江大学 信息学院信电系 浙江 杭州 310027; 2. 浙江大学 医学院附属第一医院 浙江 杭州 310027)

摘 要 通过分析传统心音、呼吸音听诊系统存在的问题,尤其是 SARS 出现后引发的问题,提出了针对传染性病人的基于蓝牙技术的无线心音、呼吸音听诊监护系统。采用蓝牙无线技术和数据分析处理技术,系统有效地避免医患间的交叉感染,适用于传染病人的诊断和监护。

关键词 心音;呼吸音;蓝牙;听诊监护系统;MSP430

中图分类号 :TN912.3 **文献标识码** :B

Electronic Heart Sounds and Respiratory Sounds Auscultation and Monitoring System Based on Bluetooth

WANG Bai-xiang¹ ,DAI Yan-yun¹ ,SHI Jian-feng¹ ,JIN Tao²

(1. College of Info. Science and Engineering ,Zhejiang Univ. ,Hangzhou 310028 ,China ;

2. The First Affiliated Hospital of Medical College Zhejiang Univ. ,Hangzhou 310028 ,China)

Abstract By analyzing the auscultation flaws of traditional heart and respiratory sounds , especially the problem caused by the occurrence of SARS , a wireless heart sounds and respiratory sounds auscultation and monitoring system was proposed. The Bluetooth , data process and analyzing techniques were adopted. The mutual infections between the doctor and the patients were avoided and the system is useful for fulminating infections diseases.

Key words heart sounds ;respiratory sounds ;Bluetooth ;auscultation and monitoring system ;MSP430

心音和呼吸音是反映心脏和肺部生理及病理的一项重要指标。传统听诊系统几乎都需要医生和病人的直接接触,导致医生易受病人的感染。SARS 的出现使这一问题更为突出。SARS 病房内,医务人员穿 3 层防护服,利用传统听诊器基本无法对病人进行肺部和心脏的听诊,因而贻误病人的诊断治疗时机。由于和病人的直接接触,一批经验丰富的医务人员因受病人的传染而倒下,无线的听诊监护系统的出现是必然的^[1]。

SARS 之后,出现了一些无线听诊系统,这些系统采用了红外等无线技术,传输距离、数据安全可靠等受到较大限制,且不具备数据保存、数据分析、传输控制、多部位信号波形实时显示、声音同步播放、远程控制等功能。由于这些重要功能的缺乏,使这些系统在医疗一线的使用率极低。

本文提出的听诊监护系统,只要将不同功能的探头安装在病人相应的部位,医务人员就可以对病人进行远程听诊和监护,并对数据进行进一步地分析、处理、存储、同步波形声音播放,既可以很大程度地避免医务人员和病人的交叉感染,又可以提高诊断的准确性,利于进一步诊断和日后复诊。本系统精度高、成本低、功耗低、体积小、使用方便,具有很强的医疗应用价值和社会价值。

1 系统整体设计思路

系统设计思路:用不同传感器将人体的心音、呼吸音信号采出,将采出来的模拟电信号通过 A/D 转换成数字信号,经过编码后,通过蓝牙发送到远端:一路送给蓝牙耳机,供医生初诊使用,一路送给 PC 机的监护软件,进行进一步的分析和处理。

由图 1 的系统原理图可看出,整个系统由硬件和软件两部分组成。硬件部分包括心音、呼吸音采集

* 收稿日期:2006-04-08

基金项目:浙江省科技厅基金资助项目(2004C33031)

作者简介:王柏祥(1957—),男,副教授。

模块、主控模块、蓝牙发送接收模块、电源稳压电路、蓝牙耳机及 PC 机。软件部分包括 Firmware 控制软件和 PC 机上监护管理软件。

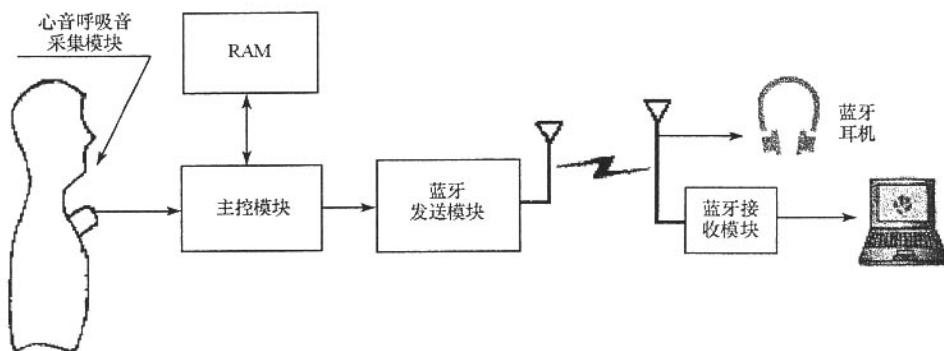


图 1 系统原理图

Fig.1 Schematic diagram of the system

2 系统硬件实现

2.1 心音、呼吸音采集模块

探头采用驻极体话筒作为传感器^[2-3],TLC2254 为放大器。用 MAX274 加外围电阻分别设计了 50Hz 的陷波器,0~600Hz 的低通滤波器,100~1500Hz 的带通滤波器。

2.2 控制模块^[4]

系统的 CPU 采用 TI 的超低功耗 16 位 RISC MSP430F149。MSP430F149 的显著特点是:电源消耗的超低功耗,CPU 外围的高度整合性,非常适用于低功耗的便携式设备。

MSP430F149 内含一个 8 路的 12 位快速 ADC,采用此器件,系统无需外加 A/D 转换器;60K 字节的 FLASH,满足了程序存储的需要;在 MSP430F149 芯片外接了一个 HYUNDAI 的 2MB SDRAM,用于存放需 MCU 处理的数据,微控制器是系统的“主管”,主要完成对采集模块采集到的心音、呼吸音模拟电信号进行 A/D 转换、对信号压缩编码、负责运行协议。

2.3 蓝牙发送接收模块

蓝牙发送模块采用 Ericsson 的 ROK101 007。接收模块采用蓝牙 USB Dongle。ROK101 007 模块集成度高,功耗小,支持点对多点,完全兼容蓝牙协议 V1.1。模块包括基带控制器,无线收发器,闪存,电源管理模块和时钟五个功能模块,可提供高至 HCI(主机控制接口)的功能。ROK101 007 与主机或其他设备互联时,有 USB、UART 等接口方式。

本系统中 MSP430F149 通过 UART 接口控制蓝牙发送模块,发送模块和接收模块是利用 HCI 指令建立点对点的连接,接收模块采用 USB 接口和 PC 机相连,波特率为 115.2Kbps。

3 系统软件的设计和实现

3.1 Firmware 设计

整个系统的软件设计包括两大部分:Firmware 中的程序和远程 PC 机上的心音、呼吸音监护软件。Firmware 中的软件流程如图 2 所示,主要完成信号采集控制,AD 转换,信号编码处理,数据传输控制等。

3.2 远程 PC 端监护软件

当数据由采集设备采集后,通过蓝牙传输到 PC 的监护软件进行数据处理。监护软件是一套专门针对本系统自主开发的集病人管理、病历管理、用户管理、波形/声音实时播放、历史数据回放、数据分析等功能的系统管理软件。监护软件的核心是波形、声音的实时同步显示/播放以及回放处理,以下是对

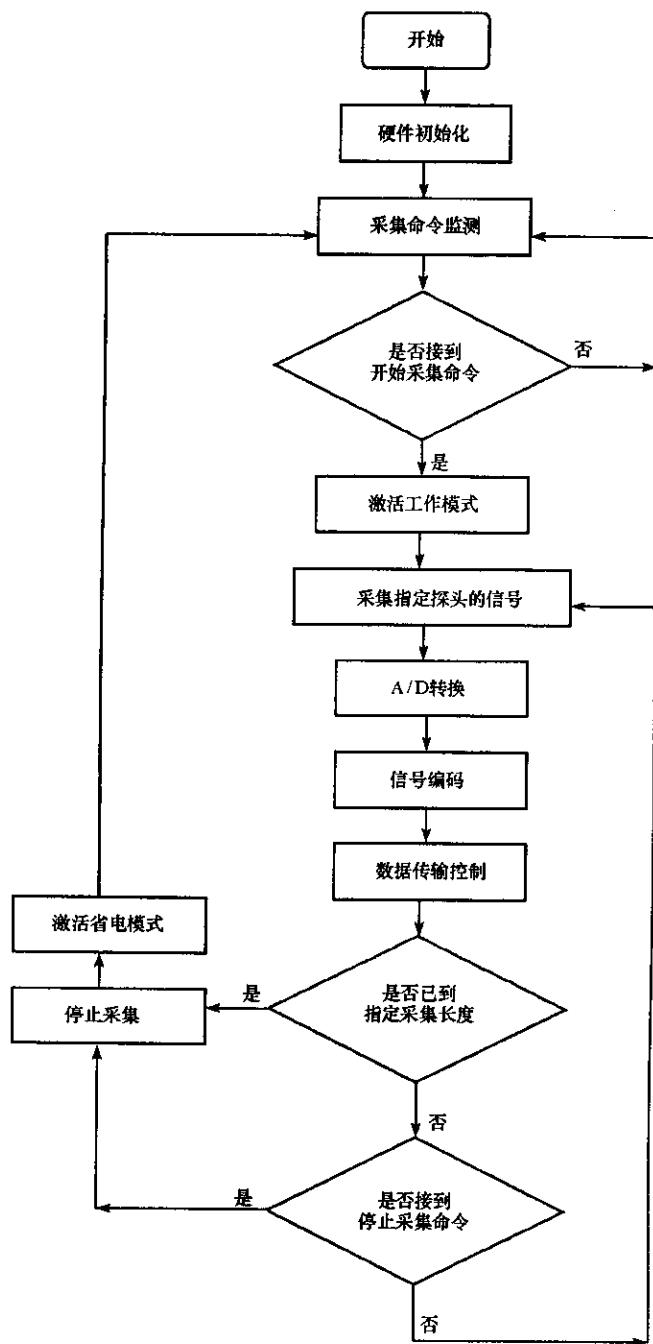


图2 Firmware 软件流程图

Fig.2 Software flowchart of firmware

根据本系统需求和特点开发的波形显示和回放控件的技术特点的简单分析：

1. 控件运行效率高,对系统性能要求低

控件采用显示双缓冲、图形界面数据与信号数据分离、界面按需更新等技术来降低对系统性能需求。测试中 4 通道高精度数据同时采集时 P4 2.4GHz 的 CPU 占用率不超过 10%。

2. 支持多通道波形的实时显示、回放

多通道的同时采集、显示对临床应用有非常大的意义,为了实现多通道的数据传输,定义了专用的传输协议、数据帧格式,用于高效无误的多通道数据传输及采集控制。

3. 支持波形横纵向缩放 移动

波形的缩放通过数据的映射,根据屏幕上波形的疏密程度智能调整波形显示方式。

- (1) 支持自选通道的声音同步实时播放,允许用户随时选择切换声音播放通道;
- (2) 支持对波形进行面积、斜率、距离、信号强弱比等数据的测量分析;
- (3) 支持波形多显示器显示。

双显示器画面的支持给多通道的数据同时监护带来了非常大的便利性,监护软件采用 VCL 组件技术,非常方便地设置多个波形分别显示于不同的显示器上。

4 测试数据和结果分析

4.1 测试环境和测试内容

系统样品完成后,进行了两个阶段的测试:实验室的技术性测试和医院的临床测试。在实验室的技术测试主要测试系统各项功能指标和系统的稳定性,临床测试主要测试系统的可靠性、准确性和实用性。

临床试验地点选在浙江某大型医院的 ICU(重症监护室),医生办公区域和病人区域被玻璃墙分离开来,空中无线距离约 35m。

4.2 测试结果

在实验室的多次技术性测试中,系统各项功能指标达到了设计需求。72h 长时间持续试验中,系统正常稳定地工作。在数百小时的临床试验中,系统能成功获取人体不同部位的心音和呼吸音信号,远程监控 PC 机能够同步显示波形、播放声音,且将接收到的信号以 PCM 格式自动存储。

对对系统采集和储存的波形和声音数据的分析,医学专家认为本系统的声音信号噪音少、信号强、失真低,多数情况下可以直接取代听诊器。

由于相关医学研究的缺乏,目前无法从心音和呼吸音的波形图中直接断定其具体的疾病,但作为原始资料,波形信号和声音信号能够对相关研究提供重要依据。从系统采集到直观的波形图中,医生不仅能从波形中发现呼吸音或心音的异常,还可以通过系统的数据分析功能,对波形进行面积、斜率、距离、信号强弱比等数据分析,量化生理信号特征。系统的数据分析功能将对疾病的诊断和相关的医学研究提供较大帮助。

4.3 结果分析与对比

国外研究机构对心音信号的研究相对较多,也较为成熟,从图 4 和图 6 可看出,本系统采集到的心音信号(如图 3 所示)较好地反映了第一心音、第二心音等生理信号。

由于呼吸音信号具有很多的不规则性,目前国内外对于呼吸音信号没有标准的波形图形。医学专家在试听了声音信号和分析了波形信号之后,参考了国外相关研究机构提供的呼吸音信号样本(如图 7 所示),认同本系统采集到的呼吸音信号,能忠实地反映被测人肺部的真实状况。对哮喘病人的测试中,采集到的波形能够很好地反映哮喘病人的肺部病理特征,如图 5 所示。

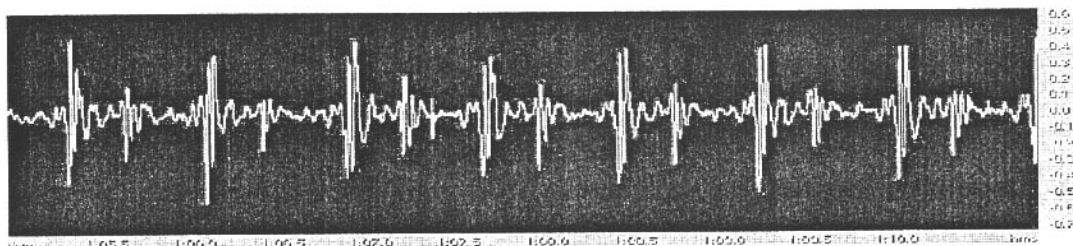


图 3 系统采集到的正常人的心音图

Fig. 3 Heart sound signal of the normal person obtained by the system

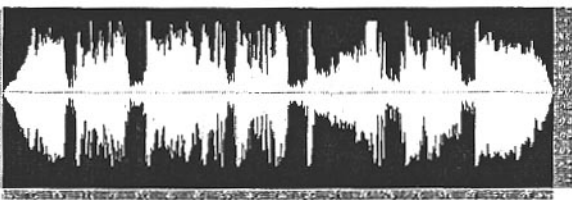
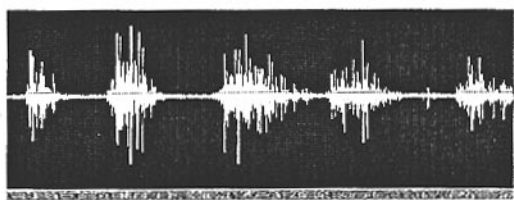


图 4 系统采集到的正常人左胸的呼吸音图
Fig.4 Normal respiration sounds signal by the system

图 5 系统采集到的哮喘病人的呼吸音图
Fig.5 Respiration sounds signal of an asthmatic by the system

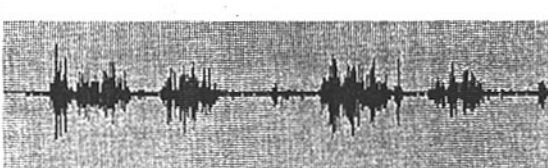


图 6 正常心音参考图
Fig.6 Referenced normal heart sounds signal

图 7 呼吸音参考图
Fig.7 Referenced respiration sound signal

5 结束语

经过临床试验,系统达到了设计目标。蓝牙技术的运用使得无线听诊监护成为现实,低功耗的设计、高精度的采样、完善的监护软件使得系统在功耗、精度和功能达到了较高的水准。本系统的应用能极大地降低医务人员被病人感染的概率,同时,数字化的处理技术使得系统非常方便地保存、分析病人的心音和呼吸音信号数据,对日后病理的分析和研究提供重要数据来源。系统丰富的软硬件接口,使得系统与其他数字生理参数整合成为可能,可以拓展为更为全面的监护系统,具有广泛的应用前景。

参 考 文 献 :

[1] Sovijarvi A R. A New Versatile PC-based Lung Sound Analyzer with Automatic Crackle Analysis(HeLSA); Repeatability of Spectral Parameters and Sound Amplitude in Healthy Subjects[J]. Technol. Health Care , 1998 6 :11 - 22.

[2] Pasterkamp H , Kraman S S , DeFrain R D , et al. Measurement of Respiratory Acoustic Signals : Comparison of Sensors[J]. Chest , 1993 , 104(5) :1518 - 1525.

[3] Goncharova Y , Akustychny V. Microphone Based Sensor for Recording the Respiratory Sounds[M]. Begell House , Inc ., 2000 :56 - 62.

[4] 沈建华 杨艳琴 ,等. MSP430 系列 16 位超低功耗单片机实践与系统设计[M]. 北京 :清华大学出版社 , 2003(4) :10.

