

用于隔离装置的无线监护系统*

郑捷文, 钱绍文, 吴太虎, 宋振兴, 赵鹏, 张广
(军事医学科学院 卫生装备研究所, 天津 300161)

摘要: 设计了一种应用于隔离装置的便携式无线监护系统, 使医护人员能够在不接触传染病人的情况下获取病人的多参数生命体征和心肺音, 并实现无线医患通话。该系统集成了无线生命体征监护系统、无线心肺音监测系统以及无线医患通话系统, 并实现了智能化一体化设计。在多种隔离装置中应用测试表明, 该系统可在 100 m 范围内实现生命体征、心肺音以及医患通话的实时准确无线传输, 能够有效解决我国现有隔离装置缺少医护功能的问题, 具有较好的临床实用价值。

关键词: 隔离装置; 生命体征; 无线监护; 心肺音

中图分类号: R318.6

文献标识码: B

文章编号: 1674-7720(2011)17-0033-03

Wireless monitoring system for the isolation equipments

Zheng Jiewen, Qian Shaowen, Wu Taihu, Song Zhenxing, Zhao Peng, Zhang Guang
(Institute of Medical Equipment, Academy of Military Medical Science, Tianjing 300161, China)

Abstract: The paper designs a wireless monitoring system for the isolation equipment, so that the health care staffs can get the patients' vital signs and cardio-pulmonary sound, and also communicate with the patients. The system integrates a wireless vital signs monitoring system, a wireless cardio-pulmonary sound monitoring system and a wireless patient call system intelligently. By applied in a variety of isolation equipments, the result shows that the system can implement vital signs, cardio-pulmonary sounds and doctor-patient talk transmission within 100 meters accurately and real-timely. The system can effectively solve the existing problem of isolation equipments which is lack of medical monitoring function. And it would have better clinical value.

Key words: isolation equipment; vital signs; wireless monitoring; cardio-pulmonary sound

多参数监护仪和听诊器作为传统的物理学诊断仪器, 已经被广大的临床医生所接受, 是临床医生进行病情诊断不可或缺的重要设备。目前对患者的多生理参数监护为有线方式, 在这种方式下, 如果要诊察病人的心肺音等生理情况, 医护人员不可避免与病人有近距离的接触, 极大地增加了疾病传染的机会, 这充分体现在 SARS、禽流感 and 甲流等疫情中, 引起了临床专家及国家卫生部门的关注^[1]。

因此, 迫切需要一种无线监护系统, 以无线通信方式传输病人的生命体征、心肺音等生理信号, 使医护人员和专家不必在现场即可对病人进行诊断, 实现远程监护和会诊。此外, 隔离病房、隔离担架、隔离救护车等隔离装置一般具有较好的封闭性^[2], 一定程度上影响了装

置内部患者和外部医护人员的交流, 更需要一种无线监护系统来实现医患之间的交流。

本文提出了一种用于隔离装置的无线监护系统, 只要将各功能探头安装在病人身体相应部位, 医务人员就可以在隔离装置外对病人生命体征进行无线遥测, 并与病人无线通话, 很大程度上避免了医务人员和病人的交叉感染。本系统精度高、成本低、功耗低、便携轻巧, 具有一定的临床实用价值。

1 系统设计

系统硬件整体设计如图 1 所示。主要分为无线监护信号采集发送子系统和接收子系统。采集发送子系统设置于隔离装置内部的病人端, 主要由病人多参数生命体征检测传输模块、病人心肺音检测传输模块、无线通话模块组成。接收子系统设置于隔离装置外的医生端, 主要由多参数生命体征监护显示与操作模块、多参数生命

* 基金项目: “863 计划”资助项目(2009AA02Z410); “国家科技支撑”资助项目(2009BAI79B03)

体征无线接收模块、听诊模块、心肺音无线接收模块以及无线通话模块组成。系统工作时,只需要在采集端将各功能探头或电极等安放在病人相应部位,采集端将采集到的病人生命体征信号、心肺音信号和通话信息通过相应模块无线传输到接收端,医生可根据所接收的病人信息采取相应的治疗措施。

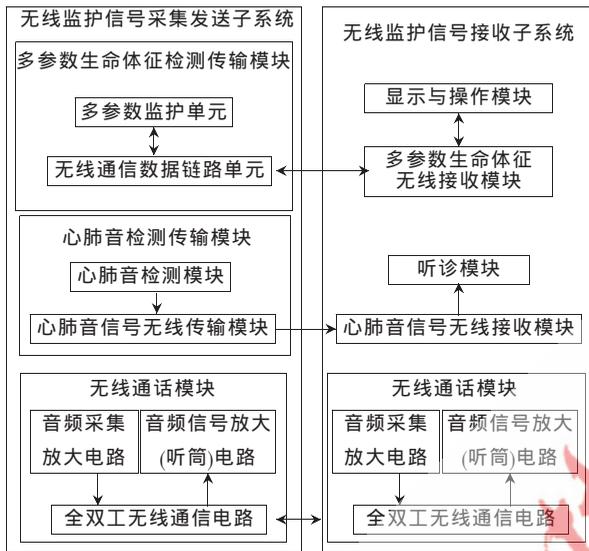


图1 用于隔离装置的便携式智能一体化无线监护系统总体结构示意图

1.1 多参数生命体征监测和无线传输模块

1.1.1 多参数监护仪研究方案分析

目前,多参数监护仪模块化集成方式主要有基于PC104工控板和基于嵌入式处理器两种。然后,以此为控制核心,集成其他生理信号检测模块构建多参数监护仪。基于PC104工控板的本质是将PC机嵌入在一种具体的应用环境中,用PC104总线来与其他设备通信,它的核心是Intel x86的通用CPU,同时扩展一些外围设备。该方式的优点是:抗干扰性强,软件编程简单(操作系统为Windows3.x或DOS,对于Windows程序员来讲比较熟悉)、程序运行可靠。缺点是:由于要扩展大量的外围设备,因此功耗和体积比较难控制。基于嵌入式微处理器的多参数监护仪构建方式目前比较流行,已有多家国内外知名厂商推出了基于嵌入式微处理器和嵌入式实时操作系统集成平台的多参数监护仪^[3]。由于嵌入式处理器拥有较高的工作频率和大容量的存储空间,很容易在其上架构实时操作系统。但是,嵌入式处理器在抗干扰性能上要逊色于工控板,因此,必须在系统的抗干扰方面做大量的工作才能够保证系统的可靠运行。

本文以嵌入式处理和实时多任务操作系统为平台构建多参数监护仪。生理参数检测模块采用市场上比较成熟的OEM产品。这些OEM模块的选择主要基于以下几点:低功耗、小体积和高抗干扰性。微处理器采用Samsung公司的ARM9系列S3C2440微处理器,其内部集成了大量功能模块,包括TCP/IP接口、USB口、LCD

控制模块等。生理信号提取子单元包括心电/呼吸/体温测量子模块、血压测量子模块、血氧测量子模块以及扩展串口。心电/呼吸/体温测量子模块采用超思公司的心电/呼吸/体温测量模块,血压测量子模块采用CRNE公司EP80FA型臂式无创血压模块,血氧测量子模块采用贝瑞公司的血氧模块^[4]。

1.1.2 无线通信方式

本系统的无线通信方式属于短距离无线通信的技术范畴。目前比较常用的短距离无线数据传输方式主要有:非标准协议无线通信技术、Bluetooth、Wi-Fi和ZigBee。Bluetooth具有复杂的协议层,这导致了其硬件复杂性和数据处理量大幅度增加,因此功耗成为其致命的缺陷。Wi-Fi具有很好的通用性、更快的数据速率,其软件接口处理较为复杂,且同样拥有功耗大的缺点。ZigBee也是一种近距离低速率数据交换的可选设计,但ZigBee协议复杂、开发难度大、周期长,限制了中小厂商的使用。而非标准协议无线通信技术不需要繁琐的协议处理,因此具有低成本、低功耗和接口简单的优点,但也存在组网复杂的缺点。由于本文研究系统只需要点对点的传输,不需要组网,因此本系统采用非标准协议的短距离无线通信方式^[4],采用Nordic公司2.4GHz无线通信模块NRF24L01。多参数监护电极采集病人生理信号并经过滤波放大A/D转换后通过扩展串口发送到嵌入式微处理器S3C2440中,对信号进行处理、显示、报警、存储和传输等操作。生命体征监测及无线传输系统原理结构图如图2所示。

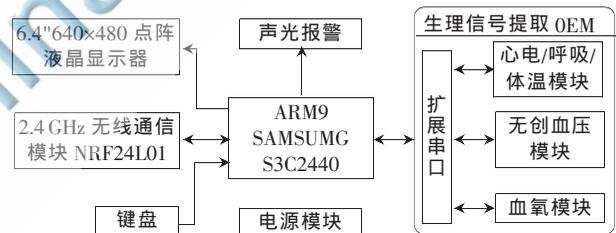


图2 生命体征监测及无线传输系统原理结构图

1.2 心肺音检测传输模块

1.2.1 心肺音检测设计

本系统采用集成式的心肺音检测模块,因为集成模块可以将电路做到最小且稳定。合肥华科电子技术研究所研制的HKY-06B型心音采样模块是一款集传感器、放大和滤波电路于一体的集成传感器。该模块结构小巧,使用灵活方便,其PCB插件式封装便于设计传感器接口,利用新型高分子聚合物材料微音传感元件,可准确采集心肺音信号。该传感器输出0.5~1.5V的低阻抗音频信号,非常方便后级电路进行A/D转换处理。

1.2.2 心肺音信号的无线传输及信号还原

目前,心肺音信号的传输一般采用廉价的FM波段信号收发模块,该类模块具有价格低廉的优点,但是容

易受外界干扰^[5]。为了增强抗干扰能力,本系统采用集成式 2.4 GHz 的无线音频模块来处理音频信号的 A/D 转换、D/A 转换、无线发送和接收。深圳恩比科技公司推出的 EB352TP/R2.4G 是一款价格低廉、结构小巧的无线数字音乐耳机收发模块。该模块工作在 2.4 GHz 自由频段,采用数字传播方式,具有很强的抗干扰性。无线音频发射模块 EB352TP 将心音采样模块 HKY-06B 输出的模拟音频信号进行 A/D 转换和数字信号处理,然后以其内部特定通信协议将声音数据打包发出。无线音频接收模块 EB352R 将接收到的信号进行 D/A 转换后,就得到了原始的心肺音信号,将其进行功率放大后,输出到驱动耳机。EB352R 具有 50 mW 的音频输出功能,可直接驱动耳机工作^[6]。原理结构如图 3 所示。

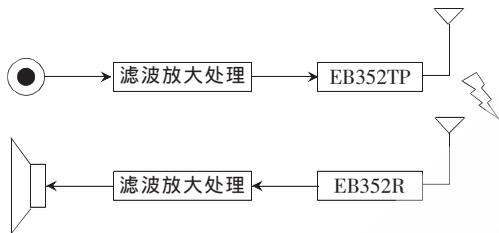


图3 人体心肺音提取及无线传输系统原理结构图

1.3 无线通话模块

设计无线医患通话系统的目的就是让隔离装置内的病人与装置外的医护人员之间可以进行无障碍通话。理论上类似于无线听诊,属于音频信号的无线传输范畴。但是医患通话信号质量并不要求像心肺音信号那么苛刻,心音信号不能有任何杂音干扰,因此对音频信号的提取、转换、滤波、通信协议都提出了较高的要求。而医患通话系统只要能保证医患能够清晰地通话即可,因此不必对信号采集、转换、滤波和通信协议做太复杂的工作^[7]。本设计采用集成式全双工无线通话模块构建无线医患通话系统。Billthink 公司工业级 8 频道全双工无线通话模块 YESU-PHONE-V,具有价格低、体积小和功耗低的优点。该模块采用频率合成二次变频无线收发技术和电磁屏蔽技术,内置压制背景噪音的动态压扩电路。工作频率可以在 409/465 MHz、430/450 MHz、450/470 MHz、610/630 MHz 及 650/670 MHz 频段,通话声音清晰。其外围电路简单,只需外加喇叭、咪头、天线即可工作,非常适合本系统便携式和低功耗的要求。

最终,所设计的用于隔离装置的便携式智能一体化无线监护系统如图 4 所示。



图4 用于隔离装置的便携式智能一体化无线监护系统实物图

2 测试数据和结果分析

该系统经过了两个阶段的测试:实验室技术性测试和临床应用测试。实验室主要测试系统运行功能正确性、稳定性以及电磁兼容性;临床应用主要测试系统的可靠性和实用性等特性。

2.1 测试结果

在实验室环境下,经过多次 72 小时持续试验,证明该系统可以准确、稳定地工作,在 100 m 范围内可以实现生命体征信号、心肺音信号和通话信息的准确实时传输。同时,监护端能同步显示波形、播放声音,并将接收信号自动存储。在临床测试中,可以采集到隔离病房内病人的实时生理信号和声音数据。医学专家认为本系统数据和音频信号噪声低、实时性好,在大部分情况下可以取代常规监护装置。图 5 所示为在临床试验环境下采集正常人多参数生理信号(包括心电、呼吸、SPO2、血压、体温、心率和呼吸率),可以看出其心率较低,心跳过缓。图 6 所示为临床试验下医生端采集的病人多参数生理信号,心电发生异常,有连发室早的症状,如图 6 右上角椭圆内所示。

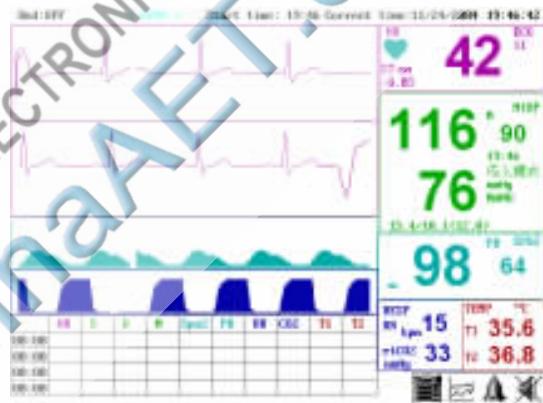


图5 多参数生理信号正常监护界面

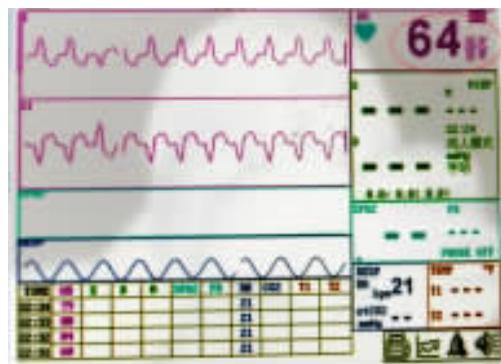


图6 心电发生异常监护界面

本文所设计的无线心肺音检测听诊系统摒弃了传统的 FM 波段信号收发模块,而采用了集成式 2.4 GHz 的无线音频模块来处理音频信号,具有更强的抗噪声能力。在临床使用过程中,大多数专家认为此听诊器比传

统听诊器听诊心音肺音更加清晰,在隔离装置内可以取代传统听诊器。

2.2 结果分析对比

目前国内外对病人心电、呼吸、SPO₂、血压、体温、心率和呼吸率监护的研究机构较多,也较成熟。相关医学研究也较成熟,当某一信号发生异常,经验丰富的医师就可以迅速做出诊断结果。图5和图6采集到的多参数生理信号较好地反映了正常人生理信号状态和病人异常的生理信号。在使用过程中,也有专家指出,虽然采用无线心肺音检测听诊系统的耳机听诊心肺音能判断出心肺音特征,但声音听起来没有普通听诊器浑厚。

本研究集成了多参数监护系统、心肺音采集系统以及医患通话系统,实现了用于隔离装置的100 m范围内的心电、呼吸、SPO₂、血压、体温、心率、呼吸率、心肺音和医患通话的无线传输,并保证数据的准确性、实时性和稳定性。同时,该装置具有便携式和通用性的特点,可以在不改变隔离装置现有结构情况下应用其中,实现了隔离装置信息化功能,弥补了现有装备的不足。当然,本研究也存在不足的地方,如耳机方式听诊系统的音质、抗噪声及消毒问题,仍需在后续研究中进一步完善。

参考文献

[1] 张群,刘轶永,孙逊等.综合性医院传染病防控策略与

思考[J].解放军医院管理,2010,8(30):788-790.

- [2] SARS患者专用氧帐式隔离担架的设计方法中国发明专利,CN1454576A.2003.
- [3] 沈连丰,宋铁成,叶芝慧,等.嵌入式系统及其开发应用[M].北京:电子工业出版社,2005.
- [4] MILENKOVIC A, OTTO C, JOYANOV E. Wireless sensor networks for personal health monitoring: Issues and an implementation [J]. Computer Communications. 2006, 29: 2521-2533.
- [5] 方俊,谷冰冰.基于无线射频识别技术的停车场管理系统设计[J].计算机技术与自动化,2010,3(29):92-95.
- [6] 蓝牙无线心音、呼吸音听诊监护装置.中国发明专利,CN1883393,2006.
- [7] 王柏祥,戴燕云,施剑锋,等.基于蓝牙的心音、呼吸音无线电子听诊监护系统[J].国防科技大学学报,2006,6(28):134-138.
- [8] 应俊,陈广飞.无线语音通信系统的研制及其在野战医疗中的应用[J].医疗卫生装备,2006,27(12):7-8.

(收稿日期:2011-04-14)

作者简介:

郑捷文,男,1980年生,博士,主要研究方向:生物医学信号的低负荷提取及信号处理,闭环急救复苏设备研制与系统集成。