

## 基于智能手机的穿戴式移动监护系统

[摘要] 目的：研制一种新型的生理参数监测系统，具备较好的移动性、舒适性以及可扩展性。方法：使用可穿戴技术实现基本生理信号的低负荷获取，使用蓝牙实现生理数据短距离无线传输，使用内嵌 Windows Mobile 操作系统的智能手机实现生理数据的接收、处理、存储以及远程传输。结果：基于智能手机的穿戴式移动监测系统可实现心电、呼吸、体温以及体位/体动等多项基本生理参数的低负荷获取，具有较好的人机交互界面和移动监护特性，可扩展性强。结论：智能手机可作为一个理想的家庭医疗系统开发平台，具有可扩展性强、开发便捷等特点，基于智能手机和蓝牙技术的穿戴式移动监测系统将在未来的健康护理中发挥重要作用。

### 1 引言

随着生理信号检测技术的进步，以及人们保健需求的日益提高，用户对生理参数监测系统的舒适性和移动性的要求越来越高。医疗模式变革，“战略前移，重心下移”，社区医疗和家庭医疗将在国民健康保障方面发挥重要作用。人体基本生理信号（如心跳、呼吸、体温、脉搏等）的低负荷、长时间、连续动态监测技术是家庭和社区医疗中的一类关键技术，通过这些信号的分析，可获取丰富有关人体健康状态的信息。在保证信号传感质量的情况下，舒适性和移动性决定了这类健康监测技术能否真正应用到百姓的日常生活中。低生理、心理负荷甚至无负荷（unobtrusively）状态下的生理参数获取是当今生物工程的前沿，可穿戴技术被认为是实现低负荷甚至无负荷生理参数检测/监测的有效途径之一。可穿戴技术（生物工程领域）是近年来兴起的一种低负荷生命信息检测技术，该技术将生理信息获取与人的日常穿戴相结合，以腰带、衬衣、短裤、臂章等形式来获取人的呼吸、心跳、血压、体温、体动等生命参数[1-2]，出现了诸如 AMON、SenseWear、LifeGuard、Smart Shirt、Life Shirt、Smart Vest、Mobihealth 等多种可穿戴传感器和系统。

随着计算机嵌入式技术的发展，蓝牙和智能手机在我们日常生活中已经变得越来越普及，基于手机的应用日益多样化，智能手机已逐渐成为一个移动应用开发平台。智能手机是指具有开放操作系统，并能支持第三方软件安装及应用的手机。由于内嵌开放操作系统（主要有 Palm OS, Windows Mobile, Symbian 及 Linux），使得应用程序的开发能够脱离底层具体的微处理器以及硬件结构，直接面向操作系统编程，大大降低了开发难度，而 Java、C# 等编程语言开发的应用程序又具有很好的跨平台特性，很大程度上推动了基于手机的应用程序的开发和使用。智能手机都标配了蓝牙模块，因此，推动了基于手机的短距离无线应用的发展。国内外基于手机和蓝牙技术的医用系统一直是一个研究热点，近年来由于智能手机技术的推广应用，这一领域引起众多医疗厂家和研究机构的关注，有各种形式的设计问世。本文提出的基于智能手机的穿戴式医用生理参数监测系统，融合了可穿戴技

术、蓝牙技术以及智能手机平台技术，其中可穿戴技术解决了信号的低负荷提取（即舒适性）问题，而蓝牙技术和智能手机则解决了移动监测的技术问题，上述融合代表了该类技术的发展方向。

## 2 系统结构设计

整个系统按功能可分为 3 个部分：穿戴式生理参数传感系统，信号采集和传输系统，智能手机系统。从系统构成角度看，可分为 2 个部分：可穿戴系统和智能手机系统，其中生理信号传感、采集与无线传输为一体化设计，集成在可穿戴系统内，可穿戴系统与智能手机系统之间通过蓝牙建立无线连接。系统结构框图如图 1 所示。

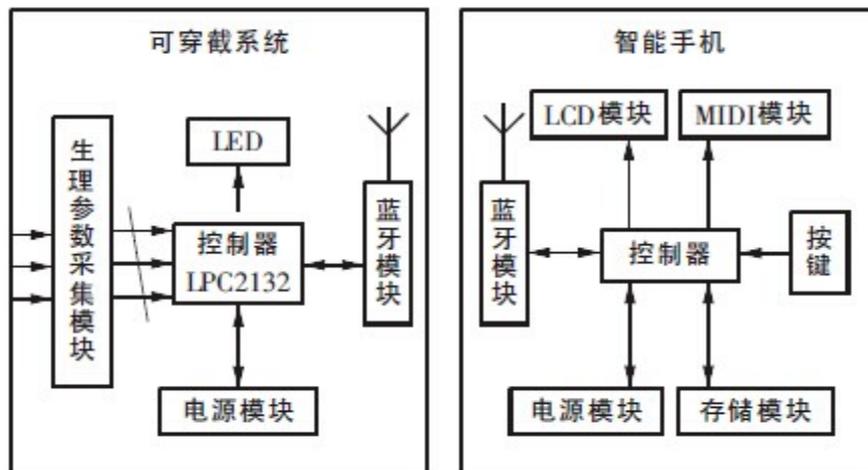


图 1 系统结构框图

### 2.1 穿戴式生理参数传感系统

本系统所用的可穿戴式生理参数传感系统如图 2 所示。通过该系统可实现心电、胸呼吸、腹呼吸、体温以及体位/体动等多个参数的负荷获取。胸腹呼吸运动经过标定后，可实现通气量的无创连续测量。

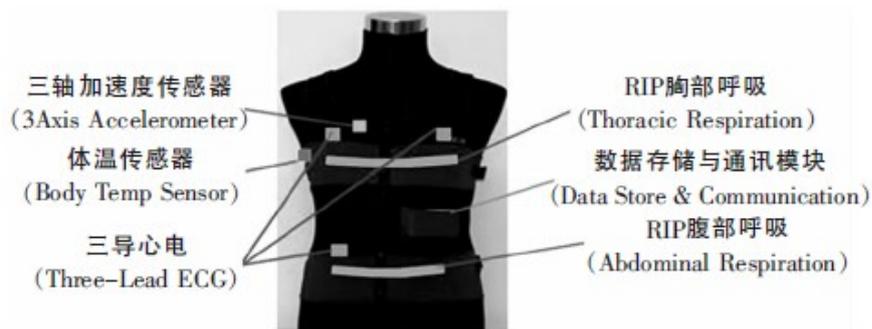


图 2 穿戴式生理参数传感系统

## 2.2 信号采集和传输系统

本系统采用的微处理器为 ARM7TDMI 系列的 LPC2132，内部集成了 10bit ADC，用于生理信号采集，通过串口连接蓝牙模块，实现数据无线传输。为了兼容多种类型生理参数的采集和传输，该系统架构设计上借鉴了“适配器”的概念，它与其他生理信号模拟电路板采用统一规范的接口标准，采用插件式的结构，根据需要使用相应的生理信号传感器及其模拟电路板。该系统通过电源电路产生两组电源，分别为模拟电路和数字电路供电，从而避免了数字电路部分对模拟信号的干扰。

该系统的核心任务就是根据配置要求采集模拟信号，并通过蓝牙模块无线传输。为了提高移动监护系统的灵活性，可通过智能手机平台动态设置配置信息并发送给信号采集和传输系统。配置信息包括采样通道、采样率、串口波特率、数据格式等。

## 2.3 蓝牙无线传输

蓝牙模块是蓝牙协议栈的载体，本课题使用台达电子生产的 DFBM-CS120 蓝牙模块，主要面向手机和移动应用。为减小主机软件负荷并与手机固件兼容，DFBM-CS120 采用嵌入式蓝牙模型，主机只需使用 AT 命令便可操作模块。这样提高了协议的封装程度，降低了软件设计难度。对于嵌入式模型，蓝牙协议栈位于蓝牙模块中，应用程序单独运行在主机上，通过适配协议与蓝牙模块通信。嵌入式模型无需主机处理蓝牙上层协议，减少了主机的软件负荷和代码长度，降低了开发难度，对于内存有限的设备及应用命令的手机终端而言都是不错的选择。

DFBM-CS120 蓝牙模块采用高密度封装技术，将剑桥硅无线电公司 (Cambridge Silicon Radio, 简称 CSR) 生产的 BlueCore3 蓝牙控制器及其外围电路，如晶振、电源、不平衡变压器、带通滤波器等集成到一块 6.4 mm×6.0 mm 的 PCB 上。蓝牙天线使用 ACX 公司生产的 AT3216 多层陶瓷天线，AT3216 专门面向 2.4 GHz 频段应用，适用于蓝牙、WLAN、Home RF 等，天线阻抗为 50 Ω。与主机通讯采用 UART (通用异步收发器) 接口方式，由 RXD、TXD 及 RTS、CTS 组成，用于主机向模块发送 AT 命令、模块向主机返回响应，以及主机和模块之间的双向数据传输，波特率固定为 115 200 b/s。蓝牙天线和接口电路如图 3 所示。

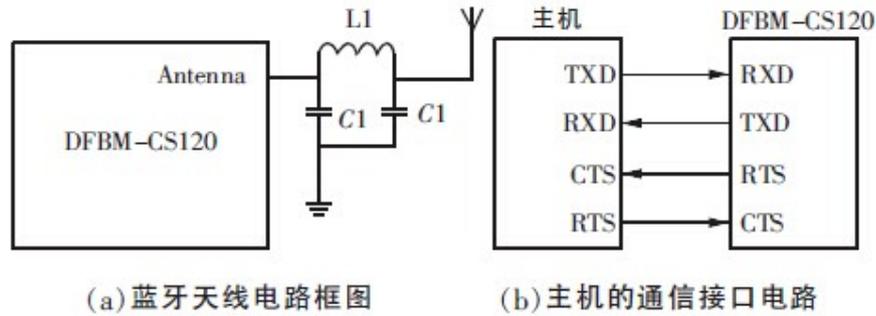


图 3 蓝牙天线及通讯接口

## 2.4 智能手机应用程序设计

本系统选用的是基于 Windows Mobile 5.0 操作系统的智能手机 (PocketPC, CECT D818), CPU 为 416 MHz 的 IntelPXA270 处理器, SDRAM 为 64 MB。和普通 PocketPC 相比, CECT D818 可以利用内置的 SIM 卡通过 GPRS 上网, 并支持蓝牙无线连接。

智能手机中集成了丰富的资源, 如蓝牙、液晶、存储、无线等, 并且可通过内嵌的操作系统直接对资源进行操作, 因此, 相对于传统的嵌入式系统开发模式, 基于智能手机的应用开发具备更好的资源以及较低的系统开发难度。基于智能手机的应用程序只需在 Windows Mobile 操作系统下编程实现相应功能即可。本系统的主要功能包括: 蓝牙设备的搜索、连接, 采集系统资源动态配置、数据的接收、显示和存储, 以及生理信号处理、远程传输等。应用程序使用 C# 语言, 在 Microsoft Visual Studio 2005 开发环境下进行应用软件开发, 搭建用户界面。要在智能手机上开发应用程序还需要在 VS2005 中嵌入 Windows Mobile 5.0 Pocket PC SDK, 它拓展了 Microsoft Visual Studio 针对 Windows Mobile 平台的开发, 用来开发基于 Windows Mobile 5.0 操作系统的应用程序。由于此程序需要对蓝牙进行编程, 所以要选择合适的蓝牙堆栈。鉴于 SDK 下载的费用以及是否支持 C# 语言开发, 最终选用 SDK-32feet.NET 进行蓝牙开发, 它是基于 Microsoft Bluetooth stack 堆栈的, 而系统选用的智能手机自带 Microsoft Bluetooth stack 堆栈, 所以不需作何安装更改。

图 4 为智能手机上应用程序功能模块简介。

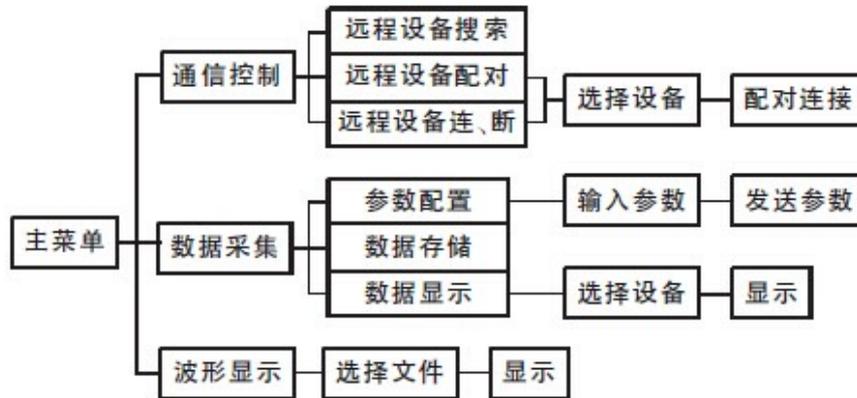


图 4 智能手机应用程序功能框图

### 3 结果

本系统设计的实物图如图 5 所示，实现了基于智能手机的穿戴式生理参数无线传输、显示和存储。系统就蓝牙无线传输方面做了简单测试，包括数据传输速率、数据丢失率以及系统功耗等方面。在室内环境，可穿戴系统与智能手机距离 1 m 的情况下，单字节数据的传输时间约为 88  $\mu$ s，系统无数据丢失。



图 5 基于智能手机的穿戴式移动监测系统

### 4 结论

本系统将可穿戴技术与智能手机平台技术相结合，研制出了新型的生理参数移动监测系统，具备舒适性、移动性的特点。基于智能手机通用平台的开发模式，降低了开发难度和系统成本，探索了一条低成本医疗系统设计模式。随着电子技术的进步，智能手机的普及率越来越高，基于智能手机的移动监护系统将会有很大的发展空间，可进一步体现出“软件即是仪器”这一技术发展趋势，即应用程序（智能手机平台）+移动终端（可穿戴技术）。



中国高科技行业门户

---

本系统初步实现了生理参数无线传输以及基于智能手机的应用程序的开发。由于采用蓝牙无线传输，数据传输方面尚有很多测试工作要做；智能手机本身具有多任务特性，因此，软件设计上还需考虑多任务（如语音通讯、短信等）模式下如何保证数据传输可靠性、实时性等问题，系统整体设计上还需考虑如何降低系统功耗，如何在功耗与动态、实时性之间取得平衡等问题。