

# 智能传感器及其在医学中的新应用

## Intelligent Sensor and Its Recent Application In Medicine

冯 巍,陈仲本

(中山大学基础医学院生物医学工程系,广州 510080)

[文章编号]1672-8270 (2005)06-27-04 [中图分类号]TP212.6 [文献标识码]A

**【摘 要】** 概述智能传感器的原理、组成结构以及它的特性。同时介绍了智能传感器在集成化、微型化和网络化方面的产物;智能传感器网络;并重点介绍了智能传感器在医学中的一个新应用,身体实时监控系统及其设计方法和工作原理。

**【关键词】** 智能传感器;智能传感器网络;远程医疗;实时监控

**Abstract:** In the paper, the definition, the components and the speciality of the intelligent sensor is simply described. Meanwhile, the development of integration, micromation and networking in intelligent sensor has produced the intelligent sensor networks. One of the latest application in medicine is body real-time monitoring system. The devising method and principle of the system is also introduced in the article.

**Key words:** intelligent sensor;intelligent sensor networks;Telemedicine;real-time monitoring

### 1 引言

传感器是将外界参量如物理、化学、机械等参量转化为电学量或光学量的一种装置。它是获取信息的重要工具,在工业生产、国防建设和科学技术领域发挥着巨大作用。在生物医学中,传感器有着更为广泛的应用,可以说大部分的医学检测仪器都是由各种传感器作为核心组成。考虑到人体的特殊性,要求医用传感器有更高的精确度、可靠性和抗干扰性,同时在传感器的体积、重量等外部特性上也有其特殊的要求,因此可以说传感器在医学中的应用在一定程度上反映了传感器的最新发展水平和其发展方向。随着信息技术及其相关外围技术的发展,特别是计算机技术的飞速发展,使得传感器技术有了革命性的进步,传感器与信息技术,特别是微处理器相结合产生了各种功能强大的智能传感器。智能传感器不但在功用上与传统的传感器有着

巨大的进步,其定义的内涵也有很大的变化,而其在生物医学工程上的应用更是日新月异,成为国际科技界的研究热点。

### 2 智能传感器结构及特性

智能传感器主要由传感器、微处理器(或微计算机)、相关输入输出电路以及软件部分组成,其结构框图如图 1 所示。传感器将被测的物理量转换成相应的电信号、送到信号处理电路中,进行滤波、放大、A/D 转换后,送入微计算机中。微计算机是智能传感器的核心,它不但可以对传感器的测量数据进行计算、存储和处理,还可以通过反馈回路对传感器进行调节控制,而这一切都是通过软件来实现,因此软件设计在很大程度上决定了基于微处理器的智能传感器的各种功用,微处理器软件设计成为智能传感器设计中与硬件设计并列的另一个决定因素。通过微处理器软件可以完成单纯传感器硬件

(上接 26 页)

#### 参考文献:

- [1] L.Kristin Newby,Alan B.Storrow,W.Brian Gibler,J.Lee Garvey,John F.Tucker,Andrew L.Kaplan,Donald H.Schreiber,Robert H.Tuttle,Steven E.McNulty, Bedside Multimarker Testing for Risk

Stratification in Chest Pain Units:The Chest Pain Evaluation by Creatine Kinase -MB,Myoglobin,andTroponinI (CHECKMATE) Study,"Circulation,vol.103,pp.1832-1837,April 2001.

- [2] Imagination at work,GE,"Volume CT",pp4-7,July,2004.

(收稿日期:2005-03-02)

难以完成的任务,大大的降低了传感器制造的难度,提高了传感器的性能,同时也降低了成本。

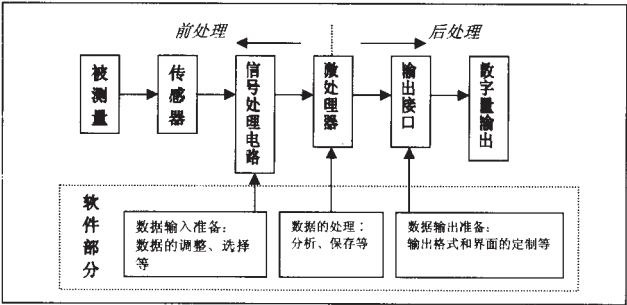


图 1 智能传感器结构框图

从图 1 中可以看出,智能传感器的概念比传统的传感器的概念有了很大的外延,智能传感器充分利用了计算机强大的计算和存储能力,通过软件对传感器获得的数据进行处理,使采集的数据最佳,而传统的传感器是智能传感器的一个组成部分,完成从被测对象获取数据的功能;智能传感器在功用上具有以下特点:

- 2.1 具有逻辑判断、统计处理功能。可对检测数据进行分析、统计和修正,还可进行线性、非线性、温度、噪声、响应时间、交叉感应以及缓慢漂移等误差补偿;同时智能传感器有很强的计算功能,方便对大规模的数据进行处理,提高了测量准确度;
- 2.2 具有自诊断、自校准功能。可在接通电源时进行开机自检,可在工作中进行运行自检。并可实时自行诊断测试以确定哪一组件有故障,提高了工作可靠性;
- 2.3 具有自适应、自调整功能。可根据待测物理量的数值大小及变化情况自动选择检测量程和测量方式,提高了检测适用性;
- 2.4 具有记忆、存储功能。可进行检测数据的随时存取,加快了信息的处理速度;
- 2.5 具有数据通信功能。智能化传感器具有数据通信接口,能与计算机直接联机,相互交换信息,提高了信息处理的质量。

同时在其外部特性上,智能传感器有微型化的特点,其外形尺寸和重量比传统的传感器有很大的减小,可以方便地携带,现在很多基于微处理器的智能传感器已经做到了非常小的尺寸,出现了可穿戴式和可植入式。综合以上的特点,智能传感器在医学上有了更为广泛的应用,基于智能传感器的医疗设备已经显示出了巨大的优势。

3 智能传感器中的新技术及其应用

生物医学的研究对象是生物或人,有着其自身的特殊性。在医学中,往往需要测得人体的不同器官的数据或是同一器官的不同参数才能够进行可靠的分析;人体

的各种数据取得需要有很高的抗干扰性;同时根据社会发展需求,各种公共健康监控体系和远程医疗对智能传感器在传输环节提出了更高的要求。基于这些考虑,现阶段智能传感器在以下几方面发展有着广泛的前景:

3.1 智能传感器的集成

大规模集成电路的发展将传感器与相应的电路都集成到同一芯片上或将不同功能的传感器进行集成,可以达到对人体各种数据进行同时监控,同时可以进一步实现智能传感器的微型化。

3.2 智能传感器的微型化

集成电路技术的成熟,使智能传感器实现了微型化。目前掌上电脑具有很高的计算能力,各种传感器与其相连,可以实现便携的医疗仪器;同时利用一些微型的传感器,已经出现了可穿戴式、可植入式智能传感器,甚至出现了集合 PDA 技术和 WLAN(无线局域网)技术的生理信号实时监控 PDA。

3.3 智能传感器输入输出环节的改进

输入输出方式可以有线的输入输出,但受到距离和其他因素的限制,最新的各种无线的信息传输技术,为智能传感器输入输出环节的改进提供了新的途径。现阶段 BluetoothTm(蓝牙技术,可用于近距离无线通信)和 GSM/CDMA 网络(可用于长距离无线通信)等技术可以实现智能传感器的无线通信,为远距离健康监控和远程医疗的实现提供了可能。

3.4 智能传感器的网络化

在智能传感器输入输出环节上新通信技术的应用,使智能传感器的网络化成为可能。不同的智能传感器与一个上一级服务器(相当于一个节点,也叫上位机)取得联系,同时该服务器也起到网关的作用,与更上一级的服务器(更高一级的节点/上位机)联系,这样最底层的智能传感器获取的数据就可以一级一级向上传输,同时主服务器对数据进行分析处理,然后反馈给各个节点。网络化的结构如图 2:

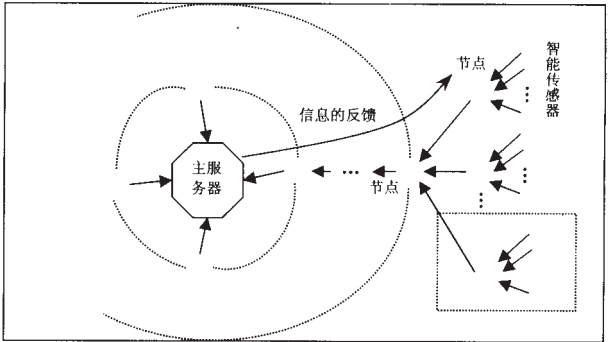


图 2 智能传感器网络化结构图

图 2 中虚线方框中的可能是一个智能传感器的集成, 每一个节点都有自己独立的数据处理和通信功能, 也可以有自己的输出终端; 有的结构同级节点之间也可以互相通信, 但是这种结构较少。不同节点和上位机的通信(智能传感器和节点之间、节点和节点之间以及节点与主服务器之间)可以通过有线的基于 TCP/IP 协议的 Internet、无线的基于 Bluetooth™(蓝牙技术)、GSM/CDMA 网络等进行通信。

根据智能传感器的特点和其最近的发展方向, 智能传感器将从根本上改变现有的医疗流程, 可以预见随着各种新技术的性能不断稳定, 智能传感器将与人类生活密不可分。下面讨论智能传感器的应用实例。

### 3 身体实时监控系统

研究表明, 身体的各种压力异常可以诱导很多疾病, 使很多疾病的病因, 比如通过血压、心内压可以判断心脏是否正常, 通过颅内压可以判断脑部是否正常。通过对身体的各种压力进行实时的测量, 通过测量结果即可以评价该个体的健康状况(尤其是心脏、大脑等的健康状况)。因此可以设计如图 3 的系统, 对影响人体的关键参数进行监控, 可以达到预防突发性心脑血管疾病的目的。

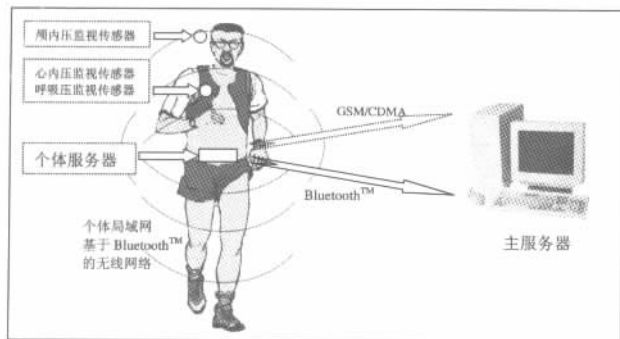


图 3 基于智能传感器的“身体实时监控系统”原理图

图 3 所示的身体实时监控系统是由基于微处理器的智能传感器组成的系统。该系统中各个智能传感器主要进行数据的获取以及初步的数据处理, 同时也包括与个体服务器之间的通信模块, 通过与个体服务器之间的通信(基于蓝牙技术的无线网络通信), 各个单个的智能传感器与个体服务器之间形成一个局域网。个体服务器从传感器获得经过初步处理的数据, 进行进一步的处理和分析, 然后与主服务器进行通信。个体服务器完成个体局域网和主服务器之间通信的功能, 相当于局域网络的网关。主服务器具有最强功能的分析计算能力, 主服务器对数据进行分析计算和存储, 主服务器端的专家根据处理结果做出判断后, 主服务器反馈给各个节点, 从而达到实时监控的目的。

该系统不同于一般的智能传感器, 它是由单个的智能传感器通过信息技术连接而成的网络系统, 每一个单个的传感器都有独立的分析计算和通信模块, 可以进行初步的数据分析以及与个体服务器之间进行通信的功能。比如心内压监视传感器由压电传感器、压电传感器测量电路(电压放大电路)、A/D 转换、数据输入模块、数据处理模块、数据输出模块和通信模块(原理图见图 4), 可见其单个传感器也是功能齐全的智能传感器。

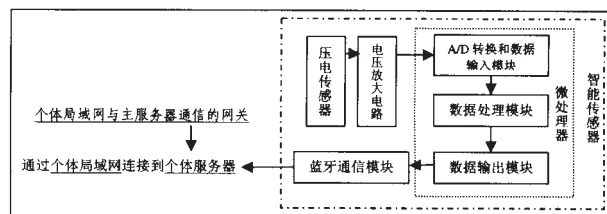


图 4 心内压监视传感器原理图

该系统另外一个特点在于其通信模式, 通过最新的信息技术的应用, 该系统实现了无线通信, 可以利用蓝牙技术对其进行实现, 下面主要讨论利用蓝牙技术的系统实现。

#### 3.1 不同节点处理器与蓝牙模块的接口实现

主服务器、个体服务器和智能传感器微处理器相当于图 2 中的节点, 不同节点的处理器与蓝牙模块的接口可以通过基于异步收发模式(UART)实现。在这种模式下蓝牙模块使用标准接口, 服务器(主服务器或个体服务器)接口 HCI(主机控制接口)已经定义好, 可以在 RS232 接口上实现, 智能传感器微处理器模块携带同蓝牙模块兼容的接口, 如 RS232 和 USB, 通过这个标准接口, 处理器可以和蓝牙模块连接在一起。

#### 3.2 系统的软件实现

较高级节点的微机或是微处理器(PC)与下一级节点微处理器的接口模块(STIM)都通过 HCI 和蓝牙模块进行通信。HCI 层的操作由嵌入在蓝牙模块中 HCI 的固件支持, 程序员通过它可以接触到蓝牙模块的基带和无线电部分。在 HCI 层上面的是 STIM 层, STIM 层利用 HCI 层的数据包发送 STIM 命令、事件和传感器数据。对于应用层, HCI 是透明的, 只是向低一级的 STIM 层发送 STIM 定义的包, 而 HCI 层的包则由 RS232 或者 USB 等物理通信口来发送。

整个系统的应用软件可分为 3 个部分<sup>[3]</sup>:

运行在上位机的应用程序, 包括面向用户的图形界面, 面向 STIM 层的操作, 以及蓝牙模块上 HCI 固件的通信程序。这部分语言可以用面向对象的编程语言实现, 比如 Visual C++ 等。

嵌入到智能传感器的微处理器上的程序。针对不同



的微处理器用汇编语言写成。主要完成原始信息的采集、处理、与 HCI 固件的通信和利用 STIM 层同上位机通信。

蓝牙模块上的 HCI 固件, 固化在蓝牙模块的 FLASH 存储器里。通过它实现智能传感器模块、上位机的软件同蓝牙硬件的通信。

这样的系统可以对被监控对象进行实时的监控, 避免突发性疾病, 可以在高强度的体育比赛(比如足球比赛)以及对军人和运动员的高强度训练中得到应用。

该系统采用了蓝牙技术, 蓝牙技术的主要优势在于成熟的多媒体数据传输技术, 可以实现适时的数据的上载和下载, 很多的硬件厂商都提供具有该功能的产品, 可以方便的组成系统; 其缺陷是必须建立一个蓝牙通信网络, 其通信的范围较小, 一般只限于封闭的室内, 而且其带宽较小, 不适合大规模数据的快速传输。GSM/CDMA 通信网络也有很好的应用前景, 现阶段中国大部分城市都已经在 GSM/CDMA 网络的覆盖之下, 利用该技术, 不受室内室外的限制可以开发范围更广的健康监控系统。如果利用基于 TCP/IP 的有线宽带网络可以实现大规模的数据传送, 可以实现远程医疗, 这对我国地域广大、医疗设施相对落后的贫困地区有特殊意义。

该系统从智能传感器本身、传输环节和整个系统结构都体现了智能传感器的最新发展方向, 即传感器的微型化, 传输环节基于最新的信息技术(蓝牙技术, GSM/CDMA 无线网络), 同时从整个系统考虑, 该系统是大量智能传感器组成的网络, 也体现了智能传感器网络化发展方向。

#### 4 讨论和展望

类似的研究正在各国广泛地进行着, 澳大利亚的一个研究小组在研究监护老年人与环境间的简单参数来评价其健康状态。即在老年人家中不同地方放置各种传感器, 包括红外传感器、温度传感器、压力传感器和相应的控制装置, 将监护数据远程地传到中心的微计算机来分析研究老年人的健康状态评价方法和发病模式, 所不同的是该项研究通过电话网络来远程传输监护数据。随着传感技术和网络技术的向前推进, 二者相结合的远程监控系统必然成为信息社会发展的趋势。

智能传感器技术是一门正在蓬勃发展的现代传感器技术, 是涉及微机械和微电子技术、计算机技术、网络与通信技术、信号处理技术、电路与系统、传感技术、神经网络技术、信息融合技术、小波变换理论、遗传理论、模糊理论等多种学科的综合技术, 适应现代自动化系统

发展的需求, 是传感器未来发展的方向。智能传感器在医学中也有着广泛的应用, 现阶段医疗检查诊断中, 很多仪器都应用了智能传感器, 随着信息科学, 特别是计算机和通信技术的发展, 智能传感器的发展更为迅速, 智能传感器在微型化、网络化、功能集成化方向的发展将会很大程度上改变现有的医疗模式, 为人们提供更为方便的、更为科学的医疗服务。

#### 参考文献:

- [1] 武生玉, 成经平. 传感器的智能化及应用研究, 信息技术, 2004, 6
- [2] 吴仲城, 戈瑜, 虞承端, 方廷健. 传感器的发展方向——网络化智能传感器, 电子技术应用, 2001, 2
- [3] 韩旭东, 张春业, 曹建海. 一种基本 IEEE802.15.4 无线智能化传感器网络实现探讨, 电子技术应用, 2004, 10
- [4] 杨银刚, 徐永成, 杨光瑜, 王明凯, 潘俊荣. 基于蓝牙技术的无线智能传感器网络的实现, 兵工自动化, 2003, 2
- [5] 白净, 张永红. 远程医疗概论, 清华大学出版社(2000 年出版)
- [6] 项新建. 基于 SoC/IP 的智能传感器设计研究, 传感技术学报, 2004, 3
- [7] Yuan-Hsiang Lin, I-Chien Jan, Patrick Chow-In Ko, Yen-Yu Chen, Jau-Min Wong, and Gwo-Jen Jan. A Wireless PDA-Based Physiological Monitoring System for Patient Transport, IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION TECHNOLOGY IN BIOMEDICINE, DECEMBER 2004
- [8] EMIL JOVANOVA, AMANDA O'DONNELL LORDS, DEJAN RASKOVIC, PAUL G. COX, REZA ADHAMI, AND FRANK ANDRASIK. Stress Monitoring Using a Distributed Wireless Intelligent Sensor System, IEEE ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY MAGAZINE, MAY/JUNE 2003
- [9] Pter Vradny, Zoltan Beny, and Balazs Beny. An Open Architecture Patient Monitoring System Using Standard Technologies, IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION TECHNOLOGY IN BIOMEDICINE, BIOMEDICINE, 2002, 3
- [10] Emil Jovanov, John Price \*, Dejan Raskovic, Krishna Kavi, Thomas Martin, Rexi Adlzwiir. Wireless Personal Area Networks in Telemedical Environment, IEEE, 2000
- [11] Wan-jin Ko, Eun-Ho Jeong, Seong-hoon Kim, Hang Duke Cho, Wooshik Kim. Implementation of a Handover between the Wireless LAN and Public Cellular CDMA Network for a Portable Patient Monitoring System, IEEE, 2003

(收稿日期: 2005-04-27)