

计算机辅助的心血管信号检测和处理系统的研究

聂邦畿¹, 艾超¹, 于云之¹, 何蕾¹, 马虹², 周玉芳²

(中山医科大学 1. 生物医学工程教研室; 2. 附属第一医院心内科, 广东 广州 510089)

摘要:【目的】研制一个计算机辅助的心血管信号检测和处理系统。【方法】本系统的硬件设计采用奔腾-II/233 多媒体微机系统, 多路模/数转换器和心电电极、心音传感器、脉搏波传感器及由运算放大器构成相关的放大器及滤波器。本系统采用可视化编程环境构建系统结构和功能模块设计的方法, 基于多媒体技术和小波变换原理, 在 32 位 Windows 平台下, 利用可视化编程语言 Visual C++ 6.0 和多媒体著作工具 Authorware 等进行系统的软件设计。【结果】本系统能完成心电、心音、脉搏波信号检测和处理, 并将结果以图、文、声并茂的形式显示、打印或播放, 还具有病案管理和心音听诊多媒体计算机辅助教学功能。【结论】它是一个新型的多功能心血管信号检测和处理系统。

关键词: 心电描记术; 心音; 脉搏; 信号处理; 计算机辅助; 计算机辅助教学

中图分类号: R540.4 文献标识码: B 文章编号: 1000-257X(2000)05-附 8-04

Research on Computer-assisted Detecting and Processing System for Cardiac-vascular Signals

NIE Bang-ji¹, AI Chao¹, YU Yun-zhi¹, HE Lei¹, MA Hong², ZHOU Yu-fang²

(1. Department of Biomedical Engineering; 2. First Affiliated Hospital, Sun Yat-sen University of Medical Sciences, Guangzhou 510089, China)

Abstract: 【Objective】 To develop a computer-assisted detecting and processing system for cardiac-vascular signals. 【Method】 The hardware design uses a P-II/233 multimedia microcomputer system, multi-channel A/D converter, ECG electrodes, heart sound transducer, pulse transducer, and amplifiers and filters consisted with operation amplifiers. The software uses structure and functional modular in the visual programming environment, based on multimedia technology and wavelet transform theory. Visual programming language Visual C++ 6.0 and multimedia design tool Authorware are also used on the 32-bit Windows platform. 【Results】 The system can detect and process ECG, heart sound and pulse signals. It can display, print or replay the results in the format of chart, word and sound. It also has functions of patient record management, heart sound auscultation and multimedia computer-assisted instruction. 【Conclusions】 It is a new multi-functional cardiac-vascular signal detecting and processing system.

Key words: electrocardiography; heart sounds; pulse; signal processing, computer-assisted; computer-assisted instruction

传统的心音、心电和脉搏波信号检测仪器是一些单纯检测、显示或记录有关信号的监护仪或多道生理仪、心音图机或心电图机, 大部分是基于 Dos 或 16 位 Windows 平台的微机系统或纯电路系统。

本文作者根据临床和医学教育需要, 研制了一个新型的具有采集、处理、存储和显示多项心血管参数(心音、心电和脉搏波)、病案管理及心脏听诊辅助教学等功能的系统。

收稿日期: 2000-01-20

基金项目: 广州市重点科研项目基金资助课题(97-Z-39-02)

作者简介: 聂邦畿(1945-), 男, 广东雄县人, 副研究员。

1 材料与方 法

1.1 系统的硬件结构、工作原理及其设计

本系统的硬件结构主要由奔腾 II/233 多媒体计算机系统和数据采集两部分组成,其原理方框图如图 1 所示。其中多媒体计算机系统是组装的微机系统,包括 Intel 奔腾 II/233CPU、64 M 内存、4.3 GB 硬盘、声霸卡、24 速 CD-ROM、14 寸高分辨率彩显、101 键盘、扬声器及激光打印机等。数据采集部分主要由课题组自行设计。它由心音传感器、心电电极和脉搏波传感器,心音、心电和脉搏波放大及滤波电路和三路 12 位 A/D 转换器等组成。12 位 A/D 转换器选用北京中泰计算机技术研究所生产的 PC-6333 多功能模入模出接口卡。

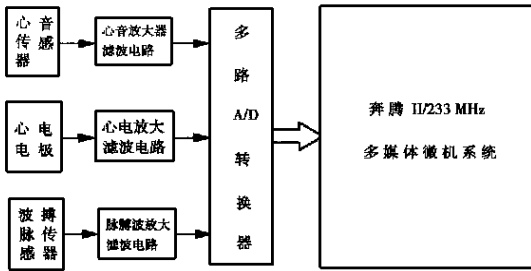


图 1 系统的硬件结构原理方框图

Fig. 1 The principle diagram of the hardware construction of the system

心音传感器采用驻极体电容式话筒和膜式听诊头组成。心音放大器由前置放大器和音频功率放大器组成。前置放大器差动放大倍数是 19.5 倍。音频功率放大器主要采用 LM 386 音频功率放大集成电路。心音部分的低通滤波器和高通滤波器的低频及高频截止频率分别为 0.9 Hz 及 900 Hz。

心电部分采用常规的心电导联电极和放大滤波电路。本系统还设计了一个可调的双 T 有源带阻滤波器(陷波频率约为 50 Hz)以滤除 50 Hz 工频干扰。

脉搏波传感器采用由发光二极管和光敏三极管组成的遮光指套式反射型光电传感器。发光二极管发光射向手指,光敏三极管接收经手指组织的血液吸收和反射的光。通过测量光敏三极管输出信号的变化来间接地测量脉搏波的变化情况。

上述经采集、放大及滤波的三路信号(心音、心

电和脉搏波)输入到 12 位 A/D 转换器,将模拟信号转换为数字信号,最后输入到奔腾 II/233 多媒体计算机系统进行处理。

经计算机处理后的心音信号可在喇叭或耳机上回放;心音、心电和脉搏波曲线等可在彩色显示器上显示出来,或在打印机上打印出来,也可以文件的格式存入软、硬盘。

1.2 系统的软件设计思想和方法

本系统根据多媒体技术和小波变换原理,利用可视化编程语言 Visual C++6.0(简称 VC++6.0)和 Authorware 等,在 32 位 Windows 平台下,按照功能模块方法进行软件设计^[1~3]。本系统的软件包括 4 个功能模块:采样/显示模块、数据回放模块、病案管理数据库模块和心音多媒体辅助教学模块。

1.2.1 心音多媒体辅助教学模块 心音多媒体辅助教学模块是利用 Authorware、VC++ 和 ACCESS 数据库设计开发的。它利用计算机综合处理文字、图象和声音等信息,并设计友好的交互性的人机接口。本系统的多媒体素材的呈现是以流程为依据,在流程图上对图标进行编辑,实现有效的多媒体集成和跨平台运行。这一模块分为听诊基础、心音听诊、杂音听诊和临床听诊四大部分。

心音多媒体辅助教学模块的每一部分按照教学内容安排画面出现的顺序,这一顺序即是所谓超媒体结构的导航策略。本系统采用和设计了自动导航和用户可控导航两种导航策略。心音多媒体辅助教学模块的每一页面中的绿色字体并用下滑线标记的是本课件的热字。敲击热字可进入有关内容,这就是所谓用户可控导航。自动导航是通过该画面最底下一行 6 个按钮来控制画面的跳转,其中按钮“本章内容”是这一部分的首页,按钮“下一页”和“上一页”可按画面的顺序翻页。按钮“最后一页”是本章内容的最后画面。按钮“本章测验”可提供自我评估的机会。按钮“退出本章”可返回主画面。本系统还利用 VC++ 编写一个心音播放、心音波形显示和心音波形曲线打印应用程序,在心音听诊的同时可以看到心音图,做到声、图、文并茂,这也是本系统的一个特色。本模块还设计了小画面放大程序和各章的测验程序。小画面放大程序使得某些画面的插图可以缩小成图标,也可以将图标放大成大幅画面。

1.2.2 采样/显示模块 采样/显示模块的程序设

计思想是,在基于 32 位 Windows 操作系统平台上,采用多线程同步技术实现实时采样、预处理和显示。利用 VC++ 和 32 位汇编语言进行本模块的程序设计。采样线程和显示线程以同步事件对象的方式通知协调工作。当采样线程对信号进行采样时,显示线程得到通知不能显示;当采样线程完成信号采样时,显示线程得到通知显示采样信号。本系统还利用动态链接库(DLL)技术,将采样的数据存放在环形数据链中,或通过 DLL 函数通信来获取数据池中的数据。采用动态分配内存方式进行数据存储,并采用内存影像方式进行数据共享并保证数据的安全。采样及预处理线程内部单次执行的过程如下:初始化 → A/D 转换、数据采样 → 电极脱落检测 → 数据预处理、50 Hz 软件陷波 → R 波检测、心率计算 → 正、异常心律判别及报警 → 以同步事件对象方式通知显示线程。显示线程内部单次执行的过程如下:采样及预处理完判别 → 刷新显示新的数据 → 以同步事件对象方式通知采样及预处理线程。本系统还设计软件进行 8 点移动平均数字滤波,以提高信号波形的质量。

1.2.3 数据回放模块 数据回放模块具有回放浏览数据和在线及离线分析数据功能。本模块以滚动屏方式回放显示已记录存储的病人的心音、心电和脉搏波信号数据,以供诊断和进一步分析处理,还可打印所需数据。还设计了一个子程序,使得在时间轴上可按 100%、200%、300% 及 400% 比例放大显示有关波形。本模块设计的软件可以用鼠标的左、右键分别选定信号波形上的两点,自动计算这两点间的幅度、间期和斜率。

1.2.4 病案管理数据库模块 病案管理数据库模块利用开放数据库互连(ODBC)技术和 VC++ 进行设计。利用 ODBC 建立共享数据库的应用程序和访问数据库。采用结构化查询语言(SQL)来存取数据。采用一个高层次的动态链接库 ODBC32.DLL 来定义应用程序的设计接口。在执行程序过程中,ODBC32.DLL 调用特定的数据库的动态链接库,即该数据库的驱动程序。利用 ODBC 提供的支持应用程序直接操作数据库管理系统中的数据,实现应用程序对不同数据库管理系统(DBMS)的共享。本系统利用 Windows 98 控制面板的 ODBC 管理器,安装数据库的驱动程序(Microsoft Access Driver)来管理数据源。利用 VC++ 在基本类库 MFC 中建立一个可视记录类(Crecord-

View)的对象,通过对该对象行为的控制,完成数据库的修改、添加、删改记录和浏览、查询等操作。

1.2.5 小波变换 本系统利用小波变换来消除心音、心电和脉搏波信号中的 50 Hz 市电干扰、肌电和基线漂移的干扰。它基于小波变换原理,先由极大值重构小波变换,再由小波变换重构信号,然后根据具体情况直接对原信号的小波变换序列进行去噪处理,形成去噪后的新的小波变换序列,再利用重构算法得到去噪后的信号,达到较好的去噪效果。还利用小波变换对信号的特征值进行提取。

2 结 果

2.1 心音多媒体辅助教学部分

本系统完成的心音多媒体辅助教学部分既可在系统内运行,也可做成光盘单独运行。这一模块共分听诊基础、心音听诊、杂音听诊和临床听诊 4 大部分。其中心音听诊部分的首页界面如图 2 所示。它又分为正常心音小节和额外心音听诊小节。正常心音小节又分为第一心音、第二心音、第三心音和第四心音。额外心音听诊小节分开瓣音和喷射音。该画面最底下一行 6 个按钮是控制画面跳转的自动导航按钮。

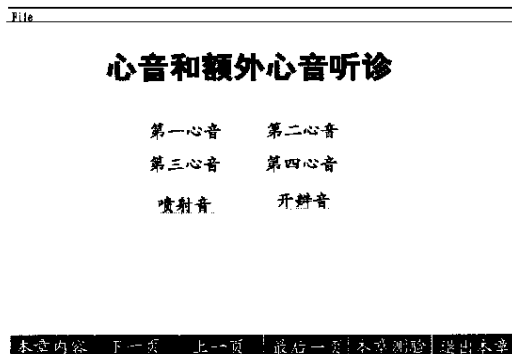


图 2 心音听诊部分的首页界面

Fig. 2 The interface of first page of part of heart sound diagnosis

2.2 采样/显示和数据回放部分

本系统完成之后,利用 ECG200 型心电仿真仪(美国 DNI NEVADA INC 公司产)进行检测,系统采集和记录的波形和示波器直接显示的波形一致,频响好,无失真。本系统所采集和记录的部分正常波形和异常波形的仿真心电信号见图 3。

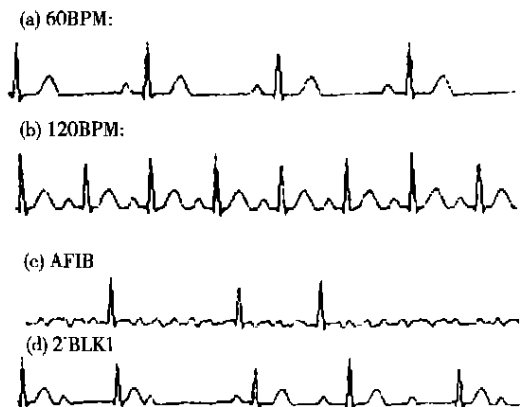


图3 采集和记录的部分仿真心电图信号

Fig 3 Parts of sampling and recording imitative ECG signals

- (a)normal (60 bpm);
- (b)normal (120 bpm);
- (c)abnormal (AFIB);
- (d)abnormal (2° BLK1)

本系统还在中山医科大学附属第一医院心内科病房对 10 多例病人和部分健康人(学生)进行临床实验。实验表明,系统工作稳定,达到本课题设计的预定目标。一个心电、心音和脉搏波采样/显示界面见图 4。

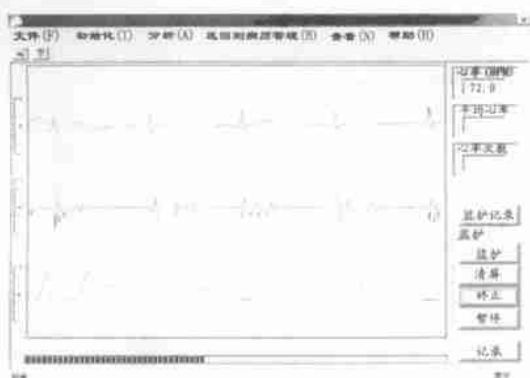


图4 采样/显示界面

Fig. 4 The interface of sampling and display

2.3 病案管理数据库部分

本系统的病人病案资料查找界面见图 5。

3 讨论

实验结果表明,本项研究的设计方案和实验方法都是切实可行的,实现了既定的设计目标。它在某些方面优于传统的基于 Dos 或 16 位 Windows 微



图5 病人病案资料查找界面

Fig. 5 The interface of checking record of patient

机系统或纯电子电路系统的单纯检测信号的监护仪或多道生理仪、心音图机或心电图机。普通的监护仪或多道生理仪、心音图机或心电图机只能检测、显示或记录心音、心电或脉搏波信号等,功能单一。本系统不但完成了心音、心电和指动脉脉搏波信号的实时同步检测和处理,而且可以将结果以图、文、声并茂的形式显示、打印或播放出来。它还可对病人的有关数据进行管理,具有添加病案记录、修改记录、删改记录、寻找记录等功能。这些在临床上是很有应用价值的。一方面它可以提高心血管疾病诊断的准确率;另一方面如果将这些信息链接到医院的公共信息管理系统网络,可实现信息资源共享,提高工作效率。本系统的心音听诊多媒体辅助教学部分具有声图文并茂和交互性强的特点,提供了一个虚拟现实的学习环境,这有助于医学生和低年资医生学习心脏听诊。

本系统在经过进一步的临床试验和教学实践及完善之后,将开发成为一个有临床实用价值的、多参数监护和病案管理及多媒体辅助教学系统。

参考文献:

- [1] 胡 俭,丘宗明.精通 Visual C++ for Windows 95/ NT [M] .北京:北京科技大学出版社,1996. 1~ 220.
- [2] Ben Ezzell 著,廖俊等译. Windows 32 位编程指南[M] .北京:清华大学出版社,1996. 1~ 218.
- [3] 冉启文.小波分析方波及其应用[M] .哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,1995. 1~ 160..

(编辑 刘清海)