

经络可视化研究中多通道经络检测系统的设计

张碧仙, 陈 新

(福州大学 物理与信息工程学院, 福建 福州 350002)

摘要: 经络可视化研究可以实现对人体经络的准确提取并实现经络线的三维可视化。多通道经络检测系统是经络可视化研究的重要组成部分, 用于实现人体经络的准确提取。介绍了多通道经络检测系统中各模块的设计, 包括: 可调稳压电源模块、隔离刺激器模块、分压网络和放大隔离电路模块及 A/D 数据采集模块。软件方面, 采用 Visual C++ . NET 2005 平台进行程序开发, 实现对人体经络阻抗信息的采集与处理, 并确定经络位置。系统具有测量精度高、实时性好、操作界面友好等优点。

关键词: 多通道; 人体经络; 阻抗检测; 可视化; Visual C++ . NET 2005

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2011)05-0198-04

Design of Multi-Channel Meridian Detection System in Meridian Visualization Study

ZHANG Bi-xian, CHEN Xin

(College of Physics & Information Engineering, Fuzhou University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: Meridian visualization study can achieve an accurate extraction of the meridian and three-dimensional visualization of the meridian line. Multi-channel meridian detection system is an important unit of the meridian visualization study. It is used to achieve an accurate extraction of the meridian. The design of each module about multi-channel meridian detection system is introduced in the paper, include adjustable power supply module, isolation stimulator module, voltage divided network and isolation amplification circuit module and A/D data acquisition module. Using Visual C++ . NET 2005 application development platform to realize the processing of the meridian information and determine the location of the meridian. The system has several advantages such as high accuracy, real-time testing and good user interface.

Key words: multi-channel; meridian; impedance testing; visualization; Visual C++ . NET 2005

0 引言

经络学说是中医学理论体系的重要组成部分, 主要研究人体经络系统的循行分布、生理功能、病理变化及其与脏腑的相互关系^[1]。科学地验证经络的存在性并对其进行精确定位对中医经络学说的发展具有十分重要的意义。大量研究实验已证实人体皮肤确实有一些阻抗较低的点, 且这些点是循经分布的^[2]。从经络具有低阻抗这一电学特性着手, 通过对皮肤阻抗进行检测并结合三维可视化技术, 实现经络循行线可视化, 不仅能够直观、精确定位经络点, 为临床针灸寻穴提供科学的理论依据和方法, 提高针灸治疗的效果, 还有助

于推动针灸学习向科学化、规范化、精确化方向发展。

1 经络可视化技术及系统结构

经络可视化技术可以实现人体经络点的提取以及经络循行线的三维可视化, 其系统结构如图 1 所示。为了保证测量的实时性, 系统采用上下位机工作模式。下位机负责采集选定经络穴位点的三维坐标, 并通过串口传送给上位机。上位机又分两个模块: 前端数据采集及处理模块与后端经络线三维可视化处理模块。整个系统的硬件由多通道经络测试仪、磁场跟踪器、摄像机及图像采集卡等构成。其中, 多通道经络测试仪用于采集人体阻抗信息并提取经络点, 磁场跟踪器与磁接收头用于采集确定经络点的三维数据。

工作时, 首先利用上位机多通道经络测试仪结合 16×1 矩阵式电极阵列对人体体表阻抗信息进行实时采集, 经过数据处理后得到 16 个通道的阻抗值, 提取其中低阻抗的经络点及经络点所对应的电极通道号。

收稿日期: 2010-09-20; 修回日期: 2010-12-02

基金项目: 福建省自然科学基金项目(2009J01287); 卫生部科学研究基金-福建省卫生教育联合攻关计划资助项目(WKJ2005-2-004)

作者简介: 张碧仙(1986-), 女, 福建莆田人, 硕士研究生, 研究方向为图像处理与识别; 陈 新, 教授, 硕士生导师, 研究方向为生物医学工程, 图像处理与网络通信。

同时,下位机利用磁场跟踪器结合附着在电极阵列上的磁接收头获取电极阵列上选定经络穴位参考点的三维位置信息,并将此数据通过串口通信传送给上位机。上位机在接收到三维数据后,结合经络点所对应的电极通道号,求出该经络点的三维位置坐标。当电极阵列划过人体体表时,系统不断重复以上过程,将检测到的经络三维位置数据进行存储,作为经络线可视化模块的原始数据。最后,以摄像机拍摄的人体体表图作为场景图,上位机利用所获得的一系列经络点三维数据,通过图像融合技术,实现经络循行线的可视化^[3]。

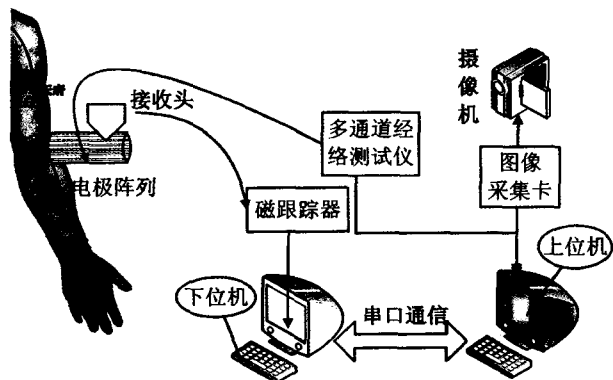


图1 经络可视化系统整体结构图

限于篇幅,着重介绍上位机中多通道经络测试仪的组成与设计。下位机经络点的三维数据获取及图像融合问题另拟文介绍。

2 多通道经络检测系统设计

多通道经络检测模块利用医学电阻抗技术实现人体阻抗信息采集与经络点的提取,是整个可视化系统的核心部分。医学电阻抗技术是利用生物组织与器官的电特性及其变化提取与人体生理、病理状况相关的无损检测技术^[4]。通常借助置于体表的电极向检测对象送入微小的交流测量电流获电压,检测相应电阻抗及其变化情况。主要方法包括国外最早的电桥法、双电极法^[5]、四电极法^[6]及多频率电阻抗法^[7]。而根据大量研究结果发现皮肤经络的低阻抗点的阻抗值一般为80~100k Ω ,而周围非经络点的阻抗值在600k Ω 以上,两者相差很大,对比度非常清楚。根据经络点的低阻抗特性可简便地通过检测皮肤阻抗值来区别经络点与非经络点^[8]。

2.1 多通道经络检测系统硬件设计

多通道经络检测系统的硬件结构包含几个重要的模块,分别是可调稳压电源模块、隔离刺激器模块、分压网络和放大隔离电路模块、A/D数据采集模块,整体框图如图2所示。

2.1.1 可调稳压电源

可调稳压电源用于为检测系统中的刺激器提供稳

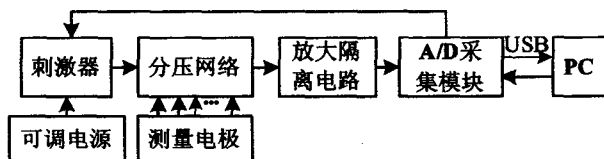


图2 多通道经络检测系统框图

定可调的高压电源。根据系统需求,可调稳压电源的输出电压范围为15V~75V,分两个档位:15V~30V档和30V~75V档。选用高压三端可调稳压器芯片LM317HV来设计可调稳压电源,只要输入和输出电压差不超过芯片所能承受的最大值(60V),并且输出端不短路,就可以稳定数十伏的电源电压,同时为了避免超负荷使用对芯片造成的损坏,设计中对于压差的选择须留出一定的余地。

2.1.2 隔离刺激器

隔离刺激器也称为高压可调脉冲发生器,用于产生激励检测电极所需的激励脉冲。系统实际工作时,要求16通道测量电极轮流检测人体皮肤阻抗,即要求隔离刺激器轮流独立地输出16路激励脉冲,并且能实现输出幅度、脉宽和周期的可调性^[9]。

隔离刺激器由16位并入串出芯片74LS674、平板显示器的专用扫描驱动IC——STV7697和数据采集卡MP425共同来实现。数据采集卡MP425具有一路可编程方波输出^[4],作为STV7697芯片的移位时钟CLK来控制其输出的脉冲宽度,同时又作为16位并入串出芯片的同步时钟。74LS674每16个时钟输出一个脉冲,控制着STV7697芯片输出的脉冲时序,保证16路高压脉冲轮流输出。脉冲幅度大小则取决于STV7697芯片的高压输入端,该端与可调稳压电源的输出端相连。

2.1.3 分压网络与放大隔离电路

分压网络即皮肤阻抗检测的基本电路,单通道分压网络基本电路^[9]如图3所示。

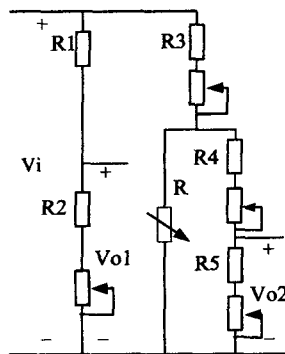


图3 单通道分压网络基本电路

其中激励源 V_i 由上述隔离刺激器产生的高压脉冲提供。电路可分为两个回路: R_1 和 R_2 组成回路1,可获得参考分压值 V_{o1} ; R_3 、 R_4 和 R_5 以及接入的人体阻抗

R 组成回路 2, 可获得测量分压值 V_{a2} 。在测量过程中, 人体阻抗值的变化通过 V_{a2} 体现出来。根据测量得到的 V_{o1} 、 V_{a2} , 结合分压网络的电阻分布情况, 经过推导得到以下人体等效阻抗 R 的计算公式:

$$R = \frac{V_{o2} R_2 R_3 (R_4 + R_5)}{V_{o1} R_5 (R_1 + R_2) - V_{o2} R_2 (R_3 + R_4 + R_5)}$$

在实际应用中, 由于每个电阻的标称值与实际测量值之间都存在一定的误差, 且误差大小都不一致, 造成各通道分压网络的分压参数存在差异, 从而导致系统测量结果不准确。由图 3 可知, 为了保证分压网络参数的一致性, 将每个通道中起主要作用的电阻串联一个阻值较小的高精度多圈可调电位器, 通过电桥法调节这些电位器, 使各个通道的分压电阻参数保持基本一致, 从而达到减小测量误差的目的。为了检测分压网络各通道参数的一致性情况, 将人体阻抗 R 断开, 引入激励电压后测量各通道输出电压。测量结果显示经过调整后各通道输出电压基本保持一致。在以上单通道分压网络基础上进行扩展, 即可得到多通道分压网络。

将每个通道输出的 V_{o1} 、 V_{a2} , 经过隔离放大电路送入 A/D 采集卡。系统的前置放大器选用美国 Analog 公司生产的 AD620^[10] 芯片, 通过调节使其增益 $G = 1$, 实现分压网络电压输出和 A/D 采集卡输入端的隔离。

2.1.4 A/D 采集电路

系统采用 MP425^[11] 数据采集卡将放大电路输出的电压信号转换为数字信号, 并将数据通过 USB 口传送给计算机进行处理。本系统共需要 4 片 8 通道数据采集卡, 为了减少采集卡占用上位机的 USB 接口, 将 4 片采集卡通过一个 USB HUB 连接到上位机的 USB 接口。

2.2 多通道经络检测系统软件设计

多通道经络检测系统的软件采用 Visual C++ .NET 开发平台进行开发, 分两大模块: 用户信息管理模块与经络数据检测模块。用户信息管理模块实现对测试者信息的保存、搜索、编辑及打印。经络数据检测模块包括刺激器控制模块、经络信息采集与处理模块及输出显示模块。经络数据检测模块程序流程图如图 4 所示。

首先进行设备初始化, 设置刺激器的脉冲宽度, 然后依次启动四个 MP425 采集卡进行数据采集。采用多媒体定时器^[12] 每隔一定时间读取一次采集卡的采样数据, 进行数据处理后获得 16 通道皮肤阻抗值并输出显示。同时从 16 通道阻抗值中提取低阻抗的经络点数据并保存。若要结束测量, 则停止 A/D 采集卡, 结束本次测量, 否则程序将继续读取数据重复上述操作。

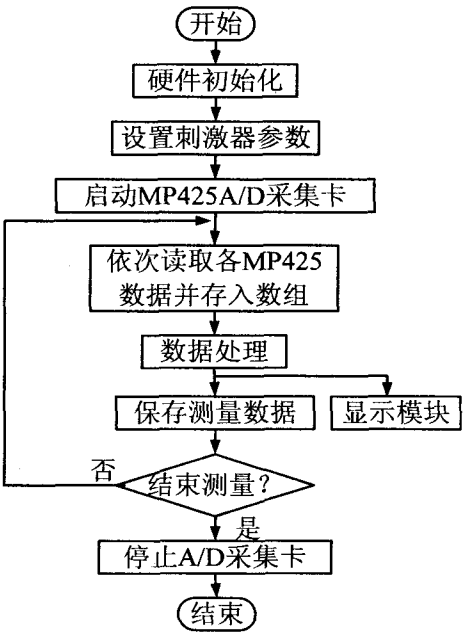


图 4 经络阻抗信息采集模块程序流程图

3 实验结果及数据分析

3.1 纯电阻实验及分析

为了检测多通道经络检测系统的测量精度, 在 16 通道测量电极与参考电极间接入纯电阻。在相同环境条件下, 改变被测电阻值, 经过多次测量求平均误差, 测量数据如表 1 所示。

表 1 纯电阻实验测量结果及误差 (脉冲幅度 25V, 脉冲宽度 400 μs)

结果/误差	被测电阻阻值 21.8 (kΩ)		被测电阻阻值 99.6 (kΩ)	
	测量平均值 (kΩ)	误差 (%)	测量平均值 (kΩ)	误差 (%)
通道 1	21.807	0.032	98.551	-1.053
通道 2	22.034	1.073	103.052	3.465
通道 3	21.811	0.050	100.221	0.623
通道 4	22.105	1.399	103.018	3.432
通道 5	22.012	0.972	100.142	0.544
通道 6	22.106	1.403	100.040	0.442
通道 7	22.003	0.931	100.011	0.413
通道 8	22.125	1.490	100.025	0.427
通道 9	21.916	0.532	102.007	2.417
通道 10	21.747	-0.243	97.250	-2.359
通道 11	21.812	0.055	99.882	0.283
通道 12	21.950	0.688	100.435	0.838
通道 13	21.742	-0.266	98.658	-0.946
通道 14	21.721	-0.362	99.121	-0.481
通道 15	21.623	-0.812	98.687	-0.917
通道 16	21.651	-0.683	98.725	-0.879

由表 1 实验数据可知, 16 通道测量结果有以下特点: 被测阻值较小时, 测量误差也较小, 阻值增大, 测量误差也随之增大。当被测阻值为 21.8 kΩ 时, 系统平

均误差范围为 $-0.812\% \sim 1.403\%$;当被测阻值为 $99.6k\Omega$ 时,系统平均误差范围为 $-2.345\% \sim 3.465\%$ 。可见,系统总体误差较小,基本满足系统需求。造成误差存在的原因可能有以下几点:

(1)分压网络中所使用的分压电阻阻值仍存在误差。

(2)放大隔离电路中 AD620 实际增益和程序软件中设置的增益大小之间存在误差。

(3)刺激器输出的 16 个高压脉冲的平稳度、幅度和脉宽不一致引起各通道间的误差。

3.2 人体测试实验结果

进行人体测试时,将刺激电压调节到适当的电压值,受试者将参考电极一端握在手心,然后,将测量电极贴着受试者皮肤,沿着太阴肺经的尺泽穴到太渊穴位缓慢移动。此时计算机实时显示出检测阻抗值结果,计算机输出显示结果为 16×1 阵列点构成的灰度图(阻抗越低灰度越高),每个阵列点的灰度对应一个测量电极触点处的皮肤阻抗值,其灰度随着对应电极点的阻抗值变化而变化。

4 结束语

系统采用多通道数据采集模式,极大地提高了经络点的检测速度,同时通过对分压网络的调整改善了系统的整体精度。采用 USB 接口进行通信,具有数据传输速度快和即插即用的优点。本系统的研究不仅为经络穴位检测提供一种高精度、可视化的手段,也为临床针灸寻穴提供科学的理论依据和方法,推动了中医针灸学与先进信息处理技术的结合。

今后,可着重研究经络检测系统与三维可视化技术的结合,进一步提高系统精度、稳定度,改善系统对

环境的适应能力等问题。

参考文献:

- [1] 张维波. 经络是什么[M]. 北京:中国科学技术出版社, 1997:55-58.
- [2] 杨国平,贾晓航. 皮肤阻抗等效电路及经络低阻抗原因探讨[J]. 中国医学物理杂志,1998,15(1):31-32.
- [3] 郑海锋. 基于磁定位系统的三维医学超声系统的图像采集与校准方法研究[D]. 福州:福州大学,2003:19-38.
- [4] 王文艇,钟季康,马骏,等. 生物阻抗技术概述[J]. 上海生物医学工程,2005,26(2):119-123.
- [5] Geddes L A, Baker L E. Principles of applied biomedical instrumentation[M]. Third Edition. New York: Wiley - Interscience Publication, 1989:537-576.
- [6] Polczynski M H, Seitz M A. Low-frequency 4-probe impedance measuring system[J]. Med. & Biol. Eng. & Comput, 1979,15(6):573-576.
- [7] Palko T, Bialokoz F, Weglarz J. Multi-frequency device for measurement of the complex electrical bio-impedance-design and application[C]//Conference of the Biomedical Engineering Society of India. India: [s. n.], 1995:45-46.
- [8] 柴英,周忠琴,姜良平. 对经络的物理检测与对经络存在形式的探讨[J]. 大连医科大学学报,2005,27(1):73-75.
- [9] 王玉忠,陈新,蔡光东,等. 基于 Windows 平台的皮肤阻抗检测系统设计[J]. 计算机技术与发展,2008,18(3):192-195.
- [10] Analog Devices, Inc. AD620 Datasheet[M]. [s. l.]: Analog Devices, Inc, 1999.
- [11] 北京双诺公司. MP425 USB 采集卡说明书[M]. 北京:北京双诺公司,2006.
- [12] 王文武,王诚,郝燕玲,等. 多媒体定时器的定制和使用方法[J]. 计算机应用,2000,20(3):39-41.

(上接第 197 页)

参考文献:

- [1] 克拉恩,帕斯卡雷洛,杰姆斯. Ajax 实战[M]. 北京:人民邮电出版社,2006.
- [2] 王阳阳,孟芸. Ajax 技术在安全生产监管平台中的应用研究[J]. 电脑知识与技术,2009,9(5):7157-7158.
- [3] Garrett J J. Ajax: A New Approach to Web Applications[EB/OL]. 2010-03. <http://www.adaptivepath.com/publications/essays/archives/000385.php>.
- [4] 余名高,王程根. 基于 Web2.0 的 Ajax 技术的开发[J]. 计算机技术与发展,2007,17(5):203-209.
- [5] 李刚. 基于 J2EE 的 Ajax 宝典[M]. 北京:人民邮电出版社,2006.
- [6] 宋晓梅,海志华. 基于嵌入式 Web 服务器的水情测报系统的设计[J]. 微计算机信息,2008,29(8):49-50.
- [7] MIT. W3C'S DOM [EB/OL]. 2010-03. <http://www.w3.org/Dom>.
- [8] 徐英娟. 利用 Ajax 提高页面载入速度[J]. 网络与通信,2009,9(4):84-87.
- [9] Scalable Vector Graphics (SVG) [EB/OL]. 2010-03. Available: <http://www.w3.org/TR/SVG/>.
- [10] 马占锋,董桃利. SVG 图象技术及其简单应用[J]. 电脑知识与技术,2010,11(6):436-437.
- [11] 李明翠. SVG_VML_FLASH 三种实现统计饼图的方式比较[J]. 多媒体技术及其应用,2007,18(2):1721-1722.
- [12] 张齐,张英彬. 嵌入式 Web 污染源自动监测系统[J]. 电子设计工程,2009,17(11):1-3.