

多普勒超声频谱图像信息提取方法研究

单华宁¹⁾ 王平立²⁾ 王执铨¹⁾ 王珏³⁾

¹⁾(南京理工大学自动化系, 南京 210094)

²⁾(南京理工大学计算机学院, 南京 210094) ³⁾(江苏省中医院 TCD 室, 南京 210029)

摘 要 心脑血管血流动力学研究对阐明心脑血管的病因以及诊治均起到一定的指导作用, 因此血流信号的采集和分析是十分重要的。多普勒超声是目前能够无创、简便、有效提供心脑血管血流动力学资料的最新技术, 为此, 设计了一套采集系统, 将多普勒超声频谱图像提取出来, 通过对打印机输出数据格式的分析研究, 将其转换为人们熟悉的图形文件格式, 再利用计算机图像处理技术, 获取血流信号的时间序列数据, 使得获取的数据适合各种非线性分析要求。实际算例表明, 该系统可靠, 能够比较准确地获取血流信号的时间序列数据, 为心脑血管疾病的进一步研究提供帮助。

关键词 多普勒超声 频谱 图像 血流信号 时间序列

中图法分类号: TP391.41 **文献标识码:** A **文章编码:** 1006-8961(2004)10-1245-04

Research on the Acquisition of Frequency Spectrum Image from Doppler Ultrasound

SHAN Hua-ning¹⁾, WANG Ping-li²⁾, WANG Zhi-quan¹⁾, WANG Jue³⁾

¹⁾(Department of Automatic Control, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094)

²⁾(Department of Computer Science, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094)

³⁾(TCD room, Jiangsu Provincial Hospital of Traditional Chinese Medicine, Nanjing 210029)

Abstract The research on the cardiovascular and cerebrovascular hemodynamics can help to interpret the cause of disease and diagnoses of the cardiovascular and cerebrovascular disease. It is important to collect and analyze the blood flow activity. Now Doppler Ultrasound is the newest technique to supply the data of the cardiovascular and cerebrovascular hemodynamics non-invasively, simply and effectively. In this paper, a digital system was designed. It can get the frequency spectrum image of Doppler Ultrasound's activities. Through the analysis and research on the output data format of a printer, the frequency spectrum image will be stored by the familiar format of image files. With the image manipulation technique, the time series data of the blood flow activity can be obtained and they are fit for various nonlinear analysis. By the system the original blood flow activity can be observed, and the changes of the data in the experiments can also be detected real-timely. It is proved by actual examples that this system is feasible, and the time series data of the blood flow activity obtained are exactly. It can offer assistance for the further study of the cardiovascular and cerebrovascular disease. It can also provide the foundation for uniting nonlinear science and ultrasonic diagnosis in medicine.

Keywords Doppler Ultrasound, frequency spectrum, image, blood flow activity, time series

1 引 言

多普勒超声是目前能够无创、简便、有效提供心脑血管血流动力学资料的最新技术^[1], 它利用超声

波的多普勒效应来研究血管中血流动力学变化, 其信号经过频谱分析之后, 以音频和图像两种方式输出, 但是, 目前在临床上尚缺乏对正常和异常频谱形态统一的公认的判定标准, 尚未建立各种参数统一的正常值, 某些参数的临床意义尚有争论^[2]。因此,

将多普勒超声频谱图像提取出来,根据图像信息,再提取出血流信号的时间序列数据,进行分析,如分析其 Lyapunov 指数、分形维数、近似熵等混沌特征,对心脑血管疾病的诊断和预测,具有深远的意义。本文设计了一套多普勒超声频谱图像的采集系统,编制了从频谱图像提取血流信号的时间序列数据软件,使得获取的数据适合各种非线性分析要求。

2 信号采集系统的组成与工作原理

多普勒超声诊断仪是由多普勒超声换能器(探头)和测试主机两大部分组成的,测试主机是一台运行 DOS 或 Windows 操作系统的计算机,其检测到的血流信号只能通过其自带的软件进行分析,因此存在一定的局限性。由于生产厂家的限制,不能改变原有计算机硬件,并且不能在原有计算机中加入任何软件,同时生产厂家在软件中也进行了一些加密处理,因此目前无法将原始血流信号从计算机中提取出来,并用其他方法分析数据,进行进一步的诊断。针对这种情况,设计了一套将血流信号从多普勒超声诊断仪中提取出来的采集系统,此系统操作简单、接收信息准确、速度较快。

通过分析多普勒超声诊断仪的组成原理,发现若想获得原始血流信号,只能从打印口着手,为此设计了一转换电路接口,一方面模拟打印机接收原计算机的打印信息,另一方面将接收到的信息以串行口方式传送给另一台接收计算机,从而将信息提取出来,以供进一步分析,系统组成如图 1 所示。

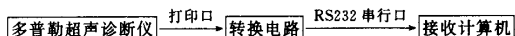


图1 数据采集系统组成

转换电路由一个 MSC51 单片机组成,主要电路有一个触发器、一个锁存器、232 转换器等。由于打印口进行并行输出,速度快,而接收计算机是串行口,速度慢,同时由于需要传送的是图形,数据量大,因此采用将高速设备的速度降下来的方法以适应低速设备。在打印口方面主要的信号有 $\overline{\text{STROBE}}$ 、 $\overline{\text{BUSY}}$ 、 $\text{DATA0} \sim 7$,按打印口的规定,当 $\overline{\text{STROBE}}$ 信号到达后必须立即回答 $\overline{\text{BUSY}}$ 信号,因此通过用硬件产生 $\overline{\text{BUSY}}$ 和锁存数据,同时给 CPU 产生一个信号来达到这一目的。由于转换电路的 CPU 需

要将读取数据送到串行口去输出,因此,定义串行口的波特率为 57.6K 以加快传送速度。为了使得计算机认为打印机已经准备好,将 $\overline{\text{ACKNLG}}$ 、 $\overline{\text{ERROR}}$ 接高电平,PE 接低电平。

系统组成后,操作时只需将原来的打印电缆接到转换电路,在多普勒超声诊断仪上进行正常的打印操作,接收计算机即可获取所需信息。

3 多普勒超声频谱图像还原技术

当转换电路收到信息后,通过串行口传送给接收计算机时,接收计算机接收到的是多普勒超声诊断仪送给打印机的信息,其中包括打印命令和图形信息,但该信息格式是多普勒超声诊断仪生产厂家专门设计的,只能在多普勒超声诊断仪中使用,在其他计算机中用一般的图形显示软件无法识别,而且当前的彩色打印机并不提供打印命令集,为此编制了一个软件,在接收计算机中接收数据,并还原出图形文件,此图形文件可用一般的图形显示软件识别,具有通用性。

经过反复测试和分析,以及与打印出的图形比对,解释其中与还原图形有关的信息发现,其中 $(1\text{BH}) + "*"$ 为命令的起始符,因此可以确定送给打印机的图形信息一定是按行排列的。由于计算机要首先告诉打印机每行有多少个点,因此经过对不同大小图形信息的比对,可以确定 $(1\text{BH}) * r * S$ 表示每行有 $"r"$ 个点,中间数值 $"r"$ 表示每行的点数,如 $(1\text{BH}) * r677S$ 表示每行有 677 个点。根据彩色打印机的原理,打印的每个点可能是黑色,或是红色、黄色、绿色的 0/1 组合,在此基础上需要分析这 4 种颜色的表示方法。基本的表示方法有两种,即 4 色混合表示或 4 色分别表示。由于在接收的信息中出现最多的命令是 $(1\text{BH}) * b2m * V$ 和 $(1\text{BH}) * b2m * W$ (其中 m 为一个数值),在排列上是 3 个带 $"V"$ 命令后跟 1 个带 $"W"$ 命令,同时出现带 $"W"$ 命令的个数与行数接近,因此可以确定这里采用的是 4 色分别表示法,用上述 4 个命令分别表示黑、红、黄、绿在一行中的信息, $(1\text{BH}) * b2m * V \dots$ 表示一种颜色数据,其中, $"m"$ 为一个数字,表示 V 后面紧跟的字节数,而后面紧跟的数据正是该种颜色信息的表示,这里采用字节行程码方式进行压缩。例如:

006760 1B 2A 62 32 6D 32 34 56 F9 00 00 08 E4 00 00 08 . * b2m24V.....
006770 F0 00 01 80 88 F2 00 00 80 FA 00 03 08 88 88 80
006780 1B 2A 62 32 6D 32 39 57 FA 00 03 08 A0 00 08 F9 . * b2m29W.....
006790 00 01 02 80 FD 00 00 08 F4 00 02 02 00 20 DA 00
0067a0 03 2A AA AA A0 1B 2A 62 32 6D 33 34 56 09 E0 00 . * * b2m34V...

这是一组真实的数据,其中第 1 行第 6,7 字节表示该种颜色的数据有 24 个字节,也就是从第 1 行第 8 字节开始的 24 个字节表示其有效数据,而实际有效数据应当为 677 位,这里采用行程压缩码方式压缩只有 24 个字节。用解压缩程序可以得到这 677 个像素点的 0/1 码,其中 1 表示该点有墨,3 种彩色墨可组合成 8 种颜色,黑墨独立产生 2 种颜色,这样每个点就能产生 10 种颜色。

根据以上分析,在以 Windows 为工作平台的接收计算机中编写了一个能得到原图点阵信息的程序,以人们熟悉的图形文件格式存放,如 BMP 格式,以便为后续的分析软件使用。

4 血流信号时间序列数据的提取

时间序列是对客观事物全面的、本质的描述,信号的时间序列分析研究是当前非线性科学的前沿课题之一^[3]。在心脑血管血流动力学研究中,血流信号的采集是一个十分重要的方面。

在接收计算机中,多普勒超声频谱图像被提取出来,以人们熟悉的图形文件格式存放后,利用计算机图像处理技术,将要处理区域的图像离散化,转变成数字矩阵,然后根据多普勒频谱图像的信息,转换成时间序列,从而获得血流信号的时间序列数据,此数据可以用于任何应用程序。根据此数据,可以进行血流信号的非线性分析,提取其混沌特征,将超声医学与非线性科学有机地结合起来。

5 实验结果

选用纯种雄性新西兰白兔一只,体重 2.5kg,采用 TC2020 型经频多普勒超声诊断仪,用 4MHz 探头对白兔的右侧颈总动脉进行检测,利用自行设计的多普勒超声频谱图像的采集系统,从频谱图像中提取出血管瞬时峰值血流速度随时间变化的实验数据。图 2 为经频多普勒超声诊断仪测出的白兔右侧颈总动脉多普勒超声频谱图,图 3 为利用采集系统在接收计算机中获得的白兔右侧颈总动脉多普勒超声频谱图,图 4 为提取出的血管瞬时峰值血流速度

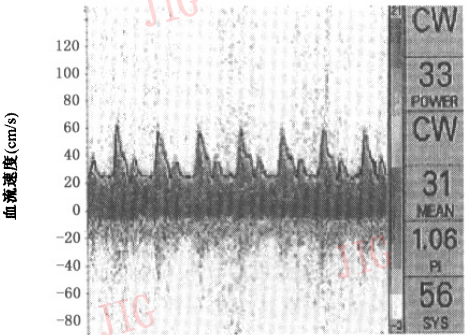


图 2 诊断仪测出的频谱图形

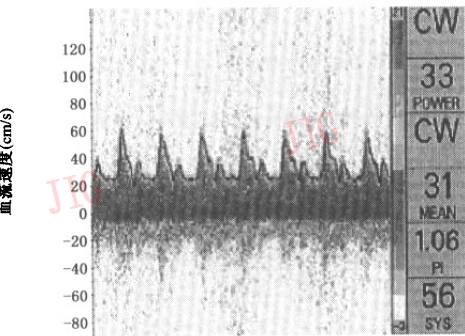


图 3 采集系统获得的频谱图形

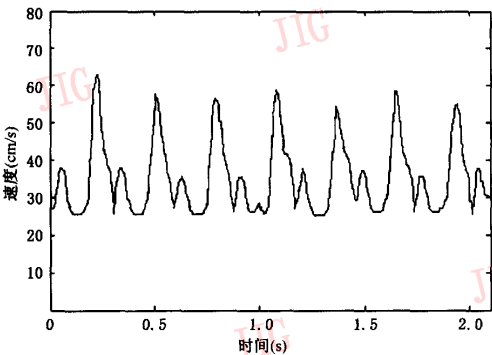


图 4 血管瞬时峰值血流速度时间序列数据形成的图形

的时间序列数据形成的图形。为方便观察图形,这里时间仅取 2.1 s。

由上述图形可以看出,采集系统获得的频谱图

形与原多普勒超声诊断仪得到的频谱图形是一致的,提取出的血流信号的时间序列数据也是准确的。

6 结 论

本文设计的多普勒超声频谱图像采集系统,解决了将血流信号从多普勒超声诊断仪中提取出来的问题,编制了用一般的图形显示软件识别多普勒超声频谱图像的图像还原软件,以及获取血流信号的时间序列数据软件。采用该系统除了可以观察原始血流信号,还可以实时检测实验中时间序列信息的变化,为后续研究提供帮助。由于提取出了血流信号的时间序列数据,这样可以比较准确地对实验数据进行非线性分析,观察其变化规律,对进一步研究心脑血管疾病起到一定的作用,为非线性科学与超声医学相结合提供基础。

参 考 文 献

- 1 饶明俐,林世和主编. 脑血管疾病[M]. 北京:人民卫生出版社,2002;95~98.
- 2 陈兴洲主编. 脑血管疾病研究现状与前景[M]. 上海:第二军医大学出版社,2001;367~369.
- 3 Kants Holger, Schreiber Thomas. Nonlinear Time Series Analysis [M]. Cambridge University Press, 2000;3~12.



单华宁 1964年生。副教授。1987年毕业于国防科技大学应用数学专业,1993年毕业于华东工学院获计算数学专业硕士学位,现为南京理工大学自动化系系统工程专业博士研究生。主要研究方向为数值分析、图像处理、混沌理论及应用。

E-mail: shanhuaning@sina.com



王平立 1960年生。副教授、硕士生导师。1982年毕业于华东工程学院自动化系系统工程专业,1988年于华东工学院获计算机应用专业硕士学位。主要研究方向为计算机应用、计算机通讯、数值计算与数值分析。



王执铨 1939年生。教授、博士生导师。1962年毕业于哈尔滨军事工程学院。主要研究方向为信息安全技术、混沌控制与应用,复杂大系统的容错控制理论与应用等。



王 珏 1964年生。副主任医师。1987年毕业于南京医学院医学系医学专业,获学士学位。主要研究方向为经颅超声多普勒对血管狭窄的诊断、糖尿病的肌电图变化等。