

嵌入式的脑卒中康复治疗仪软件系统分析

王国强

山东泽普医疗科技有限公司 山东高密 261500

摘要: 本章讲述一款全新植入式脑卒中健康医疗仪控制系统的设计。以 Qt/Embedded 的内核进行治疗仪的设计, 使用了 Qt/Embedded 的多线程技术, 来进行肌电信号的收集、实时描绘肌电信号和进行对各种医疗模型的控制。

关键词: 脑卒中; 电刺激; 嵌入式; Qt/Embedded; 多线程

Analysis of embedded software system of cerebral apoplexy rehabilitation therapy instrument

Guoqiang Wang

Shandong Zepu Medical Technology Co., LTD. Shandong Gaomi 261500

Abstract: This chapter describes the design of a new implantable stroke health instrument control system. The design of therapeutic instrument based on Qt/Embedded core uses Qt/Embedded multithreading technology to collect ELECTRO myographic signals, depict electromyographic signals in real time and control various medical models.

Keywords: Stroke; Electrical; stimulation; Embedded; Qt/Embedded; Multithreading

一、前言

脑卒中, 俗称中风, 是危害性很大的病症, 一旦脑缺血、脑梗塞都可引起猝死。它起病迅速, 但病死和致残率都最高。在脑卒中后的所有存活病人都出现了各种程度的精神功能障碍, 如肢体麻痹、肌痉挛、抑郁、失语等精神疾患, 这种功能的失调给家人、社区和病人自身都造成了很大的困难和负担。使之不但面对医生也可以面对社会和家庭用户, 使更多的缺血性或脑卒中病人能够获得更便捷、高效的医治^[1]。

1. 研究背景

脑卒中是极度危及人体健康的一种病症, 脑卒中是神经系统内科系统中常见病、多起病, 有着患病率高、死亡率高、伤残率高和早期复发高等的特征, 是经济发达地区三个重大致死因素之一。中国是人口大国, 人口老龄化问题也日趋严重。在中国, 近年来全国脑卒中率已排名疾病谱第二, 全国脑卒中的年患病率为 109.7~217/10 万, 总病例患者比率为 116~141.8/10 万, 全国年均新发生的脑卒中病例 150 万, 全国年均死于脑卒中者达到了一百万, 其中 75% 的存活者都具有不同程度的功能残疾, 重度死亡者则占有全国 40% 以上^[2]。

2. 研究现状

脑卒中康复疗法的理论基石是大脑和脊髓之间的可塑性 (plasticity)。研究成果表明, 在脑卒中发生早期, 脑卒中病人受损后的中枢神经系统基本具备了恢复脑组织的活动能力和可塑性的功能, 当条件合适时部分神经元也能够复苏。脑的损伤部位残余的大神经细胞中虽有神经冲动, 但该冲动并不能产生相关肌体的活动。在病程 4~6 周后, 因患侧肢体的缺乏活动, 也不能有效的产生神经冲动进入脑部, 从而引起了损伤部位残余的大脑细胞凋亡^[3]。

康复疗法的引入愈早, 患者的机能恢复和总体治疗效果就更好。康复治疗利用神经系统的可塑性与功能重建的机理, 可以提高了上位中枢对运动过程的调节, 从而抑制了异常的、原始的反射活动, 可以改变运动模式, 抵抗痉挛形成, 并重建为正常的活动模式, 同时运动功能的恢复程度取决于周围神经系统的代偿功能, 但对运动功能的代偿能力通常不会自动发展, 有赖于运动练习与锻炼, 以及物理治疗的电刺激, 它都是在刺激周围神经肌肉的同时也促使了传递神经细胞从脊髓投射到更高层次中心, 从而促使机能的重建, 并增强了身体活动功能和活动能力^[4]。

3. 研究意义

21世纪初由于中国老龄化趋势日益突出,脑卒中的患病率也将不断增加,同时伴随着各种深度残疾的脑卒中病人也将增多。我国拥有全球最大的劳动人口,同时拥有着复杂的人口构成,因此老龄化的现象将日趋严峻,随着脑卒中的发生人口也将飞速上升。所以,高效、安全、廉价的脑卒中和脑神经保护诊疗方法的需求量也将增加;同时,由于人类对生命质量水平的要求愈来愈高,对医生治疗水平的需求也相应的提高了。所以对脑卒中治疗和护理的关注程度以及医治水平的提升是对自己的发展、社会压力的缓解以及患者生存素质的改善具有举足轻重的意义^[5]。

脑卒中一般有临床常见性和多发性,而脑卒中康复治疗却是一种早期、渐进、持久、有效全面的过程中,但目前采取的相关预防措施和处理措施在临床效果上不够理想。脑卒中主要是在中老年人群中,大多尚合并有不同程度的慢性病情的逐渐加重并产生了新的并发症,而同时积极预防脑卒中的发生与合并症也是非常关键的。所以,对于脑卒中的治疗应采取多科共同诊疗的方法,以减少病人的死亡率,提高病人社会活动的的能力,从而改善病人的生活质量。所以,即使在公立医院密闭式的康复治疗也无法让病人得到完全治愈,而必须由家庭及社会来共同实现康复^[6]。

所以,根据本课题研发的安全性较高、具备便携特性的脑卒中健康治疗仪,具有重要的价值与功能,不仅可以为脑卒中病人的肢体功能的康复发挥很大的功效,而且有脑神经的监护功能,以及对心理功能的恢复有着积极的影响,从而为脑卒中病人的肢体功能康复是指一个便携式的康复治疗仪,以便于普及到社会医院甚至病人的家中,它不但产生了较高的社会效益,而且将带来较大的利润^[7]。

4. 研究目的和内容

脑卒中引起的偏瘫、抑郁等病症严重程度影响了人类的健康,给家人和社会带来了巨大的经济压力与负担。因此,探讨一个便携式的综合性的脑卒中健康治疗仪,可以提高病人的肢体功能,并可推广或应用于家庭和社区的医疗领域,已形成了现代康复治疗的主要科研方面^[8]。

二、系统功能结构介绍

该健康治疗仪在利用由肌电活动激发产生的神经系统肌电激活(NMES)提高病人肢体功用的技术基础上,并综合应用小脑顶核电激活(FNS)诱发条件性中心神经源性神经保障效应及其脊髓电激活(SCS)激发大脑部动脉血流量分布增加的效果,成功融合了物理治疗模式与心理治疗模式,为脑卒中病人创造了一个全新的综合

康复方式。具体来说,在诊疗流程中,也就是医生把收集到的肌电信号数据进行处理后和最高激发阈同时描绘到显示器上,病人在利用显示器视觉反馈后,通过主动活动肢体,以争取达到最高激发阈值,从而实现每一次NMES;还有医疗模式的选定等工作都通过软件系统控制进行。

三、嵌入式图形用户界面开发环境

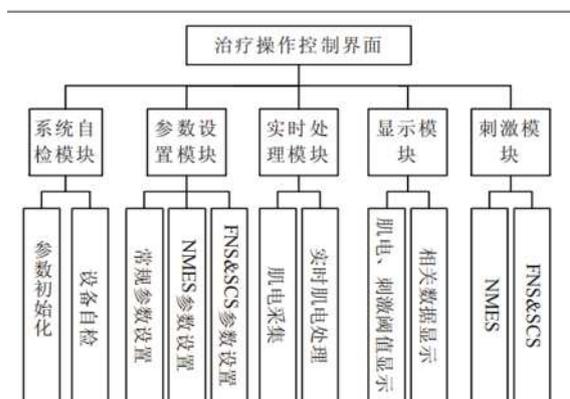
嵌入式图形用户界面(GUI)的特点简洁、直接、安全、耗费资源小且反映迅速,同时也能够针对硬件的变化,具备较好的可移植性和裁减性能。目前,面向嵌入式Linux操作系统的有标志性的GUI设计软件产品有三款,它们是Microwindows、MiniGUI以及Qt/Embedded。操作系统中采用了Qt/Embedded-2.3.10,用作脑卒中康复治疗仪用的软件操作系统研发平台。

Qt/Embedded是由 Trolltech 公司研发,面对嵌入式运用的Qt平台。Qt/Embedded的主要实现编程语言为C++,特点是采取了一种面向对象的设计思想,对多线程支援良好,拥有出色的跨平台性特点,对中文的支援也较好。Qt/Embedded是Server/Client架构,但在基层放弃了Xlib,仅选择了framebuffer这个底层基础图形连接口。而Qt采取了特有信号/槽(singal/slot)机制,对象之间的通信也十分简单和敏捷。Qt/Embedded将外部的设备抽象成keyboard或者mouse中的事件,底层接口界面就能够很好的支撑并使用自定义的设备。Qt/Embedded的增强绘图功能,在本软件系统中得以更全面的应用^[9]。

四、系统软件设计与实现

1. 系统软件结构设计

控制系统引入了模块化的设计思路,将整套应用软件控制系统区分为控制系统自我检测模组、各种功能设定模组、实时处理模组、显示模组和激励模块,功能模块图如图一所示。



图一 软件系统模块结构图

控制系统启动完成后,经过系统的自检模块添加

所有外围装置，并对设备完成了检测；在设备自检正常工作后，系统按照指定的初始值对设备完成了参数初始化，以等待诊断流程的启动。治疗程序在执行前，使用者可透过控制参数模板修改治疗参数，而外部设备驱动程序则按照新增加的参数选择外设。在医疗程序运行过程中，透过实时信息处理模块将所收集到的肌电信号加以过滤除噪处理后呈现到荧屏上，提供肌电的视觉反应；激励模块则按照使用者所选择的医疗方案，对病人执行 NMES 或者 FNS&SCS^[10]。

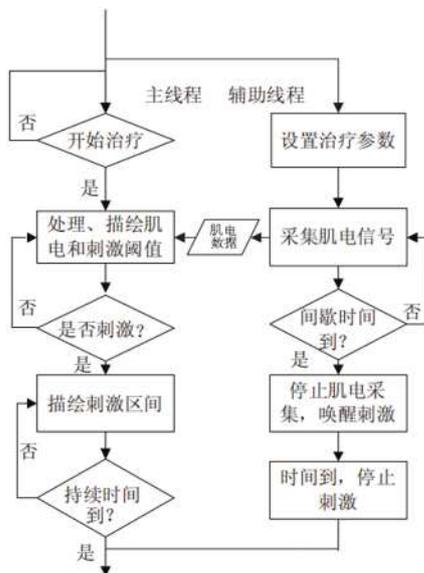
2. 多线程技术的应用

① Qt 对多线程的支持

使用多线程类必须利用 Qt 所提出相关的线程库的功能，在编译器 Qt/Embedded 时，将在执行 configure 脚本时会加入 -thread 文件，以产生由线程支援的库 libQte-mt，而通常的非进程库则是 libQte。QThread 也是 qt 中最主要的多线程类，提出了和操作系统不相干的多线程。在主线程中建立该子线程的例子，并调整它的 start() 参数后，就开始了子线程的工作。

② 多线程的设计

软件中还设置了多个执行线程，当中一种是主线程或用户执行线程，主要对所收集到的肌电信息进行数据处理并描绘波形，并即时描绘激励阈值和激励范围；另外的是补充线程，完成了肌电测量、处理参数设置以及对病人进行电激励等数据通信后，将所测量到的肌电信号读取和存储，之后再对主线程进行分类和管理并即时的展示到用户上，这部分工作流程在图二中给出。



图二 多线程部分流程图

由于康复软件采用多线程，能够将用户线程和通信线程分离，在能够确保正常通话的时候，用户介面程序

也能够与用户之间实现良好的通讯。因此采用多线程的程序也能够使用 Qt 中的 QMutex 类来支持二种不同的执行线程对肌电信号数据分析的同步使用。当互相冲突量被主线程锁定时，就阻断了辅助线程存取肌电信号数据分析，此时必须将收集到的信息先存成一条临时的数据信息；然后等到主线程释放彼此互斥量时再将暂时信息转存出去，如此，才能保证肌电信号数据分析一次只能一条线程所使用访问。

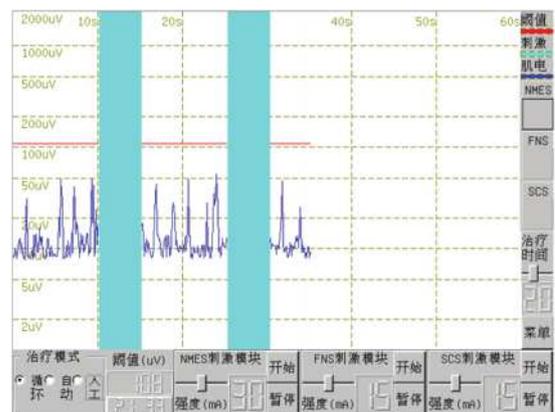
3. 绘图机制的实现

该系统康复治疗仪控制系统设计了一种交互式的医疗模型，即时描述收集到的肌电信息是整个软件设备控制系统的工作重心，Qt/Embedded 实现了比较简单的绘图功能，可以适应整个控制系统的需要。使用 QPainter: begin() 和 QPainter: end() 函数来开启和停止绘画。控制系统设计工作中，将背景界面的绘制代号放在一组建立的 paintEvent() 特定函数里。

在肌电描结束了一次屏幕的时候，利用 repaint() 函数就能够把显示屏上的波浪状消除掉，从而完成连续的波浪状描画。而为了能够即时连续的描绘出所收集到的肌电讯号，在产品设计中采用了 QTimer 定时器来完成这一功能。利用定时器，100ms 激发一次，把肌电信号的值转换成 Y 坐标系值，X 坐标系值相应的某个象素点，从而产生一组新的坐标点，就完成了对肌电信号的激发阈值的描述。

五、软件运行界面

图形用户界面 (GUI) 是控制系统和使用者之间交换资料与互动的一种平台，是应用于控制软件设计的主要部分。为让病人也可以直接观测到很长时间的病人状况，将主界面设计为一屏幕内刚好呈现了一分钟病人数据的方式，这样一来病人也就有比较充足的时刻来自于主活动患肢，以便最好的诱发 NMES 实施管理了。图三中展示的是循环模式病人的用户界面。



图三 循环模式治疗过程界面示意图

六、后续研究的展望

因为本文章中所涉及的康复原理与方法都较为庞杂,再加上目前嵌入式系统的开发环境、开发方式与应用工具等与Windows下的软件开发环境有较大差异,而笔者亦初次接触嵌入式系统的开发,所以尽管对目前软件进行了基本作用,但还是尚待继续修改与完善的地区。另外工程设计中也难免疏漏与不妥之处,还急需更进一步的综合检测。

七、结论

脑卒中引起的运动功能障碍、抑郁等症状严重危害了人们的健康,大大降低了疾病人们的生存能力,同时也对社会以及家人和家庭造成了很大的压力。研究先进、高效、无创的脑卒中恢复技术无疑是当前的研究热点所在,并深入研究怎样采取几种治疗组合起来的整体治疗方法,可以达到令人满意的医学研究恢复疗效。

参考文献:

[1]张雪芹,刘华波,叶志明,孟凡利.针对脑卒中领域的新型家用康复治疗仪设计[J].自动化与仪器仪表,2022(03):195-198.

[2]李秀慧.中频脉冲治疗仪对脑卒中偏瘫康复治疗的效果[J].中国医疗器械信息,2021,27(02):10-11+27.

[3]孔昭慧.康复治疗仪对改善偏瘫症状的疗效观察[J].中国医疗器械信息,2020,26(18):133+155.

[4]赵娜.吞咽言语治疗仪联合多种康复治疗脑卒中急性期吞咽障碍的疗效观察[J].临床医药文献电子杂志,2020,7(45):55+57.

[5]王思,江艳平.面向脑卒中偏瘫患者的新型运动康复治疗仪设计[J].自动化与仪器仪表,2020(04):112-115+120.

[6]贾庆双.吞咽言语治疗仪联合多种康复治疗脑卒中吞咽障碍的预后分析[J].中国医药指南,2020,18(09):154-155.

[7]关泽明.多功能生物反馈神经康复治疗仪研制[D].大连理工大学,2019.

[8]辛茹.中频脉冲治疗仪对脑卒中偏瘫康复治疗的效果[J].包头医学院学报,2019,35(04):39-40+76.

[9]张翠云.超声脉冲电导治疗仪应用于急性缺血性脑卒中偏瘫患者康复治疗中的效果及护理[J].医疗装备,2018,31(13):185-186.

[10]化艳,舒小珉.吞咽言语治疗仪联合多种康复治疗脑卒中急性期吞咽障碍的疗效观察[J].卒中与神经疾病,2018,25(03):313-315.

