

· 康复工程 ·

多姿态变换声控轮椅车研究*

陈 爽¹ 胡 鑫¹ 雷 毅¹ 喻洪流^{1,2}

摘要

目的:设计一种多姿态变换声控轮椅车,以帮助偏瘫患者或老年人实现高处取物、下肢锻炼、平躺休息。

方法:通过四连杆等机构实现坐、躺、站三种姿态变换,并设计了电动轮椅语音模块的硬件电路,包括语音识别模块、MCU控制模块及电动推杆控制电路。采用模块化思想,完成了多功能电动轮椅驱动控制系统的软件设计与开发,并联合硬件电路与软件程序进行实验调试。

结果:通过不同语言和特定人员语音命令识别实验,证实本文设计的轮椅可以实现语音控制姿势转换和行驶的功能,并获得语音控制成功率。

结论:机械结构结构与控制系统设计合理,方案可行。

关键词 声控;三维建模;模块化;轮椅车

中图分类号:R496 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-1242(2014)-11-1070-04

根据第二次全国残疾人抽样调查的数据公报显示,全国各类残疾人总数为8296万人,占全国总人口的6.34%^[1]。同时中国将迎来第一个老年人口增长高峰,2013年老年人口数量突破2亿^[2]。无论是老年人还是残疾人,由于肢体功能障碍,他们的日常生活都受到很大的制约,生存质量和生活自由度都有很大程度的降低。不仅给家人带来了护理负担,还有许多方面需要不断地求助于人^[3-4]。

轮椅作为一种辅助代步工具,无论是老年人还是肢体功能障碍的残疾人对其的需求都十分迫切。手动轮椅和简单的电动轮椅由于功能单一已渐渐无法满足使用者的需求。为了给老年人和残障人士提供性能优越的代步工具,帮助他们提高行动自由度,重新融入社会,轮椅的研究更趋向智能化。目前的智能轮椅不仅价格昂贵,而且不能由患者自己进行姿势转换及下肢功能康复训练。大多数情况下,如果患者想要从轮椅转移到床上或进行下肢功能康复训练,都需要他人帮助,不仅浪费人力资源,也给患者造成心理负担。国内已有大学研究多姿态电动轮椅,如天津科技大学的立卧两用电动轮椅和中南大学的可卧立电动轮椅^[5-6],但是操作方式单一,且不方便患者自主操作。因此,研发一款功能丰富、性能良好、使用便捷的智能轮椅十分重要。本研究设计了一种具有站立与平躺功能的智能轮椅,并设计语音控制模块和基于闭环与模糊比例-积分-微分(proportion integration differentiation, PID)控制的轮椅控制系统。

1 轮椅的机械结构设计

本研究设计了一种四边形连杆机构配合电动推杆驱动的结构,由站立推杆和平躺推杆分别独立完成站立和平躺换姿功能,也可协同控制进行任意位置舒适姿势的转换。

其整体结构由以下主要部件组成:基体车架、座位架子、靠背架、扶手、腿托架和电动推杆。其中,基体车架是由轮椅车支撑架、驱动轮、万向转向轮、驱动电机和电池盒组成,并加入避震结构来减少运动状态中的缓冲,以提高舒适度;座位架包括座位支撑架和坐垫;靠背架包括靠背支撑架、靠背垫和可调节的枕头结构;扶手设计成可调节的结构连接在靠背架上,方便使用车从轮椅车上转移;腿托架由腿托支撑架和踏板构成,两者由滑槽机构和延伸推杆进行连接,可以实现平躺换姿过程中的腿托架长度延伸,提高使用舒适度;腿托架下端安装有前方倾倒小轮,解决站立换姿过程中重心前移的问题,以提高站立状态时轮椅车的结构稳定性、安全性;座位和车架由站立推杆和气动弹簧连接,腿托和车架由平躺推杆连接,腿托和靠背由联动连杆连接,形成四边形连杆机构^[7-8]。患者可以通过控制轮椅车车架上安装的两个电动推杆,快速稳定地完成从坐姿到站立或平躺的换姿过程。利用虚拟样机技术对轮椅车进行三维建模(图1)^[9,13]。

本机械结构设计的优点在于:①采用分别独立控制两个电动的控制方式,分别独立控制实现站立、平躺功能,不仅解决患者因长期坐姿而引发的压疮、血管压迫、肌肉萎缩等病

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2014.11.014

*基金项目:上海市科委产学研医合作项目(12DZ1941002、12DZ1941003、12DZ191004)

1 上海理工大学医疗器械与食品学院,200333; 2 通讯作者

作者简介:陈爽,女,硕士研究生;收稿日期:2013-11-14

图1 多功能电动轮椅三维模型



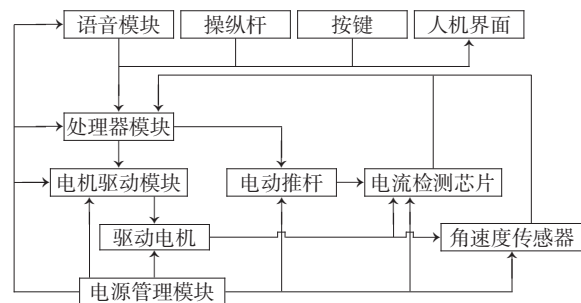
患的问题,同时方便患者进行站立高处取物、平躺休息等日常生活活动,以及进行承重下肢康复训练。②采用四边形连杆机构配合铰链的机械结构设计,这种机械结构现有加工技术纯熟,能够在满足保证产品稳定性及安全性的条件下实现其机械结构上的站立、平躺功能。③电动推杆控制轮椅坐姿-站姿、坐姿-平躺的任意转换,操作方便,可由患者在无需帮助的情况下自行使用。独立控制两个电动推杆实现姿态的转换,可分别完成坐姿-站姿和坐姿-平躺的姿态转换,满足患者进行站立高处取物、进行下肢康复训练,或者进行平躺休息等需求。④在腿托的结构设计上采用另一个四边形连杆机构,在电动分别独立控制的条件下,两个平行四边形形成联动,使得防前倾倒小轮由坐姿状态的腾空转变为站立状态的着地,这从产品稳定性、安全性方面给予了保障,解决了轮椅站立换姿过程中因重心前移可能导致轮椅前翻的安全隐患。平躺姿态转换过程中,延伸推杆运动,以延长腿托架的长度,提高了平躺换姿过程中使用者的舒适度。⑤除了满足站立、平躺等功能以外,扶手可调节的设计方便患者在任意状态下上下轮椅车。头枕的可调节设计拆卸方便,有利于患者头部活动,避免长时间压迫导致的颈椎疲劳,同时方便患者洗头。

2 总体控制系统设计

多功能电动轮椅的机械结构是执行机构,控制系统就是其运行的核心。控制系统承载了多功能电动轮椅的所有运动动作,包括轮椅车的行驶驱动以及站立、平躺姿态的转换。见图2。

多功能轮椅车的控制系统通过采集控制端的信号,由控制系统主控制器处理后发送控制信号给相应执行模块的控制电路,从而对执行模块进行相应的控制,以完成轮椅车的驱动电机的控制以及直线推杆的控制。对本课题的多功能电动轮椅原动件进行统计可知:系统需要控制的原件有2个直流驱动电机和3个电动推杆;其中2个直流驱动电机实

图2 多功能电动轮椅控制系统总体方案结构



现轮椅驱动行驶,1个电动推杆实现轮椅站立功能,1个电动推杆实现轮椅平躺功能,1个电动推杆在轮椅平躺换姿过程中延长腿托架。2个直流驱动电机需要进行调速控制,所以在控制系统中需要加入电机驱动电路;3个电动推杆不需要进行调速控制,可仅通过电子开关的通断进行驱动。在控制系统的优化上,本课题的多功能电动轮椅的控制系统,加入了监测模块,实时监测轮椅车的运动状态,构成闭环控制。另外,本课题的多功能电动轮椅还加入了语音模块,使得使用者可以在无需看护人员及家人的帮助下自行操作轮椅车。

3 语音模块研制

为了让重残患者在无需看护人员帮助的情况下自主对轮椅进行控制,本设计采用语音控制轮椅的驱动以及站立、平躺姿势的转换。语音模块设计包括语音模块硬件设计和语音模块软件设计。本语音模块对使用者输入的语言种类没有特别要求,可以是英语、汉语、家乡话,以3个字为宜。使用时要求发音尽量接近训练时的语调,音量需根据用户与麦克风的距离调整,靠近时音量相应减小。

3.1 语音模块硬件设计

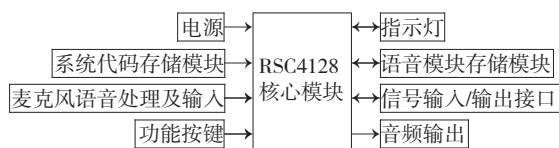
语音识别模块组成结构如图3所示。蓄电池的电压为24V,经DCDC芯片降压后可以得到6V电压,再经LDO芯片降为RSC4128语音识别处理器的工作电压,即2.4—3.6V。RSC4128语音识别处理器的程序代码存储在外部Flash中,通过Flash编程器将程序下载到系统代码存储模块来运行。用于特定人识别的用户语音模板存储在EEPROM中,设计有独立的语音模板存储模块。其中,语音模板是由RSC4128通过程序执行过程录入、编码,最终存储到EEPROM中。系统代码存储模块的外部Flash选用SST39SF020,语音模板存储模块的EEPROM选用24LC128。语音识别模块通过麦克风采集语音信号并进行前处理,经由信号输入接口至处理器RSC4128,处理完后,信号通过输出接口与MCU模块进行通信,将处理器运算结果通知MCU模块作出相应的执行命令。扬声器作为音频输出设备其训练及使用过程中发出提

示音的作用。除此之外,语音识别模块还设计了I/O口引脚用以调试,复位电路,使得本模块板具有基本工作电压,和复位、通信功能^[14]。

轮椅车驱动控制部分通过操纵杆控制输入x、y方向的模拟电压,形成对轮椅车两个驱动轮的差速控制,以实现轮椅车的前进、后退等运动。语音信号识别模块的输出信号为数字信号,而操纵杆输出信号是模拟电压信号,所以在MCU控制模块加入DA转换模块将控制信号由数字信号转换成模拟量。MCU控制模块的组成结构如图4所示。MCU控制模块选用美国德州仪器(Texas Instruments)公司的单片机MSP430f149作为处理器。DA模块选用的芯片为PCF8591。

推杆控制电路集成了语音与按键两种控制方式,其结构如图5所示。推杆MCU控制芯片选用的是AT89S51单片机。蓄电池24V电压通过DCDC和LDO芯片降为稳定的5V电压给单片机和电流检测电路供电。电流检测电路使用的芯片是电流传感器ACS712,在电机过载时紧急断开电机控制。控制信号输出电路输出经过AT89S51单片机处理后的控制信息,对电动推杆进行控制。控制输出信号电路选用NPN达灵顿晶体管矩阵ULN2803A^[15]。

图3 语音识别模块组成结构



3.2 语音模块软件设计

本课课题中的语音识别模块的软件设计环境使用Sensory公司提供的PhytonProject-SE软件进行开发,采用C语言与汇编语言混合编程方式编写。软件系统可以分为训练部分(图6)和识别部分(图7)。使用者在使用前需要进行语音指令的训练,将其个性化的语音命令存入语音模板的存储模块。使用时语音识别模块检测到用户输入的语音指令后,将其与模板中的数据一一比对,若存在匹配程度较高(可设置)的模板则认为识别成功,则将结果通过信号输入/输出接口传输至输出控制系统。控制系统则根据是别的结果执行对应的指令。

4 控制系统实验测试

本系统通过声音控制轮椅的站立、平躺、前进、后退、左转、右转和停车。由于实物尚未加工完成,本实验利用普通电动轮椅进行语音控制行驶实验,利用电动推杆进行站立、平躺换姿实验。

根据控制系统设计方案搭建声控实验平台,声控轮椅测试实验中,将语音模块与轮椅车、电动推杆连接。进行实验

图4 MCU控制模块组成结构

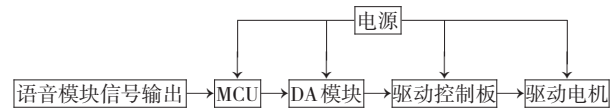


图5 电动推杆控制电路结构

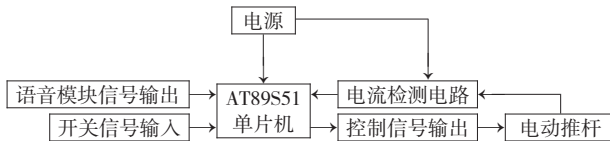


图6 语音模块训练部分流程图

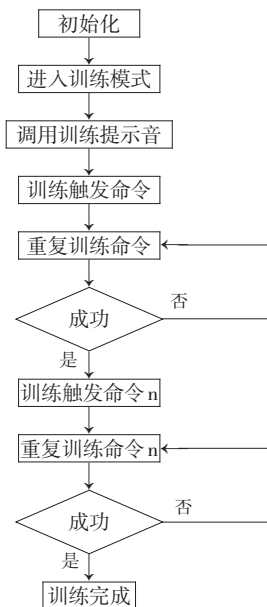
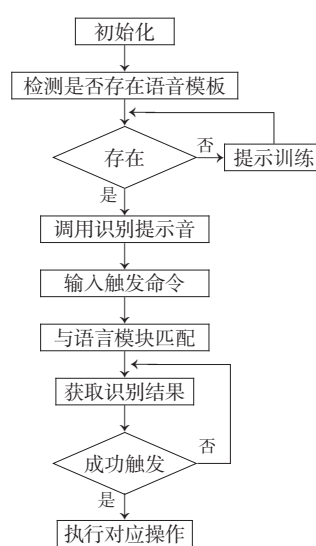


图7 语音模块识别部分流程图



并记录数据,受试者站立于轮椅车后方,分别用普通话、粤语和英语对轮椅进行7种功能的语音训练,并对每种命令进行50次训练,记录轮椅执行结果。实验结果见表1。

在实验中,识别率保证的前提下,对本系统进行了特定人识别的测试。由受试者甲训练该系统,分别记录5名受试者甲、乙、丙、丁、戊对该系统的测试数据,其中甲、乙、丙是女性,丁、戊是男性,分别统计5名受试者的识别率,见表2。

通过表1可以看出,无论受试者利用何种语言进行训练及相应控制,其识别率都在94%以上。所以本语音系统识别率与用何种言语训练无关,使用者可以根据自己的喜好选择语言进行训练与控制轮椅。表2结果显示,通过5名受试者的实验,该系统只识别甲的控制命令,对乙、丙2名受试者控制命令偶尔识别,对丁、戊2名受试者控制命令完全不识别。所以本语音系统只能识别训练者的语音命令,特定性强。对于乙、丙2名女性受试者的1—2次误识别是由于女性

表1 语音命令识别实验数据

语种/命令	站立	平躺	前进	后退	左转	右转	停车
普通话							
成功次数(次)	49	47	47	48	49	49	50
成功率(%)	98	94	94	96	98	98	100
粤语							
成功次数(次)	47	48	49	48	48	47	47
成功率(%)	94	96	96	96	96	94	94
英语							
成功次数(次)	49	47	48	48	48	47	47
成功率(%)	98	94	96	96	96	94	94

表2 语音命令识别实验数据

受试者/命令	站立	平躺	前进	后退	左转	右转	停车
甲							
成功次数(次)	49	48	49	48	49	50	49
成功率(%)	98	96	98	96	98	100	98
乙							
成功次数(次)	0	1	0	0	0	0	0
成功率(%)	0	2	0	0	0	0	0
丙							
成功次数(次)	0	0	0	0	1	0	0
成功率(%)	0	0	0	0	2	0	0
丁							
成功次数(次)	0	0	0	0	0	0	0
成功率(%)	0	0	0	0	0	0	0
戊							
成功次数(次)	0	0	0	0	0	0	0
成功率(%)	0	0	0	0	0	0	0

声音较为接近,而对丁、戊2名男性受试者识别率为零。

5 结论

本研究完成了一种可躺、可立智能声控轮椅的机械结构设计,并成功研制了语音控制模块包括硬件和软件部分,实现了通过声音控制轮椅姿势转换和行驶。结合实验对轮椅的声控性能和成功率进行了验证。实验表明,该语音模块可以较好地用于轮椅的声控,在一定程度上方便了患者的使用。另外,此模块可以作为后续智能导航的基础,通过加装超声传感器进行测距、图像传感器进行地形捕捉,配合语音

信号控制,完成多功能智能轮椅车的自主避障与自动导航。

参考文献

[1] 中华人民共和国国家统计局.2006年第二次全国残疾人抽样调查主要数据公报.中国康复理论与实践[M].北京:中国康复理论与实践杂志社,2006.

[2] 吴玉韶.中国老龄事业发展报告(2013)[M].第1版.北京:社会科学文献出版社,2013.

[3] 史雄.城市社区居家养老服务的研究[D].上海:华东师范大学,2009.

[4] 陈笑楠.老龄化背景下我国城市居家养老研究[D].长春:吉林大学,2008.

[5] 任怡,张峻霞等.立卧两用电动轮椅车的设计[J].天津科技大学学报,2009,24(1):47—50.

[6] 刘云,王艾伦.一种新型可卧立电动轮椅的研制与设计[J].机械与电子,2007,10:6—8.

[7] 王会.平面连杆机构的计算机辅助设计系统研究与实现[D].天津,天津工业大学,2004.

[8] M. H. Chiang, Development of dynamic simulation for hydraulic system driving complex mechanical multi-body systems[J]. Proceedings of the 6th International Conference on Automation Technology, 2:805—815.

[9] 胡平,王成国,庄苗.虚拟工程与科学[M].北京:气象出版社,2001.

[10] 熊光楞,李伯虎,柴旭东.虚拟样机技术[J].系统仿真学报,2001,13(1):114—117.

[11] Li Bohu, Chai Xudong. Virtual prototyping engineering for complex product[J]. Computer integrated manufacturing systems, 2002(9):678—683.

[12] Andert, E. P, Jr, Morgan, D. Collaborative virtual prototyping and test. Naval Engineers Journal. 1998, 110(6):17—23.

[13] Bruns, F. Wilhelm. Integrated real and virtual prototyping. Industrial Electronics Conference, 1998, 4:2137—2142.

[14] 刘福才,王冬云.语音识别技术及其在控制领域中的应用研究(一)[J].可编程控制器与工厂自动化,2005,11(6):10.

[15] 刘福才,王冬云.语音识别技术及其在控制领域中的应用研究(二)[J].可编程控制器与工厂自动化,2005,12(6):8—9.