

Research on Intelligent Wheelchair Control System

Tianping Zhang^{1,2}, Yijian Gong¹

¹School of Information Engineering, Wuchang Institute of Technology, Wuhan Hubei

²School of Logistics Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan Hubei

Email: ztp_2004@163.com

Received: Jun. 10th, 2019; accepted: Jun. 21st, 2019; published: Jun. 28th, 2019

Abstract

Wheelchairs, as an important means of transportation, play an important role in daily life for people with mobility disabilities, including the elderly or the disabled. How to design a better intelligent wheelchair, effective wheelchair control scheme and interactive operation mode is of great significance to provide more efficient and safer travel services for people with mobility disabilities. This paper studies the wheelchair control structure, wheelchair control mode, wheelchair status monitoring, and provides an effective basis for caring for the elderly.

Keywords

Intelligent Control, Intelligent Alarm, Safety Monitoring

智能轮椅控制系统研究

张天平^{1,2}, 龚义建¹

¹武昌工学院信息工程学院, 湖北 武汉

²武汉理工大学物流工程学院, 湖北 武汉

Email: ztp_2004@163.com

收稿日期: 2019年6月10日; 录用日期: 2019年6月21日; 发布日期: 2019年6月28日

摘要

对于包括老年人或者残疾人在内的行动不便人群, 轮椅作为重要代步工具, 在日常生活中扮演着重要的角色。如何设计出更好的智能轮椅, 以及有效的轮椅控制方案和交互操作方式, 为行动不便人群提供更加高效、更加安全的出行服务具有十分重要的意义。本文研究了轮椅控制结构、轮椅控制模式、轮椅状

文章引用: 张天平, 龚义建. 智能轮椅控制系统研究[J]. 计算机科学与应用, 2019, 9(6): 1216-1222.

DOI: 10.12677/csa.2019.96136

态监测, 对关爱老人服务方面提供了有效的依据。

关键词

智能控制, 智能报警, 安全监护

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

现有的智能轮椅控制器控制形式单一, 大多通过操纵杆、按钮等传统设备对轮椅进行控制, 缺乏智能性, 且控制接口封闭, 加大了外部控制信号接入轮椅的难度。鉴于此, 研发多模式控制的智能轮椅控制系统, 为行动不便人群提供宜人的轮椅设备就显得尤为重要。同时, 考虑到轮椅运行的安全状态, 将开展主动介入式控制和轮椅状态监测的研究。鉴于需要智能轮椅做实时的健康监护, 考虑到能耗问题, 我们使用电动轮椅自带的蓄电池为智能移动系统供电, 有效地解决了长期监护能量消耗过大的问题。

2. 多模式轮椅控制器

现今的人机交互方式多种多样, 随着传感器技术的发展, 智能感知设备也越来越多, 因此设计一款开放接口的智能轮椅控制系统具有极大的应用价值。但目前各种传感器和感知设备的智能性还不足, 单一的采用外部的感知设备实现轮椅的智能控制还有一定难度, 同时安全性也难以保证。

针对这些问题提出一种多模式的轮椅控制方法, 在现有电动轮椅的基础上, 加入语音、手势和手机遥控等控制方式, 增强轮椅的可交互性, 提高轮椅的智能性。

2.1. 轮椅控制器结构

轮椅控制器结构包括微控制器、主动控制模块、外部信号控制模块、报警与显示模块和电源模块, 轮椅控制器结构框图如图 1 所示。主动控制模块包括操纵杆、开关按钮和调档按钮; 外部信号控制模块包括无线通信模块和外部感知设备, 外部感知设备可实时监测轮椅周围的环境情况, 将此情况进行分析后通过无线通信模块对轮椅进行智能控制, 并且在出现异常情况时, 将异常信息通过无线通信模块发送到微控制器; 轮椅状态监测包括轮椅速度检测模块和加速度传感器模块, 结合轮椅速度和加速度信号可以判断轮椅的运行状态是否异常, 如速度过快、轮椅翻倒等; 微控制器结合轮椅周围环境的异常和轮椅运行状态异常进行分析, 进而判断轮椅当前是否可能处于危险情况, 然后通过报警显示模块对轮椅使用者进行提醒, 避免危险的发生[1]。

2.2. 轮椅控制模式

轮椅有两种控制模式: 主动控制模式, 使用者通过操纵面板手动控制, 操纵面板上设有按钮和操纵杆; 智能控制模式, 通过外部环境传感器采集的信号自动控制; 启动轮椅时自动进入智能控制模式; 智能控制模式下, 实时判断是否存在异常情况, 若存在, 则报警, 提醒使用者进行主动操控; 在使用者对操纵面板有输入信号时进入主动控制模式; 主动控制模式下, 在一段时间内操纵杆信号的幅度均小于预设的幅度阈值, 则自动切换为智能控制模式。

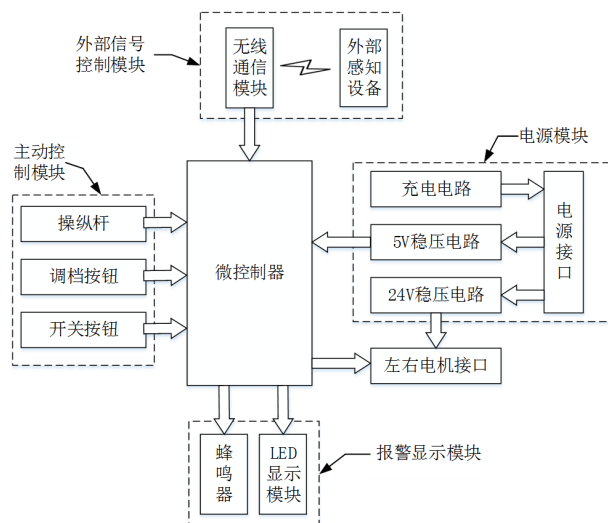


Figure 1. Structure diagram of wheelchair controller
图 1. 轮椅控制器结构框图

异常情况包括: 1) 信号传输异常, 即外部环境传感器采集的数据与主控模块之间的信号传输出现异常; 2) 外部环境传感器数据异常, 即外部环境传感器采集的数据失真, 或者根据采集的数据组成判断当前环境过于复杂; 3) 轮椅运行状态异常, 即轮椅速度过快或倾斜角度过大[2]。

信号传输异常具体判断方法为: 外部环境传感器与主控模块之间无线连接; 查询无线连接的信号强度值 R , 若 R 小于阈值 R_{thres1} 则判断信号传输异常; 若 R 在阈值 R_{thres1} 和阈值 R_{thres2} 之间, 且在时间段 T 内此状况发生的次数 K 大于阈值 K_{thres} , 则判断信号传输异常。

外部环境传感器数据异常具体判断方法为: 外部环境传感器包括超声波测距传感器、红外测距传感器和摄像头; 将超声波测距传感器和红外测距传感器采集的障碍物距离相比较, 当得到的障碍物距离差值大于预设的距离差阈值, 则判断外部环境传感器数据失真异常; 当采集的障碍物距离过近, 障碍物数量过多, 则判断环境过于复杂异常。

主动控制模式下, 在一段时间内操纵杆信号的幅度均小于预设的幅度阈值, 则自动切换为智能控制模式, 具体判断方法为: 获取操纵杆 2 个控制方向的模拟信号 x 和 y , 分别计算 x 和 y 与预设的各自的中位信号 m_x 和 m_y 的差值; 判断在一定时间范围内, 所述的差值均在规定的阈值范围内, 则切换为智能控制模式。

通过蓝牙与其他控制设备进行通信, 在此项目实施中主要是智能手机通过蓝牙与轮椅进行连接, 通过手机 APP 的操作来控制轮椅。结合轮椅控制 APP, 可实现语音控制、手势控制和智能遥控, 另外轮椅的控制方式后续还可进一步扩展, 通过其他的一些外部智能感知设备进行控制, 可选的控制方式如下:

1) 语音控制: 通过调用第三方的语音识别接口并针对轮椅控制应用进行设计, 可实现对“前进”、“后退”、“左转”、“右转”、“停止”等控制命令的准确识别。对于那些不方便操作轮椅的老年人或残疾人来说, 此语音控制轮椅的方式可极其方便的满足他们的行动需求。

2) 智能遥控: 使用者可以操作手机 APP 上的控制面板对轮椅方向进行控制, 同时还可以对轮椅速度进行调整。另外, 使用者还可以通过操控手机的倾角来控制轮椅的方向和速度, 手机上的重力传感器可以计算出手机倾角, 并通过算法映射为轮椅的方向和速度。

3) 手势控制: 使用者佩戴的手势识别装置可对所设计的几种特定手势进行准确识别, 然后将这些手势映射为轮椅的控制命令, 当手势识别装置准确识别到相应的控制手势时, 通过蓝牙给手机 APP 发送相

应的控制命令, 经手机 APP 进一步处理后来控制轮椅。

4) 扩展外接设备: 后续可以增加更多外部感知设备, 如摄像头、超声波传感器、压力坐垫等, 对轮椅周围环境和人体坐姿状态进行监测, 对一些异常状况进行识别, 进而实现对轮椅的智能控制, 增加智能轮椅的安全性。

5) 主动控制: 本轮椅除了这些智能控制方式外还保留了操纵杆这一传统控制方式, 并做了进一步改进。一般情况下轮椅可通过外部感知设备来获取轮椅周围的情况, 通过蓝牙模块实现轮椅的智能控制。而当蓝牙连接不稳定、外部设备存在盲区或感知数据异常控制系统难以进行决策时, 使用者可迅速介入, 操作操纵杆来主动控制轮椅的运行状态, 以避免危险的发生。

该研发的多模式轮椅控制, 经实验检测, 具有的性能如表 1 所示:

Table 1. Multi-mode wheelchair control performance

表 1. 多模式轮椅控制的性能

准确率	语音控制	97.4%
	手势控制	99.1%
响应时间	语音控制	<1 s
	手势控制	<500 ms
	智能遥控	<500 ms
	自主控制	<300 ms
运行速度	最大前进速度	2.5 m/s
	最大后退速度	1.8 m/s

3. 轮椅状态监测

轮椅状态监测模块具有采集轮椅运行状态的功能, 并且在遇到紧急情况如轮椅翻倒时, 然后通过无线数据传输的方式将数据推送至智能终端或者云端服务器。同时, 用户可以通过一键求救按钮直接发送求助信号到云端服务器。

轮椅状态监测模块由嵌入式微控制器、一键呼叫按钮、轮椅倾翻监测模块、蓝牙收发器主模块、蓝牙收发器从模块、锂电池及电源电路组成。其主要功能为: 轮椅倾翻监测和一键呼叫求救。

嵌入式微控制器: 选用低功耗 8 位单片机, 具有硬件资源丰富、能耗低、价格便宜、工作稳定的优点, 具有 SPI/USART/IIC 总线, 10 bit 的 AD 转换器和丰富的 I/O 接口和中断资源。

轮椅倾翻检测模块与微控制器集成在一起, 用于检测轮椅在使用过程中是否发生了严重倾斜甚至翻倒, 其核心感知部件为三轴 MEMS 加速度传感器, 原理为: 随着轮椅倾斜程度的变化, 重力加速度在 MEMS 加速度传感器上的分量也发生变化; 根据加速度传感器三轴输出值的分布情形, 即可得知轮椅当前的倾斜情形。图 2 展示了当前常用的电容式 MEMS 加速度传感器的物理原理, 以及在电子设备中利用加速度计的倾斜感应进行屏幕翻转的应用案例[3]。

图 3 展示了轮椅倾翻检测模块的轴向定义, 以及轮椅发生向左、向右、向前、向后翻倒的过程中, 三轴加速度的分布和变化。不难看出, 在轮椅处于正常姿态时, 三轴加速度数据保持稳定; 在发生倾翻时, 三轴加速度同时发生大小和正负性变化, 并产生瞬时加速度峰值(这是由轮椅和地面撞击产生的); 此外, 在不同倾翻情形(向左、向右、向前、向后倾翻)下, 三轴加速度的变化趋势和分布趋势都有显著区别。因此, 微控制器对加速度数据进行一定的数学分析, 就可判别轮椅是否发生了倾翻, 同时判断其倾翻方向[4]。



Figure 2. Schematic diagram of capacitive MEMS acceleration sensor and its application in smart phone

图 2. 电容式 MEMS 加速度传感器原理示意及其在智能手机中的应用案例图

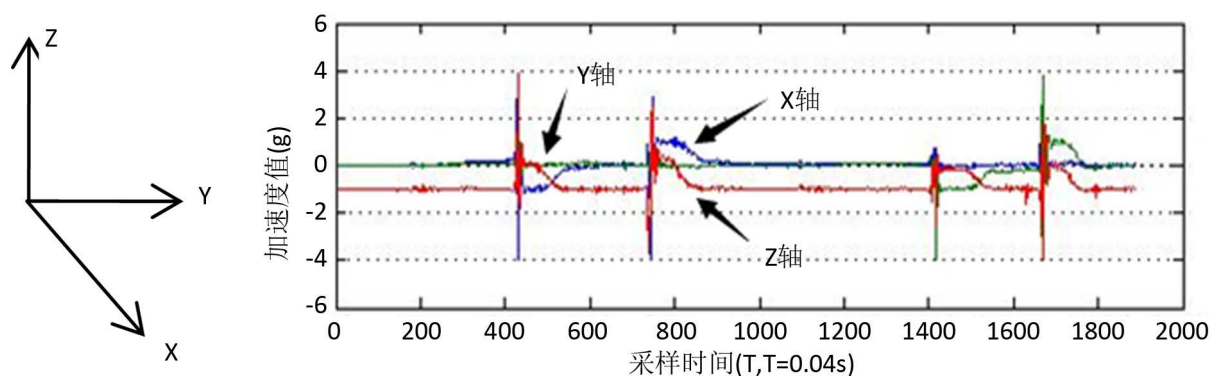


Figure 3. Distribution and change of triaxial acceleration of MEMS accelerometer in tilting detection of wheelchairs

图 3. MEMS 加速度传感器在轮椅倾翻检测中的三轴加速度的分布和变化

一键呼叫按钮为一只自复位的弹性按键，可以看成是一个单端双掷的按键，在按钮被按下和处于原位两种情况下，按键的输出为相反的电平信号。该信号可以触发微控制器外中断，提示微处理器做报警处理。当用户感觉到身体不适，或者发生摔倒、迷路等紧急情况，可以立即按下该按钮。微控制器会通过蓝牙收发器向手机 APP 传递求救信号，手机 APP 可以通过 3G 网络和互联网向绑定的监护人、医疗监护机构发送用户当前地理位置信息和求救短信[5]。

针对轮椅状态监测的实验主要涉及数据采集响应时间、数据采集准确率、数据采集稳定性、数据发送时间灵敏度等问题。下面主要对轮椅状态检测和紧急呼救进行相关实验。

轮椅状态检测主要是通过 MEMS 传感器检测轮椅的倾角状态，以判断轮椅是否具有翻倒危险，并且在轮椅翻倒之后能够发送报警信息，所以对报警信息的响应时间具有一定要求。实验方法是：人为模拟轮椅摔倒(将轮椅翻倒在地)，记录轮椅翻倒 $T_{\max} \leq 30$ s 时到智能轮椅网关发出报警信息的响应时间 T ，重复试验 5 次；计算重复试验 5 次最大的响应时间 T_{\max} ，要求。相关实验数据如表 2 所示。

图 4 为一键呼叫功能的实现示意图和电气原理图。

从表 2 实验数据可知，轮椅状态检测功能能满足实际使用需求。通过分析可知，造成轮椅倾翻报警响应时间差距不一的原因可能是 APP 或云端服务器对相应数据读取的时间间隔设置有关。

紧急呼救功能测试主要是报警求救信息触发之后的响应时间的实验测试，实验方法是：触发一键呼叫按钮，记录一键呼叫触发时到智能轮椅网关向外发出报警信息的响应时间 T ，重复试验 5 次；计算出

重复试验 5 次的最大响应时间 T_{\max} ，其要求 $T_{\max} \leq 30$ s 即可满足使用要求。相关实验数据如表 3 所示。

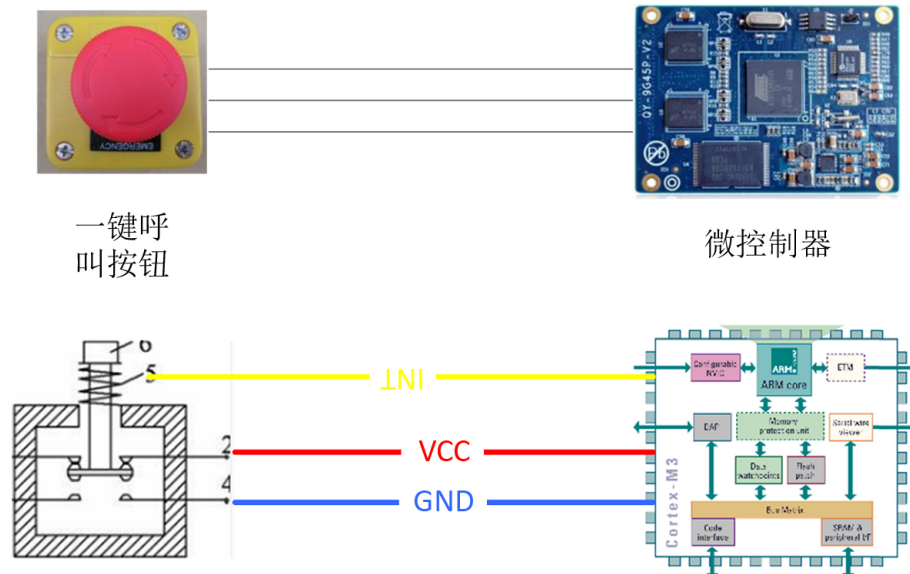


Figure 4. Schematic diagram of connection between one-button call button and microcontroller
图 4. 一键呼叫按钮与微控制器的连接示意图

Table 2. Experimental results on the response time of wheelchair rollover alarm

表 2. 轮椅翻倒报警响应时间实验结果

实验计数	实验 1	实验 2	实验 3	实验 4	实验 5	T_{\max}
响应时间 T	21.78	13.35	11.00	7.41	4.47	21.78

Table 3. Experimental results of one-key call alarm response time

表 3. 一键呼叫报警响应时间实验结果

实验计数	实验 1	实验 2	实验 3	实验 4	实验 5	T_{\max}
响应时间(s)	9.11	28.00	21.76	17.07	15.70	28

从表 3 实验数据可知，一键呼叫功能能满足实际使用需求。通过分析可知，造成一键呼叫响应时间差距不一的原因可能是 APP 或云端服务器对相应数据读取的时间间隔设置有关。

轮椅状态监测是一款旨在实现传统轮椅智能化的嵌入式电子产品，具有轮椅翻倒监测报警和一键呼叫求救的功能。它是以轮椅为载体，以残疾人为核心的状态监测模块。

4. 结束语

考虑到行动不便人群在移动及出行时对轮椅的依赖及控制需求，本章开展了多模式轮椅控制的研究；通过获取异常信息包括坐姿异常，设计了一种实现对轮椅的减速、制动等方式反馈的主动介入式控制方法及系统，有效提示了轮椅使用的宜人性；考虑到轮椅运行的安全性，对轮椅状态特别是翻倒进行实时监测，可有效保证轮椅使用者的人身安全。

参考文献

- [1] 张利, 孙首兵, 黄业伟, 等. 智能轮椅避障系统的研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2011, 25(12): 1018-1024.

- [2] 李肖漫. 基于多传感器融合的智能轮椅实时避障研究[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 合肥工业大学, 2015.
- [3] 罗元, 谢彧, 张毅. 基于 Kinect 传感器的智能轮椅手势控制系统的设计与实现[J]. 机器人, 2012, 34(1): 110-113.
- [4] 张毅, 代凌凌, 罗元. 基于 SEMG 控制的智能轮椅无障碍人机交互系统[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2011, 39(s2): 264-267.
- [5] 周伟, 谢存禧. 基于单片机的多功能智能轮椅的模块化设计[J]. 机械设计与制造, 2010(3): 18-20.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2161-8801, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: csa@hanspub.org