

基于传感应用的智能跑步机控制系统

曹新星, 朱世强, 崔壮平

(浙江大学 流体传动及控制国家重点实验室, 浙江 杭州 310027)

摘要: 在传统跑步机的基础上实现跑步机的智能化、数字化和友好的人机交互, 给出了一种基于嵌入式多传感器技术的智能型数字化跑步机控制系统。该系统除了能够对跑步机速度、坡度、运动状态等基本功能进行稳定的控制外, 还具有按键控制、语音控制、整合式触摸控制、电视多媒体信号采集、处理、显示等人机交互控制功能, 更是具有智能感知、智能化安全保护、程序化健身方式等智能化和安全化考虑设计。

关键词: 多传感器; 智能跑步机; 变频器; 语音控制; 有限状态机

中图分类号: TP 242 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-9787(2011)02-0097-04

Control system of intelligent treadmill based on sensor application technology

CAO Xin-xing, ZHU Shi-qiang, CUI Zhuang-ping

(State Key Laboratory of Fluid Power Transmission and Control, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: To achieve intelligence, digitalization and friendly man-machine interface, based on the traditional treadmill, an intelligent digital control system for treadmill based on embedded multi-sensor technology is introduced. The system can steadily control the speed, slope, running state and so on of treadmill, it also has such functions as button control, speech control, integrated touch control, human-computer interaction such as TV multimedia signal acquisition, processing, displaying, and even has intelligent perception, intelligent security protection, procedure-oriented mode of health, safety design and so on.

Key words: multi-sensor; intelligent treadmill; inverter; voice control; finite state machine(FSM)

0 引言

跑步机作为有氧健身器材中的典型代表, 是当今家庭、健身房中的必备产品, 专家们认为未来跑步机市场将以高价位高档跑步机产品为主导, 2009年 第24届中国国际体育用品博览会上, 由体育总局体育研究所数字体育研究发展中心推出的网络健身概念和产品成为本届体博会的最大亮点, 获得大家的广泛认可, 就是一个很好的例证。智能型数字化跑步机的研究也是一种体育创新、科学健身的探索, 也是实现我国体育强国跨越的技术保障。

针对传统跑步机在人机交互界面、智能化方面和娱乐功能不足^[1]并结合实际健身锻炼的需要, 本文将嵌入式技术运用于跑步机控制系统, 实现了跑步机控制系统的智能化、数字化和美观人性化的人机交互界面。

1 系统概述

数字化智能跑步机的控制功能应包括:

- a. 对速度、坡度的控制;
- b. 心率的检测与控制;

c. 电视等各种视频信号的播放;

d. 多种人机交互方式, 如, 手控键盘、触摸控制、声控方式等;

e. 各种程控锻炼模式的实现;

f. 对健身者运动参数曲线的显示、储存、分析等;

g. 基于网络的简单应用。

为了实现上述功能要求, 本文给出了一种基于嵌入式技术的数字化跑步机控制系统。

2 系统硬件体系结构

智能型数字化跑步机控制系统的硬件体系主要由嵌入式工控机、下位机微处理器板、驱动控制器和语音控制板构成。这些硬件结构具有集成性高、独立性强、可扩展性好等优点。考虑到健身过程中的特殊性, 系统设计还需考虑到抗震、抗干扰、安全性等要求。智能型数字化跑步机控制系统的硬件体系可以细分为人机交互系统、下位机控制系统、传感检测系统、通信系统、电机驱动系统和执行及电源系统等6个部分。智能型数字化跑步机控制系统的硬件体系结

构如图1所示。

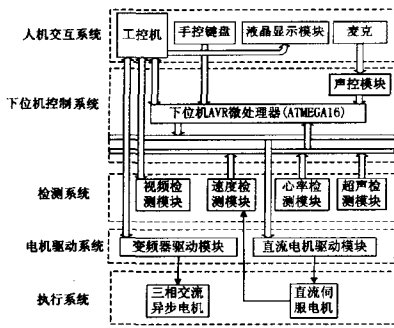


图1 控制系统的硬件体系结构图

Fig 1 Hardware architecture diagram of control system

2.1 人机交互系统

1) 上位机控制

上位机主板上插有视频采集卡可实时对输入的TV/VCD/DVD/摄像机等多种视频信号进行编码压缩,以MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4 视频文件格式存放到硬盘,完全实现音频、视频同步。工控机通过标准的RS-485 通信接口控制专业的跑步机变频器来实现对三相交流异步电机的控制,做到跑步机速度的无速度传感器矢量控制。15 in (1in=2.54 cm)液晶宽屏触摸屏接入工控机用于显示人机界面、手触交互控制智能跑步机。

2) 语音控制

健身者在健身过程中用手操作按键可能会不方便,而利用语音控制[2-4]健身者只要在健身过程中说出特定的语音控制指令,就可以实现对跑步机的智能控制。

语音控制模块可以实现对特定命令集的识别,这些指令通过指令下载程序下载到语音控制卡中,用户可以直接通过语音向跑步机发布控制命令,完成诸如增减速度、坡度的升降、电视频道的换台、交互界面的切换、娱乐功能的变换等。此语言识别系统无需进行特定训练,只要用户的说话比较标准,其识别率就可以达到很高的水平,并且占用资源很低。

2.2 底层控制系统

底层控制系统主要由嵌入式微处理器板组成,系统承担控制器系统运行的实时计算工作,主要有手柄式心率信号、超声波检测信号、升降位置等检测信号的读取、通信、决策、控制等。下位机微处理器通过继电器控制升降电机并根据位置检测来进行速度反馈。下位机还具有4×8 矩阵式32 个功能键,功能键响应的方法采用基于状态机思想的中断方式键盘扫描处理方式。除此之外,下位机还要与语音控制模块进行通信、紧急制动开关等功能。

1) 心率检测模块

原理是人体心肌产生的电信号传导到体表皮肤以后,由于在体表分布的不同而产生电位差,利用心电图检测原

理(ECG)将微弱的信号进行滤波放大等处理来获得心率数值,具体的检测方法[5]见图2。

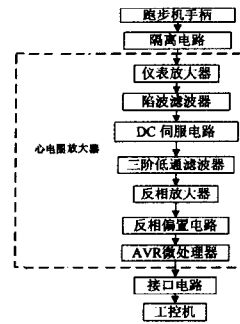


图2 心率检测方法框图

Fig 2 Block diagram of heart-rate measurement method

仅仅抓住跑步机的2 个内嵌有检测电极的扶手就可以检测出健身者在锻炼过程中的心率(R-R 峰值),而没有必要去佩戴心率检测胸带或其他方式。将运动学一些研究成果进行工程化应用,控制系统可以根据使用者的心率、年龄等状况自动给出科学的运动方案。

2) 超声波检测模块

底层控制系统中超声波测距模块[6] 包括2 组超声波收发感应器,每组超声波收发感应器由一超声波发射单元与一超声波接收单元组成,如图3 所示。经驱动发射出超声波信号,反射回来由超声波接收单元接收,并经过放大、整形、滤波电路处理后由下位机微处理器读取,上位机可以将下位机微处理器中测得的数据用来作为变频器控制驱动电机启动、加速、减速或停止的依据。实现跑步机人体感知和相应的低速启动、防跌摔、跟踪人速等相应控制,并通过智能跑步机的控制器来实现智能化安全控制。

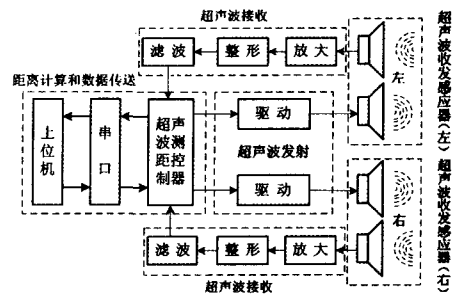


图3 超声波检测收发工作组成图

Fig 3 Architecture diagram of ultrasonic wave measuring device

3) 直流升降电机控制模块

跑步机升降运行应保持匀速运动,无需进行速度调节,因此,采用继电器吸合来进行电机正反转的控制。采用继电器驱动电路一方面可以降低成本,另一方面使得系统稳定性好,不易损坏,出现故障维修起来也十分方便。

2.3 通信系统

工控机与跑步机专用变频器之间的通信、工控机与下位机 AVR 之间的通信都采用了异步串口通信方式,下位机 AVR 微处理器与语音控制板之间的通信也是采用基于串

口通信的异步串口通信方式。其中,上位机与下位机之间采用 RS-232 串口通信,下位机 AVR 微处理器通过串口接收命令,也可以通过串口把各自状态反馈给上位机,上位机串口的传输波特率为 9 600 Hz。下位机与语音控制板之间的异步串口通信的波特率设置为 116 400 Hz,一次传输 7 位的数据位,无奇偶校验,1 位停止位。整个通信过程就是嵌入式 AVR 下位机向语音控制板发送开始识别语音指令以及识别灵敏度,语音控制卡向 AVR 微处理器返回对应的词表中的地址完成识别。在研究的跑步机中,上位机通过 Modbus 协议与变频器实现通信,采用 RS-485 总线与变频器连接。

使 RS-485 串联通信界面时,每一台 VFD-M 必须预先在 P88 指定其通信地址工控机与变频器之间的串口通信设置为波特率 9600Hz,无校验位,8 个数据位,2 位停止位。交流电机驱动器设定为 Modbus networks 通信,使用 RTU (remote terminal unit) 模式,RTU 模式采用 CRC (cyclical redundancy check) 侦误值,计算得 CRC 值后,当在命令信息中传递 CRC 值时,低字节需与高字节交换顺序,也即是低字节将先被传送。

3 系统软件体系结构

数字化智能跑步机控制系统下位机控制系统采用面向对象的方法设计系统软件,将语音识别、通信、传感检测、矩

阵键盘设计成了互相分离的单独程序模块,各模块之间以函数的形式进行独立编写和封装,模块之间的交互方式是通过各模块之间的输入输出标准来实现的,工控机控制程序来管理和安排对子模块的调用。采用模块化设计后,后续开发人员可以在任意模块上做后续的开发工作,可以同时保证软件的开放性、可读性、可扩展性和可维护性,以便持续开发。下位机控制程序模块如图 4。

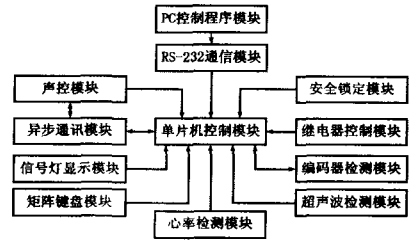


图 4 下位机控制程序模块

Fig 4 Module diagram of lower computer control program

4 实验

4.1 程序控制模式

跑步机控制器中内嵌了 12 组经过了运动学科学成果工程化预先编写好的程序控制锻炼模式,根据 2.3 节中通信系统所讲的变频器控制三相异步交流电机方法去实现这些典型的程序锻炼模式,运行程序并根据速度变化结果绘出图形,如图 5。

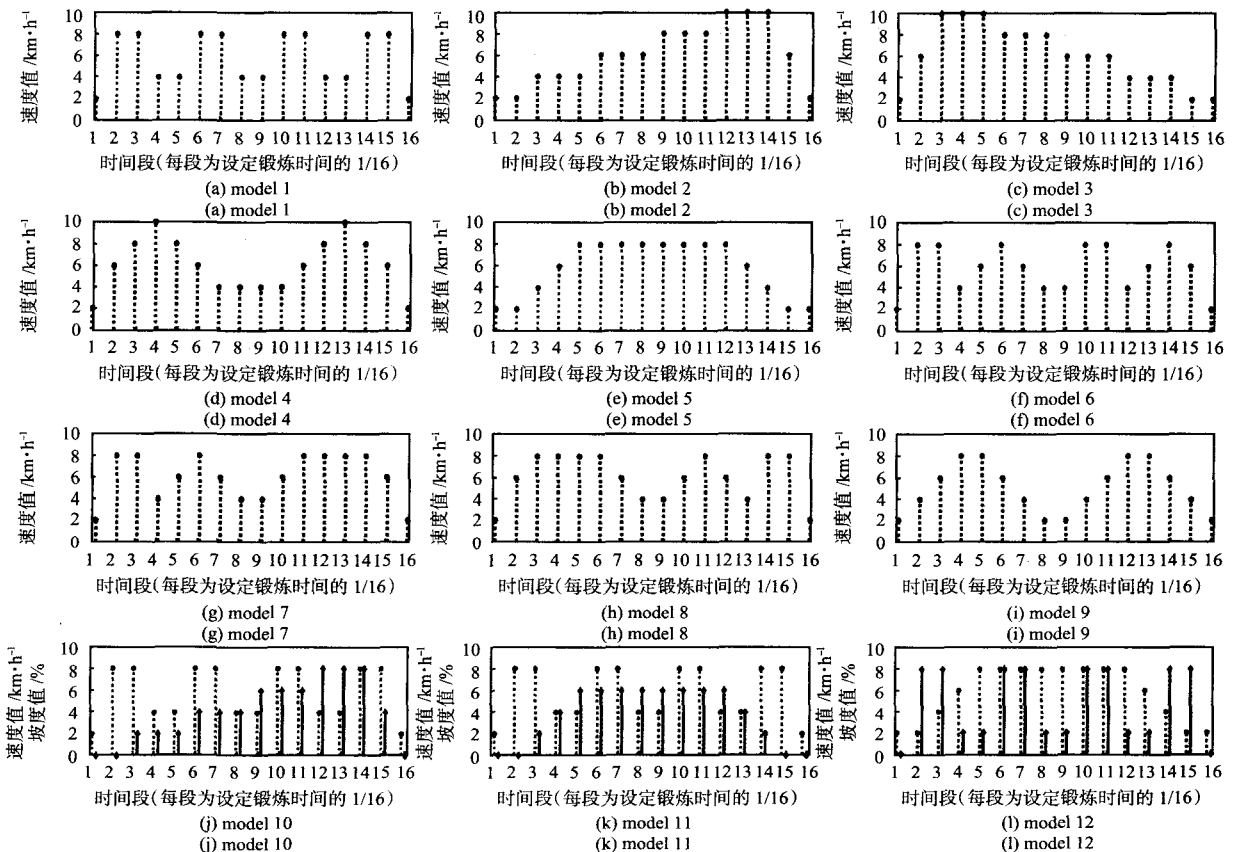


图 5 程序控制模式图(后三幅图中虚线为时间段速度值、实线为时间段坡度值)

Fig 5 Model diagrams of program control

4.2 超声波测距实验

一名志愿者接受实人体感知测距实验。下位机微处理器发送发射超声波的控制命令,并同时打开计数,一旦接收到反射回来的超声波信号即停止计数,得到超声波渡越时间 t ,根据公式 $d=ct/2$ 即可得到距离值,其中, c 代表超声波在空气中的传播速度。实验数据如表 1 所示。

表 1 超声波测距精度实验

Tab 1 Test of precision of ultrasonic ranging

次数	距离(m)								
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
1	-0.006	+0.012	+0.018	+0.007	+0.003	-0.003	+0.008	+0.015	-0.007
2	-0.005	-0.007	-0.005	-0.009	+0.006	+0.006	-0.006	-0.001	+0.003
3	-0.006	0.000	-0.001	-0.003	+0.016	+0.003	+0.016	+0.005	+0.008
4	-0.008	+0.008	+0.005	+0.003	+0.006	+0.013	+0.014	-0.003	-0.002
5	+0.008	-0.002	-0.008	+0.013	+0.000	+0.017	-0.003	+0.005	+0.001

通过实验验证超声波测量跑步机操作平台与实验志愿者之间 9 组不同距离的精度分别为:0.008,0.012,0.018,0.013,0.016,0.017,0.016,0.015,0.008m。可见对比于整个跑步机 1.2 m 左右的长度,测量精度满足数字化智能跑步机的人体感知与相应控制要求。

5 结论

本文将嵌入式工控技术应用到数字化健身器材控制系统,对跑步机进行驱动电机的变频速度控制、美观人性化的交互界面,以各种检测传感器技术的应用来丰富跑步机的智能性、安全性、多媒体娱乐性,有利于跑步机向高端化产

品定位,减少了许多常规健身器材之间相对独立、健身行为枯燥,缺乏交互性等缺点,给健身者带来了全新的健身体验。最后,通过各种实验检测,验证了系统各项功能的可行性、稳定性。

参考文献:

- [1] Oglesby G E, Golen Jr E S, Fox J B. Treadmill control system: US,2006/0160667 A1[P]. 2006-07-20.
- [2] 杨 闯,王田苗,王满宜,匡绍龙. 基于嵌入式技术的数字化手术平台控制系统[J]. 机器人,2008,30(2):176-181.
- [3] 李守轩,张 华,刘继忠,等. 基于 SPCE061A 的智能轮椅语音控制系统[J]. 计算机工程,2008,34(14):248-250.
- [4] Salleh S H, Sze H K, Swee T T. Design and development of speech-control robotic manipulator arm [C]// Proceedings of the Seventh International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision, Piscataway, NJ, USA: IEEE, 2002:459-464.
- [5] Watanabe M, Tsukamoto S, Hoshino H. Handle electrode system for selecting load level of treadmill [C]// 6th International Special Topic Conference on ITAB, Tokyo, 2007:217-218.
- [6] 崔 莹,郝静如,黄 民. 一种液下机器人超声波定位系统[J]. 传感器与微系统,2006,25(7):3-6.

作者简介:

曹新星(1986-),男,安徽桐城人,硕士研究生,主要研究方向为机电控制、运动器材智能化。

(上接第 93 页)

参考文献:

- [1] 张 利,房建成,刘 刚. 有位置传感器无刷直流电机双模速度控制系统[J]. 微电机,2004,37(3):33-36,48.
- [2] 汪为庆,金明河. 机器人手指用无刷直流电动机驱动系统设计[J]. 微电机,2007,40(3):51-54.
- [3] 陈兵芽,耿茂鹏,刘 莹. 基于光电码盘的高精度电机转速测量[J]. 制造业自动化,2005,27(6):47-50.
- [4] 叶 平,孙汉旭,贾庆轩,等. 磁编码器在直流无刷电机换相

与控制中的应用[J]. 仪表技术与传感器,2007(1):37-41.

- [5] 王广平,马选谋. 速度反馈信号的检测和处理[J]. 机械与电子,2004,6(8):59-62.
- [6] 刘建荣,罗红霞,张 涛,等. 直流电动机速度锁相环接口的一种方案[J]. 齐齐哈尔大学学报,2001,17(2):76-78.

作者简介:

李 楠(1972-),女,重庆人,副教授,主要研究方向为模式识别与智能系统等。

(上接第 96 页)

- [3] Regalado C M, Munoz-Carpena R. Estimating the saturated hydraulic conductivity in a spatially variable soil with different permeameters: A stochastic Kozeny-Carman relation [J]. Soil and Tillage Research, 2004, 77:189-202.
- [4] Haws N W, Liu B W, Boast C W, et al. Spatial variability and measurement scale of infiltration rate on an agricultural landscape [J]. Soil Science Society of American Journal, 2004, 68(6):1818-1826.
- [5] Madsen M D, Chandler D G. Automation and use of mini disk in-

filtrimeters [J]. Soil Science Society of American Journal, 2007, 71:1469-1472.

- [6] Casey F X M, Derby N E. Improved design for an automated tension infiltrometer [J]. Soil Science Society of American Journal, 2002, 66:64-67.
- [7] Logsdon S D, Jaynes D B. Methodology for determining hydraulic conductivity with tension infiltrometers [J]. Soil Science Society of American Journal, 1993, 57:1426-1431.

作者简介:

林 琳(1981-),女,河南新乡人,博士,从事土壤水文过程研究。