

一种基于物联网技术的通风离心机控制平台设计

张 琰, 晏永红, 刘 静, 周娅琴
(武昌工学院 信息工程学院, 湖北 武汉 430065)

摘 要: 在物联网和嵌入式 Linux 内核环境下进行通风离心机的控制平台优化设计, 提高通风机的集成控制性能, 针对当前的控制平台对扰动干扰的抑制能力不好的问题, 提出一种基于模糊自组织神经网络的多模控制算法。根据鲁棒性 PID 控制约束参量优化求解进行控制律设计, 在嵌入式程序加载模块进行控制算法加载进行平台设计, 根据通风离心机多模控制系统的总体设计和技术指标分析, 在物联网环境下构建嵌入式 Linux 内核进行通风离心机多模控制系统的硬件设计和软件开发, 实现控制平台端口信息采集、控制系统可视化远程操作等功能。最后进行系统调试和测试, 实验结果表明, 采用该控制系统进行通风离心机控制的鲁棒性较强, 控制误差较低, 具有优越性能。

关键词: 通风离心机; 控制; 自组织神经网络; 嵌入式 Linux

中图分类号: TP273

文献标识码: A

文章编号: 1000—7180(2016)11—0171—05

Design of a Ventilation Centrifuge Control Platform Based on Internet of Things Technology

ZHANG Yan, YAN Yong-hong, LIU Jing, ZHOU Ya-qin

(College of Information Engineering, Wuchang Institute of Technology, Wuhan 430065, China)

Abstract: Optimization design of centrifugal fan control platform in networking and embedded Linux kernel environment, improve the integrated control performance of the ventilator, the inhibition ability of the control platform of disturbances is not good, is proposed based on multimode Fuzzy Self-Organizing Neural Network Control Algorithm Based on constraint parameter optimization solution control control law design of robust PID control algorithm loading platform design in the embedded program loading module, based on the analysis of the whole design and technical parameters of centrifugal fan multimode control system, network software and hardware design of centrifugal fan multimode control system built under the environment of embedded Linux kernel, control platform port information collection the remote control system, visual operation and other functions. Finally, the system is debugged and tested. The experimental results show that the control system is robust and the control error is low, and the control system has excellent performance.

Key words: centrifugal fan; control; self organizing neural network; embedded Linux

1 引言

大型通风离心机广泛应用在仓库通风、大型工业作业场所通风设计中, 通风离心机通风过程中需要进行多通道的多模控制, 实现对通风区域的分区、分层控制, 从而改进通风离心机的通风效率。随着物联网技术的发展, 采用物联网技术进行通风离心

机设计, 根据监测区域的区域空气状态进行自适应通风调整, 改善通风性能, 研究物联网下大型通风离心机集成智能控制平台设计方法, 将在提高仓库和工业作业的区域环境方面具有重要的应用价值, 相关的系统设计方法受到人们的极大重视^[1]。

在物联网环境下进行通风离心机多模控制系统设计, 主要包括系统的控制算法设计、控制系统硬件

设计和软件设计等,随着集成自动控制技术的不断发展,需要进行智能控制算法设计,提高通风离心机的控制精度,通风离心机是建立在物联网环境下的,通过信息传感设备,实时采集通风离心机的工况信息,实现对通风离心机的实时监控和信息通信^[2].传统方法中,对大型通风离心机的控制方法主要有模糊控制方法、反演积分控制方法和滑膜控制方法^[3-6],在上述控制算法进行加载下,通过嵌入式软件开发设计,实现了通风离心机多模集成智能控制,其中,文献^[7]中设计一种基于标准 VPP 仪器驱动的控制方法,利用 PXI 总线的高速 PCI 带宽进行多通道的同步触发,实现离心机的多模控制,取得了较好的控制品质,然而上述方法在线性小扰动环境下,容易出现控制输出的收敛性失真,控制过程中受到的扰动误差较大,导致控制精度不高,针对上述问题,本文提出一种基于模糊自组织神经网络的多模控制算法,在嵌入式程序加载模块进行多模控制算法加载,首先进行通风离心机多模控制系统的总体设计和功能模块化分析,在物联网环境下构建嵌入式 Linux 内核进行通风离心机多模控制系统的硬件设计和软件开发,最后进行仿真调试,得出有效性结论.

2 总体设计及功能指标分析

2.1 通风离心机集成智能控制平台总体设计

首先分析通风离心机集成智能控制平台总体设计并进行功能模块分析和介绍,通风离心机集成智能控制平台建立在通用计算机平台上采用 VXI 总线技术进行通风离心机的监测区域空气流动信息采集,通过 AD 采样电路对采集的监测数据输入到自动控制系统中,进行多模控制.考虑了系统的供电、通信系统和电磁兼容性,通风离心机控制系统可以安装 windows 系统,也可以安装 Linux 系统,通风离心机集成智能控制平台采用 ARM 作为核心控制单元,总线数据传输速率为 40 Mbyte/s.

在通风离心机集成智能控制平台设计中, Linux 内核由几个重要的子系统组成,分别是 IEEE488.2 物联网控制协议管理、通风机的内存管理、文件系统、设备管理、网络系统等.系统采用 PXI 总线内部系统 10 MHz 时钟,触发方式分为内触发和外触发两种,通过实时系统集成总线 RTSIO~7 进行物联网的路由配置,通过时钟电路控制模块进行控制信息的中断处理和时钟采样,将控制信息分配到各 PXI-6713 模块中,大型通风离心机集成智能

控制平台的总线控制质量传输流程如图 1 所示.

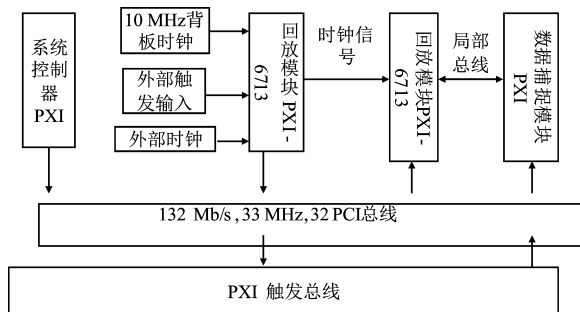


图 1 大型通风离心机集成智能

控制信息的总传输流程

控制程序首先将大型通风离心机集成智能控制平台的 VXI 总线数据首址赋给地址指针,采用标准的 VPP 仪器驱动程序,配置 PXI-6713 的回放通道,根据控制指令驱动程序进行系统总线开发.根据上述分析,得到通风离心机集成智能控制平台的总体设计结构如图 2 所示.

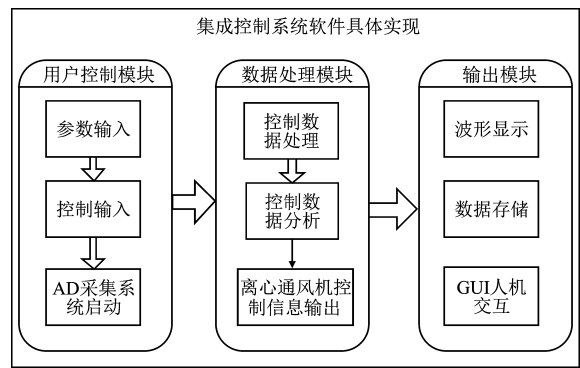


图 2 通风离心机集成智能控制平台总体设计结构框图

2.2 控制系统的技术指标分析

根据上述对大型通风离心机集成智能控制平台总体设计描述,结合设计的需求和外围器件的参数性能,进行智能控制系统的功能指标分析描述,本文设计的通风离心机集成智能控制平台的技术指标描述如下.

(1)通风离心机控制信息采集的多通道数据记录动态范围: $-40 \sim +40$ dB,采用 PPI 默认的 DMA 通道,即 DMA0,PCI 总线模块的放大量为 100 dB,输出控制信息的幅度 ± 10 V;

(2)集成智能控制系统中收发转换 XFR_TYPE 设为 11,采用 8 通道同步、异步输入;

(3)采用多传感器进行通风离心机的物联网信息采集,控制信息采样率: ≥ 200 kHz;

(4)为了实现连续、高速、实时的数据采样, VME 总线传输的 A/D 分辨率: 10 位(至少);

(5)配置PPI寄存器和DMA0寄存器;

(6)MXI总线控制的D/A转换速率: $\geq 200\text{ kHz}$;

根据上述功能模块分析和控制系统的技术指标描述,进行通风离心机集成智能控制平台的软件开发设计。

3 控制算法设计

在上述进行了物联网的通风离心机多模控制平台的总体设计描述和功能技术指标分析的基础上,进行控制算法设计,本文提出一种基于模糊自组织神经网络的多模控制算法,根据鲁棒性PID控制约束参量优化求解进行控制律设计,模糊自组织神经网络结构模型如图3所示^[8]。

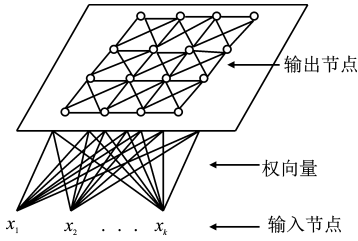


图3 模糊自组织神经网络结构模型

选定模糊自组织神经网络输入训练矢量集 $x(t) = (x_0(t), x_1(t), \dots, x_{k-1}(t))^T$;其中 k 为物联网传感器节点的训练矢量个数,通风离心机控制通道个数 N ,初始化输入节点,令 $x(t), t = 0, 1, \dots, n-1$,进行自组织神经网络训练,在输入层,设定时间采样节点的初始值 $t = 0$,得到通风离心机控制的三通道信息采样输入模型表述为

$$\begin{cases} \ddot{\varphi}_a = -(b_1 + \Delta b_1)\dot{\varphi}_a - (b_2 + \Delta b_2)\varphi_a - (b_3 + \Delta b_3)\delta_\varphi + fd_1 \\ \ddot{\psi}_a = -(b_1 + \Delta b_1)\dot{\psi}_a - (b_2 + \Delta b_2)\psi_a - (b_3 + \Delta b_3)\delta_\psi + fd_2 \\ \ddot{\gamma} = -(d_3 + \Delta d_3)\delta_\gamma + fd_3 \end{cases} \quad (1)$$

式中, $\varphi_a, \psi_a, \gamma$ 为通风离心机控制输入变量,分别为环境温度、空气湿度和空气循环度, $\dot{\varphi}_a, \dot{\psi}_a, \dot{\gamma}$ 为通风离心机控制的多模决策变量, $\ddot{\varphi}_a, \ddot{\psi}_a, \ddot{\gamma}$ 为通风机的机电系统输入功率, b_1, b_2, b_3, d_3 为控制输出已知系数, $\Delta b_1, \Delta b_2, \Delta b_3, \Delta d_3$ 为神经网络未确定系数, fd_1, fd_2, fd_3 为干扰参量, $\delta_\varphi, \delta_\psi, \delta_\gamma$ 为静态神经元控制输入,采用自适应反演积分进一步整理可得到

$$\begin{cases} \ddot{\varphi}_a = -b_1\dot{\varphi}_a - b_2\varphi_a - b_3\delta_\varphi + \rho_1 \\ \ddot{\psi}_a = -b_1\dot{\psi}_a - b_2\psi_a - b_3\delta_\psi + \rho_2 \\ \ddot{\gamma} = -d_3\delta_\gamma + \rho_3 \end{cases} \quad (2)$$

本文假定通风风机控制中的机电系统的定常运动是对称的,对输入物联网中的通风风机信息采样数据设定频率响应器,结合自组织神经网络映射,得到隐含层的加权向量模式 $x(t) = (x_0(t), x_1(t), \dots, x_{k-1}(t))^T$,设置自组织神经网络 (N, M) ,当不考虑系统的不确定因素时,得到通风离心机的控制输出误差为:

$$\begin{cases} \dot{e}_1 = e_2 \\ \dot{e}_2 = M_n^{-1}u - M_n^{-1}h_n(\varphi_a, \dot{\varphi}_a) - \ddot{\varphi}_{ad} \end{cases} \quad (3)$$

训练完所有的 L 个训练矢量,调整与输出节点 N_{j*} 的自适应加权重,根据鲁棒性PID控制约束参量优化求解,将通风离心机的控制滑模面定义为

$$s = ce_1 + e_2 \quad (4)$$

采用自适应算法在线调整权值,取

$$\hat{\omega} = \eta |s M_n^{-1}| \sigma(\varphi_a, \dot{\varphi}_a) \quad (5)$$

$$\eta = |M_n^{-1}|(\varepsilon_0 - \varepsilon_1) > 0 \quad (6)$$

则

$$\dot{s} = c\dot{e}_1 + \dot{e}_2 = c\dot{e}_2 + \dot{e}_2 \quad (7)$$

令

$$\dot{s} = 0 \quad (8)$$

定义Lyapunov函数为

$$V = \frac{1}{2}s^2 + \frac{1}{2}\eta^{-1}\tilde{\omega}^T\tilde{\omega} \quad (9)$$

则有

$$\begin{aligned} & ce_2 + \dot{e}_2 \\ &= ce_2 + \ddot{\varphi}_a - \ddot{\varphi}_{ad} \\ &= ce_2 + M_n^{-1}u - M_n^{-1}h_n(\varphi_a, \dot{\varphi}_a) - \ddot{\varphi}_{ad} \\ &= 0 \end{aligned} \quad (10)$$

在物联网网络结构中,控制结构全部输出节点所连权向量 ω_j 的距离:

$$d_j = \sum_{i=0}^{k-1} (x_i(t) - \omega_{ij}(t))^2, j = 0, 1, \dots, N-1 \quad (11)$$

式中, $\omega_j = (\omega_{0j}, \omega_{1j}, \dots, \omega_{k-1,j})^T$;根据Lyapunov稳定性原理,得到最小距离的节点 $N_{j*}, d_{j*} = \min_{0 \leq j \leq N-1} \{d_j\}$;在小扰动条件下,通过自适应反演积分控制,在基于模糊自组织神经网络的多模控制训练下,大型通风离心机的控制状态输出不确定上界为 $\bar{\rho}(t)$,即:

$$|\rho(t)| < \bar{\rho}(t) \quad (12)$$

在上界已知的情况下,得到优化控制律,根据计

sh,采用 PPI 默认的 DMA 通道,即 DMA0,开始进行控制平台的可视化程序的编译、安装,安装完成后,会在指定的安装目录下生成 Qt/Embedded,通过解码进行模式选择及参数设置,在特征波形显示界面和波形数据存储界面进行相应的人机交互,实现对通风离心机的可视化智能控制。

5 平台仿真实验与调试

为了测试本文设计的通风离心机集成智能控制平台的应用性能,进行系统调试和仿真实验分析,实现性能测试,实验中,在嵌入式设备上运行 Qt C++ API,Qt/Embedded 的加载程序,在 Qt/X11 中构建通风离心机集成智能控制的 Linux 内核,调试过程使用 Agilent 33220A 函数信号发生器,在 ASIC 上使用 Design Compiler 将无线射频识别程序加载到 0.18 μm CMOS 库中,设定控制器的实时时钟电压 220 V,内核电压 5.26 V,采用带宽为 12.6 dB,长度为 1 024 的线性调频信号作为控制平台性能测试的测试信号,在物联网环境下,对各个通道的通风离心机环境监测数据进行 3 通道采样,并输入到控制平台中进行控制分析和自适应处理,得到通风离心机的制衡控制平台的控制信号输入输出性能测试结果如图 6 所示。

从图可见,采用本文方法进行通风离心机的多模控制,能有效抑制干扰信号,对控制过程中的扰动抑制效果较好,提高了输出增益,对控制输出的波束集成能力较高,从而提高了控制系统的鲁棒性。为了定量测试控制平台的性能,采用本文的模糊自组织神经网络多模控制算法和传统方法,得到控制误差收敛曲线对比如图 7 所示。分析仿真结果得知,本文方法进行通风机控制的误差能快速收敛到 0,而传统方法具有较大的振荡性,控制性能不好,对比结果展示了本文方法在提高通风离心机控制稳定性方面的优越性。

6 结束语

本文在物联网环境下进行了通风离心机的集成智能控制平台设计,设计中包括了控制算法设计、系统硬件部分设计和软件开发设计等,提出一种基于模糊自组织神经网络的多模控制算法,硬件设计采用 ST 超低功耗 ARM Cortex™—M0 微控制器作为通风离心机控制平台的嵌入式控制处理芯片,软件设计建立在嵌入式 Linux 内核和 Qt/Embedded for x86 开发平台上。实验测试结果表明,本文方法进行通风离心机控制的鲁棒性强,稳定性较好,误差

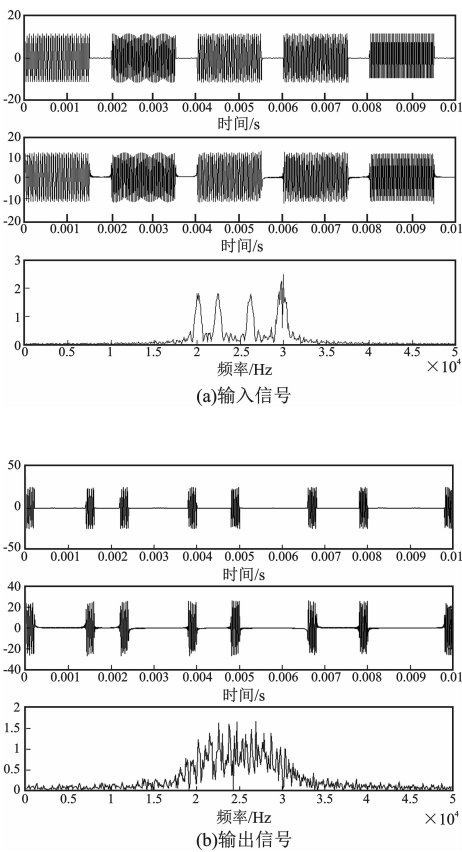


图 6 通风离心机控制平台的输入输出性能

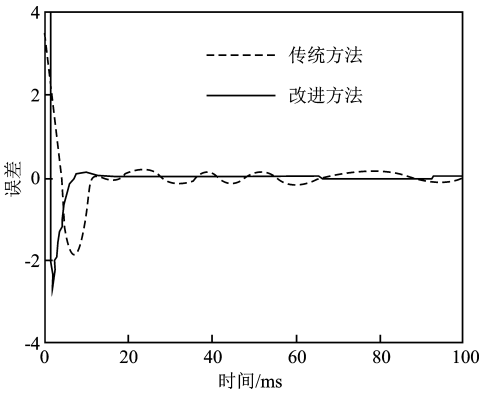


图 7 控制性能对比

较低,性能表现优越。

参考文献:

[1] 刘茂旭,何怡刚,邓芳明,等. 融合 RFID 的无线湿度传感器节点设计研究[J]. 电子测量与仪器学报,2015, 29(8):1171-1178.

[2] 吕富勇,周瑞卿,阮世阳,等. 高频磁场检测中采样保持器的设计及其性能分析[J]. 电子测量技术,2015, 38(8):13-16.

5 结束语

本文提出了一种基于概率预测的带宽自适应的预拷贝方法,并在 Xen 平台上进行实验,结果表明总迁移时间和停机时间及迭代轮数等都有所降低. 未来工作将针对复杂网络环境的迁移带宽分配算法进行优化以及对如何提高概率预测的可靠性进行研究.

参考文献:

[1] Nathuji R, Schwan K. Virtual power: Coordinated power management in virtualized enterprise system [C]//Proceedings of ACM Symposium on Operating Systems Principles (SOSP' 07). USA: IEEE, 2007: 265-278.

[2] Clark C, Fraser K, Hand S, et al. Live migration of virtual machines[C]//Proceedings of the 2nd Symposium on Networked Systems Design and Implementation NSDI' 05. Boston, USA: IEEE, 2005: 273-286.

[3] Wood T P, Shenoy P A, Venkataramani A, et al. Black-box and gray-box strategies for virtual machine migration[C]//Proceeding of the 4th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI' 07). Cambridge, USA: IEEE, 2007: 229-242.

[4] 孙国飞,谷建华,胡金华,等. 基于预拷贝的虚拟机动态内存迁移机制改进[J]. 计算机工程, 2011, 32(10): 36-39.

[5] Sun Mingsong, Ren Wenwen. Improvement on dynamic migration technology of virtual machine based on xen[C]//Proceedings of the 8th International Forum on Strategic Technology. Washington DC USA: IEEE Press, 2013: 124-127.

[6] 阮敏. Xen 环境下实时迁移结构和算法研究[D]. 大连:大连海事大学, 2009.

[7] 刘诗海,孙宇清,刘古月. 面向业务特征的自适应虚拟机迁移带宽分配算法[J]. 计算机学报, 2013, 36(9): 1816-1825.

[8] Barhan P, Dragovic B, Fraser K, et al. Xen and the art of virtualization [C]//Proceedings of the 19 th ACM Symposium on Operating Systems Principles. New York, USA: ACM Press, 2003: 164-177.

[9] Sohan Rice R, Moore A, Hopper A W A. Predicting the performance of virtual machine migration[C]// Proceedings of the Modeling, Analysis & Simulation of Computer and Telecommunication Systems (MAS-COTS). Florida, USA: IEEE, 2010: 37-46.

作者简介:

方义秋 女, (1963-), 副教授. 研究方向为云计算与软件工程.

陈玉洋(通讯作者) 男, (1989-), 硕士研究生. 研究方向为云计算与软件工程. E-mail: 1021535756@qq.com.

葛君伟 男, (1961-), 博士, 教授. 研究方向为云计算与软件工程.

(上接第 175 页)

[3] 董文瀚,马振强,解武杰,等. 非匹配不确定离散系统的无抖振积分滑模控制[J]. 控制与决策, 2015, 30(12): 2181-2186.

[4] Jing X J, Cheng L. An optimal PID control algorithm for training feedforward neural networks [J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2013, 60(6): 2273-2283.

[5] 章俊,张冬梅,王辛刚. 一类参数不确定连续正系统受限控制[J]. 信息与控制, 2015, 44(5): 592-597.

[6] 陆兴华,吴恩燊. 基于安卓客户端的智能家居电力控制优化设计[J]. 电力与能源, 2015, 35(5): 692-695.

[7] Feyzmahdavian H R, Charalambous T, Johansson M. Exponential stability of homogeneous positive systems of degree one with time-varying delays [J]. IEEE Transactions on Automatic Control, 2014, 59(6): 1594-1599

[8] Zhang J F, Han Z Z, Wu H. Robust finite-time stabil-

ity and stabilization of switched positive systems[J]. IET Control Theory and Applications, 2014, 8(1): 67-75.

[9] Ngoc P H A. Stability of positive differential systems with delay[J]. IEEE Transactions on Automatic Control, 2013, 58(1): 203-209.

作者简介:

张琰 女, (1981-), 硕士研究生, 讲师. 研究方向为物联网工程、多媒体技术. E-mail: 1286196111@qq.com

晏永红 女, (1969-), 硕士研究生, 副教授. 研究方向为电气自动化.

刘静 女, (1983-), 硕士研究生, 副教授. 研究方向为控制理论与控制工程.

周娅琴 女, (1980-), 硕士研究生, 工程师. 研究方向为计算机应用.