

◎工程与应用◎

权限管理型开放式微弱信号采集系统研究

邓辉¹,张丽²,王太勇¹,冷永刚¹DENG Hui¹,ZHANG Li²,WANG Tai-yong¹,LENG Yong-gang¹

1.天津大学 机械工程学院,天津 300072

2.南开大学 商学院,天津 300071

1.School of Mechanical Engineering,TianJin University,Tianjin 300072,China

2.Business School,NanKai University,Tianjin 300071,China

E-mail:tjdoctor@yahoo.com.cn

DENG Hui,ZHANG Li,WANG Tai-yong,et al.Open weak signal acquisition system based on authority management. Computer Engineering and Applications,2009,45(17):181-184.

Abstract: In the conceive of open equipment administration network,the authority path management is built in order to bring the data safety into effect.The system integrates the weak signal acquisition system and the remote expert diagnosis,which can be regarded as the front-line subsystem of the whole system,providing timely for the plant management section the in-situ equipments operation condition information.In this paper,the scheme of the system is introduced in detail and adopts Concatenation Stochastic Resonance as weak signal acquisition method.The feasibility and efficiency of the proposed system have been demonstrated by its practical application in a certain power plant in Tianjin,China.

Key words: authority management;open;concatenation stochastic resonance;weak signal;System-on-Chip(SOC)

摘要:在基于因特网、面向设备管理的开放式设备状态监测与故障诊断系统的系统构架下,引入权限管理的路径管理方式,有利于实现现场采集数据的专人专管。该系统在建立远程状态监测与故障诊断体系的同时,有机地将开放式微弱信号采集系统融合为体系的一个前台子系统,可以为设备管理部门及时提供现场设备运行状况,也可以成为一套独立的系统。论文详细介绍了系统的构成方式并采用变尺度随机共振算法作为微弱信号提取的手段,最后通过天津某大型电厂的应用证明了该系统的实用性和准确性。

关键词:权限管理;开放式;变尺度随机共振;微弱信号;片上系统(SOC)

DOI:10.3778/j.issn.1002-8331.2009.17.055 **文章编号:**1002-8331(2009)17-0181-04 **文献标识码:**A **中图分类号:**TP273

1 引言

随着现代设备结构和功能变得越来越复杂,设备特别是复杂设备出现的故障已经越来越引起人们的注意了。机械故障信号通常是非平稳信号,且背景噪声比较大,信号淹没在噪声中。当前,常用的机械故障征兆提取方法多是假设振动信号具有平稳和高斯分布的特性,而实际测得的信号大多是非平稳和非高斯分布的信号,尤其是在发生故障时更是如此。对于这种非线性现象,仅用功率谱和傅里叶变换等传统信号处理方法分析很难从根本上解决问题。自从1981年Benzi等首次提出随机共振(Stochastic Resonance,SR)概念以来,有关SR理论的研究引起了广泛关注,研究者在此基础上进行了不懈的理论研究与应用探索,该理论在微弱信号检测、设备故障诊断等领域都已得到了有效的应用,并取得了良好的效果。

本文在课题组研究基础上对现有设备状态监测与故障诊

断网络架构进行了相应改进,通过建立状态监测系统与设备管理信息系统之间的有效数据共享,特别是在基于权限管理的路径管理系统的架构下,实现了数据的专人专管,同时采用变尺度随机共振方法作为故障检测与判别中微弱信号提取方法,使该系统可以远程对现场微弱故障信号进行较精确的提取,从而可以更好地检测出设备故障以及判断设备运行趋势,便于真正实施设备的“预知维修”。本套系统已在天津某大型电厂进行了安装,实例证明了该系统方案的可行性与准确性。

2 网络化设备状态监控系统构建

网络化设备状态监控系统由三层构成。分别为现场采集层(嵌入式动态测试分析仪的两种形式分别是动态测试信号分析仪和与下位机相连的数采装置);网络层也即设备诊断与设备管理信息网以及企业网等;服务器层也就是数据库服务中心、

基金项目:国家自然科学基金(the National Natural Science Foundation of China under Grant No.50675153);国家高技术研究发展计划(863)(the National High-Tech Research and Development Plan of China under Grant No.2007AA04Z414)。

作者简介:邓辉(1979-),天津大学机械工程学院博士后,主要研究方向为智能诊断与动态测控。

收稿日期:2009-02-16 **修回日期:**2009-03-26

远程故障诊断中心等。首先通过设备诊断与设备管理信息网根据不同权限验证从服务器下载设备巡检路径信息至现场嵌入式动态测试分析仪中,供日常测量使用,同时显示监测的数据并对监测的数据进行存储,并显示变化趋势图、进行报警记录等等,这样既可以利用分析仪中的信号分析方法进行数据现场分析,也可以通过网络上传数据至服务器上指定的相应测点目录下,同时将分析仪的采集数据删除(根据相应权限规定,采集的数据可根据需要保留在本地分析仪中)。远程监控中心的设备管理人员或者专家经过权限认证,从服务器上在线获得所上传的设备数据,在客户端便可运用其自带的信号分析软件进行初步的信号分析和故障诊断,在进行复杂分析的时候则由诊断专家通过上传到服务器上的相应数据对设备的运行状况进行分析,进而进行故障诊断以做出相应的维修决策或者对设备运行趋势提出相应的建议。其网络拓扑图如图 1 所示。

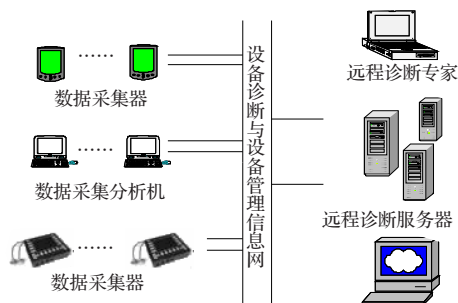


图 1 网络化设备状态监控系统拓扑图

一方面,该网络化设备状态监控系统通过以太网集线器从服务器上获得巡检计划/路径相关信息到达现场采集层当中,另一方面,将所采集到的数据存为指定的标准文件格式,然后将所存的数据文件上传至服务器巡检路径的指定测点目录下,以备以后的远程终端信号分析软件分析使用,如果对设备监测数据仅进行简单的分析可以在现场直接分析,具体工作流程如图 2 所示。

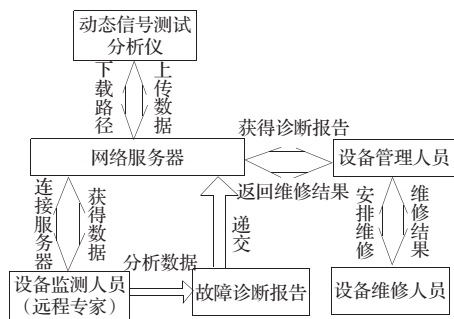


图 2 工作流程图

3 系统关键技术研究

3.1 开放式数据采集系统硬件构成方式

所谓开放式结构,有两方面的意义:(1)系统内部预留多个冗余的可控输入/输出信号处理通道,使得系统具有方便灵活的功能扩展能力;(2)系统外部具备标准的开放接口,使得系统具备强大的外接功能,满足用户进行二次开发的特殊要求。

为了满足开放性系统设计的要求,计算和控制核心采用了单片机+DSP 的双 CPU 结构设计。这样不仅可以充分发挥 DSP 强大的数字信号处理能力,同时也可以发挥单片机强大的控制能力,实现对液晶、键盘等外设接口的实时控制。系统对其他功能性电路均进行了模块化的封装以保证硬件模块也能提供相应的接口,使得系统的外接功能成为可能,组成框图如图 3 所

示。系统选用 C8051F124 作为控制 CPU,负责采集数据显示、存储和通信接口模块的控制。DSP 选 TMS320C5416 作为计算 CPU,完成振动信号采集、数据预处理和核心运算功能。

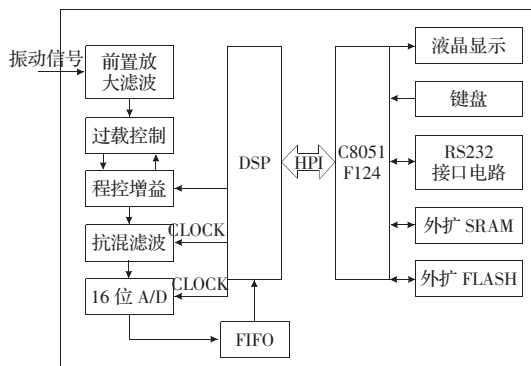


图 3 开放式数据采集系统硬件组成框图

从图 3 可以看出,通过在硬件上模块化的配置,可以对模块进行方便的扩充和升级,同时硬件裁剪也变得更加方便。因此该系统完全满足开放式结构的基本要求,这也为今后的硬件扩展和功能扩展作了充分的准备。

3.2 双 CPU 通信协议的建立

在开放式软件平台上其软件核心是 DSP 数据采集预处理及与 C8051F124 的通信软件机制,但是如果通信协议和时序处理不好,可能使数据采集出现丢点现象,更严重的会导致系统频繁死机。

为此系统专门设计了双 CPU 通信的软件协议。单片机通过向 DSP 发送不同的命令标志位控制 DSP 的操作。例如单片机向 DSP 发送数据采集命令 0xaa,并通过 HPI 口中断 DSP,使 DSP 执行数据采集子程序;在采集间隔时间内 DSP 对采集的数据进行预处理,然后存入缓冲区。当单片机向 DSP 发送传输数据命令 0x55 时,DSP 将处理后的数据存入 HPI 口的 RAM 中,数据存储完毕向单片机发送中断信号,单片机读取 HPI 中的数据,同时显示数据波形。当对同一单元读写产生竞争时,单片机拥有优先权,DSP 等待单片机读写完毕再进行访问。图 4 为系统的软件流程及其通讯机制示意图。

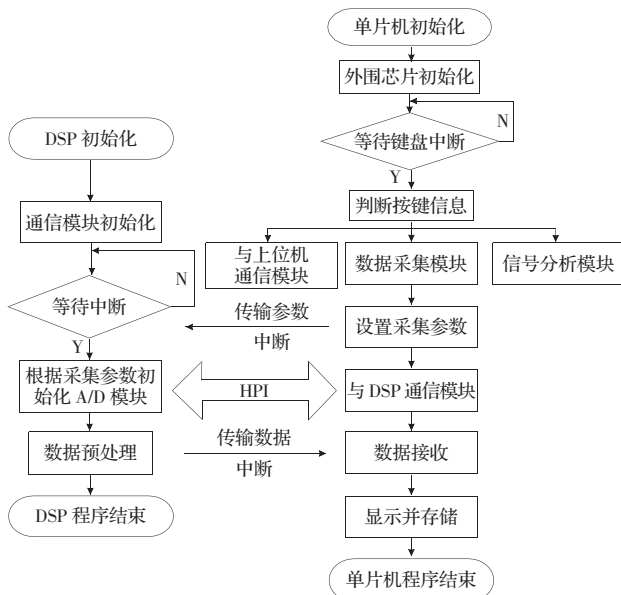


图 4 开放式状态监测系统软件流程图

3.3 权限管理模块构成流程图

如图5所示,在以系统管理员的身份登录系统之后,系统可以由系统管理员增加设备管理员和采集员的用户名。其中设备管理员的主要权限在于增加系统设备和删除设备,而采集员的主要责任就是在于现场数据的采集,而不能有任何修改数据的权限。

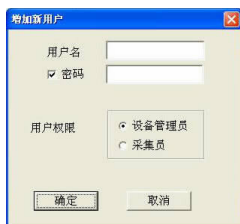


图5 客户端对权限的设置

路径设置具体包括5级路径:总厂、分厂、车间、设备和测点,采用树形结构进行区分。每级都可以根据具体需要用数字或者字母来表示,当然为了方便企业应用,路径名称也可以直接采用在设备管理信息系统中工厂的设备编号来对路径进行表示。路径设置完毕,通过RS232接口传输到数采装置当中。

图6为在服务器端上采集员名为NONE时的测点数据显示界面图。从图上可以清晰地看出每个测点所对应的测量参数值以及采集员名称,这就杜绝了在数据上作假以及任意修改数据的可能,保证了在测量过程中数据的专人专管。

时间	采样点数	采样频率	采集员	总值	实际总值
07-07 20:01:52	4096	2560	NONE	0	0.000000
07-07 20:01:52	4096	2560	NONE	0	0.000000
07-07 20:02:53	4096	2560	NONE	0	0.000000
07-07 20:02:53	4096	2560	NONE	0	0.000000
07-07 20:03:51	4096	2560	NONE	0	0.000000
07-07 20:03:51	4096	2560	NONE	0	0.000000
07-07 20:04:49	4096	2560	NONE	0	0.000000
07-07 20:04:49	4096	2560	NONE	0	0.000000
07-07 20:07:45	4096	2560	NONE	0	0.000000
07-07 20:07:45	4096	2560	NONE	0	0.000000
07-07 20:32:35	4096	2560	NONE	0	0.000000
07-07 20:32:35	4096	2560	NONE	0	0.000000

图6 采集员名为NONE时其采集的测点数据图

图7为基于权限管理的路径管理系统的结构示意图。上述系统的权限完全由网络化状态监测系统来决定,也就是由系统管理员(通常为企业的负责人)来决定具体的人选,所以具有很强的通用性。

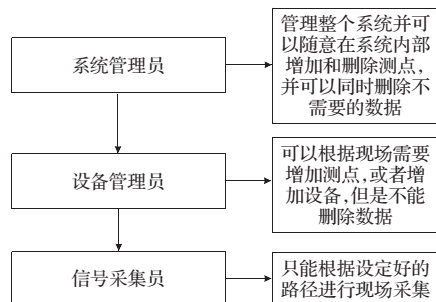


图7 采集系统权限管理示意图

3.4 变尺度随机共振的算法实现

随机共振可用朗之万(Langevin)方程来描述:

$$dx/dt = \mu x - x^3 + A \sin(2\pi f_0 t) + n(t) \quad (1)$$

式中: A 为被测信号幅值, f_0 为被测信号频率。 $A \sin(2\pi f_0 t)$ 为被测信号; $n(t)$ 是均值为0,强度为 D 的高斯分布白噪声。二者之

和可看作工程实测信号。其余部分可视为非线性双稳系统,其中, μ 为势垒参数。方程(1)描述了一个过阻尼的质点布朗运动。在输入为零时,质点处于两个平衡点中的任意一个。当 $A > 0$ 时,整个系统的平衡将被打破,势阱在信号的驱动下,按频率 f_0 发生周期性的倾斜变化, A 只要处于临界值 A_c 以下(信号驱动频率较低时, $A_c = \sqrt{4\mu^3/27}$),质点只能在某个势阱内以相同的频率进行局部的周期性运动。当引入噪声后,即使在 $A < A_c$,甚至 $A \ll A_c$ 时,质点也可以从原来的势阱跃迁到另外一个势阱。反之亦然。

随机共振的绝热近似和线性响应理论仅适用于很小的信号幅值和频率,而实际的信号频率和幅值往往较高,为了解决这个问题,国内很多研究者采用二次采样随机共振或变尺度随机共振算法进行信号特征提取。本文采用的为变尺度随机共振。所谓变尺度随机共振就是,首先对实测信号的频率进行线性压缩,以满足小频率参数的随机共振条件,然后分析双稳系统的响应谱,以得到驱动信号的频谱特征,最后再按压缩尺度比还原实测数据。其思想实质就是通过高频率到低频率的变换,使得信号频率符合或接近随机共振所要求的小参数条件,从而得到信号的随机共振。

变尺度的具体运算过程是:(1)确定一个频率压缩尺度比 R ;(2)根据 R 定义一个压缩采样频率 $f_{sr} = f_s/R$;(3)由压缩采样频率 f_{sr} 得到数值计算步长 $\Delta t = 1/f_{sr}$;(4)数值求解双稳系统的响应输出。

4 应用实例

为了验证系统的实用性,将系统应用于天津某大型电厂测试用滚动轴承(N205)的测试和诊断中。该轴承的参数为:轴承滚道节距 $D=52$ mm,钢球直径 $d=25$ mm;滚动体个数 $z=15$ 。实验中测试用加速度传感器为朗斯 LC0103 型 ICP 传感器,采样参数为电机转频 20 Hz,采样点数为 10 240 点,采样频率为 10 KHz,抗混滤波截止频率为 5 KHz。将结果经数据采集后通过网络上传到服务器端进行分析,其结果如图8所示。

图8(a)是原始信号的时域波形图,图8(b)为原始信号的时域幅值谱图,图8(c)为经过变尺度随机共振后输出的时域波形,图8(d)为该时域波形的幅值谱图(纵轴单位均为V,横轴均为s,下同)。

图8(b)的幅值谱图中不存在任何有用的低频信息,谱图比较杂乱。同时从图8(a)可以看出其噪声幅值已经达到200V,有用信号完全混杂在噪声当中。从8(c)和图8(d)可以看出,信号经过变尺度随机共振运算输出后,其时域波形得出的幅值谱图中可以看到较为清晰的103 Hz基频及其谐波倍频(从图8(d)可以看到其有用信号的幅值仅为0.02V,相对于200V左右的噪声来说,信号极为微弱),而103 Hz恰好为轴承存在外圈故障的特征频率,这就表明在该轴承中存在外圈故障,也体现出该系统在进行微弱信号提取上是非常可行的。把分析结果再通过网络反馈回公司,工作人员对该轴承进行拆装修修,检修结果与报告相符,说明了该系统的准确性和实用性。

5 结论

从上面的论述可以看出,所介绍的基于路径管理的开放式网络化状态监测系统提高了数据安全的程度,并且在状态监测系统中采用开放式硬件结构,同时采用变尺度随机共振算法,

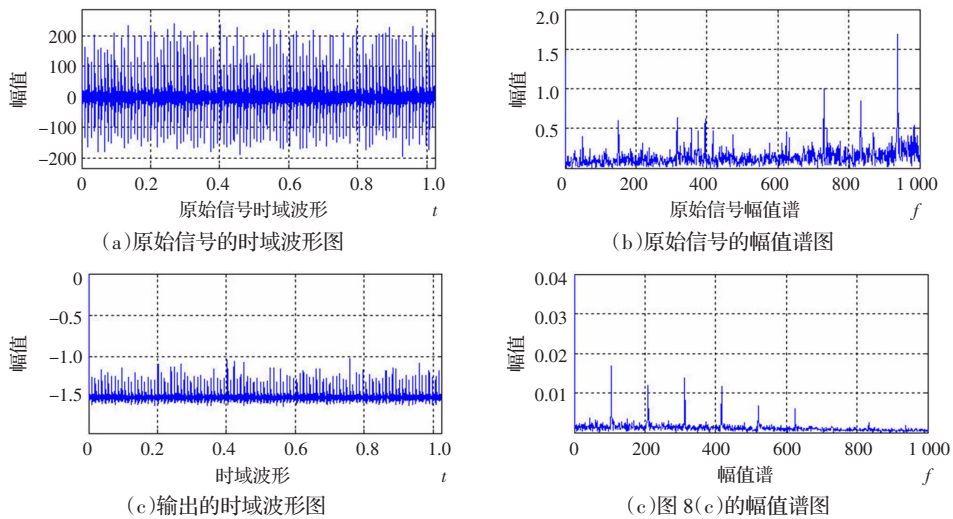


图 8 轴承信号随机共振输入输出对比图

可以较好地对设备进行微弱特征信号的提取,从而可以更好地进行设备故障判别,也就实现了与设备诊断与维护中心交互信息,协同诊断,它充分地体现了数据采集的实时性、信号分析功能的强大性、故障诊断的智能性和数据管理的先进性。

参考文献:

- [1] Benzi R, Suter A, Vulpiana A. The mechanism of stochastic resonance[J]. Journal of Physics A: Mathematical and General, 1981, 14: 453-457.
- [2] 许飞云, 胡建中, 贾民平, 等. 嵌入式旋转机械状态监控与故障诊断系统研究[J]. 东南大学学报: 自然科学版, 2004, 34(6): 761-776.
- [3] 邓学欣, 王太勇, 陈珊, 等. 基于 DSP 的便携式机械故障诊断系统[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2004(2): 80-84.

(上接 158 页)

度提升。而且,边缘切除算法的参数易于选取和推广,算法具有广泛的适应性。不同背景的运算实例,测试和验证了算法的有效性。

由于上述边缘切除过程是在预处理阶段进行,被切除的边缘属于不携带有效信息的绝对空体素,不会因视角或传递函数的变化而改变性质,所以边缘切除加速算法非常适合需要便捷、交互地调整传递函数的体绘制应用场合。算法采用了规则的边缘切除方式,收缩后的体数据非常方便后续光线投射或溅射算法的应用。并且,算法可以方便地与其他各种加速方式组合使用,使不同角度的加速效果实现叠加,是当前各种主流加速技术的一个很好的互补技术。

参考文献:

- [1] Kaufman A, Cohen D, Yagel R. Volume graphics[J]. IEEE Computer, 1993, 26(7): 51-64.
- [2] 张尤赛, 陈福民. 三维医学图像的体绘制技术综述[J]. 计算机工程与应用, 2002, 38(8): 18-19.
- [3] Meißner M, Huang Jian, Bartz D, et al. A practical evaluation of popular volume rendering algorithms[C]//Proceedings of the 2000 IEEE Symposium on Volume Visualization, VVS'00, Salt Lake City, Utah, USA, October 2000. New York, NY, USA: ACM Press, 2000: 81-90.
- [4] Levoy M. Display of surface from volume data[J]. IEEE Computer

- [4] 吴今培. 网络化的监测与故障诊断[J]. 振动、测试与诊断, 2001, 21(2): 79-84.
- [5] 韩军, 徐刚, 王彪, 等. 便携式工程机械动力传动性能测试系统的研制[J]. 振动、测试与诊断, 2002, 22(2): 132-135.
- [6] 王长琼. 基于 Web 数据库的开放式远程诊断智能系统[J]. 机械与电子, 2001(6): 14-16.
- [7] 王太勇, 林建波, 李国威, 等. 开放式设备故障诊断对象网研究[J]. 天津大学学报: 自然科学与工程技术版, 2002, 35(6): 677-681.
- [8] 吴浚瀚, 杨德亮, 白春礼, 等. 开放式多功能扫描探针显微镜系统[EB/OL]. <http://www.spm.com.cn/index.php?page=ospm.htm>.
- [9] 王太勇, 邓辉, 何慧龙, 等. 应用 XPE 的开放式故障诊断系统的开发与实现[J]. 振动测试与诊断, 2006(3): 15-18.
- [10] 冷永刚, 王太勇, 秦旭达, 等. 二次采样随机共振频谱研究与应用初探[J]. 物理学报, 2004, 53(3): 717-723.

Graphics and Applications, 1988, 8(3): 29-37.

- [5] Westover L A. Footprint evaluation for volume rendering[J]. Computer Graphics, 1990, 24(4): 367-376.
- [6] Lacroute P, Levoy M. Fast volume rendering using a shear-warp factorization of the viewing transformation[C]//Proceedings of the 21st Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, SIGGRAPH'94, Orlando, FL, USA, July 1994. New York, NY, USA: ACM Press, 1994: 451-458.
- [7] 王衡, 姬红兵, 高新波. 基于方向重建滤波核的 Splatting 新算法[J]. 西安电子科技大学学报, 2005, 32(4): 532-537.
- [8] Kilhau S, Möller T. Splatting optimizations, SFU-CMPT-04/01-TR2001-02[R]. Canada: School of Computing Science, Simon Fraser University, 2001.
- [9] Chen Wei, Peng Qunsheng, Bao Hujun. View dependent layer sampling: An approach to hardware implementation of volume ray casting[J]. Journal of Software, 2006, 17(3): 587-601.
- [10] 胡英, 徐心和. 基于光线相关性的快速光线投射算法[J]. 中国图象图形学报, 2004, 9(2): 234-240.
- [11] Lakare S, Kaufman A. Light weight space leaping using ray coherence[J]. Journal of WSCG, 2004, 12(3): 355-362.
- [12] Sherbondy A, Houston M, Napel S. Fast volume segmentation with simultaneous visualization using programmable graphics hardware[C]//Proceedings of the IEEE Visualization 2003, VIS'03, Seattle, WA, USA, October 2003. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society Press, 2003: 171-176.