

基于计算机屏幕识别技术的仪器状态监测

王丰贵¹, 商飞¹, 田地¹, 杨智君²

(1. 吉林大学 仪器科学与电气工程学院, 长春 130061; 2. 中国计量科学研究院, 北京 100013)

摘要:提出采用计算机屏幕识别技术进行科学仪器工作的状态监测,通过对仪器控制软件的工作界面进行特征检测,判断仪器的工作状态。为避免影响仪器控制软件的正常工作,采用Mirror Driver(镜像驱动)技术捕获屏幕图像,并对传统SSDA算法进行改进实现屏幕图像识别,以提高监测速度。该监测方案目前已得到成功应用。

关键词:计算机应用;状态监测;图像监测;屏幕识别;镜像驱动;SSDA

中图分类号:TP391 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5497(2009)02-0463-04

Status monitoring of instruments based on computer screen recognition

WANG Feng-gui¹, SHANG Fei¹, TIAN Di¹, YANG Zhi-jun²

(1. College of Instrumentation and Electrical Engineering, Jilin University, Changchun 130061, China; 2. National Institute of Metrology P. R. China, Beijing 100013, China)

Abstract: A status monitoring method based on screen recognition for computer-controlled instruments is proposed. This method judges the status of an instrument by detecting the feature of working interface of the control software. In order to avoid interfering with the instrument control software, Mirror Driver is adopted to capture the screen image and an improved Sequential Similarity Detection Algorithms (SSDA) is applied for screen recognition to increase the monitoring speed. This status monitoring method has been put into actual use.

Key words: computer application; status monitoring; image monitoring; screen recognition; mirror driver; SSDA

近年来,设备的远程状态监测和故障诊断已成为一个研究热点^[1-4]。文献[1]给出了基于Web的机械设备在线监测和诊断系统,实现了机械设备运行状态的远程实时监测;文献[2]设计了风力涡轮发电机远程监测系统,缩短了风力发电机的故障诊断时间;Zhou等^[3]对铁路转辙机进行远程状态监测,降低了事故发生概率;Choi等^[4]开发了基于Web的人工心脏远程智能监测系统,

为临床医生实时提供患者及人工心脏的状态数据。这些研究通过采集特征物理信号获取设备的工作状态。但对于工作过程由计算机控制、对环境要求苛刻的科学仪器,特征物理信号的采集有一定难度,并且容易对仪器工作造成影响,具有较大风险。

本文针对工作过程由计算机控制的科学仪器,提出了基于计算机屏幕识别技术的仪器状态

收稿日期:2007-09-02.

基金项目:国家科技基础条件平台建设项目(2004DKA10010, 2005DKA10103).

作者简介:王丰贵(1981-),男,博士研究生.研究方向:分布式测控技术,计算机应用.

E-mail: wfggranger@yahoo.com

通信作者:田地(1958-),男,教授,博士生导师.研究方向:分析仪器,分布式测控系统. E-mail: tiandi@jlu.edu.cn

监测方案,通过对仪器控制软件的工作界面进行特征检测,间接获取科学仪器的工作状态。由于状态监测软件安装在仪器工作站上,为避免影响仪器控制软件的正常工作,作者采用 Mirror Driver(镜像驱动)技术实现屏幕图像捕获,并根据屏幕图像的特点改进传统 SSDA 算法进行屏幕图像识别,提高了监测速度,降低了对仪器工作站 CPU 资源的占用率。

1 监测流程

基于计算机屏幕识别技术实现仪器状态监测分为 3 个步骤,如图 1 所示。该监测流程中,步骤 1 主要是判断仪器控制软件的进程及相应的工作窗口是否存在,以决定是否执行该监测流程,同时根据工作窗口的位置确定待捕获的屏幕区域。屏幕图像捕获是指截取计算机屏幕的指定区域,获得仪器控制软件的工作界面图像。由于工作界面图像上往往存在表征科学仪器工作状态的标志,因此可通过屏幕图像识别对其进行特征检测,判断科学仪器的工作状态。

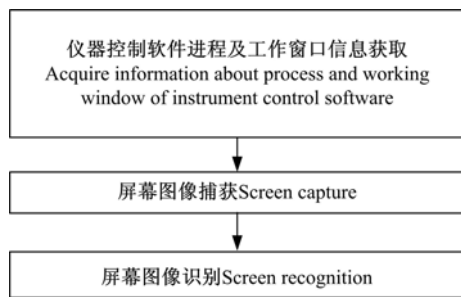


图 1 仪器状态监测流程

Fig. 1 Flowchart of status monitoring for instruments

2 屏幕图像捕获

GDI 和 DirectDraw 方式是两种常用的屏幕图像捕获方法^[5]。GDI 方式通过 BitBlt 位块传输函数将屏幕图像数据从屏幕 DC 传送到与屏幕 DC 兼容的内存 DC,完成屏幕图像捕获。DirectDraw 方式采用 BltFast 函数将主表面复制到系统内存中的后台表面,然后从后台表面获得屏幕图像数据。GDI 和 DirectDraw 这两种屏幕图像捕获方法的速度相对较慢,本文采用 Mirror Driver(镜像驱动)这一新的屏幕图像捕获方法,可有效提高屏幕图像捕获的速度。

Mirror Driver 方式屏幕图像捕获的系统结构如图 2 所示。本文所述的 Mirror Driver(镜像

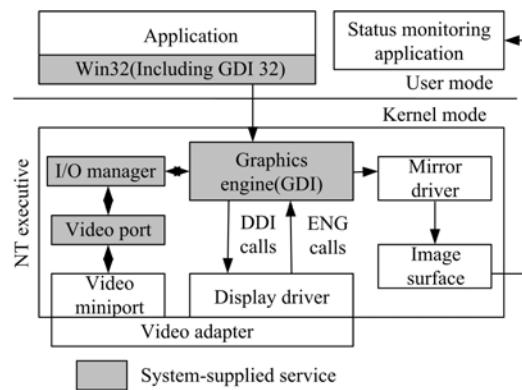


图 2 Mirror Driver 方式屏幕图像捕获的系统结构

Fig. 2 Architecture of screen capture with Mirror Driver 驱动)是指虚拟设备的显示驱动,它反映一个或多个其他显示驱动的绘图操作^[6-7]。Mirror Driver 采用 Windows DDK 开发,不依赖于特定的显示驱动,安装、卸载方便,适合 Windows 2000 及以后操作系统。

Windows 显示子系统分为用户模式 (User Mode)和内核模式 (Kernel Mode)。应用程序工作在用户模式下,通过调用系统提供的 Win32 GDI 函数发出图形输出请求,这些请求被传送到内核模式下的图形引擎 (Graphics Engine)。图形引擎生成绘图操作,并通过 DDI 调用发送给显示驱动 (Display Driver)。显示驱动直接执行硬件能加速的绘图操作,对于其不支持的绘图操作,显示驱动通过 ENG 调用交由图形引擎来实现,从而生成相应的屏幕图像。

安装 Mirror Driver 以后,图形引擎生成的绘图操作也将发送给 Mirror Driver。Mirror Driver 执行绘图操作,得到与计算机屏幕完全相同的图像,这也是 Mirror Driver 名称的由来^[8]。该图像存储在系统内存中,这块特殊的内存称为 Image Surface(绘图表面)。Mirror Driver 启动时首先检查当前显示驱动的配置,如屏幕分辨率和位深,然后在系统内存中分配一个与当前屏幕拥有相同分辨率和位深的绘图表面,用来存储 Mirror Driver 生成的图像。

Mirror Driver 绘图表面中存储的图像与计算机屏幕图像完全相同,可以通过该绘图表面获取屏幕图像数据。由于该绘图表面位于系统内存中,与 GDI 和 DirectDraw 的位块传输方法 (BitBlt 和 BltFast)相比,数据读取速度更快,因此屏幕图像捕获速度得到较大提高,CPU 占用率也更低。

状态监测软件从 Mirror Driver 的绘图表面获取屏幕图像数据,然后在内存中生成 DIB 位图,完成屏幕图像捕获,为屏幕图像识别做好准备。

3 屏幕图像识别

仪器工作站全屏幕图像尺寸一般为 1280 像素×1024 像素和 1024 像素×768 像素。虽然可以根据仪器控制软件工作窗口的位置适当缩小屏幕捕获的范围,但捕获的屏幕图像尺寸通常仍然较大。为避免屏幕图像识别占用仪器工作站过多的处理时间,需要尽力提高图像识别算法的速度。本文对传统 SSDA 算法进行改进,实现对屏幕图像的快速识别。

SSDA (Sequential similarity detection algorithm)算法即序贯相似性检测算法^[9],其要点如下^[10]:

设模板 T 在被搜索图 S 上平移,模板覆盖下的那块搜索图叫做子图 $S^{i,j}$, i, j 为这块子图的左上角像素点在 S 中的坐标。

(1) 定义绝对误差值

$$\epsilon(i, j, m_k, n_k) = | S^{i,j}(m_k, n_k) - \hat{S}^{(i,j)}(i, j) - T(m_k, n_k) + \hat{T} | \quad (1)$$

式中: $\hat{S}^{(i,j)}(i, j) = \frac{1}{M^2} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M S^{i,j}(m, n) \quad (2)$

$$\hat{T} = \frac{1}{M^2} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M T(m, n) \quad (3)$$

(2) 取不变阈值 T_k 作为 SSDA 的门限值。

(3) 在子图 $S^{i,j}(m, n)$ 中随机选取像点 (m_k, n_k) , 计算它与 T 中对应点的误差值 $\epsilon(i, j, m_k, n_k)$, 然后把这个差值和其他点对应的差值累加起来, 当累加 r 次误差超过 T_k , 则停止累加, 并记下次数 r 。定义 SSDA 检测曲面为

$$I(i, j) = r \quad (4)$$

(4) 把取值最大的 $I(i, j)$ 对应的 (i, j) 点作为匹配点, 因为这点上需要很多次数累加才能使总误差超过 T_k 。

传统 SSDA 算法只针对灰度图像, 通过尽快剔除不匹配点提高搜索速度。而仪器工作站屏幕图像是基于 RGB 分量的彩色图像, 为此对传统 SSDA 算法进行改进, 将绝对误差值定义为

$$\epsilon' = \epsilon_R + \epsilon_G + \epsilon_B \quad (5)$$

称此时的算法为固定门限标准 SSDA。

仪器控制软件的工作界面具有可重现性, 捕获的工作界面图像无畸变。针对屏幕图像的这一特点, 对式(1)进行简化, 定义

$$\epsilon(i, j, m_k, n_k) = | S^{i,j}(m_k, n_k) - T(m_k, n_k) | \quad (6)$$

称此时的算法为固定门限简化 SSDA。

为更快地剔除不匹配点, 对算法作进一步改进, 不再采用固定门限值, 而是采取自适应门限策略。称此时的算法为自适应门限简化 SSDA。

自适应门限简化 SSDA 算法流程如图 3 所示。此改进的 SSDA 算法简单实用, 有效解决了屏幕图像识别的速度问题。实际应用时, 应尽量采用特征明显、尺寸较小的模板图像, 初始阈值 T_k 也应尽可能取较小的值。

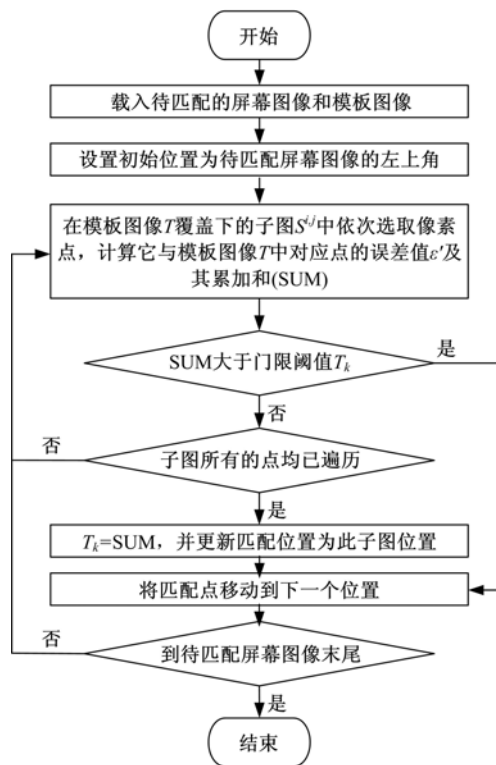


图 3 改进的 SSDA 算法流程图

Fig. 3 Flowchart of improved SSDA algorithm

4 性能测试

操作系统为 Windows XP SP2 Pro; DirectX 版本: DirectX 9. 0c; 显示属性设置: 屏幕分辨率 1024 像素×768 像素, 位深 32 位。

(1) DELL OptiPlex GX620 台式机

处理器: Intel Pentium 4 Processor 630, 3.00G Hz; 内存: 1 GB; 显卡: ATI Radeon X600SE, 128MB 显存。

(2) HP Compaq nx6120 笔记本

处理器: Intel Pentium M(Dothan) 740, 1.73 GHz; 内存: 512 MB; 显卡: 集成 Intel GMA900 芯片, 最大共享 128 MB 内存为显存。

4.1 屏幕图像捕获耗时测试

屏幕图像捕获耗时测试分别在 DELL OptiPlex GX620 台式机和 HP Compaq nx6120 笔记本上进行。屏幕图像捕获的完成以在内存中生成 DIB 位图为准, GDI、DirectDraw 和 Mirror Driver 三种屏幕图像捕获方式的耗时比较见表 1。测试结果表明, 相对于 GDI 和 DirectDraw, Mirror Driver 方式的屏幕捕获速度有了较大提升。

表 1 三种屏幕图像捕获方式耗时比较

Table 1 Time comparison of three screen capture means

屏幕图像 捕获方式	屏幕图像捕获平均耗时/ms	
	DELL OptiPlex GX620	HP Compaq nx6120
GDI	12.2	92.7
DirectDraw	234.0	53.0
Mirror Driver	7.8	12.3

4.2 图像识别算法速度测试

图像识别算法速度测试在 DELL OptiPlex GX620 台式机上进行。捕获的屏幕图像大小为 1024 像素×768 像素, 位深为 24 位。算法初始门限值 T_k 设为 1024。测试结果见表 2, 表明自适用门限简化 SSDA 算法能有效提高图像识别的速度。

表 2 图像识别算法处理时间比较

Table 2 Time compare of imagison recognition algorithm

模板图像尺寸	算法处理时间/ms		
	固定门限 标准 SSDA	固定门限 简化 SSDA	自适用门限 简化 SSDA
14 像素×8 像素	373.4	22.4	17.1
31 像素×18 像素	1386.0	61.9	47.3

5 结束语

本文提出的基于计算机屏幕识别技术的仪器状态监测方案规避了采集特征物理信号的风险, 对仪器控制软件的正常工作并不产生影响。现已成功应用于国家大型科学仪器工作状态监测系统。对吉林大学、华中科技大学等单位的部分大型科学仪器实施监测的应用表明, 效果良好。该

方案对于工作过程由计算机控制的其他类型设备的状态监测也具有重要的应用价值。

参考文献:

- [1] Jarrah M A, Al-Ali A R. Web-based monitoring and fault diagnostics of machinery[C]// Proceedings of the IEEE International Conference on Mechatronics, Istanbul, Turkey, 2004.
- [2] Yazidi A, Capolino G A, Filippetti F, et al. A new monitoring system for wind turbines with doubly-fed induction generators[C]// Proceedings of the 13th IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference, Spain, 2006.
- [3] Zhou F, Archer N, Bowles J, et al. Remote condition monitoring and validation of railway points[J]. Computing and Control Engineering Journal, 2002, 13(5): 221-230.
- [4] Choi Jaesoon, Park Jun W, Chung Jinhan, et al. An intelligent remote monitoring system for artificial heart[J]. IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, 2005, 9(4): 564-573.
- [5] 邱岚, 李翠华. Hook 技术在视频截取中的应用研究与实现[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2003, 42(6): 709-713.
Qiu Lan, Li Cui-hua. Implementation of Hook technology in video snap[J]. Journal of Xiamen University(Natural Science), 2003, 42(6): 709-713.
- [6] Microsoft co. mirror drivers[EB/OL]. [2007-06-26]. <http://msdn2.microsoft.com/en-us/library/ms797878.aspx>
- [7] UltraVNC website. UltraVNC mirror driver[EB/OL]. [2007-06-26]. <http://www.uvnc.com/features/driver.html>
- [8] Gao Li, Zhang Jing-yuan, Zheng Qun-wei, et al. Experience with mirror drivers for distributed workspace[C]// Proceedings of the 45th ACM Southeast Conference, USA, 2007.
- [9] Brown L G. A survey of image registration techniques[J]. ACM Computing Surveys (CSUR), 1992, 24(4): 325-376.
- [10] 高富强, 张帆. 一种快速彩色图像匹配算法[J]. 计算机应用, 2005, 25(11): 2604-2605.
Gao Fu-qiang, Zhang Fan. A fast color image matching algorithm[J]. Computer Applications, 2005, 25(11): 2604-2605.