

高速物流图像采集与实时异物剔除的原理及实现

陈 杰, 李志敏, 钟先信, 陈文涛, 刘 军
(重庆大学 光电技术及系统教育部重点实验室, 重庆 400044)

摘要: 介绍了一种基于 windows2000 操作系统的高速物流图像数据采集与实时剔除物流中异物技术的实现原理与方法。Windows2000 本身不是实时操作系统, 难于实现大数据量的连续采集与实时处理, 文中介绍了解决这一问题的方法。考虑到要进行高速数据采集和处理的连续性和实时性, 提出了内存数据直接处理和双缓存及多缓存处理技术, 并介绍了这一技术在实时在线烟草异物检测与剔除系统中的成功应用。

关键词: 数据采集; 实时处理; 异物剔除; 内存直接存取; 双缓存与多缓存
中图分类号: TP391.4 **文献标识码:** A

1 引言

Windows2000 是继 Windows 95/98 后又一功能强大的操作系统, 其友好的用户界面和稳定可靠的工作性能, 使得它不仅被广泛的用作管理事务型的工作平台, 也逐渐成为工业控制领域的工作平台。随着计算机技术的飞速发展, 高性能、低价格处理器的不断升级换代, 使得基于 Windows2000 平台的实时处理与控制系统的设计与实现成为可能。这种实时系统要求所有任务在规定的时间内完成^[1], 它的应用场合非常多, 工业、农业以及人们的日常生活中, 都能见到其应用的实例。例如: 电力监控与管理, 工业在线监测与检测系统、农作物生长情况跟踪系统, 智能交通管理系统, 汽车牌照自动识别系统等等。本文详细介绍了高速物流图像数据采集与实时图像处理及异物剔除技术的工作原理和实现方法, 并简述了该技术在重庆大学与昆明船舶设备集团公司联合研制开发的基金项目: 实时在线烟草异物检测与剔除系统中的成功应用。

2 系统工作原理

高速物流图像采集与实时处理控制系统的原

理框图如图 1 所示。整个系统由五个模块组成: 1) 物流图像数据采集模块, 2) A/D 转换模块, 3) 处理与识别模块, 4) 输出模块, 5) 执行机构。主要工作过程如下: 现场高速运动的物流图像(单色或彩色)数据经由数据采集模块的感知, 通过采集卡数字化后, 送至 PC 机内通过图像处理与识别模块进行处理, 得到处理结果和控制信息后, 通过输出卡将该控制信息传至相应的执行机构进行动作。

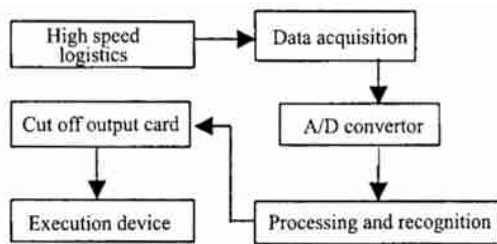


图 1 系统结构框图

Fig. 1 Structure diagram of the system.

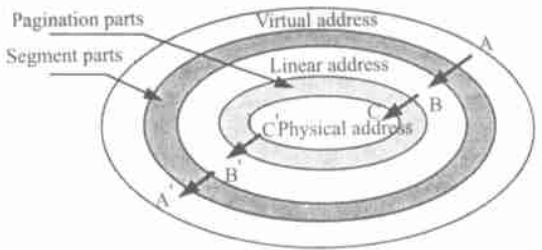
在这种实时性要求较高的图像处理系统中, 因数据量很大, 数据采集模块需要采用高速线阵 CCD 摄像机, 采集卡也需选用高速、高分辨率的采集卡, 方能满足数据的实时获取。在后续的实时处理中, 由于数据量很大, 而且具有很高的实时性, 普通的处理方法难于满足要求, 这是难点与关键。

3 关键与难点

在 Windows2000 操作系统下, 要实现这种海量数据的高速采集与实时处理, 采用常规的磁盘交换技术难于实现, 而且 Windows2000 本身不是实时操作系统^[2], 更难于实现实时地处理。因此, 系统软件的开发有其特殊性, 其中, 最核心及关键的问题就是要实现高速处理的实时性要求。在 PCA_6277 双 CPU 的工业控制计算机上, 针对常规的磁盘交换方法对一现场图像进行采集与处理测试, 效果不甚理想, 无法满足实时性的要求。

磁盘交换法是将采集卡所采集到的数据通过内存中转, 以临时文件的形式存入系统硬盘, 然后通过文件的形式再次读入内存并进行处理^[3], 如图 2(a) 所示。我们知道, CPU 对硬盘的读取速度远远慢于读内存的速度。基于此事实, 我们提出了一种直接存取与处理内存中的数据的方法, 即采集卡将采集到的数据放入系统内存后, 不存入硬盘而直接在内存中进行处理, 如图 2(b) 所示。

数据进行直接读取并在其内进行数据处理是件不易的事情。在过去的 DOS 实模式操作系统中, 要完成对物理内存数据的读写操作, 比较简单, 易于实现。可是 Windows2000 是工作在保护模式下, 内存资源经过了 CPU 严格的分段分页保护机制, 其存储器使用了虚拟地址空间、线性地址空间和物理地址空间来进行描述^[4] (如图 3 所示)。在用户模式下, 程序员进行编程时能够使用的只是虚拟地址空间中的虚拟地址, 而采集卡采集数据存入 PC 机系统内存时使用的是物理地址, 从虚拟地址到物理地址的转换需要经过 CPU 的分段分页部件来完成。虚拟地址先通过分段部件, 为虚拟地址提交实际物理内存, 得出此时与虚拟地址对应的线性地址, 线性地址再经过分页部件的转化得到真正的物理地址。

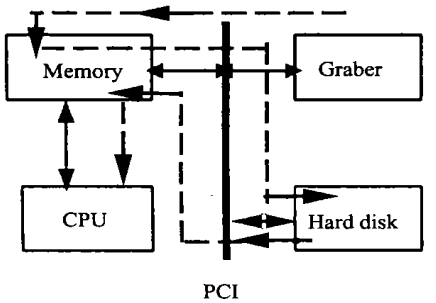


Note:

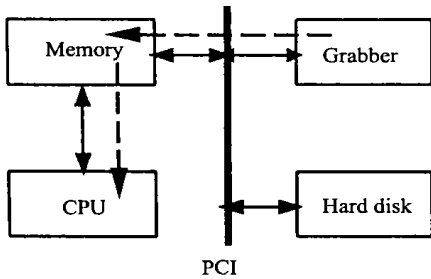
- A, A' : Virtual address
- B, B' : Linear address
- C, C' : Physical address

图 3 地址转换原理图

Fig. 3 Schematic of address conversion.



(a) Disk switch



(b) Memory direct access

图 2 磁盘交换法与内存直接存取法比较

Fig. 2 Comparison of two methods.

比如, 求虚拟地址 A 的物理地址(如图 3 所示), 要经过如下过程: A 先经过 CPU 的分段部件, 为它映射或提交物理内存, 得到与所提交的物理内存相对应的线性地址 B。由于每一进程都有而且独享 4GB 的虚拟地址空间, 不可能为虚拟地址空间中的每一地址都连续映射到连续的物理内存, 只有通过同一虚拟地址不同时刻映射到不同的空闲的物理内存上来解决这一矛盾。此时, 虚拟地址相对于物理地址来说是“浮动”的, 不固定的。因此, 同一虚拟地址通过转化得到的线性地址可能是不一样的, 所以, 按照由虚拟地址得到物理地址的这一方法不能够准确实现对物理内存的直接存取。

然而, 在 Windows2000 下要实现物理内存中的

4 解决方案

4.1 物理内存地址直接访问

正如上文所述,在 Windows2000 操作系统中,通过虚拟地址来得到物理内存的方法不能完成对物理内存的直接访问操作。在实时在线烟草异物检测与剔除系统中,我们基于加拿大迈创公司的采集卡 (Matrox Meteor II CL) 开发库提出了一种变通的实现方法:先获得物理内存,再求其编程中可用的线性地址或虚拟地址,即为上述的通过虚拟地址获取物理地址的逆过程。

具体实现过程为:先通过库函数 MbufAllocate()^[3-5]完成对连续物理内存的分配,然后使用库函数 MbufInquire()获得所分配物理内存的经过分页分段处理后得到的线性地址。由物理内存得到的线性地址是相对固定的,可以直接使用。这样就可以很方便通过编程实现对物理内存的访问操作。比如:由库函数 MbufAllocate()分配物理内存,其物理地址为 C',然后通过分页分段部件得到线性地址 B'和虚拟地址 A'(如图 3 所示)。这样,在编程中就可以很直接使用 A'来实现对物理内存的访问操作。下面简单介绍相关库函数,其中内存分配函数原型为:

```
MbufAllocate(MIL_ID SystemID,
             LONG SizeX,
             LONG SizeY,
             MIL_ID Attribute,
             MIL_ID ptrBuffer).
```

其中 SystemID 指分配内存所在的系统;SizeX, SizeY 是表示所采集图像的尺寸,对单色图像来说也是分配的内存大小(SizeX × SizeY),对彩色图像来说它表示单个通道所分配的内存大小,彩色图像有 R、G、B 三个通道(如图 4 所示)。

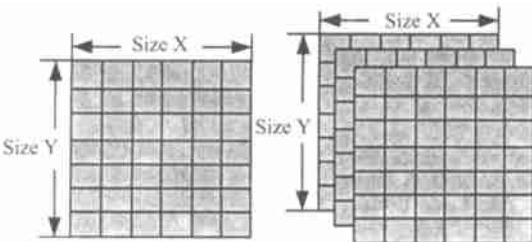


图 4 图像缓存的数据格式
Fig. 4 Format of image buffer.

其中最重要的参数 Attribute 指明了该段内存所分配的地方和用途。当要用来进行采集和处理同时进行,其属性值为 M- IMAGE+ M- GRAB+ M- PROC. 表示该段内存是分配用来采集与处理的物理内存。分配完物理内存后,还必须使用另一个函数 MbufInquire()来得到所分配的内存块的线性地址或虚拟地址,该函数原型为:

```
MbufInquire(MIL_ID BufferID,
            LONG InquireType,
            VOID* UserVarPtr).
```

其中 BufferID 为所分配物理内存的标识;主要的参数是 InquireType,其取值有 M- PHYSICAL- ADDRESS 和 M- HOST- ADDRESS 二值,前者表示要获取物理内存地址,后者表示要获取线性地址。UserVarPtr 为指向所取线性地址的指针。同前面的磁盘交换技术进行对比,通过这种对物理内存的直接存取操作,无需进行频繁费时的磁盘交换等操作,极大的提高了系统的实时性能。在 PCA_6277 双 CPU 的工业控制计算机上对两种处理方法进行了测试。表 1 是对 1280 × 20 的彩色图像进行采集与实时处理以及输出控制的时间占用相对百分比:

表 1 时间对比百分比表

Table 1 Time consuming proportion comparison

	Disk switcher	Memory direct access
Acquisition	100%	30%
Processing and recognition	100%	30%
Out put	100%	100%

在上表中,通过以磁盘交换法所用时间为基准,用内存直接存取法各部分所使用的时间占磁盘交换法相应部分耗用时间的百分比来进行对比,可以看出,采用上述内存直接访问方法在采集和处理方面可以提高 60% 的综合性能。

4.2 双缓存与多缓存技术

直接从内存中获取并处理数据,无需进行磁盘交换等费时的操作,提高了处理的速度,为实时采集与处理提供了前提与保证,但正因为没有磁盘交换这一中间环节,要实现连续不断的数据采集与处理同时进行,在同一块内存上是无法实现的,为此提出的双缓存与多缓存技术解决了这一问题。其基本过程为:首先在系统中分配两块属

性一样的内存区 A、B, 当 A 在接收采集卡的数据的同时, 图像处理与识别以异步的方式处理内存块 B 的数据。只要处理速度足够快, 能够保证处理完一内存块的时间(T_p)总是比采集满一内存块的时间(T_g)少(如图 5 所示), 即满足关系式: $T_p < T_g$

以异步方式工作时, 采集与处理可以同时进行, 因此, 内存块 B 开始采集数据的同时, 可以处理先前采集的内存块 A, 由于 $T_p < T_g$, 所以, 下一次 A 块接收数据开始时, 能保证内存块 A 已经处理完毕, 这样就不会发生内存违规操作, 确保达到采集与处理的连续工作目的。

5 应用实例

烟草异物在线检测与剔除系统是基于上述技术而开发出来的广泛应用于烟草生产行业的自动化物流生产控制系统, 该系统的工作原理为: 烟草与异物混合的物流通过传送带, 在气压舱的作用下, 物流高速平稳的平抛出, 在抛出瞬间, 通过高速线阵 CCD 摄像机进行逐行扫描, 摄入 24 位真彩色的物流信息, 通过图像采集卡将摄入的图像数据传送到计算机, 经计算机图像处理与识别软件处理后, 将表示异物位置信号的数据发送至气喷控制单元, 控制相应位置的喷嘴将相应位置的异物剔除(如图 7)。在系统的光路中, 光源采用高照度的无频闪直流灯管, 避免了交流光源造成的纹波干扰。同时, 通过采用高平面度、高反射率的反射镜, 改变光路的方向, 使摄像机的方位能灵活调节。

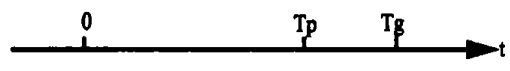


图 5 T_p 与 T_g 的时间关系图
Fig. 5 Sketch map of T_p and T_g .

可以通过软件来实现处理与采集的切换工作, 以实现连续不断的采集与处理同时工作。流程图如图 6 所示:

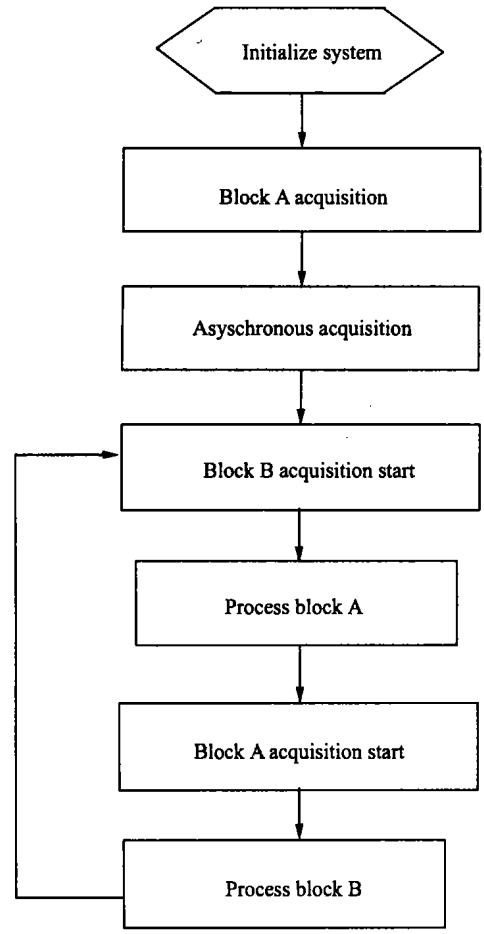


图 6 软件流程图
Fig. 6 Flowchart of the software.

系统初始化完毕后, 内存块 A 先完成数据采集, 并设置采集卡以异步方式进行工作, 在采集卡

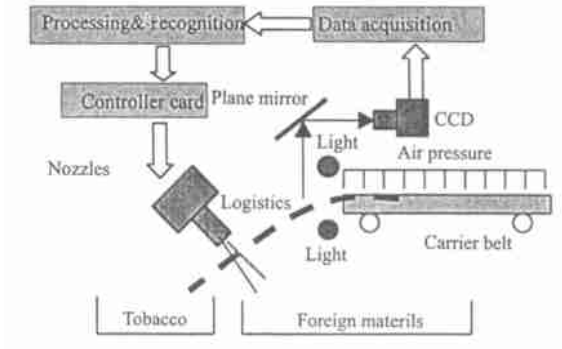


图 7 实时在线烟草异物检测与剔除系统示意图
Fig. 7 Schematic of the tobacco sorter.

系统软件采用了上文所述的内存直接存取技术和双缓存技术, 解决了高速采集与实时处理的设计要求。系统中 CCD 的分辨率达到 1mm, 响应频率达到 5KHz, 采集卡向处理机传输数据的数据流量达到 25MB/s。整个系统在实验室运行环境下, 分辨力达到 1mm 左右, 并能稳定可靠的连续运行。

6 结束语

在 Windows2000 下, 完成对高速物流图像数据的连续采集和实时处理, 以及发出控制信号进

行异物剔除等操作是一个非常难以实现的技术, 本文介绍的基于直接物理地址存取及双缓存与多缓存的方法解决了这一问题, 并在烟草异物在线检测与剔除系统中得到实际应用, 取得了很好的效果。

参考文献:

- [1] 周德兴. 实时系统软件设计方法[J]. 计算机自动测量与控制. 2000, 4: 4_5.
- [2] Jeffrey Richter. *Program Applications for Windows* [M]. American: Microsoft Press. 1999.
- [3] Matrox Group. *Matrox Image Library User Guide* [M]. Canada: Matrox Press. 2000.
- [4] 曹子元. Win32 下物理内存分配和直接访问的实现[J]. 测控技术. 2001, 20(1): 46_47.
- [5] Matt Pietrek. *Windows 95 system programming secrets* [M]. IDG books Worldwide, 1995.

Principle and realization of data acquisition of high speed logistics images and of real time foreign material elimination

CHEN Jie, LI Zhi_min, ZHONG Xian_xin, CHEN Wen_tao, LIU Jun

(Key Laboratory of Opto_electronic Technology and System, MOE, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: A method that realizes high speed data acquisition and real_time processing 24_bit RGB images in Windows 2000 platform is given. Since Windows 2000 itself is not a real_time operating system, it is difficult to realize continuous grabbing and real_time processing of huge data normally. Based on direct memory access and bi_buffer or multibuffer processing skills, this method is effective, and has been applied in foreign material elimination in the tobacco sorter system successfully.

Key words: data acquisition; real time process; foreign material elimination; direct memory access; bi_buffer; multibuffer

作者简介: 陈 杰(1977-), 男, 四川省南充人, 2000 年 7 月毕业于重庆工学院电子工程系. 现为重庆大学光电工程学院硕士研究生, 主要从事图像处理及光电检测方面的研究。