

在线快速错帖检测系统研究

黄薇, 王跃宗, 李德胜

HUANG Wei, WANG Yue-zong, LI De-sheng

北京工业大学 机械工程与应用电子技术学院, 北京 100124

College of Mechanical Engineering and Applied Electronic Technology, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China

E-mail: sunnygirl@emails.bjut.edu.cn

HUANG Wei, WANG Yue-zong, LI De-sheng. Study on online fast video page checking system. Computer Engineering and Applications, 2009, 45(4): 76-78.

Abstract: In this paper, an online fast video system for page checking is developed. The hardware of this system is with the application of TM320DM642 video processor, and it obtains CCD video N type image real time by the mode of EPMA. In this system, it extends FLASH, SDRAM memorizers, and uses CPLD as logic controller as well. In addition, it has other keyboard and screen peripheral equipment. A detecting algorithm developed via image recognition theory is stored in FLASH. This system detects dynamically wrong pages located in many word pages, graphic pages. Experiments show that precision of this wrong page-detecting system is about 99% and it posses fine stability and veracity.

Key words: page checking; Digital Signal Processing(DSP); image recognition

摘要: 研制了一种在线快速错帖检测系统。该系统的硬件部分使用了 TM320DM642 处理器, 通过 EPMA 方式实时获取 CCD 摄像头的 N 制式图像, 外扩了 FLASH、SDRAM 存储器、CPLD 作为逻辑控制器。硬件部分还带有键盘和液晶屏等外部设备。错帖检测算法采用灰度相关的方法固化在 FLASH 中。该系统实时检测文字、图形帖中存在的错误书帖。实验表明, 该系统检测精度约为 99%, 具有较好的检测稳定性和准确性。

关键词: 错帖检测; 数字信号处理; 图像识别

DOI: 10.3778/j.issn.1002-8331.2009.04.021 **文章编号:** 1002-8331(2009)04-0076-03 **文献标识码:** A **中图分类号:** TP391

1 引言

在印刷流程中, 错帖检测是书帖装订过程中的重要环节, 检测内容主要是检测倒帖、空白帖和内容不同帖。检测结果发送给装订机的控制系统, 用于排废。在装订机中进行错帖检测的方案主要包括两种: 第一种是采用光电传感器的方法, 如文献[1]中设计的一种基于光眼的错帖检测仪即采用了光电池作为信号采集传感器。基于这种方法的错帖检测设备成本低, 便于灵活安装, 不足之处在于监测点少, 分辨率低, 不适于细节检测; 第二种是使用图像检测的方法^[2-4], 针对书帖中部分内容作图像识别, 该方法的优点在于可检测书帖的细节部分, 检测的准确性较高, 不足之处在于基于该方法的错帖检测设备成本较高。

基于此, 本文采用 CCD 成像技术, 研制了一种基于 DSP 的在线快速错帖检测系统。该系统采用 TMS320DM642^[5]作为处理器, CPLD 用作逻辑控制器件, 将 CCD 图像传感器与 DSP/CPLD 集成在一起, 构成错帖检测一体机, 使用图像识别算法自动检测错帖。

2 视频错帖检测系统设计

2.1 系统功能

错帖检测系统框图如图 1 所示, 结合北人集团骑马联动装订机的结构特点, 将 CCD 摄像头固定在装订机后的支架上进行图像采集, 外加一个频闪灯增强光强以保证图像质量。书帖运动到与摄像头平行位置的瞬间, 发送一个持续几十毫秒的低电平触发信号, 错帖检测系统接收到触发信号后采集书帖图像, 在 DSP 中进行图像处理, 执行错帖检测算法, 检测结果在液晶屏上显示。错帖检测系统检测出错帖, 将通过脉冲形式通知装订机总控制台进行排废。

2.2 图像采集系统设计

在图 1 的错帖检测系统中 DSP 选用 TMS320DM642 芯片。该芯片在硬件上具有高速的 DSP 并行处理内核, 主频达到 600 MHz, 计算能力达 4 800 MIPS; 板上通过扩展 ATA 接口、PCI 接口可以进行大容量的本地存储, 也可以通过以太网接口完成远程存储; DM642 器件内部具有 64 通道的 EDMA 保证 CPU 和外部器件可以高速并行地传输数据; 片内还集成了 3 个

基金项目: 国家“十一五”科技支撑重点项目(the National Technology Support Grand Project During the 11th Five-year Plan of China under Grant No.2006BAF03B01)。

作者简介: 黄薇(1984-), 女, 硕士研究生, 研究方向为计算机视觉和图像处理。

收稿日期: 2008-07-09 **修回日期:** 2008-09-26

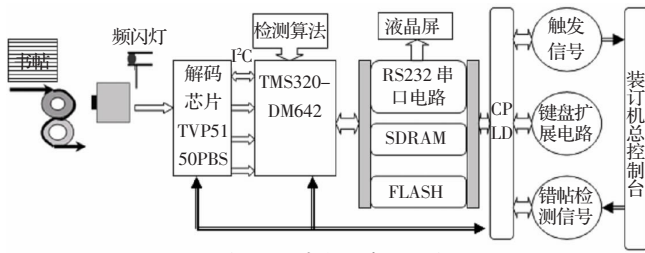


图1 错帖检测系统框图

带视频 FIFO 的高速视频口 (VP0-VP2) 和 1 个 McASP 音频口, 这些特点综合起来就满足了视频处理系统硬件上的要求。电路板上的配电系统为 DSP 提供 1.4 V 的内核电压, 为 I/O 提供 3.3V 的电压。在电源供给正常之前, 电路系统保持复位状态。DSP 芯片有大量的字节可以设定为地址空间。程序代码和数据可被存储在统一标准的 32 bit 地址空间的任何位置。

设计中采用模拟摄像头进行视频数据的采集, 使用视频解码芯片 TVP5150PBS, 将采集到的模拟视频信号转换为带离散同步信号的 8-bit4:2:2YCbCr 数字视频信号, 传送给 DM642 的视频端口进行处理。除此之外, 解码芯片还输出同步信号和时钟信号。芯片的所有工作参数和其他一些相关的控制都由 DM642 通过 I²C 串口在这些寄存器中设置。在视频图像的处理过程中会产生海量数据, 而 DM642 内部最多仅有 256 KB 的 RAM, DSP 芯片通过 64 bit 的 EMIF 接口扩展了 SDRAM 用于满足数据处理的需要。DM642 还扩展了一个 FLASH 存储器, 用于程序存储。除此之外, 系统选用 CPLD 作为逻辑控制器, 对系统内逻辑控制功能进行处理。

3 灰度相关的图像识别检测算法

3.1 灰度相关的图像识别检测

灰度的匹配方法就是逐像素地把一个以一定大小的实时图像窗口的灰度矩阵, 与参考图像的所有可能的灰度窗口矩阵, 按某种相似性度量的方法进行检索比较。图像识别原理如图 2 所示, 模板 $t(m \times n$ 像素) 在搜索图 $s(sHeight \times sWidth$ 像素) 上移动, 模板 t 覆盖的子图称为搜索子图 s_{ij} , i, j 为子图左上角在被搜索图中的位置, 模板在搜索图上可搜索的范围是: $1 \leq i \leq sHeight - m, 1 \leq j \leq sWidth - n$ 。

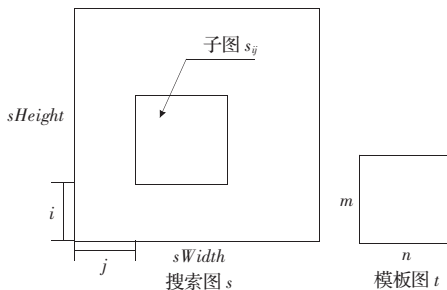


图2 图像识别原理

可以用以下公式衡量模板 t 和搜索子图 s_{ij} 的相似性:

$$D(i, j) = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [s_{ij}^{\tilde{}}(m, n) - t(m, n)]^2}{2 \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N s_{ij}^{\tilde{}}(m, n) \times t(m, n) + \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [t(m, n)]^2} \quad (1)$$

上式第一项为子图的能量, 第三项是模板的能量, 第二项是模

板子图的相似度, 随着 i, j 的变化而变化。当模板和子图匹配时, 该项具有最大值, 将其归一化得到模板匹配的相似度:

$$r(i, j) = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N s_{ij}^{\tilde{}}(m, n) \times t(m, n)}{\sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [s_{ij}^{\tilde{}}(m, n)]^2} \sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [t(m, n)]^2}} \quad (2)$$

相似度 $r(i, j)$ 满足 $|r(i, j)| \leq 1$, 在 $[-1, 1]$ 绝对尺度范围之间衡量二者的相似性。当模板在被测图像中移动完毕后, 得到 $r(i, j)$ 构成的集合 r , 取集合 r 中的最大值 $\text{Max}(r)$, $\text{Max}(r)$ 与阈值 R 比较, 判断是否为正确书帖。相似度匹配如果在搜索图中逐点计算, 将会耗费大量的时间, 本文将采用隔行隔列的搜索策略。取模板的隔行隔列数据, 即 1/4 的模板数据, 在被搜索图上进行匹配, 即在原图的 1/4 范围内匹配。

3.2 检测算法

被检测页面的类型多样, 为了保证检测的准确性, 要求第一个底层书帖必须是正确的。检测算法框图如图 3 所示。系统上电后, 图像传感器采集图像, DM642 中固化的程序开始执行, 操作人员开始在液晶屏上进行图像与模板参数和算法参数的设置, 程序开始等待同步检测信号。接收到触发信号后, 系统开始工作进入识别状态。如果检测页面的相似度 r 小于错帖初始阈值 R , 则认为是错误的书帖并计数, 每次的检测结果都在液晶屏上显示。为了增加系统自身的测量范围和准确性, 把书帖定性划分为两种类型: 文字帖和图形帖, 进行错帖检测实验。

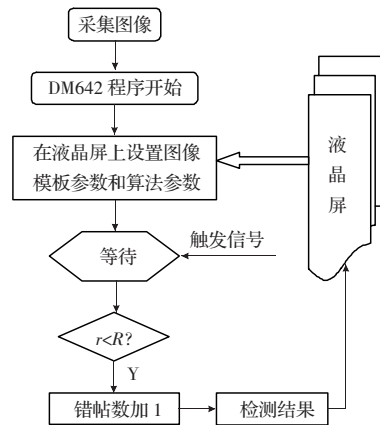


图3 检测算法示意图

4 实验

4.1 实验装置

研制的错帖检测系统的实物照片如图 4 所示。整个系统包括用户操作界面、主板和 CCD 图像处理系统, 主板以 TMS320DM642 为核心, CCD 图像处理系统以 DSP 为核心, 负责图像的采集和处理。考虑到现场的实际情况, 选择转速可调电机用于控制检测速度。实验中电机带动粘有书帖的卷筒运动, 通过接近开关发送一个检测信号, 错帖检测仪捕获该信号后, 进行数据处理, 并在液晶显示屏上显示检测结果。

图像传感器选用的是帧频为 30 帧/秒的 CCD 摄像头。采集的实时图像存储格式为 256 色灰度图, 分辨率大小为 640×480 像素。为了满足检测系统的实时性要求, 通过系统设置检测图像大小为 256×256 像素, 模板图为 40×40 像素。根据工业现场的实际情况, 实验中设置的文字帖和图形帖的初始相似度阈值 R 均为 85%。

4.2 实验结果

在工业现场,装订机的检测速度约为 3.3 帖/秒,本实验选择检测速度分别为 3.5 帖/秒和 5 帖/秒进行速度检测实验,文字帖和图形帖为被测对象,基图如图 5(a)和图 5(b)所示。为了估计错帖检测系统的错误率,连续采集图 5(a)、图 5(b)对应的各 1 000 幅图像,统计的错误率如表 1 和表 2 所示。定义错误率为系统检测出的错误书帖与书帖总数的比值。从表中可以看出,对于不同类型的书帖,不同的检测速度,其错误率均小于 0.5%。随机取得不同检测速度下 50 个实验数据,其相似度分布图如图 6 所示。其中图 6(a)、图 6(b)是图 5(a)文字帖在检测速度分别为 3.5 帖/秒和 5 帖/秒时的相似度分布图,图 6(c)、图 6(d)是图 5(b)图形帖在检测速度分别为 3.5 帖/秒和 5 帖/秒时的相似度分布图。从图中可以看出,当检测速度提高时,被测图像的相似度浮动范围稍微有所下降,但都能满足工业现场的速度检测要求。



图 4 错帖检测仪系统图

(a)文字帖 (b)图形帖

图 5 基图

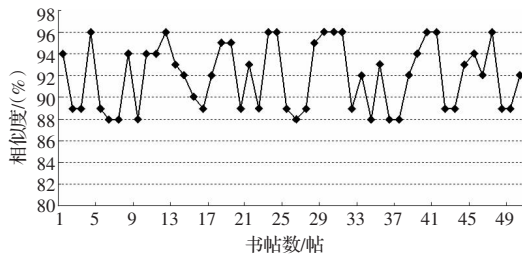
表 1 图 5(a)不同转速下错误率对比表

检测速度/(帖/秒)	总帖数/帖	检测数/帖	错帖数/帖	错误率/(%)
3.5	1 000	1 000	1	0.1
5.0	1 000	1 000	4	0.4

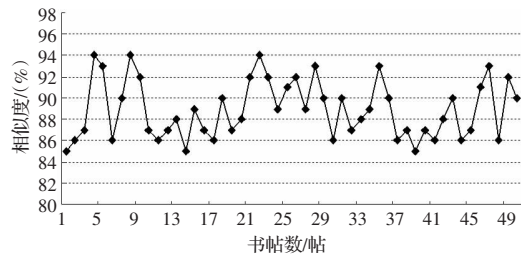
表 2 图 5(b)不同转速下错误率对比表

检测速度/(帖/秒)	总帖数/帖	检测数/帖	错帖数/帖	错误率/(%)
3.5	1 000	1 000	0	0
5.0	1 000	1 000	2	0.2

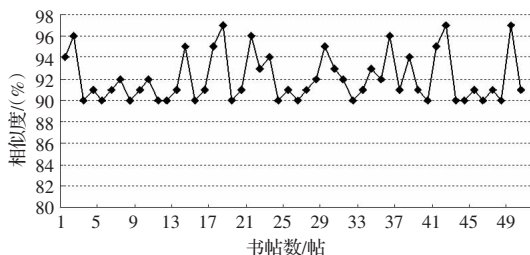
采集 1 000 幅检测书帖,其中错误书帖 500 幅,进行精度检测实验。定义错帖率为系统检测出的错帖数与实际错帖数的差值与错帖总数的比值,结果如表 3 所示,可以得出系统的检



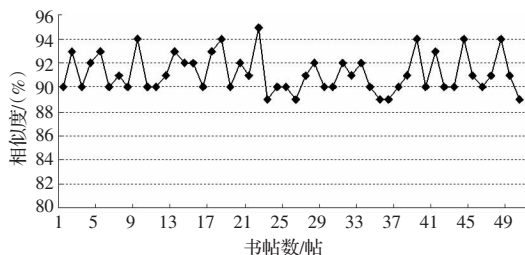
(a)文字帖(检测速度 3.5 帖/秒)



(b)文字帖(检测速度 5 帖/秒)



(c)图形帖(检测速度 3.5 帖/秒)



(d)图形帖(检测速度 5 帖/秒)

图 6 相似度分布图

表 3 不同转速下错帖率统计表

检测速度/(帖/秒)	总帖数/帖	检测数/帖	错帖数/帖	错误率/(%)
3.5	1 000	1 000	500	0
5.0	1 000	1 000	503	0.6

测精度约为 99%。

错帖检测过程中,受机械振动的影响,同一摞书帖之间往往存在相对位置的移动,造成书帖被测区域在横向、纵向发生偏移,所以进行文字书帖和图形书帖小范围移动相似度检测实验。采集的文字书帖如图 7 所示,其中图 7(a)为基图,图 7(b)~图 7(d)分别是相对于图 7(a)具有一定偏移量的图像,图 7(e)、图 7(f)为错帖。采集的图形书帖如图 8 所示,其中图 8(a)为基图,图 8(b)~图 8(e)分别是相对于图 8(a)具有一定偏移量的图像,图 8(f)~图 8(h)为错帖。将两幅图像之间的相似度用 r 表示,得到的相似度结果如表 4、表 5 所示。

由表 4 中可以看出,图 7(b)~图 7(d)与基图图 7(a)的相

表 4 文字帖相似度

	r_{db}	r_{dc}	r_{ad}	r_{ac}	r_{df}
相似度/(%)	89	91	87	72	74

表 5 图形帖相似度

	r_{db}	r_{dc}	r_{ad}	r_{ac}	r_{df}	r_{dc}	r_{db}
相似度/(%)	92	90	87	91	72	56	73

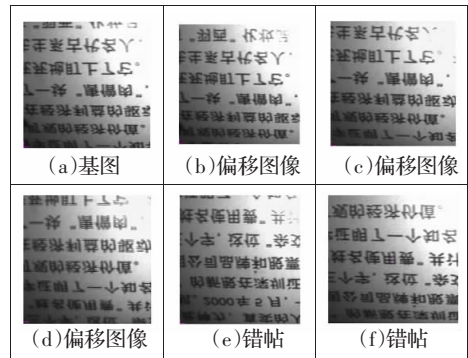


图 7 文字书帖