

一种新的印刷图像检测系统的设计与实现

牛一帆

(济宁技师学院, 济宁 272000)

摘要: 为了满足实际印刷生产中对大面积印品图像进行高速度、高精度配准检测的需要,设计出了一中新的印刷图像检测系统。该系统使用多个 CCD 同步获取图像信息,并采用 CPLD 配合 PCI 总线的方式实现图像数据的采集和传输控制,并采用了一种新的图像配准算法。系统相关程序和算法由 DDK 结合 VC 语言编程实现。实验表明,该系统基本满足了实时性要求,其图像配准的速度更快、精度更高、适应性更强,具有一定的实用价值。

关键词: 图像采集; 图像拼接; 去噪; 配准定位; 特征提取; 匹配检测; 缺陷分析

中图分类号: TP391; TS807 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)01-0100-05

Design and Implementation of a New Kind of Printing Image Detection System

NIU Yi-fan

(Jining College of Technician, Jining 272000, China)

Abstract: In order to meet the needs of high-speed and high-precision registration and detection of large-area images printing in actual printing production, a new kind of printing image detection system was designed. In this system, many CCDs were used to acquire image information simultaneously, and the acquisition and transmission of image data were controlled by CPLD and PCI bus, and a new algorithm of image registration was adopted. The related programs and algorithms of this system were implemented by DDK and VC programming language. The experimental results showed that this system meets real-time need basically; its image registration is faster and more accurate; and its adaptability is stronger, so it has a certain practical value.

Key words: image acquisition; image mosaic; denoising; registration and positioning; feature extraction; matching and detection; defect analysis

随着生活水平的提高,人们对高品质、多样化印刷品的需求越来越多。印刷企业因此也面临这样一个问题:如何更快、更准确地评定印刷质量。传统利用人工检测印品质量的方法由于受主客观因素的影响,不能保质保量地完成检测任务。随着计算机软硬件的发展,利用机器视觉和数字图像处理技术进行印品表面图像质量的自动检测已变得切实可行^[1]。该技术通过摄像机在线扫描印品图像,由于设备及环境因素的影响,所采集的图像不可避免地会混入噪声,并存在旋转、平移或缩放现象。为消除噪声并使待检测图像与标准图像对准,需要将采集到的图像先送入内存,通过图像处理软件进行去噪、配准定位等预处理,之后再提取特征,与事先存储在计算机中的标准图像的对应特征进行匹配检测,最后再进行缺陷的显

示、分析与存储,进而帮助操作人员找出故障原因,重新进行调整设置,以确保缺陷产品不流入市场,从而提高印刷成品合格率和生产效率。

由于单个摄像头只适于摄取小范围图像,为满足实际印刷生产中对大面积印品图像进行高速度、高精度配准检测的需要,设计一种新的印刷图像检测系统。该系统采用多个 CCD 同步获取不同位置图像信息,并采用 CPLD^[2] 配合 PCI^[3] 总线的方式实现图像数据的采集和传输控制,最后再将图像数据传输到上层应用软件进行实时处理与配准检测。采用一种配准速度更快、精度更高、适应性更强的算法,最后用实验进行了验证。系统相关的程序和算法由 DDK 结合 VC 语言编程实现。

收稿日期: 2011-07-01

作者简介: 牛一帆(1983—),女,山西长治人,硕士,济宁技师学院讲师,主要从事印刷工程研究和教学。

1 系统设计与开发

设计的印刷图像检测系统由硬件和软件两大部分组成。硬件部分设计主要包括图像采集卡的电路设计和 CPLD 的逻辑控制功能设计;软件部分设计包括底层驱动程序设计和上层应用程序设计,主要完成硬件电路对图像数据的采集控制和图像拼接,去噪、角点提取与配准定位等预处理,特征提取与匹配检测,缺陷显示、分析与存储工作。

1.1 系统硬件结构设计

硬件部分主要包括图像采集部分和计算机。其基本结构见图 1。

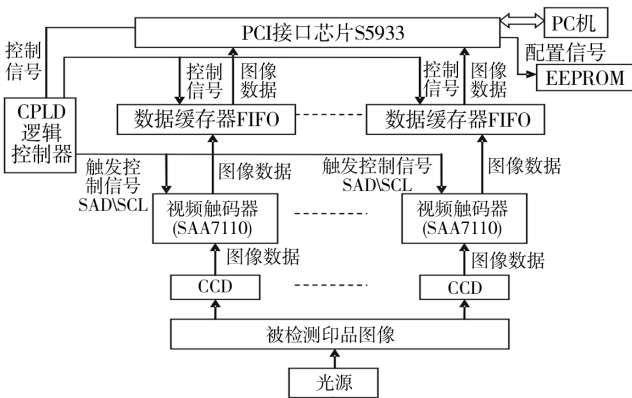


图 1 系统硬件结构

Fig. 1 Hardware structure diagram of the system

图像采集部分由照明光源、四路 CCD 相机、PCI 图像采集卡组成。其中,照明光源的好坏直接影响到整个检测系统的品质。多个 CCD 主要用来同步获取印品不同位置图像信息,并将图像光学信号转换为数字信号。PCI 图像采集卡由 PCI 接口芯片、EEPROM 和 CPLD 逻辑控制芯片、高速数据缓存 (FIFO)、视频解码芯片等构成,用来实现图像采集、缓存和传输功能。各部分名称及所选类型、作用见表 1。

计算机用来控制图像数据的采集与传输,以及完成图像拼接,去噪、角点提取与配准定位等预处理,特征提取与匹配检测,缺陷显示、分析与存储工作。

其总的工作流程如下:首先,计算机应用程序通过 PCI 总线向 CPLD 逻辑控制电路发出“采集开始”命令,CPLD 收到指令后通过虚拟 12C 总线控制方式来控制四路视频解码器开始解码,之后,同步输出的高速图像数据及同步信号到 FIFO 数据输入端缓存,当存储空间将要满时,向 PCI 总线控制器发出中断请求信号,PCI 总线控制器将中断信号转发到 PCI 图像采集卡,计算机响应此中断信号,通过 PCI 总线控制器读取 FIFO 中的数据,直至读取 FIFO 空为止。图像数据经由 PCI 总线以 DMA 方式快速送入计算机内存,由应用程序根据需要对其进行拼接、预处理、特征提取与匹配检测等。

1.2 系统软件设计

系统的软件设计包括:底层驱动程序设计和上层

表 1 图像采集各部分名称、选择类型及作用

Tab.1 Name, selected type and function of every part of image acquisition

组成部分名称	选择类型	作用
照明光源	6 500 K 高显色荧光灯	用来照明,其质量好坏直接影响到整个检测系统的品质
CCD	加拿大 DALSA 公司的 IL-E2 线阵 2 048 像素 TDICCD	同步获取印品图像信息,并将图像光学信号转换为数字信号
PCI 接口芯片	AMCC 公司专用 PCI 接口芯片 AMCC S5933	把标准接口电路集成在该芯片上,为接口电路设计带来便利,芯片的可编程性所具有的多工作模式,可使它适合多种不同的需要
EEPROM	2K ST93CS56 串行 EEPROM	存储厂家标识、设备标识及局部总线的基地址空间等
CPLD	Altera 公司的 MAX 7000A 系列复杂可编程逻辑器件 EPM7128A	实现数据传输通道的逻辑控制,完成对四路 CCD 相机、FIFO 及 S5933 的控制。利用 Quartus II 6.0 实现各种复杂逻辑控制,大大提高控制电路的集成度
FIFO	IDT 公司的双端口异步 FIFO IDT 7207	在 CCD 输出信号和 S5933 之间用作数据缓冲,防止数据丢失
视频解码芯片	Philips 公司的可编程数字图像视频解码芯片 SAA7110	应用 12C 总线的配置方式,实现对视频图像信号的采集

应用程序设计。对于底层驱动程序,选择 Microsoft 提供的 DDK 作为其开发环境,Visual C++ 6.0 作为其开发语言,该程序主要用来实现对 PCI 接口芯片 S5933 的相关底层操作。上层应用程序主要对采集到的图像进行拼接,预处理,特征提取与匹配检测,缺陷显示、分析与存储。

首先利用多个 CCD 同步采集待检测印品不同位置图像信息,然后采用文献[4]中提到的算法,把这些不同位置图像进行拼接,得到一幅完整的待检测印品图像。再用中值滤波算法对其进行去噪处理。之后,采用下面提出的算法完成存储在计算机中标准图像与待检测图像的角点提取与配准定位工作,从而使待检测图像与标准图像对准到同一物理位置上。然后再进行特征提取与匹配检测工作。本系统先提取出待检测图像与标准图像的灰度值特征,再用待检测图像减去标准图像,若对应像素点的灰度值差值大于给定阈值,则标记为残点,再统计块状残点的大小数量,便可判断所存在的缺陷。缺陷的显示与分析则由计算机结合事先存储在其内的数据库实现,该数据库存储了常见印刷缺陷所对应的块状残点的大小、数量及成因。当印刷品的缺陷与数据库中存储的某种缺陷所对应的块状残点的大小数量一致时,程序就会把该种缺陷的性能表现及成因调出来并显示到屏幕上,进而帮助操作人员很快找出故障原因,重新进行调整设置。最后的分析结果则存储到计算机中,以便今后查询所用。系统整个流程所涉及的算法都由 Visual C++ 6.0 语言编程实现。

2 一种新的图像配准算法的设计实现与相关实验

2.1 算法的设计实现

图像配准是一种在空间域匹配多幅图像的处理方法,它使同一场景的多幅图像中对应像素对准到同一物理位置。高精度的图像配准是印品质量检测的前提,它直接影响到整个检测工作的成功与否。常用的图像配准方法是基于点特征的方法,而角点是一种非常重要的图像点特征,它是图像像素点在其领域内的各个方向上灰度变换值足够高的点,包含了图像中比较丰富的二维结构信息,又称为“兴趣点”或“特征点算子”。

Harris 角点检测算法是一种常见的角点提取和配准算法,其所提取的角点具有旋转、平移不变性,稳

定性和一致性好等优点。但原始 Harris 角点检测算法^[5]在进行图像配准时速度较慢、精度较低且在特定情况下适应性较差,针对这些缺陷,系统采用了一种新的图像配准算法,即改进的 Harris 角点检测算法。该算法分 3 步:特征点提取;特征点匹配;对应到图像间变换。该算法首先用一种能更准确提取角点的角点响应函数式: $R = \det(\mathbf{M}) / [\text{tr}(\mathbf{M}) + \epsilon']$ 来提取角点,其中, $\det(\mathbf{M})$ 为与图像的自相关函数相联系的矩阵 $\mathbf{M}$ 的行列式, tr 为矩阵对角线元素的和, ϵ' 为一很小的数。同时,用窗口抑制非最大法^[5]、阈值设置及边界模板^[6]提高角点提取的精度与速度,用二次多项式 $ax^2 + by^2 + cxy + dx + ey + f = R(x, y)$ 来逼近角点反应函数 R ,从而找到角点的亚像素级精确位置。再用双向最大相关系数^[6]进行特征点对的粗匹配,然后再用随机采样符合法^[7]进行精匹配,并进行归一化坐标处理^[8],使算法更加稳定。最后再用直接线性变换(DLT)算法^[8]得出准确稳定的投影变换矩阵,再据该矩阵完成图像变换,从而实现图像正确配准定位。

2.2 实验及结果对比

下面用该算法实现 2 幅人物图像的配准,见图 2。

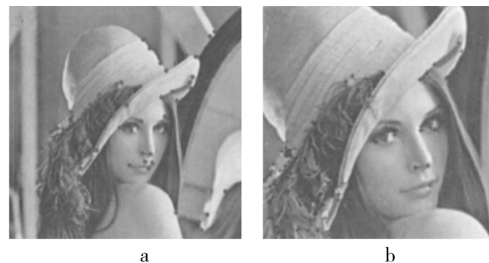


图 2 人物角点提取

Fig. 2 Corner extraction in the images of person

可以看到,图 2b 具有明显的旋转缩放,其配准难度要更大些。运用文献[9]中的算法对旋转缩放的图像进行配准时效果很差,而实验证明运用本算法却能得到很好的配准效果。首先,用上述算法分别对 2 幅人物图像进行角点提取,分别得到 112 和 93 个角点,对 2 幅角点提取图进行粗匹配的结果见图 3,得到了 51 对初始匹配点对,其中包含有错误的匹配点对。再将 2 幅图像对应的粗匹配角点叠加到一幅图上去,匹配成功的角点用线连接。结果表明仍存在部分错误的匹配点对。用随机采样符合法对上述结果进行精匹配后得到 15 对特征点对的结果,见图 4。可以看到,那些伪匹配点对已被剔除,

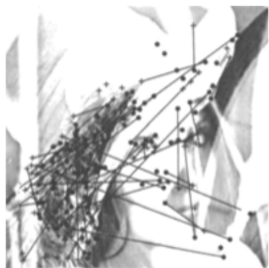


图3 BGCC算法粗匹配对
Fig. 3 Rough matching by BGCC



图4 RANSAC精匹配对
Fig. 4 Exact matching by RANSAC

从而实现了特征点对的正确匹配。再用计算出的投影变换矩阵对图 2a 进行逆向映射变换,最后得到配准图,见图 5,可以看到其配准效果很好。



图5 人物配准结果
Fig. 5 Registered image of person

同时应用改进前后的算法对上面的人物图像进行配准实验,以来对比算法性能,见表 2。

由表 2 看出,与原始算法相比,本算法所提取的角点性能更好,伪角点数减少、角点分布更为均匀,并且在运行时间和匹配率(精匹配与粗匹配特征点对之比)上都有了较大的提高。因此,新算法的配准速度

表 2 算法改进前后的对比

Tab.2 Comparison of algorithms before and after improvement

算法	提取角 点数/像素	提取角点 之性能	粗匹配 特征点对	精匹配特征 点对	运行时间 /s	匹配率 /%
原始算法	289/ 214	角点分布不均匀,伪角点数较多,部分特征点没有提取到	79	12	8.214	15
改进算法	112/ 93	角点分布较均匀,伪角点数较少	51	15	1.025	29

更快,精度更高,并且图像存在旋转缩放时也能得到很好的配准效果,因而其适应性更强,使用范围更为广泛。

3 结语

设计出了一种新的印刷图像检测系统,其相关程序和算法由 DDK 结合 VC 语言编程实现。该系统能实现大容量图像数据的实时采集、传输和大量印品图像的高速度、高精度配准检测,其适应性和实用性更强。该系统采用了专用 PCI 接口控制芯片和 CPLD 可编程逻辑控制器,简化了设计工作,缩短了检测控制周期,从而大大提高了系统的集成度和自动化程度。采用了一种新的图像配准算法,通过实验验证了该算法的优越性。

参考文献:

[1] 龚修瑞,刘昕.印刷品质量实时检测技术[J].包装工程,2003,24(6):45—49.
GONG Xiu-rui, LIU Xin. Real-time Detection Technology of Printing Quality [J]. Packaging Engineering, 2003, 24(6): 45—49.

[2] 龙姝颖,汪渤,谷重阳.一种基于 CPLD 的多通道数据采集系统的设计[J].微计算机信息,2006,22(7—2):203—205.
LONG Shu-ying, WANG Bo, GU Chong-yang. A Design of Multi-channel Data Acquisition System Based on CPLD [J]. Microcomputer Information, 2006, 22(7—2):203—205.

[3] 徐涛,黄鲁,王荣生.一种多 PCI 卡组成的高速同步图像

获取系统[J]. 计算机工程与应用, 2004(2):124—126.

XU Tao, HUANG Lu, WANG Rong-sheng. A High-speed and Synchronous Image Acquisition System Made up of Multiple PCI Cards [J]. Computer Engineering and Application, 2004(2):124—126.

- [4] 王长缨, 周名全. 一种多 CCD 图像拼接的快速算法[J]. 半导体光电, 2006(4):206—209.

WANG Chang-ying, ZHOU Ming-quan. A High-speed Algorithm of Multi-CCD Image Mosaics[J]. Semiconductor Photoelectricity, 2006(4):206—209.

- [5] HARRIS C, STEPHENS M. A Combined Corner and Edge Detector[C]. Proceedings of the 4th Alvey Vision Conference, UK, 1988:147—151.

- [6] STEFANO L D, MATTOCCIA S, MOLA M. An Efficient Algorithm for Exhaustive Template Matching Based on Normalized Cross Correlation[C]. Proceedings

of the 12th International Conference on Image Analysis and Processing, Los Alamitos CA, USA, 2003:322—327.

- [7] STEWART C V, MINPRAN. A New Robust Estimator for Computer Vision [J]. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1995, 17(10):925—938.

- [8] 周拥军, 寇新建. 基于坐标归一化和奇异值分解的直接线性变换解法[J]. 测绘科学, 2008(S1):212—214.

ZHOU Yong-jun, KOU Xin-jian. Direct and Linear Transformation Solution Based on Coordinate Normalization and Singular Value Decomposition[J]. Science of Surveying and Mapping, 2008(S1):212—214.

- [9] ZHANG Zheng-you, DERICHE R, FAUGERAS O, et al. A Robust Technique for Matching Two Uncalibrated Images Through the Recovery of the Unknown Epipolar Geometry[R]. INRIA Sophia-Antipolis, 1994:1—38.

(上接第 86 页)

3 调试结果和结论

系统的硬件连接好后, 将所编写的软件装入单片机内进行调试, 通过拨码盘模拟输入数字量来观察电机的运转情况。调试结果表明, 电机完全按照预想的运动进行旋转, 表明系统的设计达到了预期的目的。

本系统开发成功后, 为我国数控墨斗的研发提供了一个重要的方法和思路。该系统成本低, 系统的稳定性较好, 在实验条件成熟后经进一步的完善和性能的提高, 将应用于实际, 对推动我国数控墨斗技术的发展具有一定的意义。

参考文献:

- [1] 孙玉秋, 常瑞. 墨量微机控制实验系统的研制[J]. 北京印刷学院学报, 2002(9):12—15.

SUN Yu-qiu, CHANG Rui. Research and Development of PC Controlling Testing System for Ink Flow[J]. Beijing Printing Institute Journal, 2002(9):12—15.

- [2] 叶威. 胶印机遥控墨斗数字化设计与油墨流量分析[D]. 北京: 北京工业大学, 2009.

YE Wei. Digital Design for Remote Ink Fountain of Offset Press and Analysis of Ink Flow[D]. Beijing: Beijing University of Technology, 2009.

- [3] 张改梅, 王丽平. 纸张数字印刷工艺及质量的研究[J]. 包装工程, 2010, 31(1):90—92.

ZHANG Gai-mei, WANG Li-ping. Research on Paper

Digital Printing Process and Its Quality[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(1):90—92.

- [4] 缪伟. 印刷机墨量控制系统设计[D]. 上海: 上海交通大学, 2009.

MIAO Wei. Controlling System Design of Ink Flow of Printing Press[D]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University, 2009.

- [5] 管力明, 林剑. 胶印过程的控制特性分析[J]. 包装工程, 2007, 28(3):77—79.

GUAN Li-ming, LIN Jian. Analysis on Controlling Characteristics of Offset Printing Process[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(3):77—79.

- [6] 陈丽芳. 基于单片机的胶印机控制系统开发研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2004.

CHEN Li-fang. Research and Development of Offset Press Controlling System Based on Singlechip Technology[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2004.

- [7] 吕彦辉. 基于单片机技术的数字化印刷设备开发[D]. 北京: 北京工业大学, 2009.

LV Yan-hui. Development of Digital Printing Press Based on Singlechip Technology[D]. Beijing: Master Thesis of Beijing University of Technology, 2009.

- [8] 吕彦辉, 张跃明, 苏宇刚. 采用 PIC 单片机的墨斗电动机控制系统的设计[J]. 现代制造工程, 2009(7):125—127.

LV Yan-hui, ZHANG Yue-ming, SU Yu-gang. Design of Motor Controlling System for Ink Fountain Based on PIC Microcontroller[J]. Modern Manufacturing Engineering, 2009(7):125—127.