

文章编号: 0253-2239(2010)04-0984-05

印刷电路板光电图像获取与预处理研究

乔闹生^{1,2} 叶玉堂¹ 莫春华³ 黄永林¹

(¹ 电子科技大学光电信息学院, 四川 成都 610054; ² 湖南文理学院物理与电子科学学院, 湖南 常德 415000)

³ 四川大学制造科学与工程学院, 四川 成都 610065

摘要 为了获取完整且大面积的印刷电路板(PCB)光电图像,在淡入淡出的自然缝合算法的基础上,提出了一种基于硬件的图像自动拼接新算法,并分析了其基本原理。选择用中值滤波滤除图像中的噪声。针对获取后的 PCB 光电图像整体偏暗的特点和其直方图中出现灰度冗余的情况,提出了去灰度冗余与灰度变换结合起来的图像增强新算法,并分析了其基本原理。用图像自动拼接算法得到了完整且大面积的 PCB 光电图像实验结果;用完整图像中的局部小图像从主观与客观两方面对几种图像增强算法的增强效果进行了比较,本图像增强算法的增强效果较好。

关键词 图像处理;印刷电路板光电图像;线阵 CCD;图像自动拼接;图像增强

中图分类号 TP391 文献标识码 A doi: 10.3788/AOS20103004.0984

Study of Capturing and Preprocessing of Printed Circuit Board Photoelectric Image

Qiao Naosheng^{1,2} Ye Yutang¹ Mo Chunhua³ Huang Yonglin¹

¹ School of Optoelectronic Information, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu, Sichuan 610054, China

² School of Physics and Electronics, Hunan University of Arts and Science, Changde, Hunan 415000, China

³ College of Manufacturing Science and Engineering, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610065, China

Abstract On the basis of natural suture algorithm of fade in and fade out, a novel image automatic mosaic algorithm based on hardware is presented in order to capture whole and massive printed circuit board (PCB) photoelectric image, and its basic principle is analyzed. Noise in the PCB photoelectric image is filtered through median filtering. Because of the character of unitary obscuration of the image captured and its gray redundancy in image histogram, a novel algorithm of image enhancement that combines removing gray redundancy and using gray transform is presented, and its basic principle is analyzed. The whole and massive PCB photoelectric image is captured by the image mosaic algorithm proposed in the experiment. After image preprocessing, the enhancement result of the small part of the whole and massive PCB photoelectric image with our enhancement algorithm is better than that by other enhancement algorithms on the aspects of subjectivity and objectivity.

Key words image processing; printed circuit board photoelectric image; linear array CCD; image automatic mosaic; image enhancement

1 引 言

在印刷电路板(PCB)检测与识别系统中,PCB 光电图像的获取与预处理十分重要,不少学者对它进行了研究^[1~4]。

在大面积 PCB 光电图像的获取系统中,由于 CCD 的视场^[5]限制,采用线阵 CCD 所拍摄的只是沿 PCB 某一方向的局部图像,因而必须对局部图像进行拼接处理从而获取完整的 PCB 光电图像。而

收稿日期: 2009-05-18; 收到修改稿日期: 2009-06-09

基金项目: 国家重点实验室基金(9140C1406020708), 粤港关键领域重点突破项目(20091683)和湖南省科技计划项目(2009FJ3187)资助课题。

作者简介: 乔闹生(1971—),男,博士研究生,讲师,主要从事光电图像处理及光信息处理等方面的研究。

E-mail: naoshengqiao@163.com

导师简介: 叶玉堂(1946—),男,教授,博士生导师,主要从事红外热图像处理和光学工程等方面的研究。

E-mail: ytye@uestc.edu.cn

拼接后的 PCB 光电图像由于在获取过程中外界条件、CCD 设置方面及拼接算法本身原因, 所得图像含有噪声、整体偏暗且对比度不高, 给图像识别等后续工作带来了困难。因而对 PCB 光电图像进行去噪、增强处理是其预处理的重要过程。

在图像拼接方面, 国内外已经有了很多研究。如冯忠耀等^[6]在数字全息中利用图像拼接测量大物体的三维形貌; 杨占龙等^[7]针对基于特征匹配的传统图像拼接方法对旋转和噪声敏感的问题, 提出了一种基于兴趣点伪泽尼克矩的图像自动拼接技术; 杨甬英等^[8]利用模板匹配原理对获得的 x, y 两方向扫描的子孔径图像进行拼接得到全孔径表面疵病图像信息; X. Dal 等^[9]提出了在纯配准应用中采用模板匹配的穷尽搜索算法; Lingjia Gu 等^[10]提出了基于兴趣点匹配的目标图像拼接算法; S. B. Kiran 等^[11]提出用图像拼接进行运动检测与分割。本文根据 PCB 光电图像的具体情况, 采用基于硬件的图像自动拼接算法获取了一副无缝、完整且大面积的 PCB 光电图像。根据 PCB 图像的具体情况采用中值滤波器尽可能地滤除各种噪声。

在图像增强的研究中, 常用的算法是直方图均衡化(HE)算法^[12]及与其有关的其他一系列算法^[13~16]。如 M. Virgil 等^[13]提出的平台直方图均衡算法; P. G. Igor 等^[14]提出的非线性局部修正算法; S. Y. Sun 等^[15]提出的基于二维直方图分析的图像增强算法; 李怀琼等^[16]提出的自适应输出窗技术。但这些算法都不适合于拼接处理后对比度低的 PCB 光电图像。本文采用去灰度冗余(RGR)与灰度变换(GT)结合起来的算法, 既完全保留了图像的非冗余灰度级, 又使得图像细节清晰可见。

2 PCB 光电图像的获取与预处理

2.1 PCB 光电图像的获取

由于 CCD 摄像机的视场限制, 单个 CCD 很难拍摄到清晰不畸变且完整的大面积 PCB 光电图像。采用线阵 CCD, 令其沿 PCB 宽度方向拍摄。在 PCB 长度方向上只有单个 CCD, 因而得到的只是沿 PCB 宽度方向的一行局部条形图像。

为了获取完整且大面积的 PCB 光电图像, 采用基于硬件的图像自动拼接新算法: 使 PCB 在传送带的匀速带动下穿过 CCD 阵列, PC 机中的图像采集卡不断采集 CCD 拍摄的局部图像, 由软件编制程序将多幅沿 PCB 宽度方向拍摄的一系列局部重叠图像进行无缝自动拼接, 最后拼接成一幅完整大面积

PCB 光电图像。

对相邻两个局部条形图像的拼接采用图 1 所示的淡入淡出的自然缝合算法。其中阴影部分为相邻两个局部条形图像在完整 PCB 光电图像长度方向上的重叠部分。通过该算法, 使得由两幅局部 PCB 光电图像拼接而成的新图像用人眼看上去没有明显的接缝。

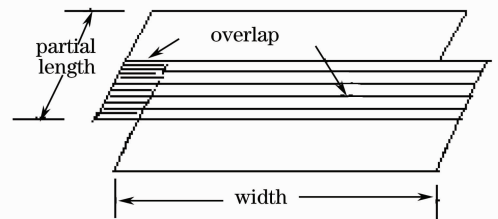


图 1 局部 PCB 光电图像拼接原理

Fig. 1 Mosaic principle of partial PCB photoelectric image

算法的基本思想为: 将第一幅局部 PCB 光电图像和第二幅局部 PCB 光电图像的重叠区域(即第一幅局部图像的末尾与第二幅局部图像的开始的公共部分)按一定的加权值合成新图像, 合成公式为

$$I_{12} = (1 - \beta)I_1 + \beta I_2, \quad (1)$$

式中的 I_1, I_2 分别为第一幅、第二幅局部 PCB 光电图像的重叠部分; I_{12} 为合成的新图像; β 为加权系数 ($0 < \beta < 1$), 由 1 逐渐变为 0。

首先, 用上述算法完成开始两幅局部 PCB 光电图像的无缝拼接, 实现图像重叠处均匀过渡, 使图像自然缝合。

然后, 用同样算法逐个与下一副图像采集卡采集的局部图像进行无缝拼接, 从而由软件编制程序自动拼接出最后的完整且大面积的 PCB 光电图像。

2.2 PCB 光电图像的预处理

由于外界杂散光、CCD 电子噪声、光源的不稳定不均匀、机械系统的抖动等原因, 不可避免地使图像含有噪声与模糊。根据获取的图像具体情况, 综合比较, 采用中值滤波器能尽可能地滤除图像中各种噪声。

若因在获取过程中外界条件、CCD 设置方面及拼接算法本身原因使得 PCB 光电图像的主要缺点是整体偏暗, 则图像像素的灰度分布主要集中在直方图的低灰度级范围内, 而在高灰度级出现灰度冗余, 从而导致图像的动态范围过窄, 对比度不强, 因而必须对经拼接处理后的 PCB 光电图像进行增强处理。

设待增强的灰度图像为 $f_0(x, y)$, 经 RGR 后得到的图像为 $f(x, y)$ 。假设一幅 PCB 光电图像, 其输出显示灰度级范围为 $[0, 255]$, 其灰度分布集中在

$[M, N]$ 范围内, 在 $[0, M)$ 和 $(N, 255]$ 范围内出现灰度冗余。

设 z 表示 $f_0(x, y)$ 的灰度级, $f(z)$ 表示 $f(x, y)$ 的灰度级, 256 表示并不存在的灰度级 (因为图像显示的灰度级范围为 $[0, 255]$, 以此来完全删去 $f(x, y)$ 中的灰度冗余), 则

$$f(z) = \begin{cases} \frac{255}{M-N}(z-N) & N \leq z \leq M \\ 256 & \text{others} \end{cases} \quad (2)$$

由 (2) 式可见, 该算法不会损失灰度级, 而且完全消除了无用的灰度冗余信息。

设 $f_0(x, y)$ 的灰度直方图为 $h(z) (0 \leq z \leq 255)$, 则变换后得到的 $f(x, y)$ 的灰度直方图为 $h[f(z)] [0 \leq f(z) \leq 255]$ 。由 (2) 式得到的 $f(z)$ 可能为非整数, 为了使灰度级等间距排列, 需对 $f(z)$ 取整数为 $\text{ent}[f(z)]$, 其中 ent 表示取整运算符, 则 $f_0(x, y)$ 与 $f(x, y)$ 的灰度直方图关系为

$$h(z) = h\{\text{ent}[f(z)]\} \quad (3)$$

文献 [16] 的红外图像的像素在较高灰度级分布密集, 而本文的 $f_0(x, y)$ 的像素在较低灰度级分布密集, 加之 $f(x, y)$ 是通过 $f_0(x, y)$ 经 RGR 后得到的, 因而 $f(x, y)$ 虽然均匀变亮, 轮廓清晰, 但整体仍偏暗, 对比度不太高。为克服这些缺点, 再结合以下灰度变换得到新的增强图像, 其关系式为

$$g(x, y) = \begin{cases} f(x, y) & 0 \leq f(x, y) \leq T \\ \alpha f(x, y) & T < f(x, y) \leq 255 \end{cases} \quad (4)$$

式中 $g(x, y)$ 为最后得到的 PCB 光电图像; T 为划分背景和目标的阈值, 其大小视不同的 PCB 光电图像具体情况自适应调节; α 为增强系数 $\alpha > 1$ 。可见, 在背景不变的情况下增强了目标, 从而进一步提高了对比度。

3 实验结果与分析

采用如图 2 所示的 PCB 检测实验系统来获取大幅面的 PCB 光电图像。传送带在高精度步进/伺服电机系统的带动下匀速转动; PCB 在传送带的带动下因摩擦力作用做高精度匀速直线运动; 线阵 CCD 是采用数个 CCD 组成 PCB 宽度方向的一维阵列, 沿 PCB 宽度方向分布; 高亮度线状光源在 PCB 上方沿 PCB 宽度方向固定, 照射 CCD 正下方的局部 PCB; 由线阵 CCD 摄取的局部 PCB 光电图像经 PC 机中的图像采集卡采集, 由 Visual C++ 编制程序采取自动拼接算法完成图像拼接工作, 随着 PCB 的匀速直线运动, 最后得到了完整大面积的 PCB 光电图像。

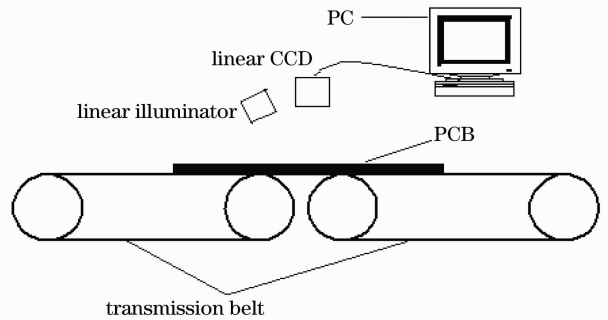


图 2 PCB 检测实验系统工作原理图

Fig. 2 Principle of PCB detection system

图 3(a) 是获取图像中的 2 幅相邻局部 PCB 光电图像; 图 3(b) 是由 20 幅局部 PCB 光电图像在 PCB 长度方向上由自动拼接算法拼接而成的完整且大面积 PCB 光电图像。可见拼接后的图像用人眼看上去没有拼接痕迹, 是一副无缝的完整 PCB 光电图像。该实验中采用中值滤波器滤除完整 PCB 光电图像噪声。

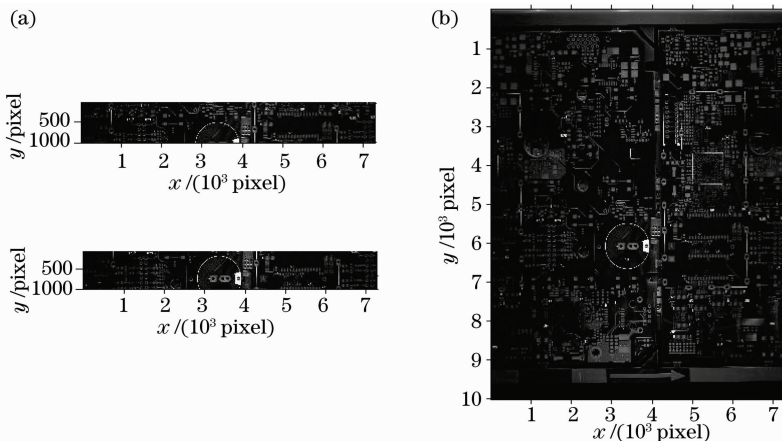


图 3 获取的 PCB 光电图像。(a) 相邻局部图像, (b) 全景 PCB 光电图像

Fig. 3 PCB photoelectric image obtained. (a) neighbor local PCB image; (b) whole PCB photoelectric image

所获取的完整 PCB 光电图像主要缺点是整体偏暗、对比度不高,其对应灰度直方图如图 4 所示。可见图像的灰度集中于低灰度级,而在高灰度级出现了灰度冗余。

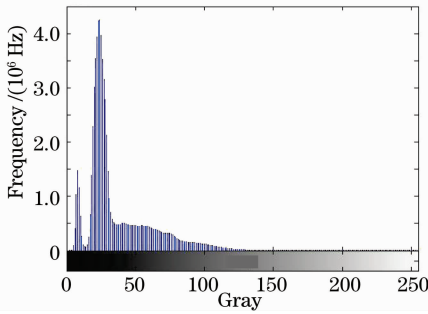


图 4 图 3(b)的灰度直方图

Fig. 4 Gray histogram of figure 3(b)

为了使获取的图像亮度变高、细节明显,必须对其进行增强处理。从完整图像中取一局部小图像进行实验,首先将其变为灰度图像如图 5(a)所示;采用 HE 算法得到图 5(b)所示的增强图像;采用文献 [16]算法得到图 5(c)所示的增强图像;采用本文算法取 $M=87, N=18, T=22, \alpha=1.18$ 时变换得到图 5(d)的增强图像。

从实验结果可见:因采用 HE 算法在增强目标的同时也增强了背景与噪声,所得图像亮度过高、细节不明显,看起来较生硬、粗糙;采用文献 [16]算法所得图像亮度较均匀且细节清晰,看起来较细腻、灵活,但图像仍然整体偏暗、对比度不高;采用本文算法的图像增强效果除了保留文献 [16]算法的优点外,图像的整体对比度得到了提高。

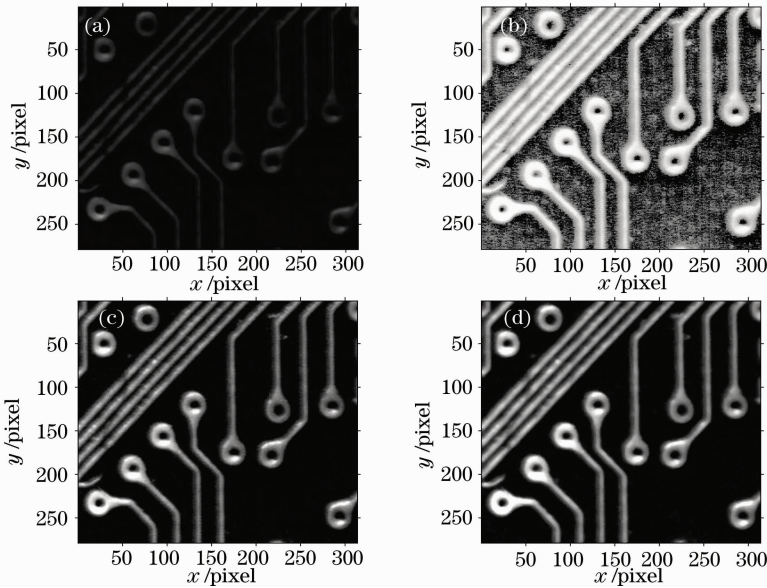


图 5 PCB 局部图像增强结果。(a)拼接后的灰度图像;(b)HE 算法增强后的图像;(c)文献 [16]算法增强后的图像;(d)本文算法增强后的图像

Fig. 5 Enhancement results of PCB local image. (a) gray image after mosaic; (b) image enhanced by HE; (c) image enhanced by Ref. [16]; (d) image enhanced by the algorithm in this paper

为了定量评价图像增强效果,将对比度定义为^[17]

$$C = \frac{g_t - g_b}{g_t + g_b}, \quad (5)$$

式中的 g_t 表示目标的平均灰度, g_b 表示背景的平均灰度。

可得图 5 中各图像的对比如表 1 所示。表 1 图像增强效果的定量评价也进一步说明了本文算法的图像增强效果较好。

表 1 图 5 中不同图像的对比如值

Table 1 Contrast of different images in Fig. 5

(a)	(b)	(c)	(d)
0.3056	0.4236	0.4735	0.4912

4 结 论

分析了图像自动拼接新算法及结合 RGR 与 GT 的图像增强新算法的基本原理。采用图像自动拼接新算法在硬件作为平台的基础上获取了一副无缝的整体偏暗的完整且大面积的 PCB 光电图像;对图像采用中值滤波器滤波后,取局部小图像进行 RGR 与 GT 相结合的图像增强实验,从主观与客观两方面与另外几种图像增强算法的增强效果进行了比较,本文算法得到了较好的增强效果。

参 考 文 献

- 1 K. Chomsuwan, A. S. Yamad, A. M. Iwahar. Improvement on defect detection performance of PCB inspection based on ECT technique with multi-SV-GMR sensor[J]. *IEEE T. Magn.*, 2007, **43**(6): 2394~2396
- 2 K. Chomsuwan, S. Yamada, M. Iwahara *et al.*. Application of eddy current testing technique for high-density double layer printed circuit board inspection[J]. *IEEE T. Magn.*, 2005, **41**(10): 3619~3621
- 3 S. Yamada, K. Nakamura, M. Iwahara *et al.*. Application of ECT technique for inspection of bare PCB[J]. *IEEE T. Magn.*, 2003, **39**(5): 3325~3327
- 4 T. Taniguchi, D. Kacqrzak, S. Yamada *et al.*. Wavelet based processing of ECT images for inspection of printed circuit board [J]. *IEEE T. Magn.*, 2001, **37**(7): 2790~2793
- 5 Ai Lili, Yuan Feng, Ding Zhengliang. Further study on radial distortion model for photographic objective [J]. *Acta Optica Sinica*, 2008, **28**(10): 1930~1933
艾莉莉, 袁 峰, 丁振良. 照相物镜径向畸变模型的再商讨[J]. *光学学报*, 2008, **28**(10): 1930~1933
- 6 Feng Zhongyao, Jia Fang, Zhou Jinghui *et al.*. Three-dimensional surface shape measurement of big objects by image splicing in digital holography [J]. *Chinese J. Lasers*, 2008, **35**(12): 2017~2021
冯忠耀, 贾 昉, 周景会 等. 数字全息中利用图像拼接测量大物体的三维形貌[J]. *中国激光*, 2008, **35**(12): 2017~2021
- 7 Yang Zhanlong, Guo Baolong. Image mosaic technique based on Pseudo-Zernike moments of interest point[J]. *Chinese J. Lasers*, 2007, **34**(11): 1548~1552
杨占龙, 郭宝龙. 基于兴趣点伪泽尼克矩的图像拼接[J]. *中国激光*, 2007, **34**(11): 1548~1552
- 8 Yang Yongying, Lu Chunhua, Liang Jiao *et al.*. Microscopic dark-field scattering imaging and digitalization evaluation system of defects on optical devices precision surface[J]. *Acta Optica Sinica*, 2007, **27**(6): 1031~1038
杨甬英, 陆春华, 梁 蛟 等. 光学元件表面缺陷的显微散射暗场成像及数字化评价系统 [J]. *光学学报*, 2007, **27**(6): 1031~1038
- 9 X. Dal, S. Khorram. A feature-based image registration algorithm using improved chain-code representation combined with invariant moments[J]. *IEEE T. Geo Sci. Remote.*, 1999, **37**(5): 2351~2362
- 10 Lingjia Gu, Shuxu Guo, Shuzhi Ren *et al.*. Target image mosaic algorithm based on interest points matching [C]. International Conference on Communications, Circuits and Systems, 2007. 755~759
- 11 S. B. Kiran, S. Mahesh, K. K. Pradeep. Motion detection and segmentation using image mosaics [C]. IEEE International Conference on Multi-Media and Expo, 2000, **3**: 1577~1580
- 12 C. G. Rafael, E. W. Richard. Digital Image Processing[M]. Fran. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2002. 88~94
- 13 M. Virgil, E. Vickers. Plateau equalization algorithm for realtime display of high-quality infrared imagery [J]. *Opt. Eng.*, 1996, **35**(7): 1921~1926
- 14 P. G. Igor, V. V. Mikhail. Distorted images enhancement by the nonlinear local histogram modification method [C]. *SPIE*, 2002, **4541**: 393~400
- 15 S. Y. Sun, Z. L. Jing, Z. H. Li *et al.*. Infrared image enhancement based on two-dimensional histogram analysis [C]. *SPIE*, 2003, **5203**: 729~736
- 16 Li Huaiqiong, Chen Qian. An adaptived output window technique based on gray redundancy for infrared image[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2006, **35**(9): 1426~1430
李怀琼, 陈 钱. 基于灰度冗余的红外图像自适应输出窗技术 [J]. *光子学报*, 2006, **35**(9): 1426~1430
- 17 Xu Jun, Liang Changhong, Zhang Jianqi. A new approach to IR image enhancement [J]. *J. Xidian University*, 2000, **27**(5): 546~549
徐 军, 梁昌洪, 张建奇. 一种红外图像增强的新方法[J]. *西安电子科技大学学报(自然科学版)*, 2000, **27**(5): 546~549