

基于小波变换的 PCB 图像拼接

罗 兵, 章 云, 曾歆懿, 李秀霞

(广东工业大学 自动化学院, 广东 广州 510090)

摘要: 在印刷电路板 (PCB) 的机器视觉检测中需要通过图像拼接来得到整个 PCB 的图像, 传统的图像配准拼接技术由于光照干扰效果不好. 用图像的小波分解高频系数去掉反映光照渐变的低能量系数后, 可以较好地避免光照不均匀的干扰, 分别利用有效垂直高频系数的垂直投影和水平高频系数的水平投影可以快速水平配准和垂直配准, 低频部分作拼接的灰度渐变平滑处理.

关键词: 图像拼接; 小波变换; 图像配准; 机器视觉

中图分类号: TM 930

文献标识码: A

文章编号: 1007-7162(2007)03-0073-03

在印刷电路板 (PCB) 表面贴片安装的自动机器视觉检测 (AOI) 中, 为了保证检测精度, 图像采集的分辨率要求达到 $20 \mu\text{m}/\text{像素}$, 即 1270 dpi 这样即使 600 万像素的 CCD 也只能达到 $4 \text{ cm} \times 6 \text{ cm}$ 的视野 (FOV), 事实上目前 AOI 的图像采集视野就是在 cm 数量级^[1]. 这样检测整个 PCB 必须借助高精度 X-Y 移动平台来移动 CCD 或 PCB 板, 逐帧采集图像, 然后分析检测^[2].

但在最初采集后, 需要得到整个 PCB 板的信息, 以确定检测时的采集路线、采集位置、范围, 以避免无元件的非检测区的采集和对小元件不必要的分隔^[3]. 因此必须用逐帧移动采集的图像来进行图像拼接以得到整个 PCB 的图像.

图像的拼接或镶嵌包括重叠部分的图像配准和接缝处的接缝消除两部分. 由于 AOI 的工程环境, 使得传统的图像配准方法应用效果不好. 具体工程特点为: 1) 因为 AOI 的放大, 光照较弱且不均匀, 对采集的图像影响很大, 表现为图像中间亮, 周围渐暗, 两幅拼接图像的重叠配准部分的灰度变化趋势是相反的. 2) AOI 各帧图像的旋转误差很小, 可以忽略. 3) PCB 图像纹理有其特点, 可以在拼接的配准时加以利用. 4) AOI 对检测速度有实时性要求, 所以必须改进算法的复杂度.

本文拟结合 AOI 检测的工程实际, 对其图像拼接进行了研究和实验.

1 基于小波分解高频系数的图像配准

AOI 中采集的图像受光照不均匀的干扰, 图 1 是两幅待拼接图像, 图 2 是图 1 中取第二幅图的重

叠部分作模板, 在第一幅图中作水平移动互相关处理找匹配位置的结果^[4], 由于光照不均匀的影响, 在像移 311 像素点处的互相关峰值基本被噪声掩盖.

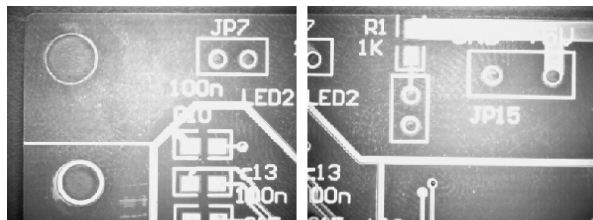


图 1 移动 CCD 采集得到的 2 幅待拼接 PCB 图像

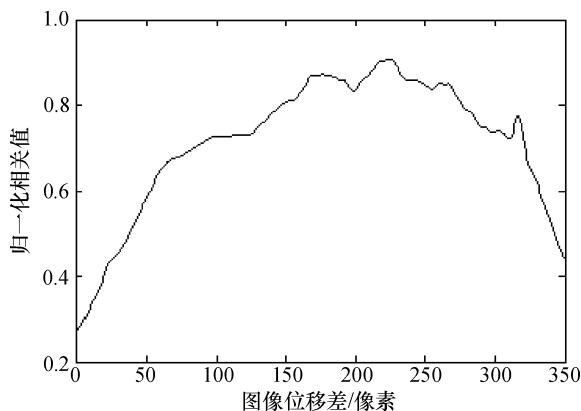


图 2 直接互相关运算结果

1.1 小波分解系数的特性

小波变换具有良好的时频分辨性能. 图像配准依据的是图像的轮廓, 而小波分解的高频系数正好反映了图像的变化轮廓. Xu^[5]等提出了基于小波分解高频系数相关的配准方法, 黄铜城^[6]等提出了以被嵌入图像的低频部分作背景、结合嵌入图像的高频系数重新合成的消除镶嵌接缝的方法. 如图 3 是图 1 原始图像的小波分解垂直系数, 它反映了图像中水平方

收稿日期: 2006-12-11

作者简介: 罗 兵 (1966-), 男, 副教授, 主要研究方向为智能控制与信息处理技术.

向的灰度变化,即图像中物体的垂直轮廓.

从图 3 可以看到,光照不均匀虽然还存在,但由于其是渐变,所以其能量和物体的轮廓变化相比数值很小.图 4 是该小波分解系数的水平互相关结果,峰值尖锐、突出,可以准确找到水平偏差位置.

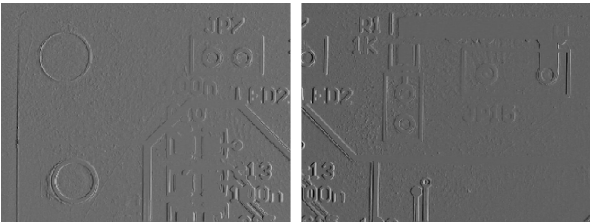


图 3 图 1 的小波分解垂直高频系数

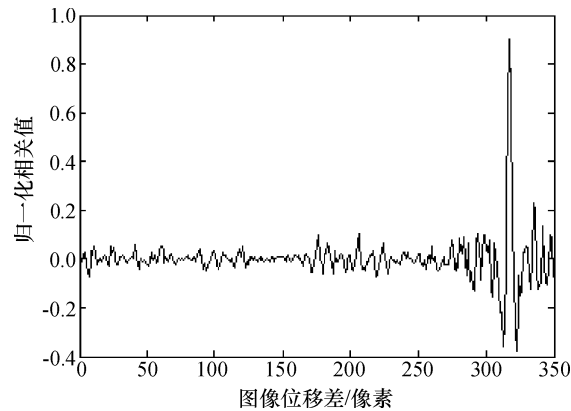


图 4 小波分解垂直系数的水平位移互相关结果

1.2 基于图像投影的快速配准

在 PCB 贴片安装机器视觉检测 (AOI) 的具体工程应用中,贴片生产线对 AOI 检测速度有实时性要求^[2].而互相关处理的运算量是很大的, $M \times N$ 的模板互相关的计算量为 $(M \times N)^2$ 次乘运算,这样加上小波变换的时间开销,无法满足检测的时间要求.

考虑到 AOI 中的 $X - Y$ 移动平台精度较高,误差为 $6 \sim 10 \mu\text{m}$,即小于 1 个像素.这样水平拼接图像配准时直接利用图像的垂直投影,将配准图像数据从 2 维降低到 1 维,可以大大减少运算量^[6].垂直拼接图像则利用图像的水平投影.

在 PCB 贴片 AOI 工程实际中,由于图像放大、光照的干扰,直接作图像灰度投影与直接作互相关运算配准一样,配准精度差,甚至难以配准.结合小波分解高频系数的特点来作投影,则可以得到较好的效果.

1.3 小波分解高频系数的投影

如图 3 是图 1 的小波分解的垂直高频系数,它较好地反映了原图像在垂直方向的轮廓,图 4 显示了利用其作水平偏差互相关计算的良好结果.为减小计算量,我们用小波分解系数作投影代替 2 维互

相关运算.如图 5 是图 1 的两幅图像分别作小波分解后垂直高频系数的垂直投影.从图中可以看出两幅图像的相似性,已看不出光照的变化,但其渐变干扰仍然存在,表现为低能量的噪声.

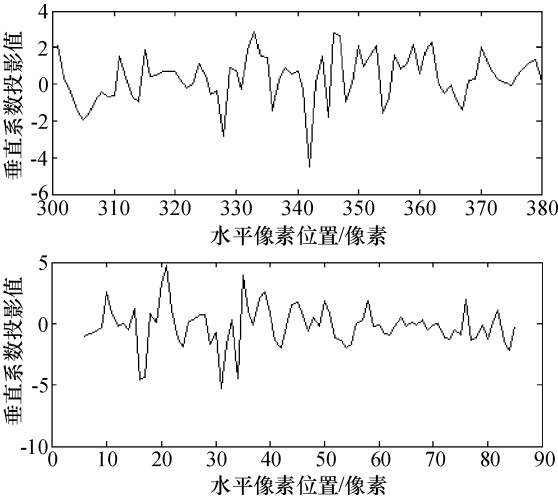


图 5 图 1 中重叠部分小波分解垂直高频系数的垂直投影

1.4 小波分解高频大系数投影的快速配准

与基于阈值的小波变换降噪方法类似,在小波分解高频系数中设定阈值,绝对值小于阈值的认为是噪声,取值为零.实际上,在这里的 AOI 采集的图像中,光照的不均匀表现为渐变,在高频域表现为低能量的系数;而物体轮廓变化明显,表现为高能量大系数.而且这里分解后的高频系数是用于配准,而不用再合成恢复^[2],所以可以去掉低能量的高频小系数.阈值的确定需要根据具体的图像,也可根据具体图像的高频系数最大幅度乘以系数来确定.图 6 为图 1 的图像小波分解后的垂直高频系数经取阈值为 20 去除低能量小系数后的垂直投影.

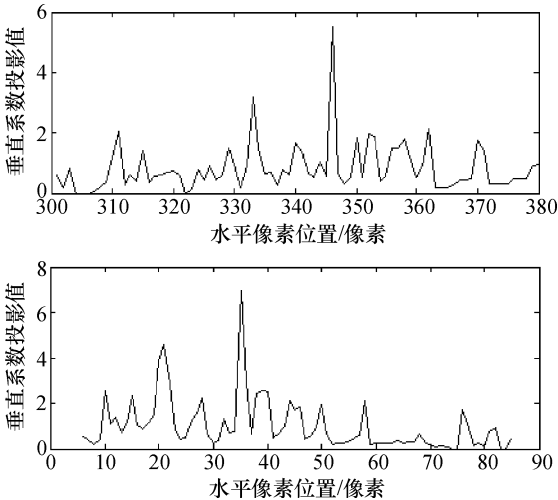


图 6 图 1 中重叠部分的小波分解垂直高频大系数投影

从图 6 中可以看出,图像小波分解后的高频系

数, 去除噪声干扰等低能量系数后, 剩下的高频小波系数反映了图像的主要轮廓, 其中两幅图像重叠部分经处理后相似性很好. 由于在 AOI 的具体工程实际中, 偏差相对固定, 所以不必再做互相关计算, 可以直接在预计的水平偏差位置附近求该垂直高频小波大系数垂直投影的极大值位置, 即可快速得到两幅图像的水平偏差. 同理通过水平高频小波大系数的水平投影极大值的位置, 可以得到垂直偏差, 从而实现快速配准.

2 图像接缝的灰度渐变平滑

待拼接的图像配准后, 直接连接会有明显的接缝, 在 AOI 工程实际中由于光照不均匀会更明显. 接缝处直接取平均也仍然有接缝痕迹, 这些都会对后续的图像分割产生误差. 为此可以采取距离灰度渐变的方法, 接缝重叠处的灰度随距离的增加, 取各图的灰度比例减小来合成.

$$F(i, j) = F_1(i, j) \times \left(1 - \frac{j - x_d}{m_d}\right) +$$

$$F_2(i - y_d, j - x_d) \times \frac{j - x_d}{m_d},$$

$F(i, j)$ 为接缝处 (i, j) 像素点处理后的灰度值, F_1 、 F_2 为待拼接的两幅图像上对应的像素点的灰度值, x_d 、 y_d 分别为两幅图像的水平偏差和垂直偏差, m_d 为拼接时接缝重叠部分的宽度.

3 实验和结论

我们按本方案进行 AOI 实际图像采集拼接实验. 图像采集的光学放大为 0.35×, CCD 为 768×576 像素的 1/2 inch 黑白 CCD, X-Y 移动平台精度为 10 μm. 这样视野约为 2.5 cm×1.8 cm, 采集时每次水平移动 2 cm, 一行采集后垂直移动 1.3 cm. 分别对多块不同大小的电路板进行了图像采集拼接实验. 如图 7 为 4 幅图像拼接的效果.

拼接时, 先完成各行图像的水平拼接, 然后进行行间的垂直拼接.

分别对 8 cm×6 cm、12 cm×10 cm、25 cm×20 cm 等各种规格的绿、红、蓝、黑、黄等各色基板的

PCB 进行采集拼接, 结果均快速、准确地配准, 拼接接缝平滑, 显示了本算法良好的鲁棒性.

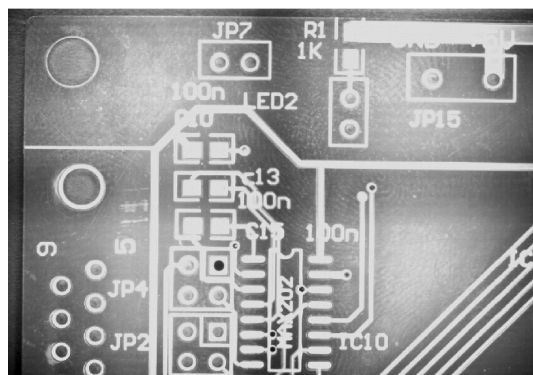


图 7 4 幅图像拼接后的结果

实验结果表明: 本文提出的基于小波分解大系数 X-Y 方向投影的快速配准拼接方案, 不受光照不均匀的干扰, 鲁棒性强, 速度快, 在 PCB 贴片安装生产自动机器视觉检测的工程实践中有实际应用价值. 在其它要求快速图像配准、图像镶嵌拼接的应用领域也可以结合具体实际进行推广应用.

参考文献:

- [1] GALLEGOS-HERNANDEZ A, RUÍZ-SANCHEZ F J, VILLALOBOS-CANO J R. 2D automated visual inspection system for the remote quality control of SMD assembly[C]// Proc of IEEE 28th Annual Conference of the Industrial Electronics Society. 2002, 3: 2219-2224.
- [2] 罗兵, 章云. SMT 质量缺陷和 AOI 检测方法[J]. 电子质量, 2006, 238(6): 30-32.
- [3] HWA-JUNG K, TAE-HYOUNG P. A clustering algorithm for path planning of SMT inspection machines[C]// Proc of the Annual Conf of the Society of Instrument and Control Engineers. 2003, 3: 2869-2874.
- [4] XU D, PAUL B, SHI J Y. Images mosaics based on complex wavelet decomposition[J]. Journal of Software, 1998, 9(9): 656-661.
- [5] 黄铜城, 胡运发. 基于多分辨率特征的图像镶嵌技术[J]. 计算机工程, 2006, 32(7): 23-25.
- [6] 侯舒维, 郭宝龙. 一种图像自动拼接的快速算法[J]. 计算机工程, 2005, 31(15): 70-72.

(下转第 99 页)

参考文献:

[1] 沈祖炎, 陈扬骥. 网架与网壳 [M]. 上海: 同济大学出版社, 1997

[2] 尹德钰, 刘善维, 钱若军. 网壳结构设计 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1996

[3] 尚晓江, 邱峰. ANSYS结构有限元高级分析方法与范例应用 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006

[4] 刘宗法. 单层球面网壳的优化设计 [J]. 重庆建筑大学学报, 2005(2): 27

[5] 沈世钊. 网壳结构的稳定性 [J]. 土木工程学报, 1999 (12): 32

[6] 钱若军. 网壳结构稳定性分析的建模 [J]. 建筑结构学报, 2003, 24(3): 10-15

An Optim ization Design of Schwedler Reticulated Shells

SUN Shang L U Ha+ jun

(Faculty of Civil Engineering and Architecture, Northwestem Polytechn ical Un iversity, Xi' an 710072, China)

Abstract In the light of the imperfections of the selection of the Reticu lated shell optim ization variants only lim ited to the sections in the present documents, this paper proposes comprehensive optim ization design including the shelly radius, net size(the shelly nodes number and the layers number), the diameter and thickness of steel tube, taking Schwedler Reticu lated Shell as an example. The results of optim ization indicate that it is remarkable.

Key words optim ization design, Hook-Jeeves Pattern Search, stability analysis

(上接第 75页)

Printed Circuit Board Image Mosaics Based on W avelet Transform ation

LUO Bing ZHANG Yun, ZENG Xin-yi, JI Xi-xia

(Faculty of Au tom ation, Guanglong Un iversity of Technobgy, Guangzhou 510090, China)

Abstract In PCB SMT assembly automatic machine vision inspection, image mosaic is necessary for getting an entire PCB image. Because of inhomogeneous illum ination in this engineering image capture, conventional mosaic methods didn' t word well. H igh frequency coefficients of wavelet decomposition can reflect the contour of the image and that of illum ination variety is relative small, so image mosaic based on wavelet decomposition can be robust for PCBA inspection. Using projection of wavelet decomposition coefficients to replace mutual correlation can simplify the calculation from 2D to 1D. Experimental results show this approach is effective, robust and quick.

Key words image mosaic, wavelet transform ation, image registration, machine vision