

基于图像仿真处理的光学元件检测

郭 龙 彭云峰 张 瑞

(厦门大学 物理与机电工程学院机电系, 福建 厦门 361005)

摘 要: 基于图像拼接与处理来实现非球面光学元件的初步检测, CCD摄像头首先将采集到的视频信号数据经DM642芯片转换成YUV格式,接着将Y信号(灰度信号)经JTAG口运用RTDX(Real-Time Data Exchange)技术传输到主机端,主机端利用matlab处理接收到的图像灰度数据,采用harris角点算法提取出图像角点,运用归一互相关法对角点进行匹配并拼接图像,最后运用sobel算法和canny算法对拼接后的图像进行轮廓提取处理,能有效观测到大尺寸光学元件表面裂纹、划痕等缺陷分布,可以验证这是一种有效的非球面光学元件进行精密加工前的检测方法。

关键词: 光学元件; RTDX; 图像拼接; 图像检测

中图分类号: TN911.73 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-4801(2013)06-061-04

非球面光学元件一般多用于精密器件中,在加工过程中需要多次检测,其表面具有一定的质量要求,元件在生产出毛坯后需要经过初步加工,检测合格之后再精密加工。在检测过程中,为了提高效率,可以通过对一幅高分辨率且易于处理的元件图像进行处理以达到检测目的。为了减少设备成本,尽可能提高图像分辨率,可以多次小范围获得高分辨率图像,对获得的图像进行拼接,并对拼接后的图像进行轮廓提取以达到对元件的初步检测^[1]。

本文主要研究的是利用便于图像处理的高清摄像头摄取小区域的高清图像,通过TI公司DM642芯片的RTDX技术进行图像信号传输,利用matlab获取图像信号并进行拼接仿真以及轮廓提取。

1 系统构成

1.1 VPM642

本实验系统采用的是合众达公司SEED-VPM642系统作为硬件平台。SEED-VPM642是一款专为各种视频应用而开发的PCI插卡带10/100M以太网接口的独立模板,主要集成了DM642、SDRAM、FLASH、VIDEO、AUDIO、UART、IO、RTC、ESAM、ATA与网络接口等外设,能够方便应用于视频与语音的处理及相关的领域。其核心芯片DM642为TI(Texas Instruments)公司生产的32位定点DSP(Digital Signal Processor, DSP),DM642主要针对的是多媒体的信号处理^[2,3]。

1.2 系统实验环境

图1为实验运行环境,由彩色CCD高清摄像头、VPM642、仿真器以及PC上位机组成。

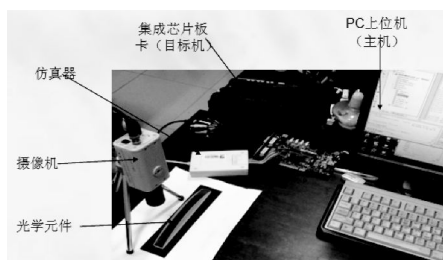


图1 实验运行环境

CCD摄像机是为了摄入图像信息,VPM642将摄入的图像信号转换成YUV(也称YCbCr)色彩空间,因为相对于RGB色彩空间,YUV色彩空间各色彩分量之间的相关性小,适合于做图像处理。其中,Y表示亮度,U(Cb)表示蓝色信号与亮度信号之间的差值,V(Cr)表示红色信号与亮度信号之间的差值。显示器是用来显示经过DM642处理之后的图像,如果没有处理,则直接显示摄像头采集进来的图像。仿真器是用来连接VPM642和PC上位机,程序经过PC上位机汇编之后通过仿真器下载到DM642中并执行。

2 RTDX数据实时交换传输

实时数据交换(RTDX)是TI公司推出的一种非常优秀的实时数据传输技术^[4]。它利用DSP的内部仿真逻辑和JTAG接口实现主机与目标之间的数据交换,不占用DSP的系统总线和串口等I/O资源,数据传送完全可以再应用程序的后台运行,对应用程序影响很小。

RTDX支持双向数据流,即目标机到主机的

作者简介:郭龙(1988-),男,硕士研究生,研究方向:基于DSP的视频图像处理。

数据流和主机到目标的数据流。数据流示意图如图2所示^[5]。

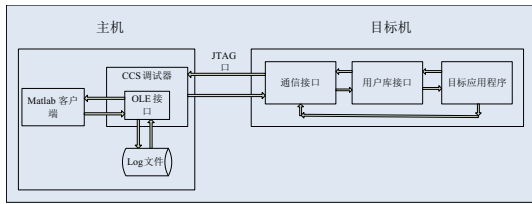


图2 RTDX中应用程序与Matlab交互数据流

2.1 目标机到主机的数据传递

应用程序在运行过程中调用存储数据的缓冲器库文件接口将采集到的数据传送到通信接口,数据在通信接口中通过开发板的JTAG口按顺序传送到主机CCS调试器并存储到log文件或者缓存中。主机matlab客户端通过获取ccs的句柄并使能RTDX通道读取数据,可以调用log文件中或者缓存中的数据进行处理,具体调用的是log文件还是缓存中的数据,要看RTDX中接口库中设置是连续模式或者非连续模式,连续模式调用主机缓存的数据,此模式用于获取连续的数据显示并显示,非连续模式调用log文件数据,用于采集有限的场合。

摄像机采集到的是YUV格式数据,本例中是利用灰度图小波分析取特征点,故可直接传送Y数据到主机,即为灰度图,传送到主机log文件中。图3为配置RTDX框图,采用的是非连续模式,即matlab调用的为log文件的数据,可以增加使用效率。

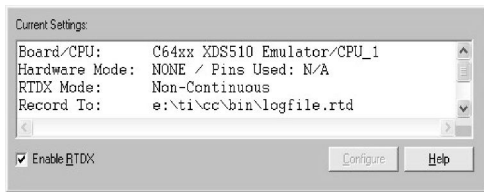


图3 RTDX的配置

2.2 主机到目标机的数据传递

来自matlab客户端的数据先存储在主机上的缓冲器中,当CCS调试器获得一条来自应用程序的读请求指令时,数据通过JTAG口发送到通信接口,通信接口将数据传递到用户库接口,再由库接口传送到应用程序。

3 图像拼接仿真

3.1 角点提取

通过RTDX接受到的log文件数据,在matlab

中以数组的形式读取,数组的行列数等于图像像素的行列数,具体的数值为像素点的灰度值,如图4所示。通过对数据的分析以及处理可以达到对图像的处理。

	1	2	3	4	5	6	7
1	151.245	150.245	151.473	146.473	152.473	148.473	150.473
2	151.245	151.245	150.473	148.473	152.473	149.473	148.473
3	151.245	152.245	150.473	151.473	151.473	151.473	151.473
4	152.245	154.245	149.473	152.473	151.473	153.473	148.473
5	153.245	155.245	149.245	152.473	150.473	152.473	148.473
6	153.245	154.245	150.245	151.473	150.473	151.473	150.473
7	152.245	152.245	151.245	149.245	152.473	149.473	150.473
8	151.245	150.245	150.245	147.245	153.473	149.473	150.473

图4 传递到matlab中像素灰度值矩阵

本例通过对图像进行harris角点算法的进行图像角点的提取^[1],利用harris算法找出一幅图像中像素数据比较突出的点,即为特征点,或角点。它的具体算法是通过分析像素周围区域自相关函数的自相关矩阵特征值来判断某一点是否为角点。

Harris角点检测算子定义了任意方向上的自相关值 $E(u,v)$ 为一组方形区域中图像灰度误差的总和,即:

$$E(u,v) = \sum_{x,y} \omega(x,y) [I(x+u,y+v) - I(x,y)]^2$$

式中, u,v 为 x,y 方向上的微小偏移量; $I(x,y)$ 为 (x,y) 像素点的灰度值; $I(x+u,y+v)$ 为 (x,y) 有微小偏移后的灰度值; $\omega(x,y)$ 为高斯滤波器,用来过滤噪声。它的泰勒展开式为

$$E(u,v) = [u \quad v] M \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix}$$

M 为 2×2 的对称矩阵

$$M = \begin{bmatrix} A & B \\ B & C \end{bmatrix} = \omega(x,y) \otimes \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix}$$

式中, I_x, I_y 为像素点沿着 x,y 方向的一阶导数; M 是局部自相关函数,其特征值可以表示局部自相关函数的曲率。由于Harris具有各向同性,故 M 也可以保持其旋转的不变性。实际应用中用来计算角点的响应函数如下^[6,7]:

$$R = \text{Det}(M) - k \text{Trace}^2(M)$$

$$\text{Det}(M) = \lambda_1 \lambda_2$$

$$\text{Trace}(M) = \lambda_1 + \lambda_2$$

其中, λ_1, λ_2 为 M 矩阵的两个特征值,可以表示局部自相关函数的曲率; $\text{Det}(M)$ 代表求矩阵行列式; $\text{Trace}(M)$ 代表求矩阵的迹; k 取经验值 $0.04 \sim 0.06$ 。

判断角点时,先对 R 进行非极大窗口抑制,并设定一个阈值 T ,本例中 T 值为 0.01 倍最大 R 值,当计算出来的 R 值大于阈值 T ,即可以表示找到一个角点,否则就不是。特征点一般来说是局域范

围内的极大兴趣值对应像素点。图5所示为经过小波变换去噪后所提取的特征点,图中点状标记符号即为特征点,为了增加图像中的特征点,添加了两个标注性符号,为了方便图像在之后的拼接中配准。

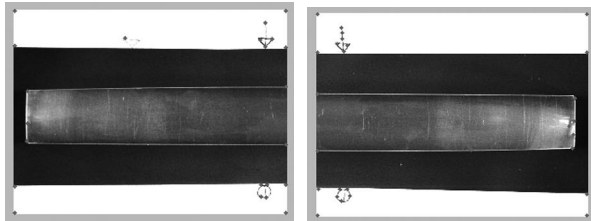


图5 小波变换去噪后提取的特征点

3.2 角点匹配

确定角点之后,要对两幅图像行进角点匹配,角点匹配常用的方法为相似测度 NNC(normalized cross correlation—归一化互相关)方法。

NNC的计算公式如下^[5,6]:

$$NNC = \frac{\sum_i (W_1(x_i, y_i) - u_1)(W_2(x_i, y_i) - u_2)}{\sqrt{\sum_i (W_1(x_i, y_i) - u_1)^2 \sum_i (W_2(x_i, y_i) - u_2)^2}}$$

式中, W_1 和 W_2 是分别以 I_1 的角点 P_1 和 I_2 的角点 P_2 为中心点的两个大小相同窗口; u_1, u_2 为灰度均值; (x_i, y_i) 为取值范围的窗口大小。

NCC算法通过计算模版图像和搜索图像互相关值来确定匹配程度,互相关值最大时位置决定模版图像在搜索图像中的位置,进行角点匹配时,先对图像 I_1 中的任一角点,寻找到图像 I_2 当中和它的相关性最大的角点,当双向搜索到最大相关性角点彼此都对应并且相关性最大时候,就可认为找到了一对候选匹配点。

确定了待配准两幅图像的对应点后,利用这些对应的点对,以一幅图像为参考,将另外一幅图像归一化到以参考图像为标准的坐标系中,将所得的图像最后进行加权平均进行图像的融合,对图像进行缝合,以对缝合的边界进行平滑处理,以使得图像看起来自然。拼接结果如图6所示。

从拼接的图像可以看出,可以有效的拼接两幅图像,图像中特征点也能够实现较好的匹配。拼接的结果比较理想。

参考文献:

- [1] (美)Rafael C.Gonzalez, Richard E. Woods. 数字图像处理[M].阮秋琦,阮宇智等译,北京:电子工业出版社,2012.
- [2] 李方慧.TMS320c6000系列DSP原理与应用[M].北京:电子工业出版社,2003.
- [3] 郭慰萱,郭宝龙.基于DM642的视频处理系统设计与实现[J].电子设计工程,2009(1):41-44.

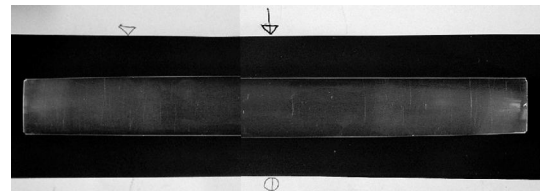


图6 拼接后的图像

4 轮廓提取检测

初步的仿真检测是通过边缘检测算法提取轮廓^[8-10],轮廓较为明显的地方即为杂质或者不合格的部分。图7为sobel算子提取的轮廓,图8为canny算子提取的轮廓,两者对比可以看到,sobel算子可以较好的提取到整体的轮廓,canny算子可以较好的提取出具体的细节轮廓。从细节轮廓看,其中的白色点状或者线状分布即为裂纹、划痕等缺陷,并符合大图像中白色点状区域分布。在点状区域分布较多的地方,若是表面缺陷,则可以进行补偿抛光等操作。

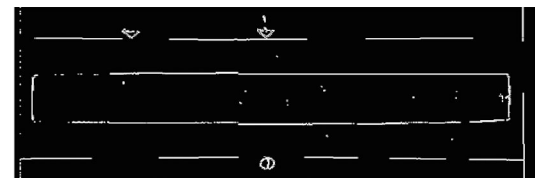


图7 Sobel算子提取轮廓

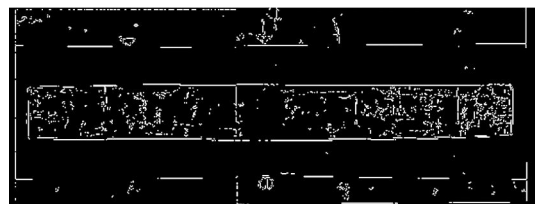


图8 Canny算子提取轮廓

5 总结

基于VPM642系统的图像传输以及matlab仿真图像拼接与轮廓提取,可以较好的观察到拼接后的图像以及元件的表面情况,可以验证图像拼接与轮廓提取在检测非球面光学元件表面的可行性。通过提取出来的轮廓图像,可以清晰的看到杂质、划痕等的分布规律以及大小,可以初步判断出元件材料的合格性,不合格的以便返厂进行重新加工处理或废弃。

(下转第69页)

```

End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
N = N + 1
If N Mod 5 = 0 Then
Text2.Text = Text2.Text & vbCrLf & Text1.
Text & "(" & Now & ")"
Text5.Text = Val(Text5.Text) + 1
N = 0
End If
End Sub

```

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	37.5°C (2009-6-14 23:07:48)							
2	49.0°C (2009-6-14 23:08:48)							
3	49.2°C (2009-6-14 23:09:48)							
4	37.2°C (2009-6-14 23:10:48)							
5	34.9°C (2009-6-14 23:11:48)							
6	33.3°C (2009-6-14 23:12:48)							
7	34.1°C (2009-6-14 23:13:48)							
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

图6 EXCEL数据表



图5 上位机界面

图6中显示的是以EXCEL形式导出的数据图,当点击导出数据时程序便会以EXCEL形式将文本框中的内容表示出来,并保存到电脑中,方便数据的统计分析和后续的研究。

4 结束语

本设计达到了预期效果,但是其中还有很多地方需要改进,比如多点同时测量、远距离传输等问题。RS232接口是标准串行接口,其通讯距离小于15 m,不能实现数据的远距离传输,这样限制了它的应用范围。为弥补RS-232之不足,电子工业协会(EIA)制订RS-422串口标准,将传输速率提高到10 Mb/s,传输距离延长到1 000 m(速率低于100 kb/s时),并允许在一条平衡总线上连接最多10个接收器,使得温度数据采集系统的应用范围更加广泛。这些都需要在以后的设计中进一步完善。

参考文献:

[1] 陈立元.利用 Visual Basic 实现串并行通信技术[M].北京:清华大学出版社,2001.
[2] 何立民.单片机应用系统设计[M].北京:航天航空大学出版社,1992.
[3] 胡汗才.单片机原理及其接口技术[M].北京:清华大学出版社,2003.
[4] 何东健,李书琴.Visual Basic 程序设计教程[M].西安:西北大学出版社,2005.

~~~~~  
(上接第63页)

[4] 李彬.基于DSP/BIOS的RTDX实时信号处理系统的实现[J].计算机与网络,2008(36): 227.  
[5] 刘伟,刘洋,焦淑红.基于MATLAB7.0软件的实时数据交换的实现[J].国外电子元器件,2006(3):12-15.  
[6] How to Write an RTDX Host Application Using MATLAB [Z]. USA, Texas Instruments Inc, Application Report SPRA386, 2002  
[6] 严格.基于灰度相关特征点的图像拼接算法[J].包装工程,2009(4):82-84.  
[7] 郑光琳,李明辉.数字图像拼接的基本算法[J].科技资讯,2007(3):23-25.  
[8] 李春雷,孙俊,任冰.基于DM642的图像边缘检测算法研究与实现[J].河南科技大学学报(自然科学版). 2007(6):15-19.  
[9] Strickland R.Wavelet transforms methods for object detection and recovery[J]. IEEE Trans.on Image Processing, 2003(6):724-735.  
[10] 任克强,华有斌.图像边缘检测在DM642上的应用研究[J].计算机与数字工程,2009(6):33-37.