

文章编号: 1007-2780(2010)06-0909-05

# 基于图像采集卡的图像显示与处理软件开发

杨利红<sup>1,2</sup>, 李新娥<sup>1</sup>, 李国宁<sup>1</sup>, 张星祥<sup>1</sup>, 王文华<sup>1</sup>, 任建岳<sup>1</sup>

(1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033, E-mail: lih.yang@163.com;

2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

**摘 要:** 利用图像采集卡与计算机构成图像处理系统开发了一款软件, 用于采集显示 CCD 相机整机系统输出的图像并计算输出图像调制度, 为相机系统的综合像质评价提供依据。充分利用 Matrox 公司为其图像采集卡提供的二次开发函数库 MIL 库, 在 VC++6.0 开发环境中调用 MIL 库函数实现了相机系统输出图像的显示、存储和调制度计算等功能, 并对主要程序算法进行优化, 提高了软件的性能。实验室测试表明, 该软件能实时显示输出图像并进行相应的处理, 调制度计算结果准确, 软件运行稳定。利用图像采集卡自带的函数库开发图像显示和处理软件, 缩短了开发周期, 提高了软件运行可靠性。

**关 键 词:** 图像采集卡; MIL 库; 对比调制度; VC++

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

## Development of Image Displaying and Processing Software Based on Image Grabbing Card

YANG Li-hong<sup>1,2</sup>, LI Xin-e<sup>1</sup>, LI Guo-ning<sup>1</sup>,  
ZHANG Xing-xiang<sup>1</sup>, WANG Wen-hua<sup>1</sup>, REN Jian-yue<sup>1</sup>

(1. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,

Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China, E-mail: lih.yang@163.com;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

**Abstract:** For the image processing system consisting of the image grabbing card and computer, a software is developed to grab and display images of the CCD camera system. In the software, the modulations are calculated, which are the indicators for evaluating the general image quality of the CCD camera system. This design takes full advantage of Matrox imaging library for secondary development. The software can display, save and calculate the modulations of output images by invoking functions of Matrox imaging library with VC++ 6.0. To improve the software performance, the main algorithm is optimized. Lab tests show that the software can display and process the output images in real-time. The calculated modulations are accurate and the software operates stably. Using the function library of the image grabbing card to develop image displaying and processing software, development cycle can be shorten and the reliability of the software can be improved.

**Key words:** image grabbing card; Matrox imaging library; contrast transfer function; VC++

收稿日期: 2010-03-01; 修订日期: 2010-03-24

基金项目: 国家“863”高技术研究发展计划资助项目(No. 863-2-5-1-13B)

作者简介: 杨利红(1985—), 女, 湖北天门人, 博士研究生, 主要从事图像采集与处理方面的研究。

1 引    言

目前图像处理技术发展迅速,各种图像处理系统应运而生。其中,图像采集卡和计算机构成的图像处理系统具有结构简单的优点,因而得到了广泛的应用<sup>[1]</sup>。图像处理系统需要很高的数据传输速度,通用的传输接口不能满足要求,因此需要图像采集卡。图像采集卡与各种相机配合使用,把相机输出的并行图像数据重新组织后输送到计算机内存中,利用计算机强大的处理能力,可以对图像进行快速有效的处理。

本文使用的图像采集卡是 Matrox 公司生产的数字图像采集卡 Meteor II-CameraLink。Meteor II-CameraLink 是基于 PCI 总线的图像采集卡,可将采集到的图像数据直接传输到内存中进行处理或传输到显存 (VGA) 进行实时显示。Matrox 公司为其图像采集卡提供了配套的工具软件 Intellicam,使用此工具软件可以查看图像采集部分和图像采集卡工作是否正常,同时能实时查看采集到的图像信息,但没有对图像进行处理的功能。然而在工程应用中,除了显示采集到的图像,更重要的是根据工程实际的需求,对图像进行各种处理。因此,开发具有图像处理功能的新工具软件,使图像的显示和处理可以在同一界面下完成,并能根据处理结果调整图像采集过程,具有重大的现实意义。

在图像采集卡和计算机组成的图像系统中,常用的处理方法是把图像采集卡输出的图像数据保存在计算机中,然后在 VC++ 或者 Matlab 等工具中利用编写好的算法对保存的图像进行显示和处理。这种方法没有充分利用图像采集卡的资源优势,并且不能在采集的同时对图像进行实时处理。本软件开发中利用图像采集卡配套的开发库进行复杂的图像数据处理,实现了实时处理,提高了软件质量,确保了软件稳定性,缩短了开发周期。

2 MIL 库与开发环境

Matrox Imaging Library (MIL) 是 Matrox 公司图像采集卡附带的配套程序库,提供给用户用于二次开发。MIL 库的体系结构如图 1 所示。

整个系统只能分配一个应用对象,一个应用对象可以对应多个系统对象,每一个系统对象相

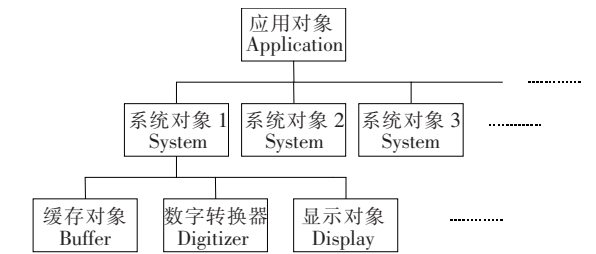


图 1 MIL 库体系结构框图  
Fig. 1 Architecture diagram of matrox imaging library

当于一个图像采集系统,每个系统对象下对应着一个或多个缓存对象、数字转换器和显示对象。数字转换器的作用是接收传送过来的图像数据,缓存对象用来保存图像数据,显示对象用来将缓存对象中的图像数据进行显示。

此软件开发环境选择 VC++ 6.0,使用的 MIL 库为 MIL-Lite8.0。VC++6.0 中没有默认加载 MIL-Lite8.0 程序库和相关头文件,因此调用 MIL-Lite8.0 库函数进行编程时,要在工程中添加相关的文件。如果 MIL-Lite8.0 库安装的路径为 C:\Program Files\Matrox Imaging,则在 VC++ 开发界面的菜单 Tools->Options->Directories 添加包含文件:C:\Program Files\Matrox Imaging\Mil\Include 和库文件:C:\Program Files\Matrox Imaging\Mil\LIB<sup>[2]</sup>,同时在菜单 Project->Settings->Link 下的 Object/library modules 项中添加使用的库:mil.lib。这样就可以在程序中调用 MIL-Lite8.0 库中的函数了。

3 图像显示

3.1 系统初始化

在采集显示图像之前,需进行正确的初始化操作,在应用对象下为图像采集系统分配对应的系统对象,并分配数字转换器、缓存对象和显示对象。

```
MappAlloc(M_DEFAULT,&m_MilApplication);
//分配应用对象
MsysAlloc(M_SYSTEM_METEOR_II_CL,M_DEF_SYSTEM_NUM,M_COMPLETE,&m_MilSystem);
//分配系统对象,M_SYSTEM_METEOR_II_CL 代表图像采集卡 Meteor II-CameraLink
```

```
MdigAlloc(m_MilSystem, M_DEFAULT,
M_DCF, M_DEFAULT, &m_MilDigitizer);
```

```
//分配数字转换器, M_DCF 代表采集模块
配置文件
```

```
MdispAlloc(((CMilDesignApp *) AfxGetApp
())->m_MilSystem, M_DEFAULT, M_DISPLAY_SETUP, M_WINDOWED, &m_MilDisplay);
```

```
//分配显示对象 m_MilDisplay
```

```
MdispSelectWindow(m_MilDisplay, ((CMilDesignDoc *) GetDocument())->m_MilImage, m_hWnd);
```

```
//显示对象 m_MilDisplay 与缓存对象 m_MilImage 绑定
```

### 3.2 RAW 图像显示

此软件处理的图像为 CCD 相机输出的矩形光栅图像,图像的格式是 RAW 纯数据格式,一般的图像查看工具不兼容此种格式,需使用 Photoshop 等专业工具查看。采用传统的 VC++ 编程方法显示 RAW 格式的图像比较复杂,通过在 VC++ 6.0 中调用 MIL-Lite8.0 库可以很方便地实现 RAW 格式图像的显示。MIL-Lite8.0 库中提供了函数 MbufImport<sup>[3-4]</sup>,指定图像数据格式为 M\_RAW,即可导入图像数据到指定的数据缓存中。因为 RAW 格式图像文件中没有尺寸信息,所以数据缓存必须事先分配好,其中图像长、宽、带宽等属性由弹出的对话框指定,能够显示不同长宽和数据位数的 RAW 格式图形。

因为矩形光栅明暗条纹的宽度均只有相机所用 CCD 的一个像素宽,所成的图像条纹密集细小,所以需对采集的图像进行放大以方便查看光栅明暗条纹的灰度对比。利用 MIL 库函数 MDispZoom<sup>[3-4]</sup>可以实现指定图像的缩放,只需指

定缩放的倍数,不需额外编程对数量巨大的像素进行插值操作实现缩放,节省了执行时间,提高了软件执行效率。

## 4 图像处理

### 4.1 调制度计算算法

对于自主研发的 CCD 相机系统,综合像质是其主要的技术指标。调制传递函数(MTF)是衡量 CCD 相机整机综合像质的重要标准<sup>[5-7]</sup>,定义为系统的输入调制度与输出调制度之比。在实验室测试中,采用容易实现的矩形输入法测试系统的 MTF<sup>[8-9]</sup>。该方法将矩形光栅放置在平行光管的焦面处,模拟无穷远的景物目标,测试中要确保平行光管的光轴与相机整机系统的光轴同轴,同时调整矩形光栅使其明暗条纹线与 CCD 水平方向垂直。由于使用矩形光栅,分析中得到的是对比度传递函数(CTF),即矩形光栅的调制度对比。

CTF 和 MTF 的关系可简化为:  $MTF(f) = \frac{\pi}{4} \times [CTF(f)]$ ,可知 CTF 与 MTF 成正比例关系,利用 CTF 可模拟 MTF 实现像质评价。

CTF 的测试采用如下的方法:CCD 相机系统对矩形光栅进行拍照,得到明暗条纹相间的光栅图像。取得光栅图像每一行相邻两个像素的灰度值,分别表示为  $I_{\max}$  和  $I_{\min}$ ,计算调制度  $M = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min})$ <sup>[10]</sup>,取整幅图像调制度中的最大值作为该图像的调制度,表示  $M$ ,矩形光栅的调制度已知,表示为  $M_0$ ,则该频率下的对比度传递函数为  $CTF(f) = M(f) / M_0(f)$ 。测试中所选择的矩形光栅的空间频率与整机系统的 Nyquist 频率相同,所以测得的 CTF 即是 Nyquist 频率下的 CTF。

在矩形光栅空间频率一定的情况下,CTF 可以通过调制度  $M$  来表征。计算调制度最重要的是取得图像各点像素值,利用 MIL-Lite8.0 库提供的函数 MbufGet<sup>[3-4]</sup>,只需指定储存图像数据的缓存和拷贝数据的目的数组,就可实现图像像素值的读取,十分方便,避免了 VC++ 中读取像素值的繁琐操作。优化后的调制度计算代码如下:

```
WORD * AllArray = new WORD [BufSizeX *
BufSizeY];
```

```
//动态分配数组存储像素灰度值
```

```
MbufGet(Imagebuffer, AllArray);
```

图 2 100%显示的矩形光栅图像

Fig. 2 Rectangle raster image showed in real size



图 3 800%显示的矩形光栅图像

Fig. 3 Rectangle raster image zoomed by 8 times



```
//MbufGet()函数把数据缓存中的图像数据
拷贝到用户指定的数组中
for(unsigned int i=0;i<BufSizeY;i++)
    //BufSizeY 为图像的宽度
{
    for(unsigned int j=42;j<4137;j++)
        //42-4137 列为图像的有效数据区
        {
            float M;
            int Imax=AllArray[i * BufSizeX+j];
            //取明暗条纹灰度值
            int Imin=AllArray[i * BufSizeX+j+1];
            //取相邻的条纹灰度值
            int divisor=Imax+Imin;
            int dividend=abs(Imax-Imin);
            if(divisor!=0 && (dividend>300)) /
            {
                M=(float)(dividend)/(float)(abs
(divisor));
            }
            //计算相邻两个像素点的调制度
            if(M>Mmax.value && M<1.0)
            //比较保留最大的调制度和取得最大调制度的明
            //暗像素点坐标值
            {
                Mmax.value=M;
                Mmax.ix=j;
                Mmax.iy=i;
            }
        }
    }
}
delete[] AllArray;
//释放动态分配的内存
```

## 4.2 实时计算调制度

CCD 相机整机系统的图像采集部分传感器由多片 CCD 拼接而成,连续采集时要对每一片 CCD 得到的图像在显示的同时计算其调制度,实现调制度的实时计算。根据计算结果可以评价各个 CCD 通道的像质,以此为依据对整机系统进行优化,以取得更高质量的图像。

MIL 库函数 MdigHookFunction<sup>[3-4]</sup>用于为一个特定的转换器事件绑定一个用户自定义的函数,称为回调函数。调制度的计算应在一帧图像

采集完成后立即进行,所以在转换器每帧图像采集完成事件(MIL-Lite8.0 库中定义为 M\_GRAB\_FRAME\_END)的回调函数中调用上述调制度计算算法,计算整幅图像的调制度。这样在连续采集的情况下,不需要主机干预,一帧图像采集完成后触发 M\_GRAB\_FRAME\_END 事件,其回调函数执行,完成调制度计算,实现实时处理的功能。主要的代码如下:

```
MdigHookFunction(((CMilDesignApp *)
AfxGetApp())->m_MilDigitizer,
    M _ GRAB _ FRAME _ END, FrameEnd-
HookHandler, (void *)this);
//为数字转换器绑定回调函数 FrameEnd-
HookHandler
MdigGrabContinuous ((( CMilDesignApp
*)AfxGetApp())->m_MilDigitizer,
    ((CMilDesignDoc *) GetDocument())-> m _
MilImage);
//连续采集图像到数据缓存
```

## 5 软件优化与测试

在实时计算调制度时,因为回调函数在每一帧图像采集结束后调用,所以其运行时间不能超过采集两帧图像的时间间隔,否则会造成采集过程失帧,丢失数据。在程序中,回调函数的主要运行时间耗费在计算调制度上,需对其算法进行优化,减少计算量。本软件主要处理的图像为采集的矩形光栅图像,总宽度为 4 192 个像素,其中光栅明暗条纹区域约占 1 000 个像素,图像其他部分均为黑背景,灰度值很小,如图 4 所示。明暗灰度值变化明显的区域才能取得较大的调制度值,因此对连续两个像素值的差设置阈值 300,只对差值高于 300 的像素计算其调制度,这样可以减少大量的除法运算,从而减少运行时间。

软件 Debug 版本测试表明,对优化前的一幅图像的调制度计算约需 140 ms,运行一段时间后会 出现丢帧现象;而对优化后的一幅图像的调制度计算仅需 78 ms 左右,节省了一半时间,且长时



图 4 25%显示的矩形光栅图像

Fig. 4 Rectangle raster image showed in 25%

间运行不会出现丢帧现象。软件的 Release 版本调度制计算算法运行时间约为 30 ms,可以满足大部分采集系统实时处理的需要。采取上述优化算法,所计算出的整幅图像的调制度与未优化前完全相同,但系统运行的稳定性大大提高。

此软件既可以在图像采集时进行图像的实时处理,也可在采集完成后进行图像后期处理;既可对矩形光栅图像连续采集并实时计算调制度,也可调出保存的图像进行计算,还可以选取图像中一个感兴趣的区域进行计算;既可以直接显示 RAW 纯数据格式图像,也可以对整个图像或选

取局部感兴趣区域进行放大、缩小、全屏显示。此软件现已投入实际使用,与 CCD 相机整机系统配合测试结果表明,此软件实现了预定的功能,操作方便,运行稳定。软件的用户界面如图 5 所示。

## 6 结 论

在 VC++ 传统的编程环境中显示和处理图像时,会涉及到操作位图文件头结构、位图信息头文件、颜色表和庞大的图像数据,编程复杂;而 Matrox 图像采集卡提供的 MIL 库函数封装了对图像操作的底层代码,使用简单而且避免了重复劳动。MIL 库函数对不同的图像采集卡均具有相同的形式和参数,因此在编程时不需考虑硬件的差异,只需专注于程序的应用开发。在 VC++ 中直接调用 MIL 库函数开发图像采集处理软件,提高了工作效率,可以快速开发出符合实际需要、可靠性高的软件,并且具有很强的扩展性。若使用授权的高级图像处理及模式识别库,在 VC++ 中调用其几何变换、模式识别、粒子分析、边缘检测等函数,则可以快速开发出功能强大的图像处理软件,满足更高层次应用的需要。

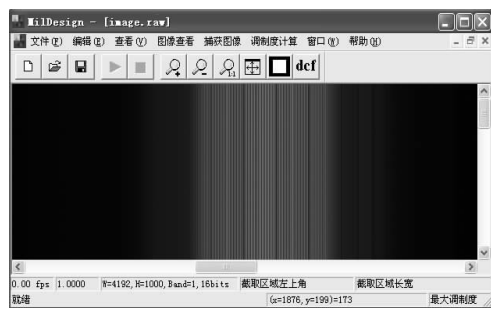


图 5 软件用户界面

Fig. 5 User interface of the software

## 参 考 文 献:

[ 1 ] 雷小峰,王耀南,段峰. 利用 VC++ 开发图像采集卡与图像预处理库 [J]. 微型机与应用,2002,(1):44-46.

[ 2 ] 李崇. 使用 MIL 库实现动态视频采集与三原色提取 [J]. 工业控制计算机,2007,20(11):56-57.

[ 3 ] Matrox Electronic Systems Ltd. MIL 8.0 Guide [R]. Canada, 2005.

[ 4 ] Matrox Electronic Systems Ltd. Matrox MIL help [R]. Canada, 2005.

[ 5 ] 孔德柱,刘金国,吕世良,等. 空间相机像移速度计算方法及 DSP 实现 [J]. 光学精密工程,2009,17(8):1935-1941.

[ 6 ] 马天波,郭永飞,李云飞. 科学级 TDICCD 相机的行频精度 [J]. 光学精密工程,2010,18(9):2028-2035.

[ 7 ] 田园,韩昌元,张晓辉,等. 胶片摄影空间相机的动态成像质量评价 [J]. 光学精密工程,2008,16(2):190-196.

[ 8 ] 李金,陈于伟,陈红兵,等. 矩形光栅法测量 CCD 调制传递函数的研究 [J]. 半导体光电,2008,30(4):531-533.

[ 9 ] 杨桦,焦文春,朱永红,等. CCD 相机在系统奈奎斯特频率处的调制传递函数 [J]. 光学学报,2002,22(3):313-316.

[10] 张晓辉,韩昌元,潘玉龙,等. 传输型 CCD 相机综合像质评价方法的研究 [J]. 红外与激光工程,2008,37(4):697-701.

[11] 孙鑫,余安萍. VC++ 深入详解 [M]. 北京:电子工业出版社,2006.