

线阵 CCD 性能指标测试软件设计

马天波¹, 刘 辉¹, 臧 佳^{1,2}

(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;

2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

摘要: 研究分析了 VC++ 如何调用 Matlab 混合编程的方法, 通过对比提出了基于调用第三方软件来实现在 VC++ 环境下调用 Matlab 工具箱及其函数进行 CCD 性能指标测试的软件设计方案。该方法利用 VC++ 完成整个软件界面的编写, 具体每个 CCD 性能参数的测试通过调用 Matlab 函数来完成, 可以充分发挥 VC++ 和 Matlab 的优点, 并且便于协助编程。与单独使用 VC++ 编程相比, 该方法通过第三方软件的介入, 无论是软件计算速度还是软件维护更新, 都更快捷有效, 该参数指标软件的设计方案可在类似的工程实践中广泛应用。

关键词: CCD; 性能指标; Mideva; VC++

中图分类号: TN386.5; TP311.1 **文献标识码:** A

DOI: 10.3788/OMEI20112807.0041

Design of Linear CCD Performance Parameter Testing Software

MA Tian-bo¹, LIU Hui¹, ZANG Jia^{1,2}

(1. *Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,*
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China;

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

Abstract: The mixed programming methods with Matlab called by VC++ were analyzed in this paper. Compared with other methods, the design scheme was proposed to test the CCD performance parameters by using the third software, which made uses of Matlab toolboxes and functions under the VC++ circumstances. The whole software interface was realized by VC++ in this method, and each CCD performance parameter was calculated by using Matlab. The method took fully advantages of VC++ and Matlab respectively and was convenient for programming cooperation. Not only operation speed but also maintenance update was superior to that using VC++ programming alone with the third software. The design scheme for parameter testing software was available in engineering application.

Keywords: CCD; performance parameter; Mideva; VC++

1 引言

随着 CCD 在科学探测、天文观测、军事监控、航空航天等领域的应用日渐广泛和深入^[1-2], 尤其国内外遥感卫星常选用此器件作为光学系统的焦平面接受器^[3-4], 因此, 对其性能指标的研究具有重要意义。

传统的软件开发采用单一编程环境, 不便于多人协作同时编程。Matlab (Matrix laboratory) 是以线性代数软件包和特征值计算软件包中的子程序为基础发展起来的一种开放型程序设计语言^[5], 它具有强大的矩阵运算、数据处理和图形显示能力以及多种学科领域的工具箱。

本文以 VC++ 作为主要开发工具, 设计了一种 CCD 性能指标测试软件, 通过第三方软件 Mideva 协助调用 Matlab 的 .m 程序来实现 VC++ 对 Matlab 中相关图像处理函数和命令的调用, 充分利用了 Matlab 在处理矩阵数据类型时的优势, 解决了 VC++ 在二维图像处理时的不灵活之处, 可以高效地完成软件的开发。

2 VC++调用 Matlab 的方法

2.1 通过 MATLAB Engine 库实现

Matlab Engine 采用 C/S (客户机/服务器) 模式, Matlab 作为后台的引擎服务器, 而 C/C++ 语言程序作为前台服务机, 通过 Windows 的动态控件与服务器通信, 向 Matlab Engine 传递命令和数据信息, 用户可以在前台程序中调用这些接口函数, 实现对 Matlab Engine 的控制。Matlab Engine 是一组 Matlab 提供的接口函数, 通过这些接口函数和 Matlab C 函数库中的结构体 mxArray, 用户可以在如 VC++ 等其他编程环境中实现对 Matlab 的命令调用, 以及与 Matlab Engine 的数据交换。具体的引擎开启、关闭及相关操作函数已在相关文献中阐述^[6]。采用这样的方法几乎能够利用 Matlab 的全部功能, 但是需要 Matlab 后台支持, 无法脱离 Matlab 的编程环境, 执行速度低,

因此, 在实际应用中较难采用, 在软件开发中效率低, 并不推荐使用。

2.2 调用 Matlab 的 C/C++ 数学函数库

Matlab 本身提供了可供 C/C++ 语言调用的 C/C++ 数学函数库, 其中包含了大量的 Matlab 数学函数, 涉及线性代数、数值分析、傅里叶变换及大量矩阵操作函数, 在 VC++ 中可以直接使用这些函数, 通过这些函数可以在 VC++ 中实现 Matlab 中的矩阵运算功能。此种调用方法可灵活调用 Matlab 中的函数来完成应用程序的编写, 但要求编程人员熟悉 C/C++ 语言, 因此, 对于不太熟悉 C/C++ 语言的人员使用这种方法调用 Matlab 工具箱比较困难, 也不适用于多人同时协助编程。

2.3 调用 MCC 命令编译动态链接库

MCC 编译器是 MathWorks 公司早期开发的一种独立工具^[7], 应用 MCC 命令, 能够将 .m 文件转化为 .c 文件, 不仅能有效提高代码的执行效率, 而且可以完全脱离 Matlab 环境运行, 缺点是无法对 Matlab 内部中定义的带有图形操作的函数如 imread 等函数进行编译。

2.4 通过 Mideva 实现混合编程

Mideva 是 Mathtools 推出的一种 Matlab 编译开发平台, 提供对 Matlab 程序文件的解释执行和开发环境的支持, 它集编译、调试、编译和优化于一体。Mideva 能够将 .m 文件转为 .C 和 .CPP 代码, 并通过 VC++ 将其编译成可执行程序或动态链接库。通过 Mideva 既能提高 .m 代码的复用率, 又能提高代码的执行速度^[5,8], 而且方便多人同时协作编写代码。

该方法是在 Matlab 中写好 m 代码, 然后通过编译器将 m 代码转化成相同功能的 C/C++ 代码, 在转化的过程中也会调用相应的 C/C++ 函数库文件。不同于第二种方法中直接在 VC++ 中编写 C/C++ 代码, 也没有第三种方法对内部固有图形操作的限制。

本文主要研究基于第三方 Mideva 软件来实现 CCD 性能指标参数测试软件的设计。

3 Mideva 软件在 VC++环境下的配置

Matcom 是 Mideva 内核的 C++编译器，它是基于 C++矩阵函数库 Matrix<LIB>的一个.m 文件与 C/CPP

文件的转换程序，当计算机安装 Mideva 后，即自动安装了 Matrix<LIB>。在 VC++环境下调用 Matrix<LIB>之前需使用函数，initM (Matcom_ VERSION) 初始化类库调用，并用 exitM () 函数结束类库调用。

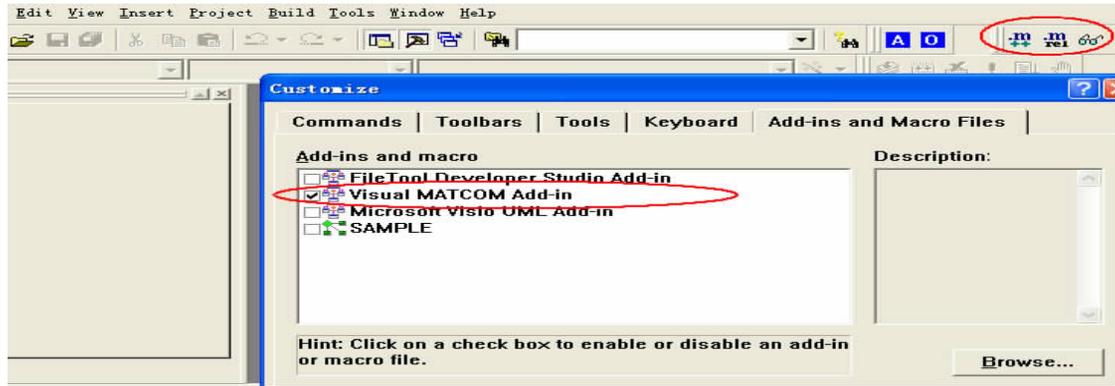


图1 Matcom设置

首先安装 Mideva，在 VC++的 Tools/Customize/ Add-ins and Macro Files 添加并勾选 Visual MATCOM Add-in，关闭对话框后，即可看到如图 1 所示的 Visual Matcom 工具栏。通过工具栏可以方便地添加.m 文件，如图 2 所示，然后就可以在 VC++环境下编译、调试、修改添加后的.m 函数。同时，需要将系统文件 v4501v.dll 和 ago4501.dll 以及 Matcom 中的文件 matlib.h 与 v4501.lib 加入 VC++工程目录，并在程序中包含这些文件。

Matrix<LIB>是一个基于矩阵的库，矩阵运算是基本运算，在 VC++环境中，矩阵类型为 Mm，定义矩阵变量 a ，如 $Mm a$ 。对矩阵 a 的访问，则可以通过 $a.r (i, j)$ 访问矩阵 (i, j) 位置的实部，通过 $a.i (i, j)$ 访问矩阵 (i, j) 位置的虚部。

4 CCD 性能指标测试

本软件设计主要为了实现对 CCD 实时采集的图像进行分析以达到测试 CCD 性能指标的目的，主要关心的 CCD 性能参数有 CCD 的信噪比^[9-11]、响应非均匀性 PRNU^[10-11]、固定图形噪声、暗电流噪声^[11]、响应度^[11-14]等。其中信噪比和 PRNU 响应非均匀性的测试是针对在亮场条件下采集到的图像，而固定图形噪声和暗电流噪声的测试是处理在暗场条件下采集到的图像，响应度的测试与入射光强度有密切关系。性能参数的具体测试主要用 Matlab 编程完成，整个测试软件的框架构成由 VC++完成。

在亮场条件下测量，采集获取 N 行图像数据 $g (i, j)$ ，每行像元数为 M ，其中 $i=1\sim M, j=1\sim N$ ，信噪比 snr，响应非均匀性 PRNU 如下：

$$snr = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \frac{g_i}{\sigma_{ni}} \quad (1)$$

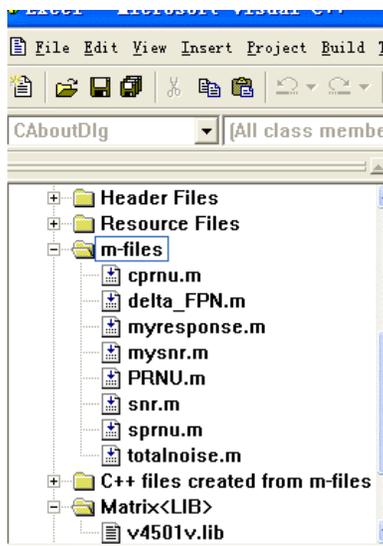


图2 VC++中添加.m函数

$$\text{PRNU} = \frac{\sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \left(g_i - \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M g_i \right)^2}}{\left(\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M g_i \right)} \quad (2)$$

其中, $g_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N g(i, j)$, 表示像元 i 的均值,

$\sigma_{ni} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N [g(i, j) - g_i]^2}$ 为像元 i 的噪声。

在暗场条件下测量, 同样获取 N 行图像数据 $g(i, j)$, 每行像元数为 M , 其中 $i=1 \sim M, j=1 \sim N$, 固定图形噪声 σ_{FPN} , 暗电流噪声 σ_{dark} 如下:

$$\sigma_{\text{FPN}} = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (V_{D_i} - V_D)^2} \quad (3)$$

$$\sigma_{\text{dark}} = \sqrt{\frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [g(i, j) - V_{D_i}]^2} \quad (4)$$

其中, V_{D_i} 为像元 i 的暗电流平均值, 由 $V_{D_i} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N g(i, j)$

计算可得, V_D 为暗电流总平均值, 由 $V_D = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M V_{D_i}$

计算得到。

响应度 R 是在给定波带宽度照明下有用信号电压与曝光量之比, 对响应度指标进行测量时, 通过改变入射光强度, 测量 P 组图像数据, 每组采集 N 行图像数据 $g_k(i, j)$, 每行像元数为 M , 其中 $i=1 \sim M, j=1 \sim N$, 同时记录光亮度监视输出数据 D_{Rm} , 对 P 组数据计算信号输出的平均值 ($k=1 \sim P$)。

$$g_{ki} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N [g_k(i, j) - V_{ni}] \quad (5)$$

其中 $V_{ni} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N g_k(i, j)$ 为像元 i 的电流平均值。利用最小二乘法线性拟合:

$$g_{ki} = R_i D_{Rm} + b \quad (6)$$

能够得到 CCD 响应度的测量值 R 。

运行设计的软件进行部分指标的测试, 首先输入采集得到的图像, 设置基本参数, 然后对所关心的性能指标进行测试, 图 3 为设计的测试软件的框架和部分测试结果。



图3 软件框架和部分测试结果

5 结 论

借助第三方 Mideva 软件来实现 VC++对 Matlab 的 .m 函数的调用是实现 CCD 性能指标测试软件的总的设计方案, 可以大幅度提高软件设计的灵活性, 并充分发挥 VC++在软件界面设计的优势, 以及

Matlab 在矩阵运算中的便捷性。应用此软件方案对实际应用中定制的 CCD 进行验收测试时, 能够对采集到的图像进行实时分析, 结合文中给出的部分测得的参数指标, 均能达到最初定制的要求。该设计框架模式便于多人同时开发、升级和修改, 适用于类似工程实践软件, 有较强的实用性。

参考文献

- [1] 胡君, 王栋. 空间光学遥感器的多光谱 TDICCD 信号检测与生成[J]. 光学 精密工程, 2009, 17(8): 1810-1818.
- [2] 王明富, 杨世洪, 吴钦章. 大面阵 CCD 图像实时显示系统的设计[J]. 光学 精密工程, 2010, 18(9): 2053-2059.
- [3] ZHANG De-xin, MA Guang-fu, QU Guo-zhi. Design of super-wide-angle aerial reconnaissance CCD camera[J]. *Infrared and Laser Engineering*, 2010, 39(6): 1060-1065.
- [4] 何家维, 何昕, 魏仲慧, 等. 电子倍增 CCD 星相机的设计[J]. 光学 精密工程, 2010, 18(6): 1396-1403.
- [5] 王素立, 高洁, 孙新德. MATLAB 混合编程与工程应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008: 1-134.
- [6] 袁林, 巴力登. VC++调用 Matlab 实现图像处理[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(8): 215-218.
- [7] 李健, 韩国栋, 孙志鹏. VC++调用 Matlab 的方法[J]. 计算机与现代化, 2009(7): 151-154, 158.
- [8] 刘馨月, 吕英华, 周晓锋. Visual C++与 Matlab 混合编程方法在图像处理中的应用[J]. 机器视觉, 2005(9): 99-102.
- [9] 王文华, 何斌, 韩双丽, 等. 星上 CCD 成像非均匀性的实时校正[J]. 光学 精密工程, 2010, 18(6): 1420-1428.
- [10] 岳俊华, 李岩, 武学颖, 等. 多 TDI-CCD 拼接相机成像非均匀性的校正[J]. 光学 精密工程, 2009, 17(12): 3084-3088.
- [11] 张立国, 李豫东, 刘则洵, 等. TDI-CCD 总剂量辐射效应及测试[J]. 光学 精密工程, 2009, 17(12): 2924-2930.
- [12] 王庆有. 图像传感器应用技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006: 78-147.
- [13] 韩采芹, 陶跃珍. 科学级 CCD 相机的响应度测试研究[J]. 光机电信息, 2009, 26(7): 32-34.
- [14] 金光, 钟兴. CCD 光学遥感器参数选择研究[J]. 空间科学学报, 2009, 29(1): 135-139.

作者简介: 马天波 (1984-), 女, 吉林长春人, 硕士, 助理研究员, 2008年于吉林大学获得硕士学位, 主要从事软件设计、图像处理及光电成像中的计算机应用技术方面的研究。E-mail: matb0319@yahoo.com.cn