

文章编号: 2095-4980(2015)04-0641-05

多文档程序自适应绘图与混合编程技术

何 鹏, 王 益, 王建忠, 魏 竹, 陈曙光, 谭金玉

(中国工程物理研究院 计量测试中心, 四川 绵阳 621999)

摘 要: 为了使应用程序既具有复杂数据与图像处理功能, 又具有多视图对比显示、结构清晰、操作简洁以及能够独立发布等特点, 通过多文档结构程序将数据和逻辑处理与显示分离, 将双缓冲技术应用与自适应绘图设计中, 利用基于动态链接库形式的混合编程技术实现了在 VC++ 程序中复杂数据处理与图像显示。通过设计相关测试程序, 实现了波形对比显示以及二维和三维绘图效果展示, 证明了本文方法的有效性。

关键词: 多视图对比显示; 自适应绘图; 双缓冲; 动态链接库; 混合编程

中图分类号: TN919.81

文献标识码: A

doi: 10.11805/TKYDA201504.0641

Self-adptive drawing and mixed programming in MDI

HE Peng, WANG Yi, WANG Jianzhong, WEI Zhu, CHEN Shuguang, TAN Jinyu

(Metrology and Testing Center, China Academy of Engineering Physic, Mianyang Sichuan 621999, China)

Abstract: A design method of an application software is proposed, which can not only process complex data and graphic, but also has distinctly structure, convenient User Interface(UI) and the function of multi-view contrast display. By using Multiple Document Interface(MDI) structure to isolate data-display and logic processing, then applying the double-buffing to the self-adaptive drawing, complex data-processing and graphic displaying are realized in VC++ program with mixed programming based on dynamic link library. By means of realizing the test soft which can draw 2D and 3D graphics, the effectiveness of the proposed method is verified.

Key words: multi-view display; self-adaptive drawing; double-buffing; dynamic link library; mixed programming

Matlab 具有简单遍历和强大的数值处理和分析的能力, 尤其是强大的矩阵运算能力, 并且具有丰富的工具箱, 在其出现以后很快在仿真与数值分析领域拥有相当多的使用者。C 语言以其灵活的编程方式、高效的逻辑处理和硬件设备操作能力也得到了广泛的应用。但是两者基于应用环境的不同, 各自在某些方面还存在一些薄弱环节, 如 Matlab 具有循环执行速度慢、硬件设备接口操作、图形化程序设计、逻辑处理能力差和发布独立应用软件不方便等不足; 而 VC++ 在这些方面有较强的优势。为了满足自身的特殊需求, 开发者可以选择 C/C++ 语言来扩展 Matlab 的薄弱环节, 利用混合编程技术, 加快程序的执行速度。如采用 Matlab 开发一些仿真程序时, 如果其中有的模块在 Matlab 上执行效率很低(如循环), 可以采用 C 语言来实现这些效率较低的模块, 从而提高整个程序的执行速度。同时由于在 Matlab 环境下进行数据显示非常方便, 因而针对在其他开发环境中不方便数据显示的函数或有大量数据需要处理时, 可以先采用 C 语言编程, 然后通过 MEX 文件方式在 Matlab 环境下进行测试。但是在利用混合编程技术开发具有图像处理与显示的多文档程序时, 如果图像绘制直接采用 Matlab 算法生成后在 VC 框架中嵌入, 当窗体的显示区域或窗体尺寸发生变化时将不可避免地引起 Matlab 绘图窗体的重绘, 需要 Matlab 绘图窗体本身具有尺寸或位置的自适应特性或者利用 VC 环境在不影响其显示精确度的前提下调整其窗体。由于当今的很多科学研究工程都属于大科学工程项目, 参与人员多, 专业分布广, 任务分工明确, 为了提高科学研究的效率和加快工程任务的进度, 上述要求对于算法研究和工程实现人员的要求有所重叠, 影响了各自的效率。因此, 有必要研究基于 VC 环境的自适应绘图功能的实现, 以及混合编程技术在复杂图像处理等算法程序的开发和应用。

针对设备控制、复杂数据处理与图像显示以及独立发布等要求,程序需要进行相应的设计。本文主要讨论了在多文档程序中实现多视图对比显示功能时如何利用双缓冲技术实现自适应绘图功能,以提高图像显示的效果和用户使用性。同时,研究了利用混合编程技术实现 VC++ 环境下复杂数据的处理与显示,以提高软件开发效率、执行效率和应用推广。

1 相关设计原理及机制

为了解决自适应绘图功能以及混合编程技术在多文档图像处理程序中的应用和实现问题,本文对多文档结构程序运行机制、窗体重绘的原理和 Matlab 编译器的运行机制做了深入研究。

多文档结构程序的主要思想是利用文档类管理数据,利用视图类负责数据的显示,并且结合数据串行化存储机制,使得开发数据类型复杂、多视图的程序时具有较为清晰的结构,并且易于项目管理^[1]。

在多文档程序的结构中, CWinApp 对象权限最高,拥有并控制整个程序的文档模板,而文档模板则是产生文档、框架窗口及视图^[2]。这种相互关系如图 1 所示。

在多文档界面(MDI)应用程序中,可以处理多个文档类型,即多个文档模板,每个模板又可以有多个文档,每个文档又可以多视显示。为管理方便,上一级往往保留了下一级的指针列表。如果文档数据发生了变化,则所有的视图都必须被通知到,以便它们能够对所显示的数据进行相应的更新。Cdocument::UpdateAllViews 函数即可完成此功能。当该函数被调用时,派生视图类的 CView::OnUpdate 函数被触发。通常 OnUpdate 函数要对文档进行访问,读取文档数据,然后再对视的数据成员或控制进行更新,以便反映出文档的变化。另外,还可以利用 OnUpdate 函数使视的部分客户区无效,以便触发 Cview::OnDraw 函数,利用文档数据来重新对窗口进行绘制。

在开发多视图应用程序时,如果发布程序需要适应不同的分辨率、显示区域变化或者是需要保证较高的刷新率时,如拖动、高速实时显示、动画等,采用传统的绘图方法绘制的图形将不停地闪烁。其本质原因在于窗体重绘过程可分为 3 个阶段:第 1 阶段利用操作系统级背景刷来清除窗体上的无效区域;第 2 阶段,通过调用对应 API 来绘制窗体背景或重写响应方法来自定义背景;第 3 阶段,调用窗体的受保护方法 OnPaint 来绘制图形,并引发 Paint 事件。当这 3 个阶段的绘图操作都完成后, Windows 才真正地完成了窗体的重绘^[3]。利用双缓冲技术可有效地解决在多视图对比及刷新显示时出现的窗体闪烁问题。其基本思想是不直接在屏幕的显存(称为前端缓冲区)中绘图,而是先将图形绘制到一块内存(称为后端缓冲区)中,然后再将后内存中已绘制好的图形复制到显存中,由于所有的绘图操作都是在后端缓冲区内完成的,而在屏幕上只执行一次呈现图形操作,因而能消除由于多重绘制所引起的图形闪烁^[4]。

Matlab 编译器的基本架构和运行机制是混合编程实现的基础。随着混合编程技术的发展,编译器的发展也从开始的直接编译为 C/C++ 源代码转向生成接口文件由 MCR(Matlab Component Runtime)执行。即为了使得 Matlab 程序能够被 C 语言环境调用,首先需要 Matlab 编译器将其编译为动态链接库或组件对象模型(Component Object Model, COM)组件,再通过 MCR 来执行。该技术侧重于利用编译器将 Matlab 程序编译为 MCR 可执行的程序,实际上编译器只生成了相关接口文件,同时由于 Matlab7.0 以后的编译器在编译程序时还采用了组件技术文件(Component Technology File, CTF)技术,将最终需要发布的所有程序(包

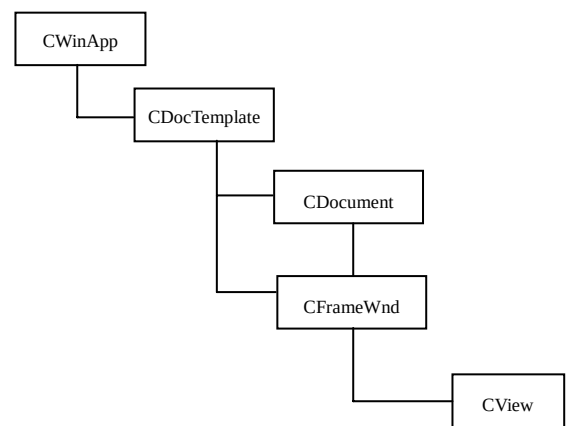


Fig.1 Relationship among MDI's objects
图 1 多文档结构程序各对象间的关系

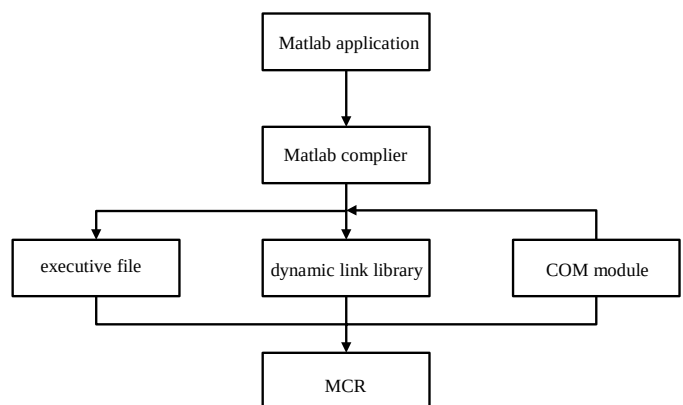


Fig.2 Operating mechanism of Matlab application
图 2 Matlab 程序运行机制

括代码、数据以及其他文件)打包成一个 CTF 文件并采用了 AES(Advanced Encryption Standard)技术进行加密,这对于代码的安全性、知识产权的保护、提高工作效率有重要的意义。因此有必要了解其运行机制: Matlab 编译器将开发者编写的程序编译为可执行文件、动态链接库或者 COM 组件。如果编译为可执行文件,那么当执行时会自动调用 MCR,即编译后的 Matlab 代码是传递给 MCR 来执行的;如果编译为动态链接库或者 COM 组件,那么在其被 C 语言程序调用时会自动调用 MCR,即相关函数在调用编译后的动态链接库或 COM 组件时会自动将 Matlab 代码传递给 MCR 来执行^[5]。具体流程如图 2 所示。

2 程序设计与实现

2.1 多文档程序的自适应绘图设计

当今的软件开发领域尤其是测试软件开发时多数情况下由于涉及到硬件设备的控制,需要开发环境能够支持硬件 I/O 操作,而支持 C 语言的 VC++ 开发环境能够很好地满足该需求。但是由于目前操作系统的主流发展趋势是 WIN7/WIN8,对于 VC++6.0 兼容性不是很好,却可以很好地兼容 VS2010,且 VS2010 对于 XP 系统的支持也很好,考虑到程序发布后对操作环境的支持与兼容和独立发布等特点,选择以 VS2010 为平台来进行程序开发与思路验证。

多数情况下的算法程序需要与测试仪器相结合,能够与硬件设备进行 I/O 交互。同时,测试程序可能会对相关输入参数进行调整并能够对处理后的数据进行波形或图像显示,甚至需要能够对比显示。基于这些考虑,本文的测试程序采用多文档结构来设计,该结构下的测试程序具有以下优点:无弹窗显示,界面简洁美观;动态生成视图,节约内存,实现方式灵活;便于多页面对比显示。程序效果如图 3 所示。

程序设计时,需要首先对视图显示标识和派生类型进行判断,如果标识为真且派生自对应视图类则继续保持;否则需要重新建 MDI 子框架及文档模板并获取当前程序的首层视图索引。如果索引非空则遍历余下视图,并依此判断其是否为运行时类及是否派生于所需视图类。如果判断结果为真,则动态生成并切换显示所需视图,具体设计流程如图 4 所示。

由于动态视图切换和多页面对比显示时会引起波形或图像重绘,尤其是由于拖动造成显示区域尺寸持续变化或刷新大量数据时,需要频繁进行重绘。但是默认系统背景色一般为白色,因此每次重绘时,相当于在相邻两帧图像间插入了一帧全白的图像。而白色一般与绘图颜色差别很大,因此,这样一擦一写造成了图象颜色的巨大反差。当该过程频繁时,反差现象就越明显,即造成了闪烁现象。双缓冲技术将窗体重绘的 3 个阶段合并成一次绘制操作,将其 3 个阶段的绘制都转移到一块称为缓冲区的内存中完成,不直接在屏幕上重绘窗体^[6]。当所有绘图操作都在缓冲区内完成以后,再将缓冲区内已绘制好的图形复制到屏幕上。由于用户看不见窗体重绘的中间画面,因而也就消除了图形闪烁。

2.2 混合编程绘图设计

C 语言与 Matlab 混合编程技术在程序设计时主要考虑环境设置和设计模式。其中,环境设置主要包括对 VC++ 和 Matlab 环境的设置,VC++ 环境的设置主要包括链接环境的设置和环境变量的设置;Matlab 环境的设置主要是对编译器

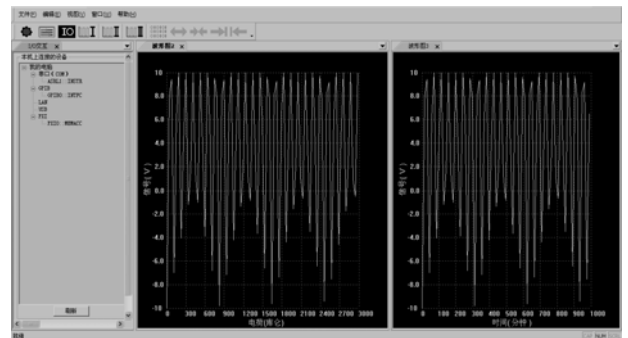


Fig.3 Contrast of waveform display

图 3 波形对比显示图

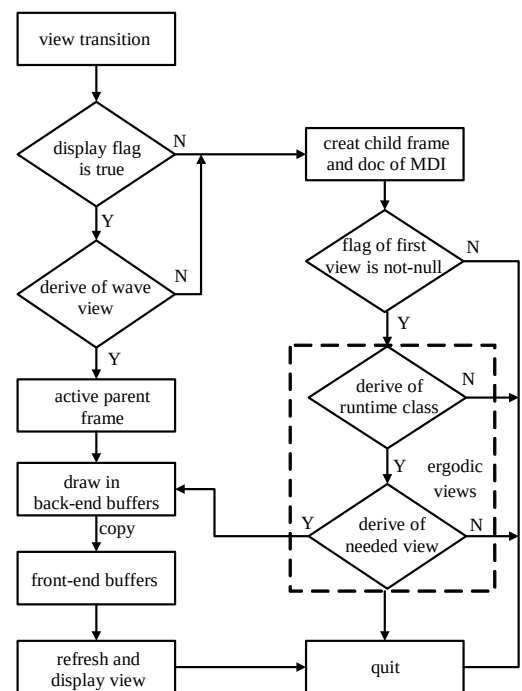


Fig.4 Flow chart of self-adaptive drawing

图 4 自适应绘图流程

的设置和 MEX 文件的设置。设计模式主要是需要明确混合编程采取的方式。为了便于发布独立程序,使得所开发程序能够脱离 Matlab 环境运行,不能够采用 Matlab 引擎直接执行相关 Matlab 程序。因此,在 C/C++调用 Matlab 程序时可以选择调用 Matlab 程序编译后的动态链接库或 COM 组件,这 2 种调用方式的执行效率基本相同^[7]。区别在于使用动态链接库方式来实现比较简单,而采用 COM 组件的方式来实现对于跨平台和复用性有一定的好处,但是实现起来较复杂。

相对复杂的数据或图像处理算法,如矩阵、微分、傅里叶变换、三维图像显示等,如果放在 VC++环境下来实现较为繁琐,而通过 Matlab 只需很少的语句就可完成。本文研究的混合编程技术实现图像绘制能够有效解决该问题,通过在 VC++环境中应用混合编程技术高效实现了三维坐标和图像绘制。二维和三维绘图效果展示如图 5 所示。

程序开发时,由于 2 种环境下的数据结构和存储方式的不同,必须进行正确的数据定义和转化才能成功实现混合编程。如 C 语言环境下数组是按行排列且索引都从 0 开始,而 Matlab 环境下阵列的存储方式不论其维数都是按列存储且索引都是从 1 开始,同时两种环境下内存分配时使用的 API 也不同^[8]。如果开发者能够忽略复杂算法的转化,仅仅关注接口数据的转换则可以很大程度上提高工作效率并开发出具有较高执行效率的测试程序。

在采用动态链接库的形式来实现混合编程时,需要首先完成对 Matlab 应用和相关算法的动态链接库的初始化,并创建与接口数据类型匹配的内存空间,然后调用绘图接口函数来完成三维坐标和图像的绘制,最后在程序推出前终止动态链接库和 Matlab 应用,并释放相关内存。具体设计流程如图 5 所示。

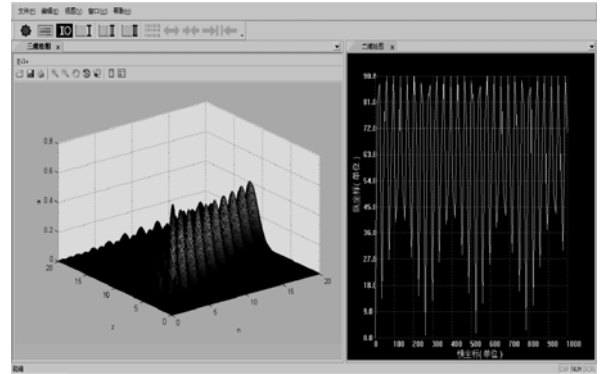


Fig.5 Plotting effects of 3D and 2D by mixed programming
图 5 混合编程实现二维与三维绘图效果

3 结论

科学研究中对于复杂算法程序的研究和 Matlab 的普遍应用,对于成果转化和利用提出了新的要求,不仅需要考虑算法、功能的实现,同时需要考虑其是否能够运用于实际,并得到很好的推广。其中,除了要求算法和功能上具有良好的设计,还需要考虑用户体验和使用环境的要求。如果开发的程序属于桌面应用程序,其图像和波形显示功能不应设计为限定区域显示,需要其能够适应不同的分辨率或是可适应显示区域大小变化,这对于提高程序发布后的用户体验有很重要的作用;程序需要能够独立发布,在用户安装和使用时尽量避免对其他软件尤其是大型软件的依赖,如采用混合编程设计的应用程序只需安装 MCR 就可以运行 Matlab 算法程序,而不需要依赖 Matlab 软件。通过采用本文论述的自适应绘图与混合编程技术可有效地解决上述问题,并可应用在有类似要求的其他软件设计中。如:介电常数测试算法中既需要能够与网络分析仪进行设备交互以获取所需 S 参数,又需要能够对复数及矩阵等进行数学运算处理,采用混合编程能够设计出具有硬件设备交互、高效的数学运算并能够独立发布的应用程序,使得研究内容和成果更易于应用和推广;示波器实时采集设备对波形的刷新率有较高的要求,不论是台式机还是模块式示波器在研制时,其配套软件采用自适应设计中的双缓冲技术可避免高速刷新时的窗体闪烁问题,且目前大多台式示波器的应用软件都采用 VC++环境设计,其一般都包含有傅里叶等复杂数值计算功能,采用混合编程的方式来设计该部分,可加快程序开发效率和提高程序执行效率。

本文通过深入研究 Matlab 其编译器运行机制和当今流行的多文档结构程序的图像处理,设计实现了具有多

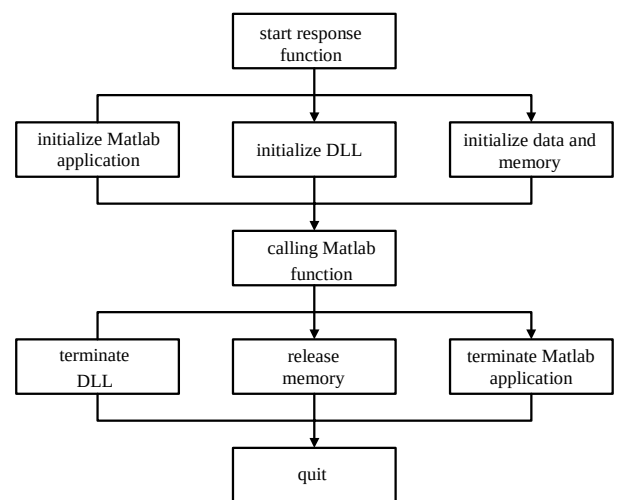


Fig.6 Flow chart of mixed programming
图 6 混合编程设计流程图

视图对比显示、能够高效绘制三维图像的测试程序。证明了利用多文档结构、双缓冲技术可实现多视图对比显示并解决动态生成视图时的闪烁问题,同时利用混合编程可以高效解决复杂数据或图像的处理,加快开发进度,提高工作效率。

参考文献:

- [1] 郑相锋,王庆,冯砚厅,等. VC++环境下的多文档多窗口应用程序开发[J]. 电脑与信息技术, 2011,19(2):71-74. (ZHENG Xiangfeng,WANG Qing,FENG Yanting,et al. Develop an application of multiple view & multi-type document using VC++[J]. Computer and Information Technology, 2011,19(2):71-74.)
- [2] 潘大夫,汪勃,周志强. Matlab与C/C++混合编程技术研究[J]. 计算机工程与设计, 2009,30(2):465-468. (PAN Dafu,WANG Bo,ZHOU Zhiqiang. Research on mixed programming technology of Matlab and C/C++[J]. Computer Engineering and Design, 2009,30(2):465-468.)
- [3] 杨玲,来五星,史铁林. VC与Matlab混合编程方法在轧机扭矩监测中的应用[J]. 计算机工程与应用, 2003,39(10):226-227. (YANG Ling,LAI Wuxin,SHI Tielin. Application of combined programming with Visual C++ and Matlab in the monitoring torque of rolling mill[J]. Computer Engineering and Applications, 2003,39(10):226-227.)
- [4] 方韬,黄建国,戴志坚. WinCE数字存储示波表中双缓冲技术的应用[J]. 电子测试, 2012(1):58-61. (FANG Tao,HUANG Jianguo,DAI Zhijian. Application of double-buffering to DSO based on the platform of WinCE[J]. Electronic Test, 2012(1):58-61.)
- [5] 张威. Matlab外部接口编程[M]. 西安:西安电子科技大学出版社, 2004. (ZHANG Wei. Matlab External Interface Programming[M]. Xi'an,China:Xidian University Press, 2004.)
- [6] 江建国,温少营,张瑞楠. 基于双缓冲技术的GDI+无闪烁绘图[J]. 计算机应用, 2012,32(S2):136-139. (JIANG Jianguo,WEN Shaoying,ZHANG Ruinan. Flicker-free GDI+ drawing based on double buffering[J]. Journal of Computer Applications, 2012,32(S2):136-139.)
- [7] 禹科,方舟,李平,等. 基于Matlab和VC++混合编程的无人机地面控制站实现[J]. 计算机应用, 2011,31(Z2):225-227,232. (YU Ke,FANG Zhou,LI Ping,et al. Implementation of ground control station for UAV based on mixed programming of Matlab and VC++[J]. Journal of Computer Applications, 2011,31(Z2):225-227,232.)
- [8] 蒋薇,夏连胜. 基于LabWindows/CVI的数据库与Matlab混合编程及实现[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2007,5(4):253-256. (JIANG Wei,XIA Liansheng. Mixed programme and implementation based on Lab Windows/CVI database and Matlab[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2007,5(4):253-256.)

作者简介:



何 鹏(1986-),男,四川省巴中市人,工程师,主要研究方向为自动测试技术、脉冲高压大电流测量技术.email:576914331@qq.com.

王 益(1986-),男,四川省绵阳市人,工程师,主要研究方向为微波介电常数、相位测量技术.

王建忠(1976-),男,四川省大邑县人,高级工程师,主要研究方向为微波测试技术.