

基于 VTK 库的医学图像处理子系统设计和实现

王延华 洪 飞 吴恩华

(中国科学院软件研究所计算机科学开放实验室,北京 100080)

E-mail hongfei@isdn.iscas.ac.cn

摘 要 VTK (The Visualization Toolkits) 是一个基于面向对象方法设计的,功能强大的可视化和图形图像处理类库,针对医学图像处理的需要和特点,利用 VTK 的图像处理和可视化,及图形显示功能,用面向对象的方法设计和实现了一个易于扩展、高效率、实用的医学图像处理子系统。实践证明该子系统能很好地应用于各种医学图像处理中。

关键词 VTK 类库 图像处理 可视化 DICOM3 面向对象

文章编号 1002-8331- (2003)08-0205-03 文献标识码 A 中图分类号 TP391

The Implementation and Design of Medical Image Process Sub-system Based on VTK Library

Wang Yanhua Hong Fei Wu Enhua

(Institute of Software, CAS, Beijing 100080)

Abstract : VTK (The Visualization Toolkits) is an object-oriented designed powerful class library for the visualization of graph and image data. For the requirement and characteristic of medical image process, this paper designs and implements a medical image process sub-system which based on the function of image process, visualization, graph displaying in the VTK library. This system is powerful, practical and easy to be extended for its object-oriented design and it is well performed in the various medical image processes in practice.

Keywords : VTK library, Image Process, Visualization, DICOM3, Object-oriented

1 介绍

随着计算机技术的快速发展,医学图像归档和传输系统(PACS),为放射科医生提供一致的、查询和操作医疗设备产生的图像的接口,以辅助医生进行诊断,将越来越受到放射科医生和医疗单位的重视。其中的医学图像处理子系统,作为辅助医生进行诊断的重要手段,是 PACS 系统的核心部分。笔者针对研究人员在研究医学图像处理算法中对获取和操作医学图像方便性的需求,以及医疗或相关单位对实现 PACS 系统对医学图像处理功能的需要,以 VTK (Visualization Toolkit) 类库为基础,设计和实现了一个医学图像处理子系统。采用 VC6 编程语言,将该系统封装成 ActiveX 控件。该控件可以很方便地被 VC、VB、PB、Java 等其它编程语言调用,实现自己所需的图像处理或 PACS 管理系统等。该控件能够读取各种格式的图像,如位图、JPEG 图像,以及遵循医学 DICOM3 标准产生的医学图像等。而且,控件还提供一些图像处理功能,如缩放、平移、旋转、局部缩放、滤波、去噪声,测量像素之间的长度、像素面积,在图像上显示标注信息等功能,还有更重要的一点是,它能够提供医学图像可视化,或三维重建的功能,将二维的医学图像面片重建成三维实体,肺、骨骼等,以帮助医生进行诊断。DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) 标准是由 ACR (American College of Radiology) 及 NEMA (National Electrical Manufacturers Association) 所形成的联合委员会,于 1983 年以后陆续发展而成的医疗数字影像及传输标准。DICOM 是

医学图像及其相关信息的通讯标准,目前 DICOM Version3.0 是完全根据 ACR/NEMA PS3.1-1992,由 ACR 验证,NEMA 发表的标准。该控件还实现了部分 DICOM3 协议,使它可以从其它符合 DICOM3 协议的工作站或医疗设备接收,或向它发送符合 DICOM3 标准的图像,它还可以将图像送往 DICOM3 标准的打印机,实现医生常用的照相功能等,从而该控件具有良好的兼容性和扩展性。

VTK 类库功能及其构造介绍:VTK 可视化类库是 William J.Schroeder, Kenneth M.Martin, William E.Lorensen 三人于 1993 年在文献[1]的基础上,利用面向对象的建模技术,设计和实现的源代码开放的三维可视化类库。VTK 构造在 C++ 语言之上,包括三维计算机图形学、图像处理和可视化三大部分功能。VTK 能够支持和处理多种表示格式的数据,如有规则的或无规则的点阵 (Point sets),图像 (Image),体元数据 (Volume) 等。在 VTK 类库中,提供了丰富的、灵活的用于读取各种数据格式的文件,以及其相互转换的类,如从 vtkImageReader 继承而来的各种用于读取图像的类,vtkBitmapReader (位图读取类),vtkJpegReader (jpeg 图像读取类)等。也可以扩展基类 vtkImageReader, vtkImageWriter, 以增加自己的读写其它格式图像的类,如 vtkDicomReader, vtkDicomWriter 等 DICOM3 标准的医学图像等。同样,在 VTK 类库中,将众多的、常用的图形操作,图像处理算法封装成不同的类,非常易于理解和调用。它也对数据可视化算法,特别是用于医学图像,或遥感图像中的成熟算

基金项目:国家自然科学基金(编号:60039010)

作者简介:王延华,硕士研究生,研究方向:三维复杂图形加速,医学图像可视化算法。洪飞,博士研究生,研究方向:图形处理,多媒体通信。吴恩华,博士生导师,研究方向:真实感图形生成,虚拟现实。

©1994-2013 China Academic Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

计算机工程与应用 2003.8 205

法,如 Marching Cube (等值面抽取)等,封装成一系列定义清晰的,易于扩展的类,方便人们研究、使用和扩展。VTK 类库中将底层的图形、图像处理算法和数据的绘制进行了明确的划分,使人们可以非常容易地增加自己的绘制引擎。在缺省的情况下,VTK 支持 OpenGL,这已成为工业标准的三维图形图像绘制库,使人们可以有效地利用各种支持 OpenGL 标准的显卡的硬件加速功能,提高经图像处理,或可视化后得到的图像图形数据的绘制效率。自从 1993 年 VTK 发表以后,VTK 不断得到完善和改进,为世界上众多的大学、研究机构、公司用来进行教学、研究以及图像处理可视化系统的开发。因而可以看出 VTK 是经过时间检验的、稳定的、灵活的三维图形图像处理类库。

2 医学处理子系统控件的设计与实现

从对医学处理子系统需求的理解和分析,笔者认识到,一个功能完备的医学图像处理子系统需要能读取多种格式的医学图像,包括 DICOM3 标准的图像,并且该系统能够支持常见的各种图像处理算法,图像的缩放、旋转、增强、滤波等。该系统最好能支持三维医学图像数据可视化的功能,并能够按照 DICOM3 协议,发送和接收 DICOM3 图像,以及 DICOM3 图像和其它格式图像的互相转换功能。由此可以看出,要实现一个功能比较齐全的医学图像处理子系统,需要掌握各种图像格式的结构,各种需要的图像处理算法,以及三维数据可视化算法,DICOM3 协议的定义和运行机制等。因而要想完全重新设计和实现它,工作量是非常大的,为了用较少的时间设计和实现一个较完善、健壮且容易扩展的医学图像处理子系统控件,主要用以下的几条准则作为笔者的设计和实现基础。

(1) 采用面向对象的方法,将基本功能用类包装,以便于定义和扩展功能。

(2) 尽量采用已有的,成熟的软件代码或组件,加快设计和实现。

(3) 尽量设计和实现一个自包含的,较完备的医学图像处理系统,减少开发 PACS 系统或其他医学图像处理系统的工作量和难度。

根据以上规则,通过在研究图形,数据可视化算法时对 VTK 类库的研究和使用,笔者认为利用面向对象方法设计,用 C++ 语言实现的,源代码开放的,被世界上众多研究单位或公司使用的,具有图形图像处理和三维可视化功能的,易于扩展的 VTK 类库,非常适合作为笔者所要实现控件的基础。通过对国外类似产品的分析,结合对 PACS 系统对医学图像处理子系统需求的理解,这里将该控件对外提供的功能或接口分为六大部分:

(1) DICOM3 标准医学图像及 BMP、JPEG 等格式图像的读写,及相互转换函数。

(2) 控制在控件窗口显示图像和其他标注信息的函数。

(3) 用于图像处理的函数,包括缩放、平移、局部缩放、窗宽、窗位调节、测量、图像平滑、滤波等的图像处理算法函数。

(4) 利用 DICOM3 协议,从其它医疗设备接收或向其发送标准医学图像的函数。

(5) 控制控件显示外观的函数。

(6) 有关医学图像三维可视化的函数等。

根据这些接口的定义,对 VC6 生成的 ActiveX 控件框架类进行了扩展,构造了该医学图像处理控件。CMedViewer 是由 VC6 生成的控件框架主类,该类控制控件的外观、消息处理,对外接口和属性的实现等。为了完成 CMedViewer 定义的对外接

口和属性,对 VTK 类库进行了扩展,设计和生成了几个主要的类。笔者所设计和实现的几个主要的类,及其与 VTK 类库中的类的层次关系由图 1 所示。

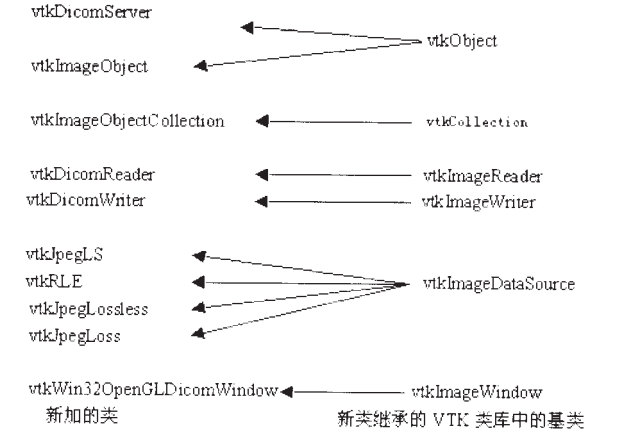


图 1 医学处理子系统扩展类库

医学处理子系统控件中类的关系及其功能:由于以 VTK 类库为基础,所需要自己设计的类的数目大大减少,开发时间也相应的减少了很多。图 1 是在该控件中所设计和实现的几个主要的类。在上面的几个类中,vtkImageObject 是其中最主要的一个类。利用 DICOM3 协议对与其对应图像格式的规定,将每个图像的信息,及对图像操作的函数封装在类 vtkImageObject 中。vtkImageObject 类保存 DICOM3 格式图像的各种信息,如病人姓名、病人检查号、检查时间、图像的表示方式、像素存储方式(8 位、12 位、16 位等)、像素的平面数(灰度图还是彩色图等)。该类控制图像的各种操作,缩放、平移、增强、滤波、标注的数量及其在图像上的位置等。该类保存该图像在控件窗口上的位置等。大多数图像处理算法,可视化算法所生成的类都在该类中被引用。如各种格式图像的读写,以及上面的对图像的操作类等。vtkImageObjectCollection 类是 vtkImageObject 类的集合,在控件的框架类 CMedViewer 中被引用,它包含多个被生成的 vtkImageObject 类。vtkDicomReader、vtkDicomWriter 对 VTK 类库中的基本的图像读写类进行继承,以读写 DICOM3 格式的图像。它在 vtkImageObject 类被引用。因为 DICOM3 格式的图像支持多种图像压缩标准,为了能够读取这些压缩标准格式的图像,对 vtkImageDataSource 类进行扩展,形成支持 Jpeg 无损和有损压缩、JpegLS 无损压缩、行程编码等的类 vtkJpegLoss、vtkJpegLossless、vtkJpegLS、vtkRLE 等。另外,通过对 vtkImageDataSource 类进行继承,也可以很方便地得到新的压缩格式的类。他们在类 vtkDicomReader、vtkDicomWriter 中被引用,以支持 DICOM3 压缩格式图像的压缩和解压缩。vtkWin32OpenGLDicomWindow 是绘制窗口类,它依附于控件的主窗口,利用 OpenGL 函数库,提高图形图像数据的绘制效率。vtkDicomServer 类是通过调用实现 DICOM3 通信协议的类,提供符合 DICOM3 协议标准的服务类。它可以接收,或向外发送 DICOM3 格式的图像,或提供 DICOM3 协议定义的查询、检索、或相应的服务等。

笔者所实现的控件一方面作为研究医学图像处理算法的有力工具,另一方面以它为基础设计和实现的 PACS 系统已成功应用在几家大型医院的医疗影像科。图 2、图 3 是该控件的两幅效果截图。其中图 2 表示该控件读进多幅图像,并显示了图像中保存的部分信息。图 3 表示该控件提供的测量、局部缩

放等效果图。

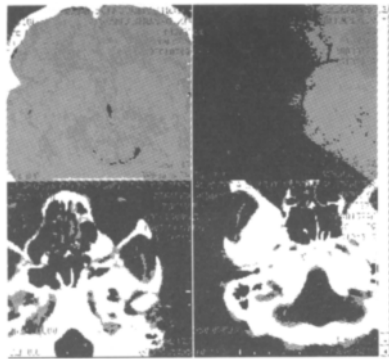


图2 医疗处理子系统外观截图



图3 医疗处理子系统图像处理效果截图

3 结论和讨论

由于笔者采用已有的，源代码公开的 VTK 类库作为该医学图像处理子系统的基础，又借鉴其它一些公开标准的图像压缩和解压缩库，因而可以把精力放在实现所定义的和接口上。利用该控件，可大大降低医疗单位或相关公司开发 PACS

系统的难度，减少开发时间。另外，该控件还可以用于相关研究单位作为研究医学图像处理算法的基础。以后，笔者将根据反馈，完善该控件对 DICOM3 协议的支持，继续利用 VTK 库的强大功能，改进和增加医学图像处理所需要的特殊算法。笔者也一定会把对三维计算机图形技术，数据可视化的研究成果及时地应用到该控件中去，使它朝着专用、功能齐全的方向发展。

现在开源代码运动在世界上如火如荼地开展着。作为全世界众多研究人员、计算机科学工作者以及众多程序员的辛勤劳动的结晶，众多的研究结果算法的公开实现，是人们用来进行科学研究，互相交流、促进的极好资源。实践证明，采用成熟的，经过检验的软件组件或源代码，利用已有的知识财富，可以大量减少设计和开发的时间，用较少的代价生成稳定、可靠的产品。笔者的经验可以为相关的研究人员或其他单位在科学研究，或复杂产品设计和实现提供较好的借鉴作用。

(收稿日期：2002 年 5 月)

参考文献

1. William J Schroeder ,Kenneth M Martin ,William E Lorensen.The Design and Implementation Of An Object-Oriented Toolkit For 3D Graphics And Visualization
2.W Schroeder K Martin ,W Lorensen.The Visualization Toolkit :An Object-Oriented Approach to 3D Graphics[M].2nd Edition ,PrenticeHall , old Tappan ,N J ,1998
3.Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM)S].NEMA Standards Publication PS3.x (199x)
4.Chang-Shing Lee ,Huei-Jane Tschai ,Yau-Hwang Kuo et al.PACS : Construction and Application to Medical Image Enhancement[C].In : 1999 Third International Conference on Knowledge-Based Intelligent Information Engineering Systems Adelaide ,Australia ,1999
5.Ronald J Norman.Object-Oriented Systems Analysis And Design[M]. Tsinghua Press ,2000

(上接 150 页)

检测模式：从网络系统的不同层次中搜集信息，判断是否有异常发生。

识别模式：当某个节点的 ADA 被激活，则进入识别模式，根据预先定义的安全策略做出决定。

反应模式：在遭受入侵的结点上，检测系统通过激活特定类型的 RCA 采取行动。

大多数时候 IDA 在网络中巡逻（检查进程参数的状态，使用，连接状况等等），特定功能的 IDA 执行特定的任务，单个 IDA 所收集的信息可能不能判定入侵的发生，这就需要多个 IDA 互相协作，进行数据交流。当某个 IDA 发现了异常事件时，会提高自身的怀疑度，同时用 ICA 通知其它的 IDA，其它的 IDA 会分析自己收集到信息，也将提高自身的怀疑度。一旦某个 IDA 的怀疑度超过了预先设定的阈值时，其它与之协作的 Agent 进入识别模式，它们根据预先定义的安全策略理解该事件并做出决定。一旦决定做出，系统就进入反应模式，采取适当的行动抵御入侵。

5 结束语

文章提出了一个基于免疫的 Multi-Agent 入侵检测系统，该系统与以往的一些入侵检测系统相比有如下优点：各 Agent 分布在网络的各个结点，单个节点受到攻击不会影响其它节点

的检测能力，从而提高了系统的健壮性，且避免了单点失效问题；能从系统的不同层次（网络层、用户层、系统层）收集数据，分析它们的内在关联，因而不只能检测基于主机的攻击，还能检测基于网络的攻击；将误用检测和异常检测相结合，同时引入了“记忆”机制，提高了系统的可适应性，不仅能检测已知的攻击，而且能检测到未知的攻击。当然文章在此仅是作了一个初探，其中还有许多问题有待进一步的深入研究。

(收稿日期：2002 年 5 月)

参考文献

1.Dipankar Dasgupta.Immunity-Based IDS :A General Framework[M]. 1999
2.Stephanie Forrest Steven A Hofmey Anil Somayaji.Computer Immunology[J].Communication of the ACM ,1996
3.Anil Somayaji ,Steven A Hofmey ,Stephanie Forrest.Principle of a Computer Immune System[C].In :New Security Paradigms Workshop Language ,Cumbria UK ,Copyright ACM ,1998
4.胡昌振，李贵涛.面向 21 世纪网络安全与防护[M].北京：北京希望出版社，1999
5.夏煜，郎荣玲，戴冠中.入侵检测系统的智能检测技术研究综述[J].计算机工程与应用 2001 37 (24) 32~34
6.蒋建春，冯登国.网络入侵检测原理与技术[M].北京：国防工业出版社，2001