

基于开源软件的医学图像分析处理研究

李伟 王涌天* 杨建 刘越

(北京理工大学光电学院, 北京 100081)

摘要 ITK 及 VTK 是目前分别在医学图像处理和数据可视化领域非常强大的软件开发包, 具有源代码开放、算法库丰富、功能强大等优点。由于其庞大的类库功能, 这两个软件包越来越获得人们广泛的关注和使用。然而, 这两个软件包并不为人们提供用户界面 (GUI)。FLTK 和 Qt 是两种目前比较流行的开源 GUI 开发库, 对于开源软件开发包有非常方便的用户接口。本文将介绍这两种 GUI 工具在医学开源软件开发中的集成使用方法。通过对比它们各自的特点, 为医学图像处理软件的界面开发与集成提供新的思路。

关键词 开源软件包 图像分析 三维可视化

Study on Open Source Toolkit Based Medical Image Analysis and 3D Visualization

Li Wei, Wang Yongtian, Yang Jian, Liu Yue

(School of Optoelectronics, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, P. R. China)

Abstract ITK and VTK are powerful toolkits which have been widely used in the fields of medical image processing and data visualization. For these two toolkits, they are open source and with rich algorithms. Therefore, they have attracted more and more attentions in different fields. However, these two toolkits do not provide user interface (GUI) for the users. FLTK and Qt are the two popular open source GUI development libraries, they have very convenient user interface for open source libraries. This paper introduces these two kinds of GUI libraries for the open source toolkit based medical image processing software development. By comparing features of the GUI libraries, an easy used user interface library is selected and integrated with VTK and ITK for the development of medical image processing and visualization software.

Keywords open source toolkit, medical image analysis, 3D visualization

1 引言

VTK 和 ITK 封装了大量的数据可视化及医学图像处理算法,在医学图像领域显示了它们强大的功能。同时,由于它们的开源、面向对象、模板编程、跨平台等优点,为医学图像的处理与分析提供了很大的方便。目前,ITK 和 VTK 已经成为医学图像领域的主流软件开发工具。但是,它们没有提供友好的开发界面,为医学图像软件的集成化开发带来了许多不便。目前,应用于 ITK 和 VTK 的开源用户界面开发工具有 Qt、Fltk、KWWidgets 等,本文将对比界面开发工具的特点,从中选出一种比较适合与 ITK、VTK 结合开发的界面工具。

2 ITK、VTK 介绍

ITK (Insight Toolkit)^[1]起源于美国国家医学图书馆,是于 1999 年在可视化人体 (Visual Human) 项目中所开发的医学图像处理工具包,它包括了图像的读写、图像滤波、图像分割及图像配准等图像处理方法,大大简化了图像算法的实现过程,缩短了算法的设计周期^[2]。它封装了几乎所有主流的医学图像分割与配准算法,而且由于它的开源性,这些算法还在不断完善中。

VTK (Visualization Toolkit)^[3]是一个包括三维计算机图形学、图像处理、可视化三大功能的开源开发包。它是 Willim J Schroeder, Kenneth M. Martin, Willim E. Lorensen 等人利用 C++ 语言在 OpenGL 的基础上发展起来的。VTK 包括了图形图像和可视化领域内的上百种算法,能够支持和处理包括有规则的或无规则的点阵,图形,体原数据等多种表示格式的数据。

VTK 和 ITK 这两种开源软件包有许多共同的特点,总结如下。

(1) VTK 和 ITK 是开源的开发工具包,用户可以免费使用,还可以在它们提供的基类基础上开发自己的类库;它们都是面向对象的,具有良好的封装性;使用模板 (template) 编程方式编写,提高了代码的可重用性。

(2) 可跨平台开发,支持 Windows、Linux、Unix 等多种平台。除 C++ 外,还支持 Java、Python、TCL&TK 等语言^[4]。

(3) ITK 没有数据可视化功能,因此,ITK 一般要与 VTK 配合来使用。VTK 和 ITK 没有图形用户接口 (Graphic User Interface, 即 GUI),要与 Qt、FLTK 等 GUI 开发工具结合使用。

(4) 它们都采用流水线 (Pipeline) 作业方式处理数据,即后一个对象处理的数据是前一个对象的处理结果^[5]。

ITK 的流水线基本流程如图 1 所示。

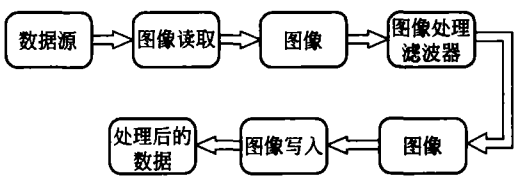


图 1 ITK 流水线示意图

ITK 首先将图像数据源读入内存,之后调用 ITK 中所要用到的 Filter 算法 (如滤波、分割、配准等算法) 对图像进行数据处理,得到处理后的图像。然后将图像数据结果写入保存,最后得到处理后的图像文件。

VTK 的流水线基本流程如图 2 所示。

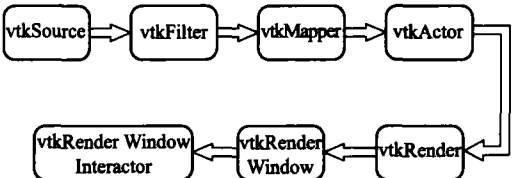


图 2 VTK 流水线示意图

vtkSource 为可视化流程的开始, 它为整个可视化流程定义具体的行为和接口, 如读取、生成数据等。vtkFilter 利用各种 Filter 算法将原始数据进行滤波, 以便以后算法的处理。vtkMapper 将经过各种 filter 处理后的应用数据映射为几何数据, 即将原始数据转换成需要的图像数据。vtkActor 类用来表达绘制场景中的一个实体, 也就是绘制场景中的演员, 几何数据的属性通过 SetMapper() 方法将几何数据的属性告诉演员, vtkActor 类为数据设置颜色、材质、反射等属性。然后通过 vtkRender 类将结果通过 vtkRenderWindow 窗口中显示出来。最后通过 vtkRenderWindowInteractor 对演员进行交互操作。

3 ITK、VTK 及图形用户接口的软件集成

3.1 ITK 与 VTK 之间的接口

如前所述, ITK 主要应用与医学图像处理领域, 没有可视化功能, 如果想将图像处理结果显示出来, 必须借助 VTK。在 ITK 处理图像之后, 可以通过 ITKToVTKImageFilter 类将 ITK 的数据转换成 VTK 支持的数据。具体流程为: 通过 ITK 读取图像并对图像进行处理, 然后利用 ITKToVTKImageFilter 进行数据转换, 由于 ITK 与 VTK 坐标系的 y 轴方向相反, 为了能正确显示图像, 需要用 VTKImageFlip 类的对象来对图像进行翻转。如图 3 所示。

3.2 用 Qt 进行软件集成

Qt 是 Trolltech 公司开发的一个跨平台的 C++ 图形用户界面应用程序框架。总结

来说, Qt 具有如下优点。

(1) Qt 是完全面向对象的, 封装了大量部件作为 C++ 模块, 提高了程序的可重用性。包括多达 250 个以上的 C++ 类, 具有丰富的 API, GUI 功能。

(2) 可跨平台使用, 支持 Windows, Linux 等操作系统。

(3) Qt 码简单易懂, 框架清晰严谨, 有丰富的开发文件, 非常适合开发者学习。

(4) QT 提供了一种称为 signals-slots 的消息循环机制来替代 callback, 这使得各个组件之间的协同工作更加简单, 并且使消息循环过程更加安全。

使用 Qt 对 ITK 进行集成的方法为: 首先在程序的 CMakeLists 中加入如下语句

```
FIND_PACKAGE(QT)
IF(QT_FOUND)
INCLUDE_DIRECTORIES(${QT_INCLUDE_DIR})
ENDIF(QT_FOUND)ENDIF(QT_USE_FILE)
```

这样, 在 CMake 编译过程中就能找到 Qt 的路径并将其加入到工程文件中。其次, 在 LINK_LIBRARIES 中加入这样的参数: \${QT_LIBRARIES}, 这样就可以链接到 QT 的库中。在 CMake 编译过程中, 将其要求的相关路径加入, 继续编译至完成后就可以在工程中用 QT 的库了。

需要注意的是, 由于 Qt 的 signals-slots 消息循环机制对对象的类型要求比较严格, 在 Qt 与 ITK 集成过程中, 需要用到 InsightApplications 中名为 itkQtAdaptor.h 的文件, 它提供了两个类——QtSlotAdaptor 及 QtSignalAdaptor, 它们均继承自 QtTranslator, 而 QtTranslator 是 QObject 的一个子类。这样, 这两个类就可以把 ITK 的

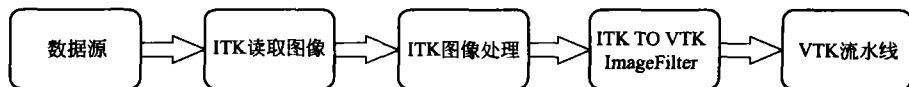


图3 ITK 与 VTK 的接口

对象及其回调函数转换成 QtSlotAdaptor 的形式, 把 ITK 中的命令转换成 QtSignal-Adaptor 的形式, 从而可以顺利地使用 Qt 中的 signals-slots 消息循环机制。

使用 Qt 集成 VTK 的具体方法是: 在用 CMake 编译 VTK 时选择 VTK_USE_GUISUPPORT, 单击 configure 按钮之后, 再选择 VTK_USE_QVTK, 单击 configure 按钮, 选择 Qt 的版本。这样, 就可以在 VTK 中利用与 Qt 的接口类——QVTK-Widget 和 QVTKInteractor, QVTKWidget 类继承自 Qt 的窗口部件类 QWidget, 可以作为 Qt 中的一个部件使用。当 Qt 作为 VTK 的用户接口使用时, QVTKWidget 类的对象就可以将 vtkRenderWindow 类的对象利用 SetRenderWindow (vtkRenderWindow*) 函数接入到 VTK 的流水线中。QVTKInteractor 继承自 Qt 的 QObject 类, 以及 VTK 的 vtkRenderWindowInteractor 类, 它既有 Qt 类的性质, 同时包括了 VTK 中的交互操作。

3.3 用 FLTK 进行软件集成

FLTK (FastLightToolKit) 是一种使用 C++ 开发的小巧而快速的 GUI 开发库, 与 Qt 相比, 除了具有面向对象、跨平台、开发方便等特点外, FLTK 还有如下优点。

(1) 直接运行在内核库 (Xlib、Win32 等) 之上, 以使其运行速度最快。

(2) FLTK 的代码大小和性能都是经过仔细优化的, 源文件只有十几兆, 并且代码效率高。

(3) FLTK 的底层只提供一套完整的画点、画线及字体显示的功能, 在此基础上完全自己实现了一套界面, 使 FLTK 本身可以定制, 增加了开发的灵活性, 与其他开源 GUI 开发工具相比有更好的移植性。

使用 FLTK 对 ITK 和 VTK 集成的方法和 Qt 集成 ITK 的方法相似, 需要说明的是:

(1) 由于 FLTK 的回调机制函数 Call-Back () 没有 Qt 的 signals-slots 对参数类型要求的那么严格, 所以 ITK 中的函数可以直接被 FLTK 调用。

(2) 与 Qt 不同, VTK 中不提供像 QVTKWidget 和 QVTKInteractor 这样支持 FLTK 接口类。开发者可以根据自己的需要灵活地编写, 也可以到相关网站上下载别人写好的代码。

同 Qt 相比, FLTK 体积小、开发灵活、有较好的移植性, 更重要的是, Qt 采用的 signals-slots 机制, 它是一个宏, 在编译之前, C++ 预处理把它们变成标准的 C++ 代码, 这样就降低了代码的执行效率。同时, Qt 与 VTK 和 ITK 的接口复杂臃肿, 这也将影响医学图像处理软件的运行速度。而 FLTK 的消息循环机制简单, 同 VTK 与 ITK 比相对直接, 使其运行速度比 Qt 快。

同时, FLTK 存在着许多不足: 一是 FLTK 对界面部件的支持不够, 很多常用的部件需要用户根据 FLTK 提供的基础类自行编写; 二是目前 FLTK 的使用者不多, 经验交流方面存在着困难。

4 基于 ITK 和 VTK 的开源医学图像处理软件的实现

医学图像处理工具是将医学图像处理和可视化方法用面向对象的方法封装成基本功能模块, 以便于定义和功能的扩展。软件共由 3 大模块组成: 医学图像处理的算法采用 ITK 类库, 包括图像滤波和图像分割; 图像三维可视化则选用 VTK 类库; 鉴于 FLTK 在医学图像处理软件的应用中表现出来的优势, 图形用户界面采用 FLTK。

在图像导入模块中, 软件中包括了 ITK 支持图像格式的灰度图像和彩色图像单张图像。另外, 还支持 DICOM 图像序列的导入及 MINC 格式 CT 图像的导入。软

件封装了 ITK 中 connected Threshold 和 Fast Mashing 两种医学图像分割算法,利用边缘平滑滤波器 CurvatureFlowImageFilter 将导入图像进行平滑去噪,经过图像平滑后,用户可以任选其中一种对 CT 图像进行分割。分割之前,用户通过 FLTK 的控件可以选择分割结果的显示颜色。分割的过程中,可随时对 CT 图像的颜色、亮度及对比度进行调整。VTK 首先对图像进行三视图、单张、多张图像显示。在 ITK 进行图像分割后,将流水线转到 VTK 的可视化模块。可视化模块中用 VTK 中的 Marching Cube 算法,对三维分割结果进行绘制。ITK 和 VTK 之间的数据交换则通过各自类的接口来实现。

图 4 所示的是软件在分割模式下的显示界面:上面的两个窗口及下面左侧的窗口将 CT 图像进行三视图显示,其中窗口右侧的滚动条可以对 CT 图像的显示层数进行调节,以便对 CT 图像进行更加细致的观察。下面右侧窗口显示分割后的重建结果。右侧是 FLTK 的用户界面调节区,其中参数设置按钮可以设置分割算法的参数。

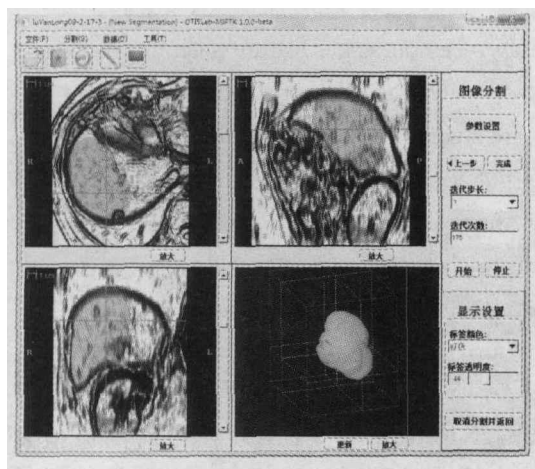


图 4 图像处理软件的分割显示界面

5 总结与展望

本文总结了医学图像处理领域常用的

两种开源软件开发工具 VTK 及 ITK 的特点和数据处理流程,分析了 Qt 及 FLTK 的优、缺点,并较系统地分别介绍了它们在与 VTK 及 ITK 集成的方法。通过比较得到了使用 FLTK 进行医学图像处理开源软件开发的优优势。最终结合 FLTK 界面开发,具体介绍了医学图像处理工具 MIPTK 的设计与实现过程。

VTK 和 ITK 因它们的源代码免费和开放性及强大的功能,在医学图像领域得到了越来越广泛的使用。本文旨在总结常用 GUI 工具在开源软件开发包中的使用方法,选出适合于中型医学图像处理软件的界面开发工具,为人们更好地利用 VTK 和 ITK 提供方便。

6 致谢

本项研究工作受到国家 973 项目 (2010CB732505), 国家自然科学基金 (60902103) 等项目资助。

参考文献

- [1] IBANEZ L, SEHROEDE W. The ITK Software Guide. Version 2.0, Newyork: Lydia Ng and Josh Cates Publisher by Kitware, Inc, 2005.
- [2] IBZNEZ L, SCHROEDER W, LYDIA N G, et al. The ITK Software Guide: The Insight Segmentation and Registration Toolkit (version 1.4). Kitware, Inc. Publisher, 2003.
- [3] 李嘉, 胡怀中, 胡军. 可视化三维图形库 Visualization Toolkit 3.2 的原理及应用. 计算机应用与软件, 2004, 21 (2): 5 - 7. 18 (8): 205 - 207.
- [4] 王延华, 洪飞, 吴恩华. 基于 VTK 库的医学图像处理子系统设计和实现. 计算机工程与应用, 2003, (8): 205 - 207.
- [5] 吴建明, 施鹏飞. Visualization Toolkit 及其在三维体重建中的应用. 微型电脑应用, 2002, 18 (8): 9.