医学影像处理与分析开发包 MITK 的设计与实现*

赵明昌[1,2], 田 捷[1,2+], 薛 健[1,2], 朱 珣[1,2], 何晖光[1], 吕 科[1]

[1](中国科学院 自动化研究所 复杂系统与智能科学重点实验室 医学影像研究室,北京 100080)
[2](中国科学院 研究生院,北京 100039)

Design and Implementation of MITK for 3D Medical Image Processing and Analyzing

ZHAO Ming-Chang[1,2], TIAN Jie[1,2+], XUE Jian[1,2], ZHU Xun[1,2], HE Hui-Guang[1], LÜ Ke[1]

[1](Medical Image Processing Group, Key Laboratory of Complex Systems and Intelligence Science, Institute of Automation, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)
[2](Graduate School, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)
+ Corresponding author: Phn: +86-10-62532105, Fax: +86-10-62527995, E-mail: tian@doctor.com, http://www.3dmed.net
Received 2004-02-27; Accepted 2004-05-14

Zhao MC, Tian J, Xue J, Zhu X, He HG, Lü K. Design and implementation of MITK for 3D medical image processing and analyzing. *Journal of Software*, 2005,16(4):485−495. DOI: 10.1360/ jos160485

Abstract: With the success of VTK (visualization ToolKit) and ITK (insight segmentation and registration ToolKit), there are more attentions to the toolkit development issue in medical imaging community. This paper introduces MITK (medical imaging ToolKit), an integrated 3D medical image processing and analyzing toolkit. Its main purpose is to provide a consistent framework to combine the function of medical image segmentation, registration and visualization. The design goals, overall framework, and implementation of some key technologies are provided in details, and some application examples are also given to demonstrate the ability of MITK. We hope that MITK will become another available choice for the medical imaging community.
Key words: visualization; image segmentation; image registration; C++ Toolkit

摘 要: 随着 VTK(visualization ToolKit)和 ITK(insight segmentation and registration ToolKit)两个软件开发包的成功,医学影像领域内的研究人员越来越重视本领域内的软件包的开发问题.介绍了所开发的集成化的三维医学影像处理与分析开发包 MITK(medical imaging ToolKit),其目的主要是提供一个一致的框架,整合医学图像分割、配准、可视化等功能.给出了 MITK 的设计目标、整体框架和关键技术的实现,以及一些应用实例以展示 MITK 的功能.希

* Supported by the National Natural Science Foundation of China under Grant Nos.30370418, 90209008, 60302016, 60172057, 30270403 (国家自然科学基金); the National Grand Fundamental Research 973 Program of China under Grant No.2002CCA03900 (国家重点基础研究发展规划(973)); the National Outstanding Youth Foundation of China under Grant No.60225008 (国家杰出青年科学基金); the Beijing Natural Science Foundation under Grant No.4042024 (北京市自然科学基金)

作者简介: **赵明昌**(1977－),男,河南巩义人,博士生,主要研究领域为医学影像处理;**田捷**(1960－),男,博士,教授,主要研究领域为医学影像处理,生物特征识别;**薛健**(1979－),男,博士生,主要研究领域为三维可视化;**朱珣**(1978－),女,硕士生,主要研究领域为医学影像分割算法;**何晖光**(1979－),男,博士,副研究员,主要研究领域为医学影像处理,三维可视化;**吕科**(1979－),男,博士,副教授,主要研究领域为三维可视化.

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

望 MITK 能成为本领域内研究开发人员的另外一个可选择的开发包.

关键词: 可视化;图像分割;图像配准;C++开发包

中图法分类号: TP391 **文献标识码**: A

自从 X 射线发明以来,CT(计算机断层成像)、MRI(核磁共振成像)、CR(计算机 X 线成像)、B 超、电子内窥镜等现代医学影像设备先后出现,使得传统的医学诊断方式发生了革命性的变化.使用计算机对医学影像设备采集到的影像进行处理与分析的技术被称为医学影像处理与分析,它可以辅助医生进行更准确的诊断.随着现代计算机科学技术的发展以及人们对医疗保健和自身健康的关注,医学影像处理与分析技术越来越多地受到人们的重视,现在已经成为一门新兴的、发展迅速的交叉科学领域.21 世纪将是以人为中心的科学技术得以充分发展的世纪,可以预见,在经历了 20 世纪的学科形成、学科发展过程后,医学影像处理与分析技术将在本世纪进入广泛应用的过程.

医学影像处理与分析技术涉及很多学科,包括图像处理、计算机图形学、模式识别、虚拟现实以及医学相关知识等,目前它的最主要的研究方向有图像分割、图像配准、三维可视化这几方面.在这 3 个研究领域,近一、二十年内国内外的研究者们都已经给出了非常多的成熟算法,并且新的算法还在不断地出现.除了在研究方面的努力外,一些研究机构为了更好地利用现有的算法,避免重复劳动,开发了许多软件开发包(toolkits),封装了相关领域的一些成熟算法,最成功的例子包括可视化开发包 VTK(visualization ToolKit)[1]、分割与配准开发包 ITK(insight segmentation and registration ToolKit)[2].这些开发包极大地便利了医学影像领域的研究者,同时也形成了一股新的研究趋势:医学影像处理与分析中的软件研发问题.在医学影像领域内比较有影响力的国际会议上设有分会和专题(如 Visualization Toolkits, SPIE Medical Imaging 2004 和 Software Development Issues, MICCAI 2003),旨在探讨在医学影像领域内高质量、高复杂度算法开发包的研究问题.

本文主要介绍自主开发的集成化的三维医学影像处理与分析开发包(medical imaging toolKit),包括其设计思想、设计目标和一些实现细节.第 1 节介绍国际上的相关工作.第 2 节介绍 MITK 的整体设计思想、设计目标和计算框架.第 3 节介绍 MITK 中所使用的若干关键技术的实现.第 4 节给出应用实例.第 5 节进行讨论并和 VTK 与 ITK 进行了比较.最后是总结和展望.

1 相关工作

在医学影像领域存在很多软件开发包,限于篇幅,这里只介绍对 MITK 的设计影响最大的两个:VTK 和 ITK.

1.1 可视化开发包VTK简介

VTK 是一套进行数据可视化的通用开发工具包,并不是专门针对医学影像领域的[3−5].其于 1993 年 12 月由美国 GE 公司研发部门的 Will Schroeder 和 Ken Martin 首次发布,最初是作为《The Visualization Toolkit: An Object-Oriented Approach to 3D Graphics》这本书的配套软件赠送,后来在 1998 年时,此书出版第 2 版,此 5 年期间,使用 VTK 的人数不断增加,形成了一个社区,VTK 也以开放源码(open source)的形式开发,同时由美国 Kitware 公司负责维护,全世界的开发人员都可以贡献自己的力量.VTK 的功能非常强大,提供了超过 300 个 C++类,并且提供了医学影像处理与分析所需要的三维可视化技术,它可以支持跨平台开发,支持 Windows,Unix, Linux 等多种平台.发展到现在,VTK 的稳定版本已经发行到 4.2 版本,并且仍在不断地持续进化,已经成为可视化领域最负盛名的软件开发包.

1.2 分割与配准开发包ITK简介

ITK 的主要目的是提供医学影像的分割与配准功能,是专门针对医学影像领域开发的[6].1999 年,美国国家卫生院下属的国立医学图书馆发起了一个投标活动,要出资资助开发一个分割与配准的开发平台,作为 Visible Human(可视人体)项目的一个工具,对 Visible Human 项目得到的数据进行处理与分析,最终选中 6 家单位合作开发,包括 3 个大学和 3 个商业公司.从 1999 年 10 月开始,到 2002 年 10 月发行了 ITK 1.0.目前 ITK 的开发也

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

采用开放源码的形式,也由 Kitware 公司负责维护.ITK 目前的稳定版本是 1.4,几乎包括目前主流的分割和配准算法,也正在得到人们越来越多的应用.

尽管 VTK 和 ITK 目前已经成为知名的可视化与医学影像处理开发平台,并且正在为研究人员提供着非常多的便利,但是它们也有一些缺陷影响了其在更大范围的广泛使用.首先,因为 ITK 并不提供可视化的能力,所以一般要与 VTK 联合起来使用,导致使用者必须学习两套规模都相当庞大且风格并不一致的开发包,给使用者造成了一定的学习难度;其次,VTK 并不是专门针对医学领域的,里面有相当多的内容是与医学影像处理与分析无关;最后,ITK 设计的时候利用了非常多的现代 C++语言的新特性,并且大量使用了模板,这本来是一件非常好的事情,但是目前有很多编译器不能完全支持这些新特性,使用者对这些新特性并不熟悉,导致 ITK 的应用范围受到限制.

2 MITK 的整体设计

MITK 的设计初衷是为了给医学影像领域的研究者提供一套具有一致接口的、可复用的(包括可视化、分割、配准功能)集成化的医学影像开发包,弥补 VTK 和 ITK 的一些缺憾,并引入了新的特性,使得 MITK 能够成为除了 VTK+ITK 以外的另外一个选择.

2.1 MITK的设计目标

对于软件设计,尤其是特定领域内的复杂软件设计,必须事先有一个非常明确的设计目标.MITK 从一开始设计,就始终追求以下几个高层的设计目标:

2.1.1 统一的风格

由于历史的原因,VTK 和 ITK 使用了不同的编程风格.VTK 在 1998 年 ANSI C++标准制定之前就已经比较成型,所以使用的是传统的 Object-Oriented(面向对象)的设计和开发方法,而 ITK 是在 1999 年才开发的,所以运用了许多新的 C++标准规定的语言特性,以及 Generic Programming(范型编程)的设计和开发方法.这种编程风格上的不一致,给 VTK+ITK 的使用者带来了不方便.而 MITK 使用统一的面向对象的设计方法,再加上一些 Design Patterns(设计模式)[7]的使用,提供了一个统一的编程风格和整体框架.

2.1.2 有限目标

MITK 是专门面向医学影像领域的,只关注于这一特定领域内的算法.例如,MITK 中可视化算法只包括规则数据场(通过医学影像设备得到的数据场即为此类)的支持,分割算法的输出也只限于是一个二值数据场.这样的设计准则简化了整个 MITK,使得其保持在一个中等的规模,但同时提供了必须的功能,包括主流的可视化、分割和配准算法的实现.

2.1.3 可移植性

为了使 MITK 能够得到最广泛的应用,可移植性是非常重要的一个环节.整个 MITK 的代码全部使用 ANSI C++编写,没有使用任何编译器提供的特殊关键字或者特殊函数,并且尽量降低平台相关的代码量.在整个 MITK 中,与平台相关的部分就是与窗口系统打交道的部分,此处针对不同的操作系统写了不同的代码,目前支持 Windows 系列操作系统,Unix,Linux 等.而 MITK 目前可以在多数主流的 C++编译器下编译通过,包括对模板支持不完善的编译器.

2.1.4 代码优化

因为医学影像处理与分析算法中有很多需要很大的计算量,尤其是可视化算法,对实时性要求很高,这些就需要对代码进行优化.因为 MITK 的规模保持在中等,这就使得对一些关键算法进行优化成为可能.MITK 支持对 CPU 的扩展指令集的使用,比如 Intel 的 MMX,SSE 指令集,为了不至于违背可移植性目标,MITK 中在使用 SSE 等指令集时,并没有直接使用汇编语言,而是使用了编译器提供的 Intrinsics 指令,目前 MITK 中实现了 SSE 加速的矩阵和矢量运算、双线性和三线性插值计算等.另外,MITK 还支持对目前主流显卡中 GPU 的编程,实现了使用纹理映射进行 Volume Rendering(体绘制)的加速算法[8,9].

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

2.2 MITK的整体计算框架

医学影像处理与分析技术包含可视化、分割、配准 3 大类算法,每一类下面又都有很多不同的方法,医学影像数据本身也包含多维(一维、二维、三维)、多源(CT、MRI 等)、多态(以像素矩阵形式表达的图像信息、以像素集合形式表达的目标信息以及以几何形状形式表达的知识信息)的特点,这些都决定了将其整合进一个统一的框架之内是一个比较复杂的过程,必须经过抽象、建模,才能得到一个比较灵活、可用的整体计算框架.有了计算框架以后,还可以在相同的条件之下比较同一种类不同算法的性能、效果,进行算法的比较.另外,还可以进行算法的评价,比如对分割算法、配准算法的准确性进行评价.

2.2.1 基于数据流模型的整体框架

借鉴 VTK 和 ITK 的设计思想,MITK 的计算框架采用数据流的模型,以数据处理为中心,将算法和数据对象分开考虑,这种模型很适合医学影像处理与分析这种涉及大量不同算法、需要处理不同类型数据的领域应用.

在 MITK 的数据流模型中,数据和算法均使用对象表示;一个算法被抽象成一个滤波器(filter),它接受一个输入,生成一个输出,其中输入和输出均为数据对象(data),一个算法的输出可以作为另一个算法的输入.通过这样的模型,一连串的算法可以被串成一个流水线,组成统一的计算框架,如图 1 所示.

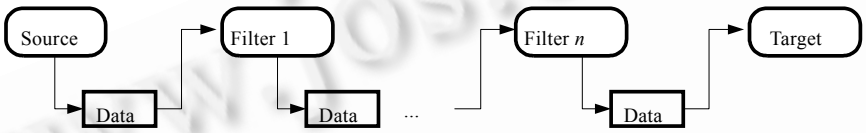

Fig.1 The computation framework of MITK

图1 MITK 的计算框架

图 1 中,Data 表示抽象的数据对象,Source,Filter 和 Target 分别表示 3 种不同的抽象算法对象,它们的意义分别如下所示.

Data 是对医学影像领域内要处理的数据所进行的抽象.对于医学影像处理与分析系统来说,要能够处理多种不同的数据,在 MITK 中通过 Data 的各个具体的子类来描述不同的数据对象,代表了数据流模型中最重要的数据对象.第 2.2.2 节将会具体讲述 MITK 中的数据模型.

Source 是算法类的一种,但是它只有输出,没有输入,代表一个流水线的起源.Source 的作用是负责生成整个流水线的起始数据,比如从磁盘上读文件,或者用某些算法生成数据.

Filter 是算法类的一种,它负责对数据对象进行处理,代表各种各样的算法.Filter 有一个输入,一个输出,为了概念上简单,MITK 中不支持多输入、多输出的 Filter,而是通过 Filter 的具体子类提供的辅助函数来实现.在第 2.2.3 小节中将具体讲述 MITK 中的算法模型.

Target 是算法类的一种,它代表整个流水线数据的终点.Target 只有输入,没有输出,它的作用是将最后的数据放在一个合适的位置,终止流水线的执行.比如,将得到的结果数据保存至磁盘,或者将得到的结果在屏幕上显示出来.

有了这些高层的概念以后,就可以很容易地将这些组件联系在一块,组成一个实用的系统.如图 1 所示,整个流水线从一个 Source 开始,经过中间 n 个 Filter 的处理,最终终结于 Target.这种抽象关系足以描述医学影像处理与分析这类以数据处理为中心的应用程序的需求,并且在概念上非常简洁、清晰,可以提供一个统一的模型来设计 MITK 的整个计算框架.

2.2.2 数据模型

数据表达是数据流模型中的一个核心的内容,数据对象起着连接算法流水线的重要作用.考虑到 MITK 的设计目标之一是有限目标,只关注于医学影像这个特定的领域,此处就简化了数据模型的建立.通过对医学影像数据进行仔细分析以后,MITK 中的数据对象可以被具体化为 Volume 和 Mesh 两种不同的具体数据对象,Data 的类继承关系如图 2 所示.

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

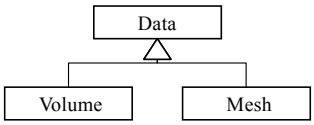

Fig.2 Data model of MITK

图2 MITK 的数据模型

图 2 中,Volume 用来表达一个医学影像数据集,提供一个多维(包括一、二、三维)、多模态(CT、MRI 等)的规则数据场的抽象.Volume 提供了丰富的接口给算法对象使用,以访问其内部实际数据,是 MITK 中的核心对象之一.

Mesh 用来表达一个几何数据,尤其是以三角面片网格形式表达的几何模型.Mesh 内部的结构基于半边数据结构,它提供了对一维线段、二维平面图形、三维三角网格的支持,提供了丰富的接口给相关的算法对象使用.不同于 Volume,Mesh 并不对应于医学影像设备所直接采集得到的数据,而是对医学影像数据集处理后得到的结果所依赖的表达形式,它是可视化算法中面绘制和某些分割算法所处理的对象,是 MITK 中的核心对象之一.

2.2.3 算法模型

有了一个设计良好的数据模型,下一步就是算法模型的抽象.因为 Source 和 Target 只是特殊目的的算法对象,真正的算法是由 Filter 对象来代表的.按照一个 Filter 的输入和输出数据对象的类型,它可以被具体化为 4 种不同的算法种类,Filter 的类继承关系如图 3 所示.

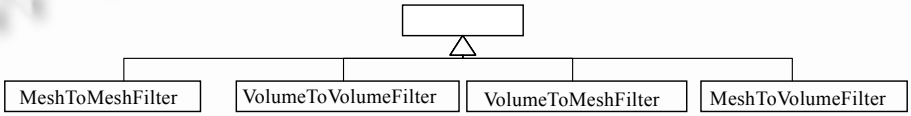

Fig.3 Algorithm model of MITK

图3 MITK 的算法模型

从图 3 中可以看出,Filter 被具体化为 4 种不同的种类:VolumeToVolumeFilter 指的是输入数据和输出数据都为 Volume 数据对象的算法,在其下可以更细分出图像处理算法、图像配准算法、一部分图像分割算法等;VolumeToMeshFilter 指的是输入数据为 Volume 数据对象,而输出数据为 Mesh 数据对象的算法,包括三维可视化中的面重建算法、一部分图像分割算法;MeshToMeshFilter 指的是输入数据为 Mesh 数据对象,而输出数据为 Mesh 数据对象的算法,包括三维可视化中的面片网格化简、平滑、细分等数字几何处理算法;MeshToVolumeFilter 指的是输入数据为 Mesh 数据对象,而输出数据为 Volume 数据对象的算法,包括三维可视化中的基于距离场的算法、隐式曲面算法等.这 4 种 Filter 也只是一种高层的抽象,其中每一个种类下面都包含很多具体的算法,但是这些具体算法的实现将只能在高层的模型规定的框架下进行.通过这样的算法模型,MITK 不仅为可视化、分割、配准等算法提供了一个框架,而且可以很方便地向里面扩充新的算法,而不需要改变上层的接口.

3 MITK 的关键技术

MITK 的设计涉及到一些关键技术,其中有框架设计层面的,也有具体算法实现方面的,这里从宏观的角度介绍其中几个最为主要的方面.

3.1 Volume Rendering(体绘制)算法框架的实现

体绘制算法是可视化算法中最为重要的一种,因其复杂度和灵活性高,使得要实现一个非常实用的算法框架非常困难.MITK 中的体绘制算法框架是建立在 VTK 的体绘制算法框架之上,并进行了扩充和完善而得到的.

在介绍体绘制的算法框架之前,先介绍 MITK 中的绘制模型,如图 4 所示.View 是一个 Target 的子类,用来将

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

计算得到的图像或者三维图形显示在屏幕上,其维护着一个 Model 的数组 m_Models,可以往里面添加 Model.在 View 的绘制函数 OnDraw 里面,遍历每一个 Model,并且调用每个 Model 的虚函数 Render.Model 在概念上代表着场景中一个待画的物体,可以是一个图像,也可以是三维图形,具体由 Model 的子类来实现,其中跟体绘制关系密切的就是 VolumeModel.

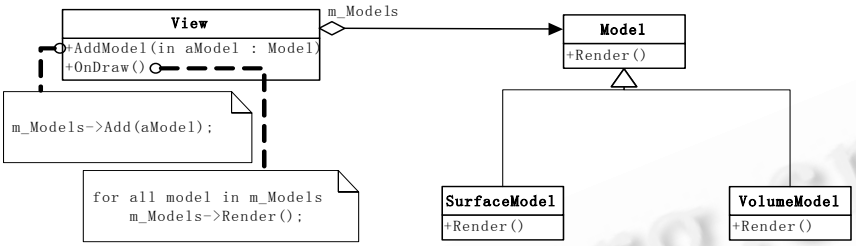

Fig.4 Rendering model of MITK

图4 MITK 的绘制模型

VolumeModel 的主要职责是实现父类里面规定的接口 Render 函数,但是体绘制有很多种不同的算法,又有很多参数需要调节,尤其是阻光度传递函数(transfer function),其选择的好坏直接影响着体绘制的结果.因此,为了实现一个灵活的框架,VolumeModel 的结构图如图 5 所示.

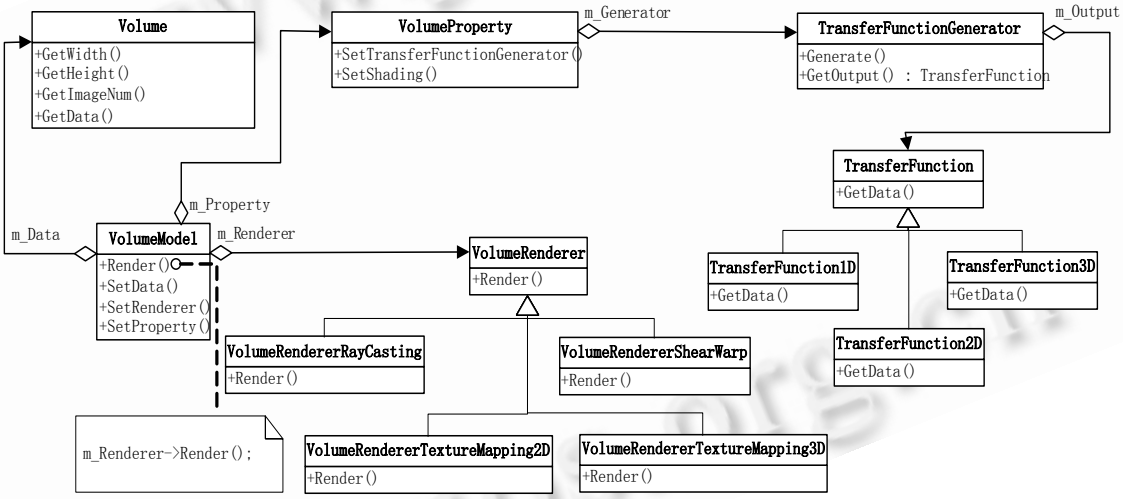

Fig.5 Volume rendering model of MITK

图5 MITK 的体绘制框架

从图 5 中可见,VolumeModel 拥有 3 个类成员:Volume,VolumeProperty 和 VolumeRenderer.Volume 主要提供对体数据的访问,VolumeProperty 主要提供对体绘制算法的一些参数的调整,而 VolumeRenderer 则负责实际的绘制工作.在 VolumeModel 的 Render 函数里面,绘制的工作被委托给了 VolumeRenderer 的 Render 函数,又由其子类来负责具体的实现.

VolumeRenderer 的各个子类代表了各种不同的体绘制算法,目前实现了经典的 Ray Casting 算法,以及被认为是软件实现最快的 Shear Warp 算法[10],并且充分利用目前主流显卡提供的纹理硬件,实现了硬件加速的基于纹理映射的体绘制算法.由于这样的绘制架构,以后往里面添加新的算法也非常方便,只用再增加一个 VolumeRenderer 的子类即可.

VolumeProperty 除了提供体绘制算法所必须的光照计算的参数以外,最重要的一个目的就是提供阻光度的传递函数,为了提供足够的灵活性,VolumeProperty 里面拥有一个 TransferFunctionGenerator 基类对象的指针,用来生成传递函数.而 TransferFunctionGenerator 的子类则负责实现各种不同的传递函数的生成算法,包括手工的

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

和半自动的方法.TransferFunctionGenerator 的输出为 TransferFunction,考虑到现在国际上已经开始研究多维的传递函数[11],TransferFunction 通过子类来实现一、二、三维的传递函数的支持,并且要求所有的 Renderer 也支持多维的传递函数.

3.2 分割算法框架的实现

分割算法是可视化算法的前提,只有分割的准确度比较高,可视化的结果才有意义.VTK 并没有提供分割算法,而 ITK 提供了大量的分割算法,但是它不提供可视化算法.在 ITK 中,分割算法的框架是采用范型编程中的组件来实现的,与 VTK 的设计风格不同,对于用户的 C++水平要求比较高.MITK 中分割算法框架的实现与可视化算法框架的实现使用的是统一的设计风格,即传统的面向对象设计加上设计模式的使用,并且此处采用的也是一个简化的框架,将每个分割算法看作一个普通的 Filter 对象,易于普通用户的使用.

分割算法从输出数据的类型上可以分为好几类:输出是二值数据,即背景为黑,前景为白;输出是标签数据,标识其属于哪一类;输出是几何数据,代表边缘轮廓曲线等.为了统一和简化起见,MITK 中的分割算法的输出数据是和输入数据相同数据类型的 Volume 对象,因此所有的分割算法都是 VolumeToVolumeFilter 的子类,其结构图如图 6 所示.

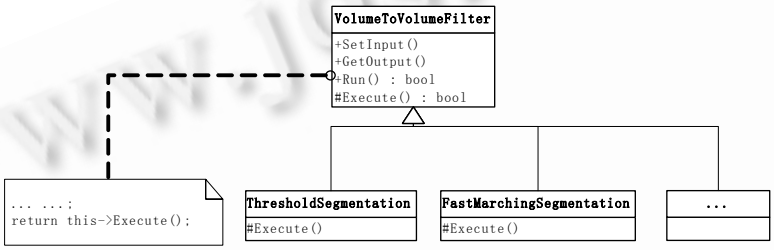

Fig.6 The structure of segmentation method

图6 分割算法的结构

VolumeToVolumeFilter 规定了必要的接口:SetInput 函数用来获得输入的 Volume 对象,而 GetOutput 函数用来获得处理后的 Volume 对象,Run 函数用来调用算法.其中关键部分是 Run 函数,其使用了模板方法(template method)的设计模式,在其内调用保护的虚函数 Execute,从而实现不同的算法,因此每个 VolumeToVolumeFilter 的子类都必须实现 Execute 接口.

因为 MITK 中分割算法的输入和输出都是相同数据类型的 Volume,为了后续的可视化处理,必须进行必要的二值化处理,整个分割连同表面重建的框架如图 7 所示.输入的 Volume 对象先经过分割算法处理,然后经过二值化算法的处理,最后连同原始 Volume 对象一起经过改进的 Marching Cubes[12]算法进行表面重建并显示.

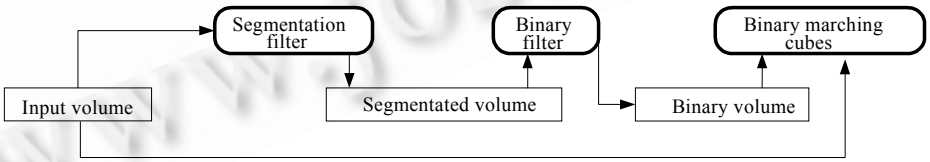

Fig.7 The framework of segmentation and surface reconstruction

图7 分割和表面重建的框架

目前基于上述框架,MITK 里面已经实现了域值分割、种子生长分割、Live Wire 分割、Fast Marching 分割和 Level Set 分割等算法,由于分割算法是个开放的框架,新的算法将会持续地往里面添加.

3.3 配准算法框架的实现

配准算法从其输入和输出的数据类型看,与分割算法是很相似的,所有的配准算法类也均从 VolumeToVolumeFilter 继承,如图 8 所示.不过配准算法还需要另外一个输入的 Volume,这个是通过具体算法类的 SetMovingVolume 函数来实现的.每个具体的配准算法类必须重载其父类规定的 Execute 接口,以实现不同的

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

算法,其通过父类的 SetInput 得到一个输入 Volume,并将其作为参考图像,然后变换 MovingVolume,通过一定的相似度准则和优化算法来判断并最小化这两个图像的差异,并一直循环这个过程直到图像的差异小到满足要求为止,其流程如图 9 所示,其中不同的相似度准则和不同的优化算法导致了不同的配准算法,为了灵活起见,在 MITK 中相似度准则和优化算法都是独立的类层次,可以很灵活地扩充.

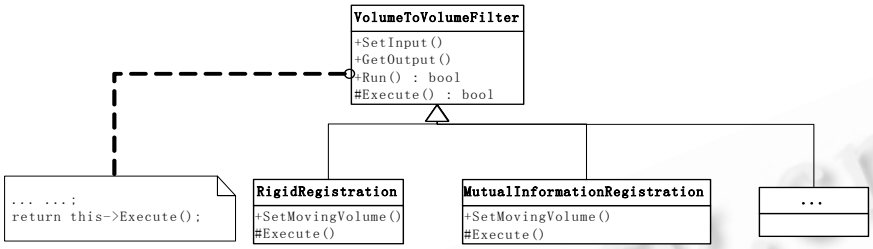

Fig.8 The structure of registration method

图8 配准算法的结构

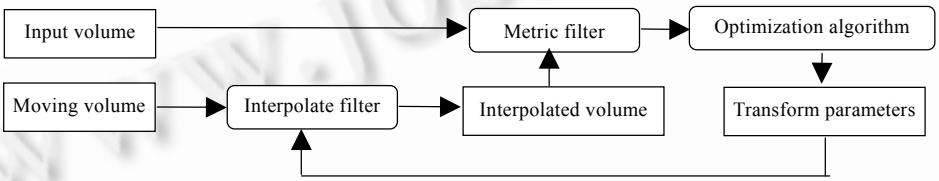

Fig.9 The data flow of registration algorithm

图9 配准算法的流程

基于上述的配准算法框架,MITK 里面已经实现了一些基于刚性变换的配准算法和基于最大互信息相似度准则的配准算法,由于配准算法是个开放的框架,新的算法将会持续地往里面添加.

3.4 3D Widgets(三维界面)的实现

3D Widgets 是三维场景中用于交互操作的三维器件,包括三维的直线、平面、立方体等,它不同于三维场景中所显示的一般物体,其主要区别在于它必须能够被鼠标事件所触发,然后根据不同的事件及当前程序的状态作出不同的响应.考虑到它实际上也是一种可在三维场景中显示的物体,所以它属于一种 Model,它的继承层次图如图 10 所示.添加 WidgetModel 以后,Model 还必须提供一个 Select 虚函数,用于选择模式下的场景绘制.从图中可以看出,DataModel 和 WidgetModel 之间存在依赖关系,即一般情况下,一个 WidgetModel 总是与唯一的一个 DataModel 相关联(m_SourceModel),而一个 DataModel 可以同时与一组 WidgetModel 产生关系(m_WidgetModels).

WidgetModel 的子类除了要实现 Model 中的 Render 和 Select 接口之外,还要实现 Pick 和 Release 两个在 WidgetModel 中定义的虚函数,处理本 Widget 在被选中和释放时的状态更新.同时,由于每个 Widget 对于相同的鼠标事件都有自己不同的响应方式,因此还必须实现自己的鼠标事件处理,以便让鼠标操作触发这些 Widgets 自带的处理函数,这些由 WidgetsViewManipulator 来实现,其实现具体的 Widgets 拣选操作并驱动 Widget 的处理函数,具体的鼠标事件由不同的平台相关的代码来完成.整个 WidgetModel 的框架结构如图 11 所示.

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

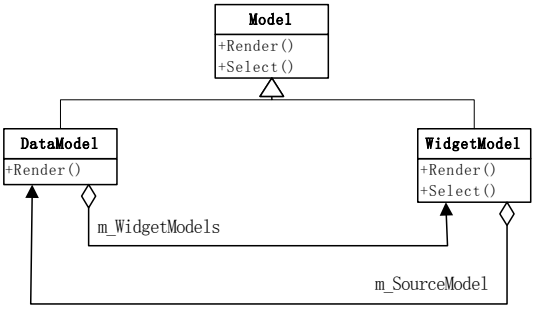

Fig.10 The structure of Model

图10 Model 的结构

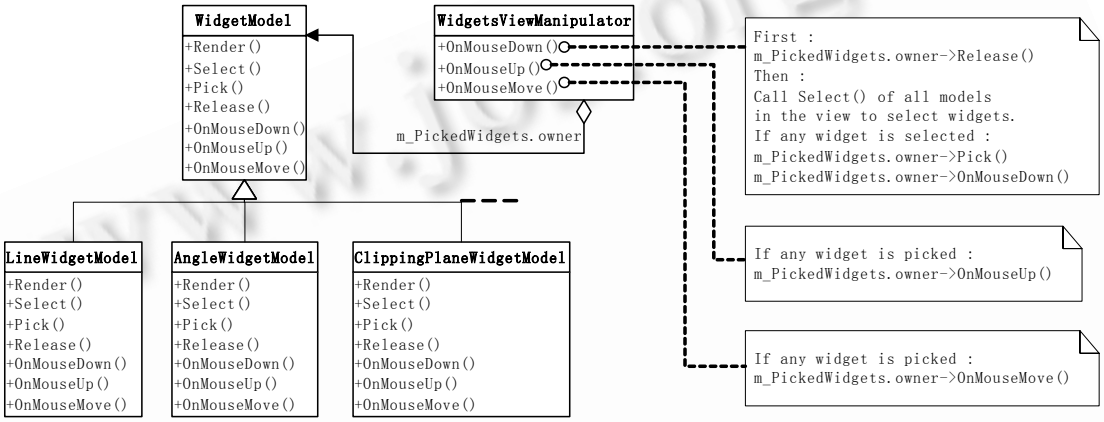

Fig.11 3D Widgets framework of MITK

图11 MITK 的三维界面框架

4 应用实例

图 12 给出了应用 MITK 对脑部的 MR 图像进行分割的结果图.图 13 给出了应用 MITK 对脑部 CT 和 MR 图像进行配准的结果图.图 14 给出了应用 MITK 进行可视化以及 3DWidgets 的效果图.

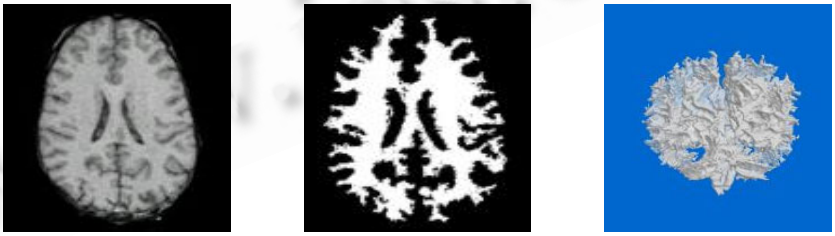

Fig.12 The example of segmentation. Original image (left), segmented image (middle), 3D rendering (right)

图12 分割的应用实例.原始图像(左图),分割后的图像(中图),三维绘制结果(右图)

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

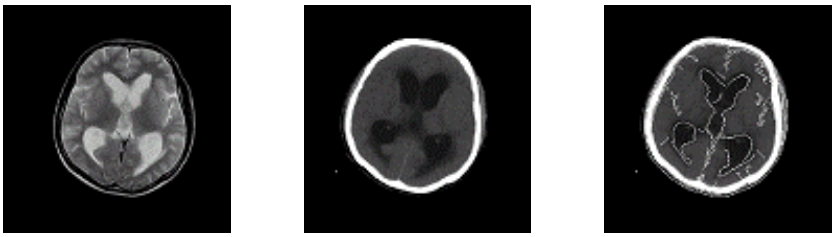

Fig.13 The example of registration. Original CT image (left), original MR image (middle), result image of registration (right)

图13 配准的应用实例.原始 CT 图像(左图),原始 MR 图像(中图),配准后的图像(右图)

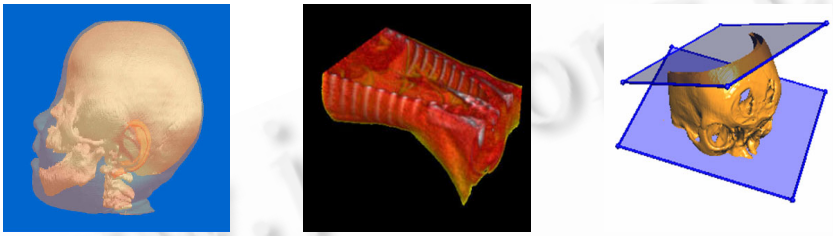

Fig.14 The example of visualization. surface rendering (left), volume rendering with cutting (middle), 3DWidgets(right)

图14 可视化的应用实例.面绘制(左图),体绘制和切割(中图),3DWidgets(右图)

5 讨 论

相比于 VTK 和 ITK,MITK 属于轻量级的 C++类库,它始终被控制在一个比较小的规模,这样对进行算法优化以及类的层次设计都非常有帮助.另外,MITK 里面所有类的继承层次都不超过 5 层,这样大大减少了由于继承和虚函数机制所带来的额外开销.在实现具体算法的时候,通过设计模式里面委托的使用,将不同的任务分发给不同的类层次去处理,这样极大地增加了灵活性,虽然不同的类之间要进行通信,但是相比于 MITK 里面实现的复杂算法的运行时间,这样的开销可以完全忽略.

另外,MITK 的主要目的是将分割、配准、可视化算法集成在一个统一的框架里面,并使 MITK 尽量易学易用,目前 MITK 提供的算法并没有 VTK 和 ITK 里面提供的丰富,但是 MITK 也在不断地优化.表 1 从功能、设计风格、易用性、算法优化等不同的方面对 MITK 和 VTK,ITK 进行了比较.

Table 1 Comparison of MITK with VTK and ITK

表 1 MITK 与 VTK,ITK 的比较

Items for comparison	MITK	VTK	ITK
Provide segmentation algorithms	Yes	No	Yes
Provide registration algorithms	Yes	No	Yes
Provide visualization algorithms	Yes	Yes	No
Design methods	Object-Oriented design and design pattern	Object-Oriented design and design pattern	Generic programming and components-based design
Coding style	Classical C++	Classical C++	Template
Easy to learn and use	Yes	Yes	Not very easy
Support SSE optimization	Yes	No	No
Support GPU based visualization	Yes	No	N/A
Implemented algorithms	Limited, but evolve continuously	Rich	Very rich

6 总结与展望

本文介绍了医学影像处理与分析开发包 MITK 的设计目标、整体框架以及关键技术的实现,目前 MITK 已经完成一个初步的版本,可以在http://www.3dmed.net/mitk免费下载并使用.我们已经使用 MITK 成功地开发了

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

3DMed[13]的新版本,证明其可以胜任开发复杂的系统软件.

在将来的工作中,我们将维持 MITK 的整体框架的稳定性,不断地完善和添加 MITK 的各种算法,尤其是对超大规模数据的处理算法以及代码优化的完善,使其越来越丰富,越来越实用.

References:

[1] Visualization Toolkit. http://www.vtk.org

[2] Insight Segmentation and Registration Toolkit. http://www.itk.org

[3] Schroeder W, Martin K, Lorensen B. The Visualization toolkit: An Object Oriented Approach to 3D Graphics. 3rd Edition. New York: Kitware, Inc. Publisher, 2003.

[4] Schroeder WJ, Avila LS, Hoffman W. Visualizing with VTK: A tutorial. IEEE Trans. on Computer Graphics and Applications, 2000,20(5):20−27.

[5] Schroeder WJ, Martin KM, Lorensen WE. The design and implementation of an object-oriented toolkit for 3D graphics and visualization. In: Nielson GM, Yagel R. eds. Proc. of the IEEE Visualization'96. IEEE Computer Society Press, 1996. 93−100.

[6] Ibanez L, Schroeder W. The ITK Software Guide: The Insight Segmentation and Registration Toolkit. Version 1.4, New York: Lydia Ng and Josh Cates Publisher by Kitware, Inc., 2003.

[7] Gamma E, Helm R, Johnson R, Vlissides J. Design Patterns, Elements of Reusable Object-Oriented Software. Boston: Addison-Wesley Pub Co., 1995.

[8] Resk-Salama C, Engel K, Bauer M, Greiner G, Ertl T. Interactive volume rendering on standard PC graphics hardware using multi-textures and multi-stage-rasterization. In: Spencer SN, ed. Proc. of the Eurographics/SIGGRAPH Workshop on Graphics Hardware 2000. New York: ACM Press, 2000. 109−118.

[9] Engel K, Kraus M, Ertl T. High-Quality pre-integrated volume rendering using hardware accelerated pixel shading. In: Pfister H, ed. Proc. of the Eurographics/SIGGRAPH Workshop on Graphics Hardware 2001. New York: ACM Press, 2001. 9−16.

[10] Lacroute P, Levoy M. Fast volume rendering using a shear-warp factorization of the viewing transformation. In: Glassner A, ed. Proc. of the SIGGRAPH'94. New York: ACM Press, 2000. 451−458.

[11] Kniss J, Kindlmann G, Hansen C. Interactive volume rendering using multi-dimensional transfer functions and direct manipulation widgets. In: Bailey M, Hansen C, eds. Proc. of the IEEE Visualization 2001. IEEE Computer Society Press, 2001. 253−262.

[12] He HG, Tian J, Zhao MC, Yang H. A 3D medical imaging surface reconstruction scheme based on segmentation. Journal of Software, 2002,13(2):219−226 (in Chinese with English abstract). http://www.jos.org.cn/1000-9825/13/219.pdf

[13] 3DMed (3-Dimensional Medical Image Processing and Analyzing System). http://www.3dmed.net

附中文参考文献:

[12] 何晖光,田捷,赵明昌,杨骅.基于分割的三维医学图像表面重建算法.软件学报,2002,13(2):219−226. http://www.jos.org.cn/1000-9825/13/219.pdf

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn