

口腔颌面疾病辅助诊断系统的设计与实现

郑丽萍¹, 李光耀², 姜 华¹

(1. 聊城大学计算机学院, 山东 聊城 252059; 2. 同济大学 CAD 研究中心, 上海 201804)

摘 要: 为给口腔颌面外科的临床诊断提供帮助, 并对 TMJ 进行虚拟手术操作, 设计并实现一个口腔颌面疾病医学辅助诊断系统(OMD-MADS)。系统采用 AddIn 树设计方法, 包括一个医学图像三维重建系统和一个口腔颌面疾病本体。介绍 OMD-MADS 的功能和设计过程。根据输入的 CT 图像重建下颌骨的三维模型。该系统可实现疾病信息查询和模型操作, 用作医患交流平台和教学工具。

关键词: 虚拟手术; 三维重建; Dicom 标准; 面绘制; 体绘制; 医学本体

Design and Implementation of Aided Diagnosis System for Oral and Maxillofacial Diseases

ZHENG li-ping¹, LI Guang-yao², JIANG hua¹

(1. College of Computer Science, Liaocheng University, Liaocheng 252059, China;

2. CAD Research Center, Tongji University, Shanghai 201804, China)

【Abstract】 In order to help the clinical diagnosis of oral and maxillofacial disease and implement the virtual surgery of TMJ, a Medical Aided Diagnosis System of Oral and Maxillofacial Diseases(OMD-MADS) is designed. This system uses AddIn tree designing method and has good expansibility. It mainly includes a medical image 3D reconstruction system and an oral maxillofacial diseases ontology. Function and designing process of OMD-MADS are introduced. According to a series of CT images, three-dimensional model of the mandible is reconstructed. OMD-MADS can query disease information and operate model. And it can become a communication platform of doctors and patients. It can also become an educational tool.

【Key words】 virtual surgery; 3D reconstruction; Dicom standard; surface rendering; volume rendering; medical ontology

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3428.2011.21.095

1 概述

虚拟手术是在计算机中建立一个虚拟环境来模拟医生手术所涉及的各种过程。医生借助虚拟环境中的信息进行手术演练、手术教学、手术技能训练等工作^[1]。人体的下颌系统主要由下颌骨和颞下颌关节(TMJ)组成。许多口腔疾病都与 TMJ 有关。本文利用 Matlab 和 VC++, 设计并实现了一个口腔颌面疾病医学辅助诊断系统(Medical Aided Diagnosis System of Oral and Maxillofacial Diseases, OMD-MADS), 帮助口腔医生进行口腔疾病的诊断。

2 OMD-MADS 的功能

OMD-MADS 的主要功能模块结构如图 1 所示。

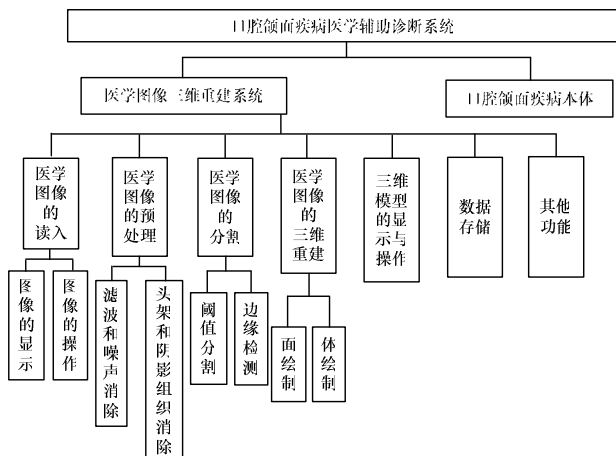


图1 OMD-MADS 的功能模块

OMD-MADS 主要对头部的 CT 图像进行研究处理, 也可以研究其他的医学图像。医学图像的格式都符合 DICOM3.0 标准。该系统采用 AddIn 树插件管理平台, 由医学图像三维重建系统及口腔颌面疾病本体构成。医学图像三维重建系统能对病人的面部和骨骼进行三维重建, 可以实现图像读入、预处理、图像分割、三维模型重建、数据存储等功能。口腔颌面疾病本体对口腔颌面外科中常见的疾病进行了定义, 包括疾病的症状、治疗方法及相关病例, 可以实现口腔疾病信息的查询。

3 医学图像三维重建系统

OMD-MADS 中的三维重建系统利用 Matlab 和 VC 实现。Matlab 与许多面向对象语言都有接口, 如 C++、VC++ 等。因此, 用 Matlab 实现原型系统, 使系统具有可靠实用、扩展性好、操作简单等特点, 可根据用户的需求, 对功能进行扩充。

3.1 三维重建系统的功能模块

医学图像三维重建系统分为不同的功能模块, 每个模块完成不同的功能。主要模块的功能如下:

(1) 医学图像的读入

读入并显示 DICOM 格式的医学图像, 显示读取图像的各种信息, 如图像的产生时间、病人名称等, 并可对图像进

基金项目: 国家自然科学基金资助项目“应用旋动理论对成人渐进性下颌发生机制的研究”(60771065)

作者简介: 郑丽萍(1979—), 女, 讲师、博士, 主研方向: 医学图像三维重建, 虚拟现实; 李光耀, 教授、博士; 姜 华, 副教授

收稿日期: 2011-04-27 **E-mail:** zhengliping80@163.com

行放大、缩小和旋转操作。

(2) 医学图像的预处理

在 CT 或 MRI 图像的获取过程中, 由于影像设备中各电子器件的随机扰动及周围环境的影响, 图像含有噪声或出现失真。因此需要对医学图像进行滤波或消除噪声操作, 增强图像特征。

(3) 医学图像的分割及三维重建

本文的主要研究对象是下颌骨和 TMJ, 主要采用阈值分割和边缘检测的分割方法^[2]。使用阈值分割法对 CT 图像中的目标区域进行分割, 并用获得的体素进行三维重建。利用边缘检测和轮廓跟踪获得目标轮廓线, 重建三维表面。OMD-MADS 采用 Sobel 算子进行边缘检测。根据给定的等值面值, 用 Matlab 等值面绘制函数进行体绘制, 重建相应的三维几何模型。

(4) 三维模型的显示与操作

三维模型的几何操作主要包括三维模型的旋转、平移、放大、缩小等, 并可改变模型的显示颜色, 呈现不同的显示效果。

(5) 数据存储

数据存储模块主要是对用户操作过程中产生的结果进行存储, 使用户在下次操作中可以继续使用, 提高信息的使用效率。对操作结果进行存储时, 可以存为 jpg、dicom 和 bmp 3 种格式的图像。

3.2 三维重建系统的数据结构

医学图像三维重建系统中的数据类型主要有:

(1) 图像。读入的图像直接用矩阵进行存储表示。设矩阵 A 表示一张读入的图像, $A(i, j)$ 表示图像中位置为 (i, j) 的像素所对应的灰度值。

(2) 轮廓线。通过分割获得的轮廓线用矩阵表示。在矩阵中, 轮廓线上像素点的灰度值为 1, 其他像素点的灰度值为 0。在对轮廓线重采样时, 用数组记录重采样点的位置和坐标。

(3) 体素。体素的体积很小, 其顶点用单个像素点表示, 即用矩阵中的点表示。体素的 8 个顶点是紧邻的像素点。

(4) 等值面。等值面用等值线表示。通过对体素中等值顶点的连接形成等值线, 最后由相交的等值线构成等值面。

3.3 三维重建系统的框架设计模式

该三维重建系统采用 AddIn 树的设计思想, 设计了一个 AddIn 树插件管理平台, 易于扩充。系统的各个模块都以插件的形式插入到系统中。当需要添加某个功能时, 通过插入插件的方式增加该功能。当需要取消某个功能时, 直接把相应的插件删除即可。插件的插入和取消操作都比较方便, 并且不影响其他的功能插件。

(1) AddIn 树的基本概念

Add-ins(插件)也称 Plug-ins^[3]。AddIn 树是一个简单的树形结构, 插件插入到树中。AddIn 树中包含 2 种不同的对象: 节点和路径。插件是 AddIn 树中的节点。路径的作用是构造树, 不是真正的节点。构造 AddIn 树时, 要清楚每个插件的具体位置和详细路径。与其他设计方法相比, AddIn 树有自身的优点, 如插件不必实现自己的插件结构, 插件的“复制和删除”部署变得非常容易。

(2) 插件定义

下面是一个简单插件文件的编码实例。

```
<AddIn name="Typed Collection Wizard"
author="Liping Zheng"
```

```
copyright="GPL"
url="unknown"
description="Creates a typed collection"
version="1.0.0">
<Runtime>
<Import assembly="TypedCollectionWizard.dll">
</Runtime>
<Extension
path="/OMD-MADS/Templates/File/TypedCollection">
<DialogPanel id="CollectionGenerator"
label="Typed Collection"
class="TypedCollectionGenerator.TypedCollectionWizardPnel"/>
</Extension>
</AddIn>
```

该插件定义用 XML 编写。根结点包含插件的属性。

<Runtime>节点包含该插件所需程序集的相关信息。它包含用于定义文件的类。之后定义了一个<Extension>节点, 包含 1 个 path 属性和 1 个子节点。

3.4 OMD-MADS 的插件平台

最初构建系统时, 所有功能都用 Matlab 编程实现, 所有的编码都集成到一个 M 文件中, 并命名为 OMD-MADS.M。在 Matlab 中用 mcc -m 命令把 OMD-MADS.M 进行编译, 生成独立可直接执行的 OMD-MADS.exe 文件。另外也可以将生成的 main 函数转换为 WinMain 函数, 去掉控制台窗口, 然后用 VC 对修改文件进行编译, 就可以生成不带控制台的可直接执行的 exe 文件^[4]。

OMD-MADS 用 VC++ 构建 AddIn 树管理平台。每个功能用一个 M 文件实现。把 M 文件在 VC++ 中进行编译和执行, 即把 M 文件转化成能在 VC++ 中直接调用的动态链接库 (DLL)。这样就可以直接进行插件的插入和管理, 对系统功能进行扩充。在执行时, 需要对 VC++ 的编程环境进行设置, 把 Matlab 的包含文件路径和库文件路径添加到 VC++ 路径中。

口腔颌面疾病本体是 owl 格式的文件, 可以转换成 VC++ 直接调用的文件格式。因此, 口腔颌面疾病本体功能都能以插件的方式插入到系统中。整个系统的插件结构如图 2 所示。

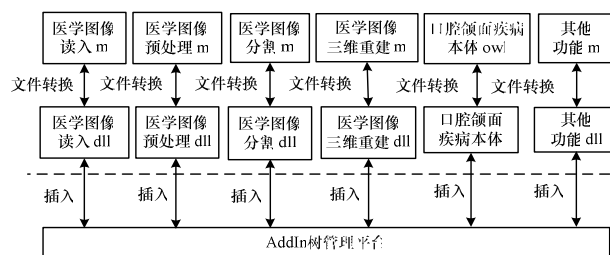


图 2 OMD-MADS 的插件结构

3.5 三维重建系统的系统界面及菜单功能

Matlab 提供了图形用户界面 (GUI) 的编程功能, 因此, OMD-MADS 的主要功能和系统界面都用 Matlab 编程实现。系统的部分主界面如图 3 所示。



图 3 OMD-MADS 的主界面

界面中有主菜单、显示窗口、一些操作按钮和文本对话框。左上方窗口用于显示读入的医学图像。放大、缩小和旋转按钮可实现图像的相关操作。通过输入 Sobel 边缘检测阈值, 可对图像进行指定阈值的 Sobel 边缘检测。在进行阈值分割时, 用户可以自己输入阈值的范围, 即输入阈值的最大值和最小值。

系统的主菜单分别是文件、图像预处理、图像分割、三维重建、几何操作、数据存储、口腔颌面疾病本体、有限元分析、其他功能和帮助菜单。

文件菜单实现图像的读入、清除、保存、打印和退出操作。系统可读入单张或多张医学图像。清除操作可去除图像中头架等无用信息。保存操作可把清除后的图像和图像信息保存为新的 Dicom 格式图像。打印操作可把主界面进行打印输出。退出操作可退出正在使用的 OMD-MADS。

图像分割菜单包括阈值法、边缘检测和轮廓跟踪 3 种分割操作。阈值法分为对骨骼组织、皮肤组织和肌肉组织的分割。

三维重建菜单主要是对读入的一组图像用面绘制方法进行表面的三维重建。几何操作菜单主要是对图像进行放大、缩小和旋转操作, 并显示图像的一维灰度直方图、二维灰度直方图和灰度均值图像。另外, 还可以对视图的显示角度进行改变。

数据存储菜单主要是对窗口中显示的图像和图形进行存储和打印。通过窗口打印可以把左下窗口和右窗口中的当前内容存为 jpg 或 bmp 格式的图像。

口腔颌面疾病本体菜单是连接一个已经构建好的口腔颌面疾病本体。帮助菜单提供了系统的基本信息和主要功能介绍, 给用户提供基本的帮助信息。

4 口腔颌面疾病本体

口腔颌面疾病本体对口腔颌面外科常见的疾病、病症、治疗方法、易发人群等概念进行定义, 可提供相关疾病信息的查询。

4.1 本体

本体最早是哲学上的一个概念, 后来引入到计算机领域。最近几年, 本体在许多领域都得到了应用, 如电子工程、远程教育、医学等。国内外有关医学本体的研究项目主要有 GO^[5]、中医药一体化语言系统 UTCMLS^[6]等。

4.2 口腔颌面疾病本体的构建

医学本体可以减少有关医学概念和术语的歧义, 可增强医学领域内专业知识的复用和共享能力。OMD-MADS 中的口腔颌面疾病本体使用 Protege3.1 和 Graphviz 进行构建。

(1)口腔颌面疾病本体中的组件

1)公理

在口腔颌面疾病本体中给出了 6 个与疾病相关的公理。这些公理有的是类之间的公理, 有的是类所对应属性之间的公理。

公理 1 对于疾病 X, 存在症状 Y, S 为临床表现, S(Y, X) 表示疾病 X 的临床表现是症状 Y。

公理 2 所有恶性肿瘤的转移速度是 X, 所有良性肿瘤的转移速度是 Y, S(X,Y)表示恶性肿瘤的转移速度大于良性肿瘤的转移速度, 即: X>Y。

公理 3 所有疾病 X.复发率都大于 0, 并且小于等于 1, 即 0<X.复发率≤1。

公理 4 所有疾病 X.发病率都大于 0, 并且小于等于 1,

即 0<X.发病率≤1。

公理 5 所有疾病 X.最大发病年龄大于 X.最小发病年龄, 即 X.最大发病年龄>X.最小发病年龄。

公理 6 所有疾病 X.人群死亡率小于等于 X.发病率, 即 X.人群死亡率≤X.发病率。

2)基本类

在口腔颌面疾病本体中定义了 5 个基本类, 分别是 Diseases、Extraneous_factor、Medical_substance、Medical_treatment 和 Patient。这 5 个基本类又包含许多子类。如 Diseases 包含子类 Other_diseases 和子类 Diseases_Oral_and_Maxillo-facial_Region。类 Diseases_Oral_and_Maxillo-facial_Region 又分为 Congenital_deformity_of_Oral_and_Maxillo-facial_Region、Periodontal_disease、Tooth_disease 等 8 个子类。个别子类还可以根据临床症状进一步地细分。在口腔颌面疾病本体中共包含 119 个类。图 4 是 5 个基本类的结构层次。

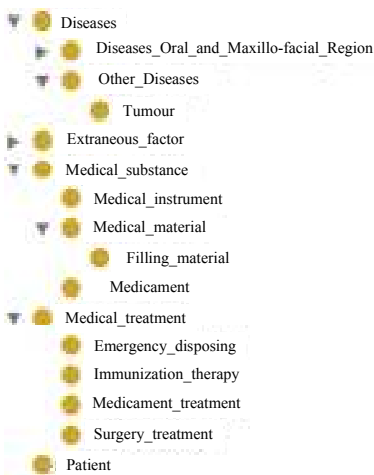


图 4 5 个基本类的结构层次

3)属性

在定义了类之后, 就要定义类的属性。属性分为数据类型属性和对象属性。数据类型属性可以修饰每个类。对象属性是表示类之间的关系。在颌面疾病本体中定义了许多属性和关系, 如表 1 所示。

表 1 颌面疾病本体中的关系

关系	注释
患病	表示一个病人所患的疾病
病例	表示一种疾病所对应的某位具体病人
使用	表示某种治疗方法所使用的药物或器械
用于	表示某种药物或器械在某种治疗方法中被使用
影响	表示某种因素会影响某种疾病
治疗	表示某种药物对某种疾病有治疗作用
治疗方法	表示治疗某种疾病所采用的方法
临床表现	表示一种疾病在临床上所表现出的病症

不同的类有不同的属性, 子类可以继承父类的属性, 并可以包含一些新的属性。如类 Patient 的属性是住址、姓名、就诊记录、年龄、性别、电话号码、病历号和患病。

4)实例

每个类都有对应的具体实例。在已构建的口腔颌面疾病本体中, 包含许多实例, 如类 Diseases 有 93 个实例, 类 Extraneous_factor 有 9 个实例。类 Patient 有 10 个实例, 每个

(下转第 284 页)