

学校编码: 10384

分类号 \_\_\_\_\_ 密级 \_\_\_\_\_

学号: 23020061152426

UDC \_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

在体肝脏 DSA-CT 图像分割配准技术的研究

Research on Techniques of Segmentation and Registration of

DSA-CT Living Liver images

吴志坚

指导教师姓名: 鞠颖 讲师

专业名称: 计算机系统结构

论文提交日期: 2009 年 4 月

论文答辩时间: 2009 年 6 月

学位授予日期: 2009 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2009 年 6 月

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文(包括纸质版和电子版)，允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

- (      )1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于  
    年    月    日解密，解密后适用上述授权。
- (  )2. 不保密，适用上述授权。

(请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。)

声明人(签名)：

年    月    日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 摘要

虚拟肝脏手术计划系统能够提供可交互操作的平台, 仿真模拟手术过程, 从而有助于制定合理的个体化手术方案, 可以降低损伤肝脏重要结构的危险, 减少术后肝功能不全的发生率。

作为虚拟肝脏手术计划系统的组成部分, 本文探索的是基于计算机断层扫描 (Computed Tomography, CT) 图像及数字减影血管造影 (Digital Subtracted Angiography, DSA) 图像中的肝血管的分割配准问题。首先对 CT 图像的肝实质进行分割, 再进一步分割出肝实质中的血管, 且对 DSA 图像中的血管进行分割; 然后, 对 CT 血管进行三维重建, 选取部分角度进行投影, 将投影结果与 DSA 图像进行配准, 并在配准结果中选取与 DSA 血管配准程度最高的结果, 根据此结果计算出 CT 投影血管的肝实质轮廓, 根据配准参数, 将肝实质轮廓信息叠加至 DSA 图像中, 便于医生观察 DSA 血管所对应的肝脏轮廓, 为制定肝脏手术计划提供指导依据。

本文的研究工作及创新主要包括以下几点:

1. 根据 CT 图像及 DSA 图像各自的特点, 分别设计了比较适合其图像特点的分割算法。实现 CT 图像肝实质分割及 CT 图像和 DSA 图像的血管的分割。
2. 实现了 CT 血管图像的三维重建和所得三维血管丛模型任意角度的二维投影算法。
3. 为便于与 DSA 灌注所观察到的局部血管丛进行配准, 提出了一种三维血管局部切割算法。先进行血管细化, 再提取骨脊线, 获得 CT 血管的骨脊线, 得到各个节点, 以各个节点为基准点, 进行平面切割, 从而得到局部数据。此方法有效的利用了 DSA 的成像原理, 相比穷举法, 在速度上有了很大的改善。
4. 设计了一种改进的配准算法, 实现基于三维 CT 血管丛投影所得二维图像与 DSA 图像的二维配准算法。

**关键词:** 分割; 配准; 肝脏; DSA; CT

厦门大学博硕士学位论文摘要库



## Abstract

Virtual liver surgery Planning System can provide a platform for inter-operation, Simulate surgical procedures, thereby contribute to the development of individualized reasonable surgical program. It can reduce the risk of injury of important structures of liver; can reduce the incidence of Postoperative liver function.

As an integral part of Virtual liver surgery Planning System, the exploration of this article is on of the segmentation and registration of CT liver images and DSA liver vessel image. First, segmentation of liver parenchyma in CT images, and then division of the blood vessel in the liver parenchyma, and segmentation of vessels in DSA image. Then three-dimensional reconstruction of CT vessels. Select view point to have perspective projection, registration the projection results with DSA image. Select the highest degree of matching results, calculate the edge of the liver parenchyma in accordance with the results of CT angiography projection. After registration , add the edge of liver parenchyma on DSA image. Which can facilitate Doctor observe the edge of liver parenchyma on DSA image, provide guidance to virtual liver surgery Planning System.

The main contributions of this thesis are mainly lied in the following aspects:

1. Aimed at the respective characteristics of CT and DSA images, corresponding algorithms were designed. The segmentation of CT liver parenchyma, CT vessels and DSA vessels. were realized.
2. Three-dimensional reconstruction of CT vessel images and projection algorithm of any angle were realized.
3. from The principle of imaging by CT, CT data of the blood vessels are the overall vascular. DSA can get partial vessels because of carried out for the infusion of a point. Then, before registration, Should first determine which part of that three-dimensional CT vessel for registration, for partial cutting, that is, partial cutting for three-dimensional CT vessels.

4. An improved registration algorithms were designed, the registration algorithm with DSA image and projection images of three-dimensional CT vessels were realized.

**Key words:** Segmentation; Registration; Liver; DSA; CT

厦门大学博硕士学位论文摘要库

# 目录

|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| <b>第一章 绪论</b> .....                  | <b>1</b>  |
| 1.1 课题的背景和意义 .....                   | 1         |
| 1.2 国内外研究现状 .....                    | 2         |
| 1.3 本文的研究工作及创新之处 .....               | 4         |
| 1.4 本文的组织结构及章节安排 .....               | 6         |
| <b>第二章 医学图像分割及配准概述</b> .....         | <b>7</b>  |
| 2.1 医学图像分割概述 .....                   | 7         |
| 2.1.1 基于边缘的分割 .....                  | 8         |
| 2.1.2 基于区域的分割 .....                  | 12        |
| 2.2 医学图像配准概述 .....                   | 15        |
| 2.2.1 医学图像配准原理 .....                 | 16        |
| 2.2.2 医学图像几何变换 .....                 | 16        |
| 2.2.3 医学图像配准的类型 .....                | 18        |
| 2.2.4 医学图像配准方法 .....                 | 19        |
| 2.3 本章小节 .....                       | 22        |
| <b>第三章 BP 网络分割 CT 肝实质</b> .....      | <b>23</b> |
| 3.1 CT 概述 .....                      | 23        |
| 3.1.1 成像原理 .....                     | 23        |
| 3.1.2 CT 值 .....                     | 24        |
| 3.2 常见分割算法 .....                     | 25        |
| 3.3 纹理特征提取 .....                     | 26        |
| 3.4 BP 神经网络 .....                    | 27        |
| 3.4.1 训练集特征提取 .....                  | 27        |
| 3.4.2 初始权值调整 .....                   | 28        |
| 3.4.3 BP 网络节点数确定 .....               | 28        |
| 3.4.4 BP 网络的建立 .....                 | 29        |
| 3.4.5 图像分割 .....                     | 29        |
| 3.4.6 图像后期处理 .....                   | 29        |
| 3.5 BP 网络分割结果 .....                  | 30        |
| 3.6 本章小节 .....                       | 31        |
| <b>第四章 DSA 血管分割及 CT 血管三维重建</b> ..... | <b>33</b> |
| 4.1 DSA 概述 .....                     | 33        |
| 4.2 DSA 图像中的血管分割 .....               | 34        |

|  |           |
|--|-----------|
| 4.2.1 阈值分割法 .....                      | 35        |
| 4.2.2 区域生长法 .....                      | 35        |
| 4.3 CT 图像中肝血管的分割 .....                 | 37        |
| 4.3.1 三维区域生长 .....                     | 37        |
| 4.4 CT 血管三维重建 .....                    | 38        |
| 4.5 本章小结 .....                         | 40        |
| <b>第五章 DSA 血管图像与 CT 三维血管模型配准 .....</b> | <b>41</b> |
| 5.1 CT 肝血管三维模型的建立 .....                | 41        |
| 5.2 CT 肝血管三维模型的投影 .....                | 41        |
| 5.2.1 绕任意轴的旋转变换 .....                  | 42        |
| 5.2.2 投影参数的获得 .....                    | 44        |
| 5.3 投影图像产生 .....                       | 46        |
| 5.3.1 投影循环控制 .....                     | 46        |
| 5.3.2 投影图像预处理 .....                    | 47        |
| 5.4 局部数据提取 .....                       | 49        |
| 5.4.1 局部切割法 .....                      | 49        |
| 5.4.2 提取骨脊线法 .....                     | 50        |
| 5.5 配准算法 .....                         | 52        |
| 5.5.1 配准信息提取 .....                     | 52        |
| 5.5.2 最大互信息法配准 .....                   | 53        |
| 5.6 本章小节 .....                         | 56        |
| <b>第六章 总结和展望 .....</b>                 | <b>57</b> |
| <b>参考文献 .....</b>                      | <b>59</b> |
| <b>攻读硕士学位期间发表论文及科研情况 .....</b>         | <b>61</b> |
| <b>致谢 .....</b>                        | <b>63</b> |

# CONTENTS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Chapter 1. Introduction.....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>1.1 Background and Significance of Project .....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>1.2 Research Status .....</b>  | <b>2</b>  |
| <b>1.3 Research and Innovation.....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>1.4 Structure of Thesis .....</b>  | <b>6</b>  |
| <b>Chapter 2. Sementation and Registration Htheory .....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>2.1 Overview of Sementation theory .....</b>   | <b>7</b>  |
| 2.1.1 Edge Sementation .....  | 8         |
| 2.1.2 Region Sementation .....  | 12        |
| <b>2.2 Overview of Registration Theory .....</b>  | <b>15</b> |
| 2.2.1 Principicles of Registration.....   | 16        |
| 2.2.2 Geometric Transform .....   | 16        |
| 2.2.3 Types of Registration .....   | 17        |
| 2.2.4 Methods of Registration.....  | 19        |
| <b>2.3 Conclusion .....</b>   | <b>22</b> |
| <b>Chapter 3. BP Segmentation of CT liver parenchyma .....</b>  | <b>23</b> |
| <b>3.1 CT Overview .....</b>  | <b>23</b> |
| 3.1.1 Imaging Principle.....  | 23        |
| 3.1.2 CT Value .....  | 24        |
| <b>3.2 Common Segmentation Method.....</b>  | <b>25</b> |
| <b>3.3 Texture Feature Extration .....</b>  | <b>26</b> |
| <b>3.4 BP Network Segmentation .....</b>  | <b>27</b> |
| 3.4.1 Training Set Feature Extration .....  | 27        |
| 3.4.2 Initial Weight Adjustment .....   | 28        |
| 3.4.3 BP Network Nodes Determination .....  | 28        |
| 3.4.4 BP Network Establishment .....  | 29        |
| 3.4.5 Image Segmentation.....   | 29        |
| 3.4.6 Image Post-processing .....   | 29        |
| <b>3.5 BP Network Segmentation Results.....</b>   | <b>30</b> |
| <b>3.6 Conclusion .....</b>   | <b>31</b> |
| <b>Chapter 4. Segmentation of Blood Vessel of DSA Images and<br/>Construction of CT 3D Vessel Model .....</b> | <b>33</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>4.1 DSA Overview</b> .....                             | 33        |
| <b>4.2 Vessel Segmentation of DSA images</b> .....        | 34        |
| 4.2.1 Threshold Segmentation Method .....                 | 35        |
| 4.2.2 Regiongrow Segmentation Method .....                | 35        |
| <b>4.3 Liver Vascular Segmentation of CT images</b> ..... | 37        |
| 4.3.1 3D Regiongrow Segmentation Method .....             | 37        |
| <b>4.4 3D construction of CT vessels</b> .....            | 38        |
| <b>4.5 Conclusion</b> .....                               | 40        |
| <br>  |           |
| <b>Chapter 5. Registration of DSA and CT images</b> ..... | <b>41</b> |
| <br>  |           |
| <b>5.1 3D Reconstruction of CT Liver Vessels</b> .....    | 41        |
| <b>5.2 CT Vessel 3D Model Projection</b> .....            | 41        |
| 5.2.1 Rotation Around the Arbitrary Axis .....            | 42        |
| 5.2.2 Obtation of Projection Parameters .....             | 44        |
| <b>5.3 Gegeration of Projection Images</b> .....          | 46        |
| 5.3.1 Projection Cycle Control.....                       | 46        |
| 5.3.2 Preprocessing of Projection Images .....            | 47        |
| <b>5.4 Local Data Extraction</b> .....                    | 49        |
| 5.4.1 Partial-cut Method .....                            | 49        |
| 5.4.2 Bone Ridge Extraction Method .....                  | 50        |
| <b>5.5 Registration Algorithm</b> .....                   | 52        |
| 5.5.1 Extraction of Registation Information .....         | 52        |
| 5.5.2 MMI Registration.....                               | 53        |
| <b>5.6 Conclusion</b> .....                               | 56        |
| <br>  |           |
| <b>Chapter 6. Conclusion and Prospect</b> .....           | <b>57</b> |
| <br>  |           |
| <b>References</b> .....                                   | <b>59</b> |
| <br>  |           |
| <b>Achievements</b> .....                                 | <b>61</b> |
| <br>  |           |
| <b>Acknowledgements</b> .....                             | <b>63</b> |

## 第一章 绪论

自伦琴 1895 年发现 X 射线以来, 随着计算机技术、电子技术、信息技术以及生物学的高速发展, 医学成像技术也得以飞速的发展和广泛的应用, 各种医疗设备被开发出来, 为医生的诊断提供了前所未有的丰富手段, 医学的临床诊断方式发生了翻天覆地的变化, 使得基于医学影像的诊断学成为现代诊断技术中的重点, 现代医学已越来越离不开医学影像的信息处理。

### 1.1 课题的背景和意义

在对图像的研究和应用中, 人们往往只对每幅图像中的某些部分感兴趣, 这些部分常常被称为一幅图像的目标或者前景, 它们一般对应图像中特定的、具有独特性质的区域。为了辨别和分析目标, 需要将这些有关区域分离提取出来, 在此基础上才有可能对目标进行进一步的利用, 如进行特征提取和测量。图像分割就是把图像分割成各具特色、各有特点的区域, 并从这些区域中提取出感兴趣的目标的技术和过程。根据需要的不同, 提取的特征可以是一幅图像的灰度、颜色、纹理等, 而且分割的目标可以对应单个区域, 也可以对应多个区域<sup>[1]</sup>。

图像分割 (Image Segmentation) 就是把图像中具有特殊涵义的不同区域分离开来, 这些区域使互不相交的每一个区域都满足特点区域的一致性。医学图像分割技术是图像分割技术的一个重要分支。医学图像分割技术是从医学图像处理进入到医学图像分析的关键步骤, 它是后续图像分析和识别的前提, 同时也是制约医学图像处理中相关技术发展的瓶颈<sup>[2]</sup>。

医学图像配准 (Medical Image Registration) 就是通过寻找一种 (或一系列) 空间变换, 使两幅图像的对应点达到空间位置和解剖结构上的完全一致。配准结果应使两幅图像上所有的解剖点, 或至少是所有具有诊断意义的点都达到匹配。

随着计算机技术的发展, 医学成像技术也得到了飞速的发展。各种新的成像设备不断涌现, 产生了不同成像模式的医学图像, 如 X 射线、超声图像 (ultrasound)、计算机断层扫描成像 (Computed Tomography, CT)、磁共振成像

(Magnetic resonance imaging, MRI)、正电子发射计算机断层扫描(Positron Emission Tomography, PET) 数字减影血管造影(Digital Subtracted Angiography, DSA)等。

由于不同成像设备成像原理的不同,所显示病人组织信息的侧重点不同,临床上,常需使用不同成像设备对同一个病人进行多次成像,以便同时从几幅图像中获得信息,进行综合分析。如 CT 图像肝实质信息清晰,但只能显示较大的血管,而 DSA 图像血管成像清晰,可以显示细微血管,但不能显示肝实质等除血管之外的人体组织。在对医学图像进行综合分析之前,首先要解决这些图像的严格对齐问题,即医学图像配准,否则,对其的综合分析是毫无意义的。传统做法是医生通过肉眼对这些图像进行观察,然而这种做法常常带有较强的主观性,经常会存在误差。因此,需要借助计算机来实现。图像配准可以分为单模图像配准和多模图像配准。单模图像配准是指在同一设备不同时间得到的图像的配准;多模配准是指在不同设备不同时间得到的图像的配准。

虚拟手术计划系统是计算机 3D 虚拟现实技术在医学领域的应用的产物,医生可借助该手术计划系统进行手术预演,合理制定手术方案,指导临床手术计划。对于选择最佳手术路径、减小手术损伤,预测治疗效果,提高病人术后生存质量有重要意义。虚拟手术计划系统还可用于手术培训和解剖教学,虚拟手术提供给医生重复练习的条件,减少了对昂贵的实验对象的需求,减少名医成才中病人付出的代价,极大降低了手术的风险。

作为厦门大学肝癌手术计划系统的组成部分,本文研究的是 CT 图像与 DSA 图像的分割、配准、融合问题,先把感兴趣的组织从相应图像中分割出来,再对其进行配准融合操作。本文希望通过计算机的应用,提高相关图像的分割精度及配准效果,使其能够尽快地应用到临床中,更好地为临床诊断和治疗服务。

## 1.2 国内外研究现状

图像分割是图像处理与图像分析中的一个经典问题。目前针对各种具体问题已经提出了许多不同的图像分割算法,对图像分割的效果也有很好的分析结论。但是由于图像分割问题所面向领域的特殊性,至今尚未得到圆满的、具有普适性的解决方法。



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库