

医学可视化综述

何煦佳 杨荣骞 吴效明

(广东广州 华南理工大学 生物医学工程系 510006)

摘要: 综述了医学可视化的发展历程,特别是近年来医学可视化技术的研究现状和未来的发展趋势,包括各国已研发出的多种可视化开发工具、医学图像的各种分割提取技术、二维图像的三维面绘制和体绘制的特点以及医学图像上的人机交互操作,并预测未来医学可视化将在数据信息知识化、精确自动交互医学分割和三维重建算法加速等方面展开更深入的研究,尤其是基于可编程图形硬件的体绘制加速算法,在近期内都会是医学可视化领域内的热门课题。

关键词: 计算机应用; 医学可视化; 图像分割; 三维重建

中图分类号: **文献标识码:**

Summerization on the Methods of Medical Visualization

HeXujia YangRongqian WuXiaoming

(School of Bioscience & Bioengineering, South China University of Technology, Guangdong Guangzhou 510006)

Abstract: The history of research on medical visualization is reviewed in detail, especially its perspectives and development trends in recent years, which includes various visual development tools developed by many countries, various kinds of medical images' extraction, features of two-dimensional images' three-dimensional surface rendering and volume rendering and human-computer interaction on medical image, then predict that in the future medical visualization will have more deeply research in areas such as knowledge discover from data information, accurate automatic segmentation and accelerated three-dimensional interactive medical reconstruction algorithm, in particular, the accelerated volume rendering algorithms based on programmable graphics hardware will be popular topic in the near future.

Keywords: computer applications; medical visualization; image segmentation; 3D reconstruction

1 引言

医学可视化的研究^[1]始于 20 世纪 70 年代中期到 70 年代末,当时计算机断层扫描技术和核磁共振技术已经应用于临床,但是只能得到二维切片图像,医学上迫切需要能对组织器官和病灶进行三维重构和显示的三维可视化技术^[2]。80 年代出现的能够产生高分辨率低噪声三维图像的各种影像技术,推动了医学可视化技术的蓬勃发展,但由于医学可视化对硬件有较高要求,所以许多问题仍有待解决。随着计算机硬件技术水平的不断加强,医学可视化技术研究在近十年的时间里有了突飞猛进的发展^[3]。在各国尤其是发达国家的实验室和大公司中,医学可视化的研发都相当热门,可以预见未来医学可视化会被应用于更广泛的医学领域。

2 医学可视化发展现状

2.1 可视化开发软件

可视化方面的软件目前有多种,例如 Edtips、Freesurfer、MOD、NIH-Navigational Aids for Virtualoscopy、Osiris、Tomo Vision、Vs5D、VolView、VolVis、VoxBlast、VTK 和 3DSlice^[4],等免费软件,还有 Vitrea2 和 VolumePro 等性能优越的商业系统。其中 VTK^[5]是通用可视化领域内最负盛名的软件开发包,也在医学影像领域内得到了广泛的应用。

在国内,许多科研单位都在医学可视化方面作了大量的研究,也取得了一定成果,如清华大学开发人体断层解剖图像三维重构系统,西北大学可视化研究所开发的三维医学可视化分析平台,中科院自动化所开发的 MITK, 3dMED 等。虽然目前还没有成熟的商业化系统,但这些医学图像处理系统均考虑到了我国的具体国情,有良好的实用性能。其中 MITK^[6]是由中科院自动化所开发的一套集成化的医学影像处理与分析 C++类库,它为医学影像领域提供了一套整合了医学图像分割、配准和可视化等功能的具有一致接口的、可复用的、灵活高效

的算法开发工具。

2.2 医学数据的分割提取

医学图像分割是医学三维重建、定量分析等后续操作的基础,也是临床医学应用的瓶颈,分割的准确性对医生得到真正的疾病信息并制订有效的诊断计划至关重要。总体而言,图像分割可分为基于区域的分割方法和基于边界的分割方法^[7]。

基于区域的分割方法,依赖于图像的空间局部特征,如灰度、纹理及其它像素统计特性的均匀性等,包括区域生长法、基于统计学的方法和人工神经网络的方法。区域生长法是将具有相似性质的像素集中起来构成区域,该方法需要先经人机交互选取一个种子点,然后依次将种子像素周围的相似像素合并到种子像素所在的区域中。统计学方法的实质是从统计学的角度出发对数字图像进行建模,把图像中各个像素点的灰度值看作具有一定概率分布的随机变量,如马尔科夫随机场(MRF)^[8]方法。而人工神经网络技术有自学习自适应的能力,可以处理其他方法无法解决的噪声、组织不均匀性、生物形态的多变性等问题。基于边界的分割方法包括梯度算子、Roberts 算子、Sobel 算子、Prewitt 算子、LaPlacian 算子和 Kirsch 算子等;基于形变模型的方法,包括 Activeconjour、Levelset、FastMarching 等。此外还发展出基于人机交互的方法,包括手工交互式分割、LiveWire 分割等^[9]。

2.3 医学数据的面绘制

三维重建算法可以从面绘制和体绘制两个方面讨论,表面表示是三维物质形状最基本的方法,可以提供三维物体的全面信息。它的基本思想是提取感兴趣物体的表面信息,再用绘制算法根据光照、明暗模型进行消隐和渲染后得到显示图像。在计算机图形学领域,面绘制算法目前已经发展到较为成熟的阶段,其具体形式有两种:边界轮廓线表示和表面曲面表示。

最初的表面重建方法采用基于轮廓线的描述方式^[10],即根据体数据由很多平等切片组成的特点,先求出每张切片中物体的闭合轮廓,然后将相邻切片之间的轮廓连接生成物体表面^[11]。这种轮廓线表示方法简单且数据量小,但它在确定多分支等值线在相邻切片间的拓扑关系以及分支顶点的连接关系比较困难,且显示画面质量粗糙。而直接从三维数据生成等值面有多种不同的方法,最具代表性的是移动立方体(MC)算法,此外还有剖分立方体算法和立方体算法等。MC 算法是 W·Lorenson 和 Cline 于 1987 年提出的一种三维重建方法^[12],其基本思想是在数据体中将位于两个相邻切片上 $2 \times 2 \times 2$ 共 8 个相邻的体素组成一个 CUBE(立方体),用密度值将每个体素区分为对象内和对象外两类,然后根据此分类对 CUBE 进行编码。所有非同构的 CUBE(即 8 个体素不全在对象内或对象外)必然包含对象的表面,然后用插值的方法得到对象表面在 CUBE 各边的切点,再按一定规则将这些切点连接成相邻的三角形以代表此 CUBE 内对象的表面,通过计算密度的梯度求得表面的方向。此算法实现容易,应用广泛,被公认为是至今为止最流行的面显示算法之一。

2.4 医学数据的体绘制

与面绘制相比较,体绘制的一个主要特点就在于放弃了传统图形学中体由面构造的这一概念,直接分析光线穿过三维体数据场时的变化,得到最终的绘制结果,所以体绘制有时也被直接称为直接体绘制。体绘制技术的中心思想^[13]是为每一个体素指定一个不透明度,并考虑每一个体素对光线的透射、发射和反射作用。光线的透射取决于体素的不透明度;光线的发射则取决于体素的物质度,物质度愈大,其发射光愈强;光线的反射则取决于体素所在的面与入射光的夹角关系。体绘制原则上可分为投射、消隐、渲染和合成等 4 个步骤。

体绘制按处理对象的不同,可分为对三维空间规则数据场的体绘制和对三维空间不规则数据场的体绘制。研究和开发三维不规则体数据的可视化算法仍然是一个有待深入解决的问题,而对于规则数据场的体绘制研究趋于成熟,它有四种常用的算法^[14]:射线投射法,抛雪球法,剪切一曲变法和基于硬件的 3D 纹理映射方法。

2.5 医学图像的人机交互

医学可视化旨在实现辅助诊断,例如虚拟现实的模拟内窥镜,可用于手术导航等系统中。这当中的人机交互主要是三维图像的交互式操作,从应用角度而言,在医学影像可视化中人机交互对于更方便、准确地使用可视化的结果帮助医生做临床诊断和手术模拟有十分重要的意义。从二维交互到三维交互是临床医学提出的需要,而计算机硬件和软件的飞速发展使其成为可能。

通过二维输入输出进行三维模拟,是人机交互比较普遍的模式,在这方面比较突出的是 Brookshire D. Conner 等在 1992 年首先提出的 3D Widgets^[15],即“一种封装了三维几何形状及行为的实体”,其中的“三维几何形状”即指 3D Widgets 本身的外观,“行为”包括了 3D Widgets 对三维场景中其他物体的控制和对其他物体信息的显示。此后,围绕 3D Widgets 展开了一系列的研究,各种针对 3D Widgets 的开发包也在不断出现。MITK 中也实现了一

个模块化且可扩展的人机交互框架, 它以Widgets为核心, 同时实现了二维和三维的人机交互。

3 医学可视化的发展趋势

3.1 医学数据的知识化

可视化不只是显示数据, 还应该为数据配备某种知识, 为人们提供更丰富的信息。在医学领域中医务工作者需要的信息, 包括实时提供的体数据的切片数目、像素间距, 面模型的三角切片数、顶点数等基本信息, 还有进一步通过人机交互得到病灶的尺寸、位置等有用信息, 并可通过对相关知识的提取进行各种预测。

未来医学数据的知识化涉及到以下问题^[3]: 采用何种知识表达方式? 如何进行体数据中不确定成分的知识化与可视化? 什么是表示空间知识的最佳数据结构? 如何将人工智能和知识库等方面的方法运用于体数据的知识化上?

3.2 医学图像分割的新发展

医学图像分割技术的发展是一个从人工分割到半自动分割再到自动分割逐步发展的过程。目前新分割方法的研究大多以下列几个方向为其目标^[16]: 自动, 以最少的人机交互完成分割的全过程; 精确, 以最优化的结果与解剖结构接近; 快速, 以实时处理为最终目标; 自适应性, 对于不同的应用可以自我学习, 自我适应; 鲁棒性, 对噪声、模糊等干扰具有较强的免疫力。

基于知识的分割是所有图像分割方法中最重要的方法之一, 近年来随着人工智能技术的发展, 基于知识的分割方法也会得到更广泛地研究和应用。基于知识的分割方法主要包括两个方面的内容: 知识的获取, 即归纳及提取相关的知识, 建立知识库; 知识的应用, 即有效地利用知识实现图像的自动分割。

3.3 三维重建算法的加速

体绘制能同时显示绘制对象的表面信息和内部信息, 不透明度的引入大大提升了医学数据的整体显示效果, 而且不需要像面绘制那样对图像分割提出很高要求, 因此体绘制是将来三维重建的主要发展趋势。但体绘制要处理大量的数据, 很难实现图像的实时显示, 因此, 改进软件算法, 提高绘制速度, 成为体绘制方法研究中的核心课题。要解决这一问题, 可以从改善重建算法和提高计算机硬件水平两个方面来考虑。

文献^[17]提出的软件加速光线投影算法能大大减少矩阵运算量, 将体绘制的速度提高 2~3 倍。文献^[18]通过设计高效的边缘空体素分离机制, 构成了不依赖传递函数调整的加速模式。文献^[19]针对当前体绘制存在的软件加速算法, 将其分为空间剖分技术、光线相关、物空间相关和基于图像绘制技术等四类。并通过比较得出算法加速最好是基于图像绘制技术, 而显示图像没有损失的是空间跳跃和空间剖分加速算法, 但都存在一个预处理的过程, 使得在映射函数发生改变时需要较长的时间进行预处理, 改进算法以降低其预处理时间是下一步要进行的工作。

当然, 软件的加速总是受到硬件条件的限制, 而近年来发展迅速的面向普通用户的可编程图形处理器(GPU)的出现, 基于 GPU 的各种图形绘制算法的提出, 可以将图形流水线上的某些处理阶段以及某些图形算法从 CPU 转移到 GPU, 并且增加了图形处理的灵活性, 大大推动了体绘制技术的发展。文献^[20]实现了基于 GPU 的三维纹理映射的体绘制算法, 实验表明, 该算法在不损失图像绘制质量的情况下, 能使体绘制速度提高 2-3 倍。

4 结束语

目前, 医学可视化已经成为科研中的热门课题, 它可应用于疾病诊断、病况跟踪、手术模拟、虚拟内窥、手术导航等方面, 可以说遍及临床医学的各个阶段。随着科研理论和硬件设备的不断发展, 医学可视化的研究也在不断深入, 但是它现在仍处于发展阶段, 有许多问题有待进一步的解决。而医学可视化硬件系统的逐渐完善, 将使基于硬件的三维重建等可视化技术迎来更深刻的变革。

参考文献

- [1] 秦绪佳. 医学图像三维重建及其可视化技术研究[D]. 大连:大连理工大学, 2001.1-2.
- [2] 冯前进, 刘洋. 基于 VTK 的医学图像三维可视化系统[J]. 医疗卫生装备, 2006, 27(6): 1-2
- [3] 徐夏刚, 张定华, 洪歧. 体视化方法综述[J]. 计算机应用研究, 2006, (1): 12-15
- [4] 艾婷. 基于 VTK 实现二维医学图像的三维可视化[D]. 吉林:东北师范大学, 2008.2-4.
- [5] 赵奇峰, 郭宝龙, 张磊. 基于 VTK 的医学图像可视化三维重建[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(6): 39-42.
- [6] 朱玉云, 史小平, 伍炼. 国产MITK软件在医学影像三维可视化中的应用研究[J]. 生物医学工程与临床, 2008, 12(5): 380-384.

- [7] 田捷, 包尚联, 周明全. 医学影像处理与分析[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003: 9.
- [8] Held K, Kops E R, Krause B J. Markov random field segmentation of brain MR images[J]. IEEE Trans. Med. Imag, 1997, 16(6): 878-886.
- [9] 孙键. 医学图像可视化中的重建技术方法研究[D]. 福建: 厦门大学, 2009. 4-5.
- [10] 安新伟, 张晓兵, 尹涵春. 医学图像三维重建的研究[J]. 电子器件, 2001, 24(3): 207-212.
- [11] 张艳君, 叶伯生, 曾理湛. 基于医学图像序列轮廓线重建三维表面的改进算法[J]. 计算机工程与应用, 2004 (13): 215-218.
- [12] 沈旭昆, 刘晶炜, 赵沁平. 基于表面再现 Marching Cubes 算法改进与实现[J]. 北京航空航天大学学报, 1998, 24(4): 449-453.
- [13] 张允赛, 陈福民. 三维医学图像的体绘制技术综述[J]. 计算机工程与应用, 2002 (8): 18-19.
- [14] 尹学松, 张谦, 吴国华等. 四种体绘制算法的分析与评价[J]. 计算机工程与应用, 2004 (16): 97-100.
- [15] 田捷, 赵明昌, 何晖光. 集成化医学影像算法平台理论与实践[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004. 133-136.
- [16] 李强. 医学图像分割进展[J]. 临床影像分割技术. 2010, 25(5): 121-124.
- [17] 陶玲, 钱志余, 陈春晓. 基于光线投影的医学影像体绘制加速技术[J]. 2008, 35(1): 89-93.
- [18] 赵陌. 一个新的体绘制加速算法[J]. 计算机工程与应用, 2009, 45(17): 155-158.
- [19] 黄展鹏, 周苏娟, 赵洁. 直接体绘制加速算法综述[J]. 计算机与数字工程, 2008, 36(3): 28-30.
- [20] 罗艳. 基于可编程图形硬件的体绘制技术[J]. 成都信息工程学院学报, 2010, 25(1): 50-55

一种用于激光治疗仪的红外传感器温度检测和报警装置

欧星 周凌宏 曾斯坚

(广州 南方医科大学生物医学工程学院 510515)

摘 要: 目的: 设计一种应用在新型激光治疗仪器中的测温报警电路装置。方法: 选用可编程Flash的8位AVR微控制器 ATmega8L、TPS334 红外传感器等电子元件设计电路。结果: 可用于非接触地测量光纤支架的温度, 并在温度异常时发送报警信号。结论: 该装置测温准确, 工作稳定, 有很大的实用价值。

关键词: 激光治疗仪; 红外测温; 光纤支架; TPS334 红外传感器

中图分类号: **文献标识码:**

一种基于小波变换的心音检测及定位方法

周酥 吴效明 黄岳山

(广东 广州 华南理工大学 生物医学工程系 510006)

摘 要: 目的: 设计一种简便的心音检测系统, 采集正常及部分异常人体心音信号, 实现第一心音和第二心音的准确定位, 辅助心血管疾病的诊断。方法: 硬件部分包括放大、滤波等信号调理电路、A/D 采样及单片机处理电路, 软件部分主要为利用 MATLABR2007a 软件编写的算法程序。心音信号的采集采用自行研制的驻极体传感器, 传感器采集到的心音信号经调理电路预处理后, 进行频率为 2000Hz 的高速采样, 采样后的数字信号可无线发送至 PC 终端, 最后在 PC 终端进行信号处理, 确定第一心音 (S1) 和第二心音 (S2) 的时域位置。信号处理算法上, 通过比较希尔伯特变换、数学形态法、小波变换提取心音包络的优缺点, 选择小波变换来提取心音包络, 首先对心音信号进行频谱分析, 确定心音主要成分所在的频带, 然后对信号全波整流, 用 db5 小波进行 6 层分解并重构, 使奇异点凸显出来, 采用时限为 T 的窗通过平移的方式对数据段进行处理, 找出每个窗中的最大值作为 S1、S2 的候选点, 选取合适的阈值, 剔除候选点中小于该阈值的点, 根据正常情况下 S1 与 S2 之间的距离小于 S2 与 S1 之间的距离来定位 S1、S2。结果: 硬件电路能够采集到 S1、S2 波形较明显的心音信号; 小波变换算法能够准确定位第一心音和第二心音。讨论: 由于采用了无线检测技术, 可以使人体在轻松的环境下接受检测, 从而得到更为真实的心音信号, 为临床医师提供更加准确的诊断依据; 心音信号的准确定位, 为后续的诊疗奠定基础。

关键词: 心音检测; 硬件电路; 信号处理; 心音定位