

人体可视化研究

李绿森, 闫敬文, 张晓玲

(厦门大学通信工程系, 厦门 361005)

摘要: 人体可视化是指运用计算机图形学和图形处理技术, 将抽象的人体数据转换为图形及图像在屏幕上显示出来并进行交互处理的理论、方法和技术。目前的许多应用已经显示出它在医学领域的巨大发展潜力。主要介绍人体可视化的研究背景、常用的可视化开发工具包、图像分割在医学可视化中的作用, 最后对它的应用发展前景进行展望。

关键词: 人体可视化; 可视人体; 可视化开发工具; 图像分割

Research on human visualization

LI Lv sen, YAN Jing wen, ZHANG Xiao ling

(Department of Communication Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract Human visualization is a kind of theory, method and technology, which applies computer graphics and image processing technology to convert nonobjective human data to graphics and image to display on the screen and take mutual processing. The applications of human visualization reveal its great potential in medical field. In this paper, the research background of the human visualization in medical is introduced, the common use of visualization toolkits are summarized, the effect of image segmentation in the medical visualization is also concluded. Finally, the prospect of its applications in medical field is discussed.

Key words: human visualization; visible human; visualization toolkit; image segmentation

0 引言

科学计算可视化(Visualization in Scientific Computing)是20世纪80年代后期提出并发展起来的一个新的研究领域。科学计算可视化就是随着计算机软硬件的高速发展,使得人们对于抽象的数据,经过一定的处理,最后以图像的形式展现在人们的面前。三维可视化技术已经渗透到天文、地理、气象、环境、航天航空、地质、勘探、测井、医学、生物、通信、交通、机械等各个学科,并且在这些领域都有着广阔前景。医学中的人体可视化^[1](Volume Visualization)也是科学可视化的一个重要分支,研究体数据(Volume Data)的可视化问题,是近十几年发展起来的一门学科。医学可视化过程如图1表示。由图1可以看出,医学可视化系统是由数据采集、图像分割、面体绘制、可视化等部分组成的。

经过十几年的发展,医学图像的可视化技术^[2]已经从辅助诊断发展成为辅助治疗的重要手段,它

的主要任务是处理和分析从实验中获得的、扫描器测得的、由计算模型合成的医学体数据,主要包括计算机断层技术(Computerized tomography, CT)、核磁共振成像(Magnetic resonance imaging, MRI^[3])、正电子放射断层扫描(Positron emission tomography, PET)以及组织切片图像。

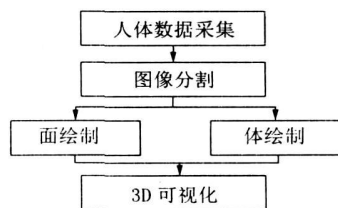


图1 医学图像三维可视化系统框图

收稿日期: 2006-12-25

作者简介: 李绿森(1982-),男,厦门大学通信工程系在读硕士研究生,研究方向为图像处理、三维可视化。

人体可视化研究是一门新兴学科,在医学领域资源使用管理决策工作中如医学解剖等具有重要的意义。人体可视化研究实现了医学行业数据结果的可视化,通过数据结果的可视化,为医学工作者提供了丰富的文字、数据、图形、图像等直观化信息。另外,对于可视化的结果,医学工作者可以进行人机互动,提高工作的效率,提高实验结果的准确性。人体可视化水平的提高,将进一步促进医疗水平的发展。

1 可视人体数据的发展

由于计算机技术的快速发展,使得科学计算可视化和虚拟现实得以实现。而随着数字化时代的来临,与人体结构数据有关的医学、航天、体育、军事、汽车、机械制造、艺术等领域对数字化可视人体研究提出了巨大的需求。

1.1 可视人体数据在国外的的发展

可视人体研究是20世纪后期兴起的一项信息技术和医学学科相互交叉,综合发展起来的世界前沿性研究。早在1989年,美国国家医学图书馆确立了“可视人体计划(Visible Human Project, VHP), 1991年8月,与Colorado大学健康科学中心(Health Science Center)签定协议,由Colorado大学完成人体连续横截面图像获取,获得一套正常人体的结构数据。该研究小组于1994年11月完成并向世界公布。这套数据为中年男性,其数据集^[4]为:

(1)MRI图像间距为4mm的头部及颈部的轴向MRI图像;间距为4mm的人体其他部分的截面MRI图像;MRI图像的分辨率为 256×256 ,像素灰度级为12位。

(2)CT图像。间距为1mm的整个人体的轴向扫描CT图像,图像分辨率为 512×512 ,像素灰度级为12位。

(3)轴向的解剖图。分辨率为 2048×1216 ,每个像素由24位真彩定义,每幅图像约为7.5M字节。轴向的解剖图间的间隔也为1mm并且与CT的截面图相对应。从男性尸体所获得的CT及解剖图各为1871幅,总的数据量为13GB^[5]。

两年后,美国该研究小组再次得到一位老年女性尸体的断面标本,女性尸体数据集的特点与男性尸体数据集基本相似,但它的轴向解剖的间距为0.33mm,而不是1mm,使得解剖图的数量达到5189幅。该数据集的大小约为39GB。NLM^[6](National Library of Medicine)把“Z”间距缩小为0.33mm是为了与“XY”面上的像素间距0.33mm相匹配。这样做,将为采用立方体单元进行三维重建的研究者们

提供方便。从女性尸体所获得的CT图像为1730幅,每三幅解剖图与一幅CT图像相对应,总数据量为43GB^[7]。

美国“可视化人计划”的实施在全世界引起了巨大反响。从1996年开始由美国发起召开的可视人国际会议每两年举行一次,已经连续举办了四届,不少研究机构和大学利用VHP的连续断面图像数据,已经或正在开发新的计算机人体模拟系统和实用产品。如哈佛大学开发的全脑图谱及外科手术规划系统,斯坦福大学开发的虚拟内窥镜系统,汉堡大学开发的Voxel-Man系统^[8-9]等。2000年,韩国开始“可视人”研究的5年计划,尝试建立具有东方人种特征的数据集,韩国亚洲大学2001年获得了韩国可视化人体数据集,其数据量为210GB,这是世界上的第二例尝试,也是东方第一例有关人种特征的人体数据采集^[10]。日本于2001年启动了为期10年的人体测量国家数据库建造计划,该国拟于2010年完成以7-90岁为对象的34000人178个人体部位的测定,制定出人体标准数据,这项研究将在日本工业众多需要人体数据的领域产生深远的影响^[11]。

为了提高可视人数据的精度,最近在可视人男性的数据集中加入了更高精度的解剖图像,对最初数据获取时的一段70mm的胶片数字化获得了 4096×2700 像素的图像,并且每个像素由24位色彩组成。这样加上最初的解剖图像,一共有1871幅更高精度的图像^[11]。可视人计划虽然取得了巨大的成功,但是由于技术的局限性,可视化人体还存在一些问题,比如为了防止腐烂注射了福尔马林,导致尸体变形。由于消磨系统的原因,需要将尸体先切成4段,这导致部分数据的丢失;横断面的组织,血管和神经等精细结构的显示不够清楚等,影响了可视人体的分割和重建时的精度和准确性。因此NLM开始了第二代的可视人胸部(The Next Generation Visible Human Thorax)的研究^[12]。

1.2 我国的可视人体数据发展

经解剖学界和计算机学界专家提议,经国家科技部和中国科学院有关部门批准,于2001年11月5-7日,在北京召开了主题为“中国数字化虚拟人体的科技问题”第174次香山科学会议。会议中,专家们认为,中国迫切需要符合自己东方人特色的可视人体数据集,这与来源白种人的数据有明显的区别。中国作为一个具有13亿的人口大国,不能没有自己的可视人体,而且以现有的技术,完全有可能做到这一点。

继美、韩之后,中国第三军医大学张绍祥教授带领课题组,经过三年努力,于2002年10月完成了中国首例“数字化可视人”数据的采集。所选用的标本为男性,35岁,身高170cm,体重65kg,非器质性死亡,连续横断面层厚:头部和颈部为0.5mm,其中颅底部为0.1mm,其他部位为1.0mm,全身共计2518个断面,每个断面数据量为36M,总数据量为90.468GB^[13]。在获得数据集后,即利用与清华大学联合研制的三维重建软件包进行了器官结构的图像分割和立体重建,并与香港中文大学签署了联合研究协议,通过合作研究,实现了人体结构可视化。使我国正式成为第三个拥有本国可视化人体数据集的国家。与美、韩相比,中国首例“数字化可视人”为整个标本的连续断面,无节段性数据缺损,断面图像分辨率达到630万像素。断面厚度达到0.1mm。在设备先进性,数据完整性,代表性和精确性上都处于国际领先水平。2003年2月8日完成了我国首例女性可视化人体数字集的采集和可视化研究。所选标本为女性,22岁,身高162cm,体重54kg,非器质性死亡,连续横断面层厚:头部0.25mm,其他部位为0.5mm。全身共计3640个断面,每个断面数据量为36M,总的的数据量为131.04GB^[14]。目前,第三军医大学可视化人体研究课题组于2003年10月25日完成第五例中国数字化可视人体数据集的采集^[15]。

2 常用可视化开发工具

随着科学技术的发展,信息可视化的研究得到了快速发展。在可视化的实际应用中,用户迫切需要一种平台来帮助他们开发具体的可视化应用程序,主要有以下几种。

2.1 OpenGL

OpenGL^[16] (Open Graphics Library) 是 SGI 公司开发的用于开发 2D 和 3D 图形的应用程序接口,由于其是低层次的软件接口,因此也被称为计算机图形的汇编语言。OpenGL 应用程序接口自 1992 年被 SGI 提出以来,已经发展成为行业领先的跨平台 2D 和 3D 图形应用程序接口,已经成为事实上的行业标准。其应用范围广泛,如: CAD, 内容创建、能源、娱乐、游戏开发、制造业、医学和 VRML(虚拟现实模型语言)等。OpenGL 工具是可视化研究开发最基本的工具之一。

2.2 Direct 3D

Direct3D 是微软公司 DirectX^[17] SDK 集成开发包中的重要部分,是基于微软的通用对象模式 COM (Common Object Mode) 的 3D 图形 API。适合多媒体、

娱乐、即时 3D 动画等广泛和实用的 3D 图形计算。Direct 3D 以其良好的硬件兼容性和友好的编程方式很快得到了广泛的认可。现在几乎所有的具有 3D 图形加速的主流显示卡都对 Direct3D 提供良好的支持。现在的 3D 游戏大多基于 DirectX SDK 开发,所以 Direct3D 堪称标准的 3D 游戏引擎,而且 Direct 3D 的使用价值决不应只在游戏方面,采用 Direct3D 技术的即时 3D 动画能在多媒体演示等许多领域发挥出令人叹服的效果。

2.3 VTK

VTK^[18] (Visualization ToolKit) 是一种基于 OpenGL 的 3D 可视化工具,是 OpenGL 的二次开发,可视化工具包(VTK)是一种开放源的,免费提供的 3D 计算机图形学,图像处理及可视化软件系统,它已经被全世界数千个研究人员和开发人员使用。VTK 是一种基于 OpenGL 的开发工具,VTK 在三维图像重建中是 OpenGL, Direct 3D 等工具无法比拟的,掌握 VTK 对于从事体视化技术的人员具有极好的应用价值。VTK 使用灵活,功能强大,利用它进行图像重建,具有重建步骤简单、效果好、速度快、交互能力强等优点,可以被广泛应用于医学图像的重建中。

2.4 MITK

MITK^[19] (Medical Imaging ToolKit) 是由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田捷研究员带领下的医学影像处理研究组开发的集成化的医学影像处理与分析 C++ 类库。其目的主要是为医学影像领域提供一套整合了医学图像分割、配准和可视化,硬件加速的二维图像绘制(通过 OpenGL 纹理映射)和硬件加速的表面绘制(通过 OpenGL 及其扩展),基于 3D Widget 的三维交互等功能的,具有一致接口的、可复用的、灵活高效的算法开发工具。

3 医学图像分割在人体可视化研究中的作用

由图 1 可知,图像分割是 3D 可视化的重要组成部分。医学图像中的分割具有重要意义,医学序列图像的三维重建实质上是对于医学图像中的感兴趣区域(Region of interest, ROI)结构而言的,即它实质上是对存在于医学序列图像中的某个 ROI 结构进行三维重建。医学图像 ROI 的有效分割是实现有效的三维重建的前提,所以从这个意义上讲,医学序列图像的三维可视化包括两个过程,即 ROI 分割和三维重建显示。

医学图像分割是图像分割的一个重要应用领域,也是一个经典难题,至今已有上千种分割方法,既有经典的方法也有最近提出的新的分割方法,下面介绍一些常用的分割算法^[20]。

(1) 基于区域的分割方法。利用区域内特征的相似性把图像划分成一系列有意义区域的处理方法。主要有阈值法、区域生长和分裂合并法、聚类分割法。

(2) 基于边界的分割方法。是利用不同区域间像素灰度不连续的特点检测出区域间的边缘从而实现图像分割。边缘检测是所有基于边界分割方法的第一步,根据处理的顺序,边缘检测可分为并行边缘检测和串行边缘检测。

(3) 基于区域和边界技术相结合的分割方法。在实际应用中,为发挥上面两种方法的优势,克服它们的缺陷以获得更好的分割效果,经常把它们结合起来使用。这是图像分割方法研究的一个方向。

(4) 基于特定理论的分割方法。图像分割至今尚无通用的自身理论,随着各学科许多新理论和方法的提出,出现了许多与一些特定理论方法相结合的图像分割技术。主要有基于数学形态学的边缘检测方法、基于模糊集理论的方法^[21-22]、基于小波变换的边缘检测方法、基于神经网络的分割方法等。

4 人体可视化研究的发展前景

人体可视化研究,对于和人体结构息息相关的学科,如医学,体育等等的发展具有深刻的意义。医学方面的可视化发展趋势大致有以下几个方面:

(1)“数字化解剖学”作为一门新学科即将出现,将为古老的人体解剖学带来一次划时代的革命。数字解剖学,将建立起计算机解剖教学和实习操作系统等,给解剖者提供一个更好的实习平台,这比古老的解剖学在卫生上,效率上有着明显的改善。

(2)“临床影像诊断参照系统”也将诞生,可视化人体将为现代临床影像诊断提供正常的参照系统,新一代的CT和MRI已经将断层的厚度减小到1~2mm,甚至更薄,从而使微小病灶的检出率大大提高。

(3)建立中国数字化的标准人脑,由于目前临床使用的标准人脑是一个法国妇女,和东方人有一定的差别,建立起有自己特点的标准脑迫在眉睫。

(4)“实形放疗模拟定位系统”应运而生,将对放疗方案的准确性大有帮助。现在癌症的治疗大都采用放疗技术,这就迫使医生要对病灶的准确定位,从而减少对身体其他正常组织不必要的伤害,减轻病

人的痛苦。

(5)为临床医生进行模拟手术,如虚拟内窥镜,虚拟介入导管等,制定准确的手术方案,因而,临床诊断和介入治疗针对性模拟系统也是一个重要的研究方向。

(6)虚拟外科手术系统研究,为外科医生针对有风险性部位的手术提前模拟,有助于提高手术的成功率。

参考文献:

- [1] 管伟光. 体视化技术及其应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 1998.
- [2] Judupa JK, Herman G T. 3D imaging in medicine[M]. 2nd Edition. Florida: CRC Press, 1999: 1- 73.
- [3] [EB/OL]. [2006- 10]. http://www.haoyu.net/disease/cancer/biaoxian/MRI_a52510214.htm.
- [4] 王旭, 桂业英, 杨彭基. 可视人体(VH)数据集及使用[J]. 生物医学工程杂志, 1999, 16(1): 109- 111.
- [5] Spitzer V M, Ackeman M J, Scherzinger A L, et al. the visible human: a technical report[J]. J Am Med Inform Assoc, 1996, 3(2): 118- 130.
- [6] [EB/OL]. [2006- 10]. <http://www.nlm.nih.gov/>.
- [7] Spitzer V M, Whitlock D G. The visible human dataset: the anatomical platform for human simulation[J]. The Anatomical Record(New Anat) 1998, 253(2): 49- 57.
- [8] Schimann T, Freudenberg B, Pflesser K, et al. Exploring the visible human using the VOXEL- MAN framework[J]. Comput Med Imaging Graph, 2000, 24: 127.
- [9] Andreas P, Karl H, Bernhard P, et al. Creating a high resolution spatial model of the inner organs based on the Visible Human[J]. Med Image Anal, 2001, 5: 221.
- [10] Chung MS, Park HS. Another trial for making serially sectioned images[M]. Int Workshop Visible Human, 2002(2).
- [11] 田捷, 包尚联, 周明全. 医学影像处理与分析[M]. 北京工业出版社, 2003(9).
- [12] Jim Heath, Vic Spitzer. Segmenting in a New Light[J]. 2003(8).
- [13] 张绍祥, 刘正津, 谭立文, 等. 首例中国数字化可视人体完成[J]. 第三军医大学学报, 2002, 24(10): 1231- 1232.
- [14] 张绍祥, 刘正津, 谭立文, 等. 首例中国女性数字化可视人体数据集完成[J]. 第三军医大学学报, 2003, 25(4).
- [15] [EB/OL]. [2006- 10]. <http://www.chinesevisiblehuman.com/>.
- [16] [EB/OL]. [2006- 10]. <http://www.sgi.com/products/software/openf/>.
- [17] <http://www.microsoft.com/windows/directx/default.mspx> [EB/OL]. [2006- 10].
- [18] [EB/OL]. [2006- 10]. <http://www.vtk.org>.
- [19] [EB/OL]. [2006- 10]. <http://www.mik.net/>.
- [20] 杨晖, 曲秀杰. 图像分割方法综述[J]. 电脑开发与应用, 2005(6).
- [21] 叶秀清, 顾伟康. 快速模糊分割算法[J]. 模式识别与人工智能, 1996, 9(1): 66- 70.
- [22] 耿伯英, 杨静宇. 基于多分辨率分析及QFCM算法的图像分割方法研究[J]. 计算机研究与发展, 2000, 37(8): 948- 953.

责任编辑: 么丽苹