

基于OpenGL ES的移动端DICOM图像三维重建技术

何滋鱼,周宇,朱振国,顾明辰
南京中医药大学附属医院,江苏 南京 210029

【摘要】二维CT图像虽然能够反映断层内的具体信息,但无法直观反映各断层之间相互关联的情况。对CT图像进行三维重建能够直观反映目标大小、位置等空间结构,便于医生更好地进行判断。CT图像的三维重建在移动医疗终端设备上还没有得到很好的实施。本研究利用面绘制实现在移动端对DICOM序列图像的直接三维重建,并对实时显示中断痕进行了优化,无需对图像进行轮廓提取,因此医生不必限制在物理室电脑上才能进行计划的制定及修改,从而大大节省了医生的时间。结果表明基于OpenGL ES的图像三维重建可在iPad等移动端流畅运行,所显示的三维对源数据无任何损失,并可对三维重建进行任意角度旋转。

【关键词】OpenGL ES; 三维重建; 移动端; DICOM 图像

【中图分类号】TP317.4; R312

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2017)10-1018-04

OpenGL ES-based three-dimensional reconstruction of DICOM image on mobile device

HE Ziyu, ZHOU Yu, ZHU Zhenguo, GU Mingchen

Affiliated Hospital of Nanjing University of Traditional Chinese Medicine, Nanjing 210029, China

Abstract: Two-dimensional CT image can reflect the information of layers, but is unable to directly reflect the correlation between layers. The three-dimensional (3D) reconstruction of CT image can reveal the spatial information (such as target size and location), which can help doctors diagnose. However, 3D reconstruction of CT image has not been well applied on mobile medical terminal devices. Our research realizes the direct 3D reconstruction of DICOM images on mobile terminals with the use of surface rendering, and the image partition in real-time display is optimized, with no need to perform contour extraction for images, which will save doctor's time for he doesn't have to design and modify plan on personal computer at the Department of Physics. The results show that OpenGL ES-based 3D reconstruction runs smoothly on mobile devices such as iPad, without the loss of source data in all the 3 dimensions, and that the 3D reconstructed image can be rotated at any desired angle.

Keywords: OpenGL ES; three-dimensional reconstruction; mobile terminals; DICOM image

前言

随着互联网的迅速发展以及移动端设备性能的不不断提高,移动医疗的概念已经逐步进入医疗的各方面,从最初的在线挂号,到某些疾病的在线诊断,移动医疗也不断对技术提出更高的要求^[1-2]。对于放疗,目前移动端依然停留在CT图像的二维显示,三维重建依然无法直接通过移动端计算并显示。本研

究基于OpenGL ES实现了对CT图像的三维重建并显示,便于医生对于肿瘤大小、位置和空间结构以及与敏感区域之间的相对位置关系有直观认识,并拟在此基础上对显示剂量包络等,研发出直观、易用的放疗诊断计划系统。

1 DICOM 解读

DICOM作为一种数字医学影像协议,其文件结构如图1所示,分为3部分^[3-5]:(1)引言(Preamble),共128个字节,是文件相关信息说明;(2)前缀(Prefix),DICOM文件的标识,共“DICM”这4个字节;(3)数据元素族(Data Element),由若干数据元素组成,每个元素分为4个域,即标签(Tag)、值描述(Value Representation, VR)、值长度(Value Length, VL)以及值(Value Field, VF)。

【收稿日期】2017-05-04

【作者简介】何滋鱼,硕士研究生,助理工程师,研究方向:医学图像处理, E-mail: 394959744@qq.com

【通信作者】周宇,本科,副主任护师,研究方向:中医临床护理、放疗护理, E-mail: 2598835393@qq.com

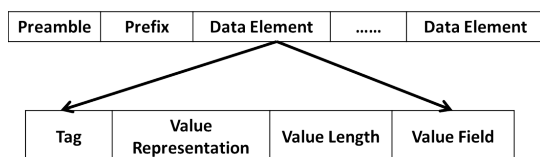


图1 DICOM图像格式

Fig.1 DICOM image format

其中,数据元素的解读是DICOM图像解读的最主要部分。每个数据元素拥有以下统一格式^[6-8]:(1)

标签,标签占有4个字节,前2个字节为组号,后2个字节为元素号,用于标识该数据元素的组别,也由标识来决定是否与其他数据元素进行合并;(2)值描述,值描述占有2个字节,规定了数据元素的类型格式;(3)值长度,占用2个或4个字节,为无符号整数,其值必须为偶数,即意味着数据长度也必须是偶数,不足时需补足;(4)值,根据值描述的格式,读取值长度的数据值。最终,在三维环境中的显示如图2所示。



图2 三维重建结果

Fig.2 Three-dimensional (3D) reconstruction result

读取DICOM图像,提取其中X、Y、Z方向的像素分辨率,把Z方向上的层数以及灰度图像等数据组合成为RAWDATA,作为三维显示的输入。

2 三维重建方案

三维重建的方法可分为两类:面绘制和体绘制。面绘制利用基本图元三角面片绘制物体的表面,物体表面可来源于文件或者由体数据提取。源于文件的三维数据是指将三维建模软件(例如3DMAX)中建立的模型导出为程序可读文件,并根据模型顶点、顶点索引、材质等特性进行绘制。而医学体绘制往往是通过CT序列进行解读,并使用算法(例如Marching Cube算法)对表皮、骨骼等结构进行提取,最后使用三角面片对提取的表面进行三维渲染。体绘制是将体数据中的体素全部体现,而非仅仅表面信息。相对于面绘制而言,体绘制更具备细节。体绘制是将体素中的每一点按照不同的权重投影至象平面,最终展示象平面中的投影图像,体绘制分为物序投影绘制和象序投影绘制^[9-11]。

无论是物序绘制还是象序绘制,由于CT数据信息量庞大,导致实时绘制时占用大量资源,移动端无法直接使用体绘制进行绘制。本研究将使用面绘制的方式,间接地实现体绘制的效果。图3所示为面绘制三维重建的流程:(1)将上文所说的RAWDATA读

取至程序,并根据基本参数对二维图像进行重建;(2)沿着Z轴方向把每一层的图像利用glTexImage2D()函数映射为二维纹理,使用灰度值作为纹理的RGBA值;(3)沿着Z轴方向,把每一层的CT图像用四边形绘制出来,并使用对应层的二维图像纹理进行贴图。

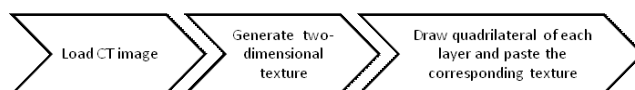


图3 面绘制三维重建流程

Fig.3 Three-dimensional (3D) reconstruction flow of surface rendering

图2为脑部CT图像经过体绘制后的三维图像,在大部分的视角中,该图像显示正常,但当视角与头部的Z轴方向正交时,或者接近正交时,在三维重建图像中会看到一条条的断痕,我们将会对此进行分析并后处理。

3 三维后处理

对头部CT图像进行体绘制,但在绘制过程中发现,当视角与头部Z轴正交或者接近正交时会对三维重建图像产生影响。我们将CT图像去除,只绘制四边形的边框,如图4所示。

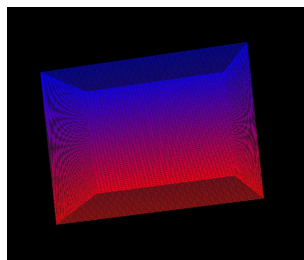


图4 除去CT图像产生的四边形边框
Fig.4 Quadrilateral border without CT image

由于我们只是沿着Z轴显示具有一定间隔的四边形,因此当视角与头部的Z轴方向正交时,或者接近正交时,沿Z轴的间隔将会显示,针对这一缺陷,本研究做了以下后处理^[9](图5)。

本研究将生成3组二维纹理,在三维绘制过程中,实时判断当前视角方向,并以此作为根据,选择绘制轴,并选择相应的纹理族作为四边形纹理,最终,三维重建图像如图6所示。

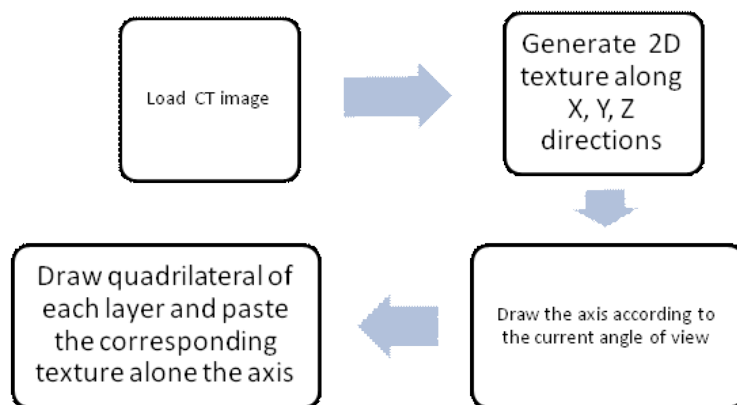


图5 优化后流程图
Fig.5 Optimized flow chart

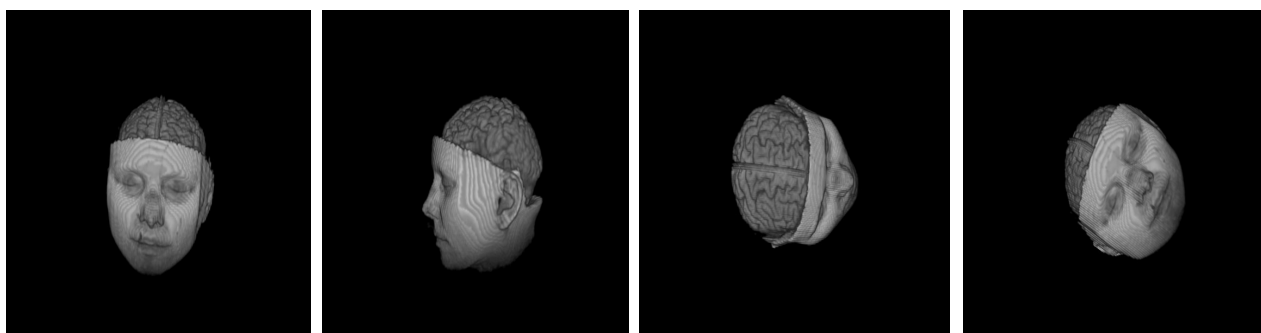


图6 最终三维重建图像
Fig.6 Final 3D reconstruction image

4 结 语

本文对DICOM图像进行解读,并在DICOM图像读取的基础上应用OpenGL ES实现了使用面绘制的方式间接实现体绘制的效果,最终在移动端设备上进行了CT三维重建显示。由于OpenGL ES API的兼容性,可通过修改窗口管理及互动操作等代码进行IOS、安卓等不同移动平台间快速迁移^[12-13]。本研究仅仅实现了灰度三维重建的显示,在此基础上可进一步添加颜色表从而实现伪彩三维重建以增强显示效果。

【参考文献】

- [1] 王晔,刘红,雷长海,等. 基于移动终端的医疗信息社交网络设计[J]. 医疗卫生装备, 2015, 36(3): 70-72.
WANG Y, LIU H, LEI C H, et al. Design of healthcare social network system based on mobile device [J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2015, 36(3): 70-72.
- [2] 苏美玲,冯正勇,邹文辉. 基于移动终端的医疗记录远程访问应用程序设计[J]. 软件导刊, 2015, 14(8): 135-137.
SU M L, FENG Z Y, ZOU W H. Design of medical record remote access application based on mobile terminal [J]. Software Guide, 2015, 14(8): 135-137.
- [3] 谢长生,熊华明,陈颀. DICOM图像显示的研究与实现[J]. 计算机工程与科学, 2002, 24(6): 38-41.
XIE C S, XIONG H M, CHEN J. Research and implementation of

- DICOM image displaying[J]. Computer Engineering & Science, 2002, 24(6): 38-41.
- [4] 何滋鱼, 葛云. DICOM格式放疗计划信息的读取及显示[J]. 中国医学物理学杂志, 2013, 30(4): 4299-4302.
- HE Z Y, GE Y. Read and display DICOM format radiotherapy planning information[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2013, 30(4): 4299-4302.
- [5] ZECHNER M, DIMARZIO J F, GREEN R. OpenGL ES: a gentle introduction[M]. Berkeley: Apress, 2016: 237-308.
- [6] 全海英, 杨源, 张歆东, 等. DICOM数据集与DCM文件格式[J]. 计算机应用, 2001, 21(z1): 145-146.
- QUAN H Y, YANG Y, ZHANG X D, et al. DICOM data set and DCM file format[J]. Computer Applications, 2001, 21(z1): 145-146.
- [7] 胡阳秋, 高小榕, 高上凯. 医学图像DICOM格式转换软件的设计与实现[J]. 北京生物医学工程, 2000, 19(4): 193-197.
- HU Y Q, GAO X R, GAO S K. Design and implementation of DICOM format conversion software[J]. Beijing Biomedical Engineering, 2000, 19(4): 193-197.
- [8] 官韶杰. 基于OpenGL ES的移动平台图形渲染引擎研究与实现[D]. 北京: 北京交通大学, 2010.
- GUAN M J. The research and implementation of mobile platform graphics rendering engine based on the OpenGL ES[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2010.
- [9] LIU Z, ZHOU B, ZHANG C. Design and implementation of three-dimension texture mapping algorithm for panoramic system based on smart platform[C]//AIP Conference Proceedings, 2017: 060009.
- [10] FOSTER P J. Augmented reality in the classroom[D]. Los Angeles: Loyola Marymount University, 2016.
- [11] 刘琪, 迟贤书. OpenGL与OpenGL ES在开发过程中的异同[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2008, 27(2): 261-262.
- LIU Q, CHI X S. Similarities and differences between OpenGL and OpenGL ES[J]. Journal of Liaoning Technical University: Natural Science, 2008, 27(2): 261-262.
- [12] 莫军, 陈雷霆. 基于OpenGL ES的3D图形绘制管线优化问题[J]. 计算机应用研究, 2007, 24(1): 215-217.
- MO J, CHEN L T. 3D graphic pipeline optimization based on OpenGL ES[J]. Application Research of Computers, 2007, 24(1): 215-217.
- [13] 史扬, 吴金平. OpenGL ES图形标准在嵌入式系统中的应用[J]. 工业控制计算机, 2008, 21(3): 27-28.
- SHI Y, WU J P. Application of OpenGL ES for embedded system[J]. Industrial Control Computer, 2008, 21(3): 27-28.

(编辑: 谭斯允)