

文章编号:1007-2780(2012)04-0535-04

# 真三维显示在医学教育与仿真中的应用

田 丰<sup>1</sup>,夏 雪<sup>1</sup>,王 鹤<sup>2</sup>

(1. 上海大学 影视艺术技术学院,上海 200072,E-mail:ouman@shu.edu.cn;  
2. 通用电气医疗集团 应用科学实验室,上海 201203)

**摘 要:** 研究了真三维显示技术在医学影像中的应用。使用 CT、MRI、DSA 原始医学影像作为数据源,对影像进行图像分割与三维重建,在此基础上进行真三维数据转换,运用计算机视觉技术开发互动教学系统。构建了基于真三维显示技术的医学教育与仿真系统,可呈现与器官组织空间结构一致的立体医学影像,并进行互动仿真操作。真三维显示技术将是医学教育与仿真的重要手段,可为医学教育提供最逼真的模拟实践平台。

**关 键 词:** 真三维;体扫描;可视体素;三维重建

**中图分类号:** TN911.74 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3788/YJYXS20122704.0535

## Applications of Volumetric Three-Dimensional Display in Medical Simulation and Education

TIAN Feng<sup>1</sup>, XIA Xue<sup>1</sup>, Wang He<sup>2</sup>

(1. *Institute of Film & TV Arts and Technology, Shanghai University, Shanghai 200072, China, E-mail:ouman@shu.edu.cn;*  
2. *Applied Science Lab, General Electric Healthcare, Shanghai 201203, China*)

**Abstract:** This paper studied the applications of volumetric three-dimensional display in medical imaging. Original images acquired by DSA, CT and MRI are used as the data source. After being segmented and reconstructed, volumetric three-dimensional images data are conversed. Computer vision is used to develop interactive teaching system. Being able to show three-dimensional medical images identical with organs and tissues and to carry on interactive simulation operation, a medical simulation and education system is built based on volumetric three-dimensional display technique. Volumetric three-dimensional display technique, which will be an important tool in medical education and simulation, is able to provide a platform of practice for medical education.

**Key words:** true 3D; swept volume; visual voxel; three-dimensional reconstruction

## 1 引 言

虚拟现实正成为医学教育和仿真的重要技术手段<sup>[1-2]</sup>。而大多数仿真系统都以平面显示或视差立体显示系统为观察平台。平面显示缺乏影像

深度信息数据,无法直接表达组织结构的空间结构。裸视或佩戴眼镜观看普通视差立体影像存在的缺陷主要有:长时间观看将产生眩晕感;水平与深度的显示比例有失真;立体视区间存在互扰;最佳视点少;难以实现垂直视差;不能实现 360°环

收稿日期:2012-01-31; 修订日期:2012-03-10

基金项目:上海市教育委员会科研创新项目(No. 12YZ008)

作者简介:田丰(1976—),男,上海人,博士,讲师,主要从事立体显示研究。

视<sup>[3-5]</sup>。基于体扫描的真三维显示是目前最新的立体显示技术,它通过适当方式激励显示体内的介质产生可见光辐射形成体像素,这些分散在三维空间的体像素构成了立体图像,它无需配戴任何立体眼镜就能呈现视差图像从而获得深度信息。真三维显示的图像存在于真实三维空间,能展示一个最接近真实物体的立体画面,符合人们观察世界的真实感受,满足所有生理和心理的深度暗示。一般真三维显示系统可实现全角度裸眼观看,较之其他两种裸视立体显示技术,更接近于最终的显示目标<sup>[6-7]</sup>。

随着技术的进步,几年前多个需要克服的关键问题,如显示亮度、体积与分辨率、动态体数据的生成、海量体数据的传输等都得到了有效解决。本文针对真三维显示在医学教育与仿真中的应用,提出了医学影像的真三维转换和互动方法,提供了崭新的解剖学习平台,实现了医学影像的空间展示。

## 2 真三维技术的原理和国内进展

按显示原理,真三维显示可分为静态体显示和扫描体显示<sup>[8]</sup>。静态体显示能在一个固定的空间中产生体像素。静态体显示通常使用红外上转换技术,较高功率的红外激光将会对眼睛带来伤害。基于体扫描的真三维技术是依靠机械装置的周期性运动来产生体像素。体扫描使用可见光成像,对眼睛无害。除扫描机械部件限制外,体扫描空间尺寸不受其他因素制约。真三维成像和被广泛应用的幻影成像和伪全息成像有本质区别。幻影成像系统由 4 个三角形半反半透玻璃构成,其外形特征是类似金字塔或倒金字塔。幻影成像与伪全息成像利用简单的光学原理做到影像浮空,都不能呈现立体画面。而真三维成像能在空间上重构三维数据的实像,可实现水平 360°垂直 180°观看。在国内,浙江大学、华东师范大学和上海大学等单位都对真三维显示进行了大量的研究。

## 3 实验方法

### 3.1 用于医学影像的真三维显示平台搭建

真三维显示平台由图形工作站、嵌入式真三维数据转换器、真三维显示器、空间光学触控器等构成。图形工作站接受并存储医学影像设备获取的 DICOM 格式的原始影像画面;真三维数据转

换器从图形工作站获取原始图像数据,由转换器硬件完成原始图像的图像分割、三维建模和真三维采样,嵌入式硬件算法能响应空间光学触控器传送的指令信息并实时进行图像重分割、模型变换和采样;空间光学触控器由红外发射管和两个微型摄像机组成,根据双机拍摄的画面来计算手指在空间上的位置,最后把校正后的位置信息传给真三维数据转换器。终端平台能够清晰显示体空间影像,同时可根据手指的空间位置来确定影像的变化。

本实验使用的硬件设备和底层软件为自主开发的真三维显示系统,体空间分辨率达到  $1\,000\times 1\,000\times 1\,000$ ,体积为  $30\text{ cm}\times 30\text{ cm}\times 30\text{ cm}$ ,最大亮度为 500 lm,可实现多人、全角、裸眼立体观看。

### 3.2 DSA 的三维重建

在造影剂注入期间使用 C 型臂围绕血管成像。C 型臂在旋转 180°的过程中边旋转边成像,DSA 系统得到多角度的血管图像。本文的真三维医学影像显示软件取造影剂注入前后相对应的蒙片与盈片序列数字相减。然后根据数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)的工作原理,利用点状射线源产生的锥形射线场对血管进行成像投影,并出列投影方程。

设一束 X 射线  $L$  从光源  $S$  射向被检测的血管  $y$ ,光线  $L$  通过血管  $y$  之后在检测平面上得投影为  $p$ 。假设 X 射线线性衰减,则在检测平面上组成投影的点可以描述为:

$$p(y) = \int_{L(s,y)} u(x) dx$$

(1)

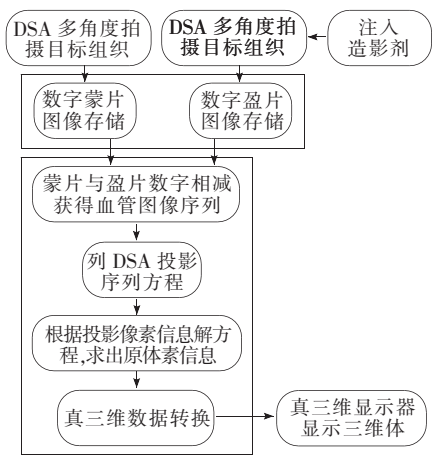


图 1 DSA 图像的真三维显示流程

Fig. 1 Block diagram of volumetric three-dimensional display for DSA

被测血管  $y$  由体素  $u_j (j=1,2,3...J; J$  是血管的体素总数) 组成。数字投影用  $p_{i,n} (i=1,2,3...I; I$  是投影血管的像素数。  $n=1,2,3...N; N$  是不同方向光线下载投影的总数) 表示。则  $p_{i,n}$  可表示为:

$$P_{i,n} = \sum_{j=1}^J w_{ij,n} u_j, i = 1,2,3\cdots, n = 1,2,3\cdots \tag{2}$$

像素  $i$  关于体素  $j$  的权重系数为  $w$ , 是通过三线性插值方法确定的。通过求解上述方程来重建血管的三维模型。

3.3 CT 和 MRI 的图像分割与三维重建

利用 CT (computed tomography, 电子计算机 X 射线断层扫描) 对人体进行扫描, 由于人体中的每种组织对射线的吸收率不同, 吸收率高的区块 (即高密度区) 呈浅色, 吸收率低的区块 (即低密度区) 呈深色。相同的组织结构灰度值接近, 而不同组织间灰度值相差较大, CT 系统完成断层影像的生成。根据教学和仿真的要求, 本文的真三维医学影像显示软件对图像进行分割, 根据图像灰度值将不同的部位分割出来。最后对多个连续断面图像进行相同组织的分割, 连接断层图像的三维数据, 重构完整的器官。

运用磁共振成像 (Magnetic Resonance Imaging, MRI) 从人体中获得电磁信号, 根据对核磁共振信号进行空间编码的方法, 磁共振系统将重建出人体器官的断层图像序列。根据教学和仿真的要求, 本文的真三维医学影像显示软件对磁共振图像进行基于灰度的图像分割, 根据图像灰度值将不同的部位分割出来。与 CT 的三维重构方法一样, 对连续多个断层的图像分割对象进行组合, 重构三维组织器官, 如图 2 所示。

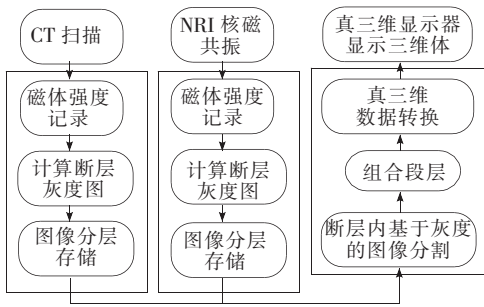


图 2 CT 和 MRI 的图像的真三维显示流程  
Fig. 2 Block diagram of volumetric three-dimensional display for CT and MRI

3.4 空间触控技术

通过自主开发的“空间触控技术”进行人机交互。此模块可以捕捉“索引手势” (即右手握拳将食指伸直) 对其进行空间定位, 从而实现与真三维显示器中的三维虚拟物体进行交互。如图 3 所示, 空间触控技术首先需要对手指反射的红外光空间位置进行标定, 使其与实际三维空间深度信息建立相应的映射关系。在使用此模块时, 用户只需在相机可视范围内, 以动手指, 指挥影像。相机捕捉到手指反射的红外光, 从而分割出指尖位置。根据前期标定获得的映射关系, 能够快速计算出指尖在空间的位置。最后将获得的三维坐标数据送到嵌入式真三维数据转换器, 重新计算被显示组织的位置。

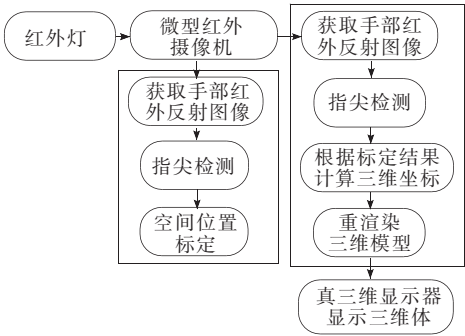


图 3 空间触控技术流程图  
Fig. 3 Block diagram of touch-control in volumetric three-dimensional display

3.5 真三维数据转化

嵌入式真三维数据转换器的功能是将原始空间的图像数据转换成符合显示单元的几何特性。首先从图形工作站读入基于笛卡尔坐标系的三维数据, 对顶点进行裁剪, 组织三角面片, 按光照模型填充三角面片, 空间抗锯齿计算。然后把渲染后的影像坐标转换为三维极坐标。

$$(\theta, r, z) = [\arctan(y/x), \sqrt{x^2 + y^2}, z] \tag{3}$$

再根据真三维显示器物理尺寸生成物理坐标, 把每个体像素归入对应的物理体素上。横坐标范围是 1 024, 纵坐标范围是 768, 归入 700 个子图像的计算公式如下:

$$\begin{pmatrix} L_{\rightarrow 1-700} \\ L_{\rightarrow 1-1024} \\ Z_{\rightarrow 1-768} \end{pmatrix} =$$

$$\begin{pmatrix} \text{INT}(\theta \times 700/360) \\ \text{INT}(1\,024 \times r/(\text{MAX}(\sqrt{x^2+y^2})_{\max}, Z_{\max})) \\ \text{INT}(768 \times z/(\text{MAX}(\sqrt{x^2+y^2})_{\max}, Z_{\max})) \end{pmatrix} \quad (4)$$

将式(3)代入式(4)可得：

$$\begin{pmatrix} L_{\rightarrow 1-700} \\ L_{\rightarrow 1-1024} \\ Z_{\rightarrow 1-768} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{INT}(\arctan(y/x) \times 700/360) \\ \text{INT}\left[\frac{1\,024 \times \sqrt{x^2+y^2}}{(\text{MAX}(\sqrt{x^2+y^2})_{\max}, z_{\max})}\right] \\ \text{INT}(768 \times z/(\text{MAX}(\sqrt{x^2+y^2})_{\max}, z_{\max})) \end{pmatrix} \quad (5)$$

进行以上转换后就获得了全部体素在显示面板上的物理坐标。最后根据成像设备索引地址生成设备坐标,把设备坐标整理成数据包进行传输。

## 4 结    果

如图 4 所示,本研究成功建立了真三维医学



图 4 基于真三维显示的医学影像终端  
Fig. 4 Volumetric display prototypes for medical imaging

## 参 考 文 献：

[1] 胡南,郑小林,张绍祥,等. 基于虚拟现实的女性盆腔可视化及手术仿真[J]. 中国医学影像技术,2010,26(2): 340-342.

[2] 祁俐娜,罗述谦,孙中伟. 虚拟现实技术在数字人体数据集中的应用[J]. 中国医学影像技术,2006,22(9): 1289-1292

[3] 周磊,陶宇虹,王琼华,等. 立体显示用柱面透镜光栅的设计[J]. 光子学报,2009,38(1):30-33.

[4] 孔令胜,王天聪,蔡盛,等. 基于二维方孔光栅的平面三维显示[J]. 液晶与显示,2010,25(6):919-924.

[5] 张浩,李大海,王琼华,等. 自由立体显示拍摄系统中摄像机空间自由度的确定[J]. 液晶与显示,2010,25(2): 287-291.

[6] 姜盈,王惠南. 真三维立体显示系统中平移体扫描技术研究[J]. 计算机应用,2006,26(1):135-137.

[7] 田丰,徐劭敏,刘锦高. 低成本真三维显示器构建[J]. 华东师范大学学报,2009,7(4):115-123.

[8] Matthew Gately, Yan Zhai, Mark Yeary, *et al.* A three-dimensional swept volume display based on LED arrays [J]. *J. Display Technology*, 2011,7(9):503-514.

影像教育与仿真系统,实现了几类重要的医学影像数据向真三维数据的转换。在构建的系统中,操作者可通过手指来选取或删除组织结构,可通过简单手势来操控空间影像的缩放和旋转,可1:1在空间上演示组织器官的位置、形态和空间关系。

## 5 结    论

虚拟现实技术已成为医学教育和仿真的有效工具,它的快速发展极大提高了医学教育和培训的效果。把真三维技术作为医学教学的基本手段,能让医科生更真实地掌握生理组织结构,减少标本使用率。让医生快速掌握病人病灶和正常组织的空间位置,进行术前的空间1:1推演。真三维技术不但能在教学与仿真中得到应用,它也可能被应用到肿瘤放疗、介入治疗等手术治疗过程中。

由于扫描部件的运转,目前的人机交互界面并不与空间影像重合,没有实现所触即所得的交互界面。为了把交互界面与影像坐标绑定在一个坐标系中,需要研制一套光学转化装置,把空间实像转换成空间虚像,在转换过程中放大影像,让手指或手术刀在空间立体像中移动,实现在科幻影片中的立体浮空交互效果。

本研究的软硬件及光学系统都为自主开发,课题组有基础对特定的应用做功能扩展。目前建立的演示与互动平台不仅能为医学教育和仿真提供平台,相信未来能够直接运用于手术与治疗全过程中。