文章编号：1006－544X（2009）03－0390－05

医学手术仿真教学系统的设计与实现

唐　忠

（广西医科大学 信息中心，南宁　530021）

摘　要：为了充分发掘虚拟医学仿真系统的使用价值，结合临床手术教学的实际需求，设计了一套基于仿真手术的网络教学系统。介绍了虚拟手术中的三维重建技术、视频编码与压缩技术等系统实现过程中的关键技术。给出了本系统的设计方案、系统功能和关键程序的设计。使用VC＋＋作为开发工具，SQL Server作为视频数据库，实现对系统数据的存储；系统Web访问服务程序使用ASP技术。实现了虚拟手术视频数据的录制、存储和网络实时播放等功能。

关键词：手术仿真；三维重建；视频传输

中图分类号：TP393.18　　**文献标志码：**A

让学生以真实感觉形式了解人体器官组织的解剖结构的三维空间关系，是医学教学中的主要内容之一。长期以来，医学院校的低年级学生主要通过观察尸体标本获得这些知识，或通过观看解剖图谱想象人体的三维结构。这种传统方式不仅要求医学院校保存大量的标本，而且学生的学习效率和积极性不高。仿真影像学的出现，使基础医学和临床医学的教学方法手段得到极大的改变。仿真影像学是一门结合了虚拟现实技术和医学图像可视化技术的学科，它以飞速发展的计算机三维图形处理能力为技术基础。

使用虚拟现实技术进行人体解剖仿真，医学院校的学生们就可以不必只局限于书本和尸体，而是用一个虚拟的人体，对其各种器官结构进行反复的探索、切开、组合等操作，以各种方式进行观测。通过这种新的途径，会取得比以往更好的学习效果。

利用虚拟现实技术进行虚拟外科手术，还可以为那些刚走上工作岗位的医生或医学院校的实习生提供更多的机会去演练以前从未做过的手术。在对病人实施真实手术之前，医生可以先用虚拟现实系统进行练习。将该病人的真实形象（利用计算机轴向层析X射线摄影、磁共振成像或其他成像技术获取）送入仿真系统，医生就可以对实际的外科手术作出相应的规划，因而使其可以预料到某些难以想象的复杂情况。

虚拟手术与真实手术相比，其在教学中的优势还在于：虚拟手术实施过程中可以中途暂停，以便教师进行详细讲解，进行师生互动，而真实手术过程中则绝无暂停的可能。

但是，在当前条件下，虚拟医学仿真系统毕竟是一套价格昂贵的设备，因此它的使用、开放时间受到了限制，而且由于场地的原因，很难让大批学生同时进入仿真室进行现场观摩。因此，根据学校的实际教学需要，笔者设计了这套虚拟手术网络教学系统，以便让学生在电脑前就能随时观看到仿真手术实施的全过程。

1　系统采用的关键技术

1.1　虚拟现实中的三维重建技术

虚拟现实是在计算机中构造出一个形象逼真的模型。人与该模型可以进行交互，并产生与真实世界中相同的反馈信息，使人们获得和真实世界中一样的感受。它是以计算机对三维图形的快

收稿日期：2008－12－24
基金项目：广西区卫生厅科研项目（200710MS155）
作者简介：唐　忠（1968—），男，硕士，高级工程师，研究方向：现代教育技术、计算机网络，E-mail：zhongt@gxmu.net.cn。

速处理能力为基础的。

在医学图像中，大部分图像数据是以二维形式获取的[1]，如 CT 和 MRI 断层、X 射线投影图像等等。三维重建就是通过对一系列的二维图像进行边界识别等分割处理，重新还原出被检物体的三维图像。三维重建是手术模拟的基础，它可以帮助医生将二维的切片数据构造出立体的三维模型，辅助医生对病变体及其他感兴趣的区域进行定性直至准确的定量分析，使医生看得更好、更准，从而大大提高医疗诊断的准确性和正确性。三维医学图像数据重建的基本流程如图 1 所示。

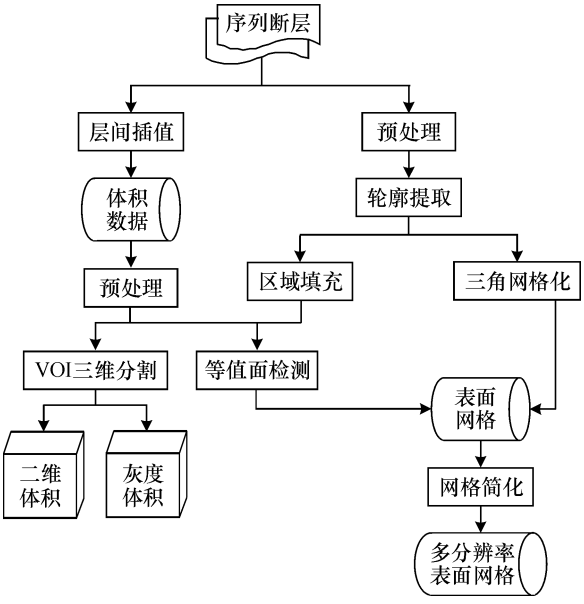

图 1　三维医学图像数据重建的基本流程

Fig. 1　Basic flow chart for reconstruction of three-dimensional medical image data

三维图像重建的目标和步骤取决于三维对象物体的表现形式，一般将表达三维结构的最小单元称为基元。由于基元的空间表达维数不同，处理和表达的复杂度也不同。

目前的 CT 三维成像的主要方法是通过多个相邻断层堆砌重建三维目标。

蒙特卡洛（MC）方法是三维数据场等值面生成的经典算法，是等值面构造技术的代表。它利用了计算机图形学多边形绘制技术，借助于图形硬件加速的支持，其绘制速度快，可以灵活地进行旋转变换、改变光照效果等，非常适合重建表面特征明显的组织和器官的表面图像（如使用 CT 技术生成的骨骼三维图像）。由于生成的三维图像足够清晰，可以在一定程度上替代实物模型。

这一类算法所处理的数据一般是三维正交的数据场，可表示成：

$$F_{i,j,k} = F(x_i, y_j, z_k), i = 1 : N_x, j = 1 : N_y, k = 1 : N_z。\quad (1)$$

为了在这一数据场中构造出等值面，首先必须给出所要构造的等值面的值（阈值），设为 C_0。MC 方法首先在数据场中找出该等值面所经过的体元的位置，在该体元中，根据比较体元中各数据点和阈值的大小关系，构造出该体元内部的等值面，并计算出其他相关数据（如等值面的法向量等）。然后由常用的图形软件包或图形硬件提供的面绘制功能绘制出等值面，从而展示出需要显示的组织的轮廓面。

1.2　视频编码与压缩技术

MPEG-4 是基于图像内容的第二代视频编码方案，对于网络传输这种媒介，MPEG－4 具有其他压缩算法无可比拟的优势[2]。MPEG－4 标准的压缩率高，这对于有效节省带宽资源具有巨大的优势。另外 MPEG－4 还能对同时发生的数据流进行编码。一个场景的多视角或多声道数据流可以高效、同步地合成为最终数据流。这尤其适用于类似虚拟手术仿真、飞行仿真练习这样的情况。

1.2.1　视频对象提取技术　MPEG－4 实现基于内容交互的首要任务就是把视频/图像分割成不同对象或者把运动对象从背景中分离出来，然后针对不同对象采用相应编码方法，从而实现高效压缩。因此视频对象提取即视频对象分割，是 MPEG-4 视频编码的关键技术，也是新一代视频编码的研究热点和难点。

目前进行视频对象分割的一般步骤是：先对原始视频/图像数据进行简化以利于分割，这可通过低通滤波、中值滤波、形态滤波来完成；然后对视频/图像数据进行特征提取，可以是颜色、纹理、运动、帧差、位移帧差乃至语义等特征；再基于某种均匀性标准来确定分割决策，根据所提取特征将视频数据归类；最后是进行相关后处理，以实现滤除噪声及准确提取边界。

1.2.2　VBR 技术　VBR（variable bit rate）是可变码率的意思。它根据不同的图像组使用不同的码率，每个图像组的平均码率是可变的。它的技术原理就是对低速甚至静止的画面使用较高的压缩率，而对高速运动的一段片段用较低的压缩率。

它显著地减少了“填充比特”，明显消除了固定码率压缩中出现的锯齿现象，非常适合做为流媒体在网络中传输并且进行播放。

1.2.3 DMIF 技术 DMIF 即多媒体传送整体框架,它主要解决交互网络中、广播环境下以及磁盘应用中多媒体应用的操作问题。通过传输多路合成比特信息来建立客户端和服务器端的握手和传输。通过 DMIF,MPEG-4 可以建立起具有特殊品质服务(QoS)的信道和面向每个基本流的带宽。

2 系统结构设计

2.1 结构设计

本系统是基于虚拟现实技术,应用 Windows 网络编程接口与多线程编程技术实现的流媒体应用系统。主要由仿真手术视频采集录制系统、视频服务器与 Web 访问服务网站 3 个部分组成[3],基于 TCP/IP 协议实现视频图像数据的传输。视频采集在虚拟演播室录制完成,前端摄像机采集的图像画面压缩编码,采用基于 MPEG-4 标准的多媒体压缩技术,适应较大宽带范围的网络环境[4]。系统不仅可以提供流畅的语音讲解,而且可以提供清晰流畅的视频图像。视频服务器实现虚拟演播室录制的视频数据的传送与接收,连接到 SQLServer 数据库,实现对数据库的存储与操作。网络客户端可以配置普通计算机、笔记本电脑等,远程用户只需通过浏览器即可得到实时清晰的图像画面(图 2)。

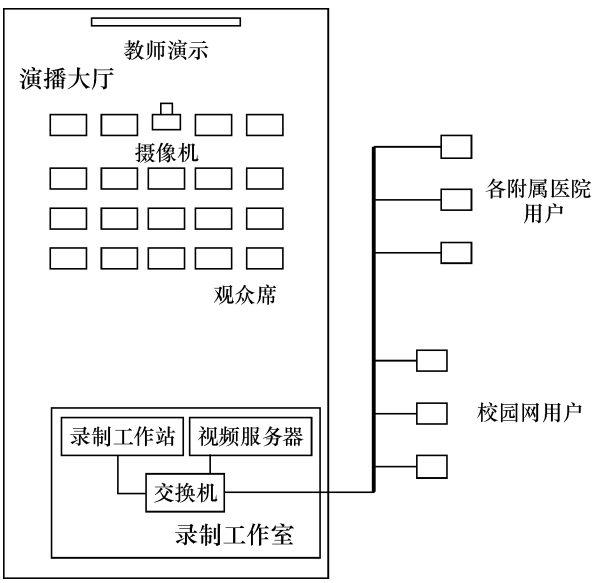

图 2 系统结构

Fig. 2 Sytem structure

2.2 系统主要功能

根据虚拟手术仿真系统的使用与教学的实际需要，系统主要实现以下功能。

(1) 虚拟手术仿真过程及讲解同步直播：教师讲解配合虚拟手术仿真过程在校园局域网内广播或组播，同时支持各类医学图像的传送。

(2) 虚拟手术仿真过程及讲解同步录制，虚拟手术仿真全过程数字化存储。

(3) 虚拟手术仿真教学视频点播，已录制的视频文件可以点播。

目前已建立的仿真手术视频数据库，供在我校师生、3 所直属附院和分布在全区各地的 6 所非直属附属医院的医务人员和实习期的学生通过互联网远程学习使用，共享教学资源。

3 系统开发环境与系统功能模块设计

3.1 系统开发环境

本系统是应用 Windows 网络编程接口与多线程编程技术实现的流媒体应用系统,主要由三大模块组成,提供了较完善的功能,在实现时涉及多种编程工具及技术。录制工作站的系统使用 VC++,利用 Windows 提供了各项接口函数,实现了系统的软件开发。视频服务器管理程序也使用 VC++,利用 Windows 提供了各项接口函数,实现与录制工作站系统的视频数据的传送与接收,通过调用 Windows Media Services SDK 提供的接口,实现对 Windows Media 服务器的管理,另一方面通过 ADO. NET 连接到 SQI Server 数据库,实现对数据库的存储与操作。客户端实时媒体数据的播放是由运行在客户端浏览器中的 Java Applet 程序实现。

3.2 系统主要功能模块及关键程序的设计

3.2.1 录制工作站视频发送模块设计 该模块负责将采集到的视频、音频编码为流媒体文件，并将流媒体文件传送至视频服务器。它运行在录制工作站主机，以组播的方式发送视频流，视频流在进行播放的同时可以传送数据，因此该模块采用多线程技术。

DirectShow 是微软公司推出的基于 Windows 平台的流媒体处理开发包，它对流媒体的捕捉、回放提供了强大的支持。使用它可以在基于 WDM 驱动的采集卡上进行数据捕捉[5]。

使用 DirectShow 实现视频录像功能的具体过

程如下[6]：

(1)定义一个回调函数,该回调函数实现数据压缩,并将压缩的数据写入文件流中。

LRESULT WINAPI EncodeCallback(HWND hWnd, LPVIDEOHDR lpVHdr)

(2)调用 capSetCallbackOnVideoStream 注册回调函数。

capSetCallbackOnVideoStream(m_hWndVideo, EncodeCallback);

(3)调用 ICOpen 函数打开一个压缩器,并调用 ICCompressBegin 函数开始压缩。

m_Com.hic = ICOpen(ICTYPE_VIDEO, mmioFOURCC('x','v','i','d'), ICMODE_COMPRESS);

(4)调用 ICOopen 函数打开一个视频文件,并调用 AVIFileCreateStream 函数创建文件流。

AVIFileCreateStream(m_pFile,&ps,&strhdr);

m_Captured = TRUE;

(5)调用 capCaptureSequenceNoFile 函数开始录像。

capCaptureSequenceNoFile(m_hWndVideo);

3.2.2　视频服务器接收视频模块设计　视频服务器接收视频模块实现视频数据的接收、保存与传送。为了系统将来的可扩展性，在程序的实现上采用了 Windows 的多线程技术，每一个线程负责完成一路视频流的接收与处理。

视频流的接收过程如下：

(1) 根据设置的发送端的 IP 地址，向发送端发送数据请求；

(2) 当得到发送端的确认信息后，启动接收播放数据线程，创建接收界面窗口；

(3) 建立 Winsock2 Multicast Socket，根据发送端传回来的组播地址及端口号加入此 IP 组播组；

(4) 建立 DirectShow Filter Graph，并启动运行；

(5) 在 DirectShow 请求数据时，从 Socket 中读数据送至 DirectShow 的缓冲区，实现视频流的解码与播放。

其中接收功能的具体实现过程如下[6]：

(1)在应用程序的 InitInstance 方法中初始化套接字；

(2)从 Csocket 类派生新类 CclientSocket 和 CserverSocket；

(3)在 OnInitDialog 方法中定义套接字,并创建一个保存视频文件的文件夹。

BOOL CServerDlg::OnInitDialog()

(4)绑定套接字,并开始监听客户端。

void CServerDlg::OnButlisten()

(5)添加 AcceptConnect 方法,用于接受客户端的连接,在接通连接以后开启定时器。

void CServerDlg::AcceptConnect()

(6)在定时器中向客户端发送请求信息,并显示接收后的图片。

void CServerDlg::OnTimer(UINT nIDEvent)

(7)添加 ReceiveData 方法,用于接收客户端发送的数据。

void CServerDlg::ReceiveData(CClientSocket *socket)

3.2.3　Web 访问客户端的程序实现　为了方便用户访问仿真手术视频直播内容，用户端与应用服务器采用 B/S 结构。B/S 结构的用户工作界面是通过 WWW 浏览器来实现，极少部分事务逻辑在前端（Browser）实现，但是主要事务逻辑在服务器端（Server）实现。这样就大大减小了客户端电脑载荷，减轻了系统维护与升级的成本和工作量。

本系统的 Web 访问服务程序使用 ASP 技术，通过 ADO 连接到 SQL Server 视频数据库[3]。在开发该模块时，使用了网页开发工具 Dreamweaver MX，在开发 ASP 动态网页时利用它可以减少代码的输入，提高开发效率。客户端实时媒体数据的播放是由运行在客户端浏览器中的 Java Applet 程序实现。其主要功能是建立与服务器 Socket 套接字的连接，以便于服务器获得客户端 IP 地址等信息，同时也用来传输一些控制信息，然后将从服务器发送来的媒体数据进行接收和播放。

运行在客户端浏览器中的关键类是实现视频数据接收和播放的 RTPPlayerApplet 类[7]。在这个 Applet 的 init（）中，主要从 HTML 程序中获得客户端所接收媒体数据的服务器地址和端口，并由 StartSessionManager 负责启动视频会话。

address = getParameter("videosession");

portstr = getParameter("videoport");

StartSessionManager(address,StrToInt(portstr));

在 StartSessionManager()中创建一个新的 RTP 会话管理器,并将它注册为一个新的 RTP 会话监听者。

SessionManager mymgr = new RTPSessionMgr();

mymgr.addReceiveStreamListener(this);

```
SessionAddress sessaddr = new SessionAddress (destaddr,port,destaddr,port+1);
mymgr.initSession(localaddr,mymgr.generateSSRC(),userdesclist,0.05,0.25);
mymgr.startSession(sessaddr,1,null);
……
```

4 系统应用

录制工作站通过摄像机采集仿真手术的视（音）频数据，采用 MPEG-4 标准的压缩技术，传输到视频服务器。再通过视频服务器传输到各个 Web 客户端。系统能实现多种直播形式（组播、广播），可适用于各种 IP 网络环境。视频服务器能够提供高质量的稳定流畅的视频效果，视频质量与 VCD 画质相当。系统的实际运行及浏览效果如图 3 所示。

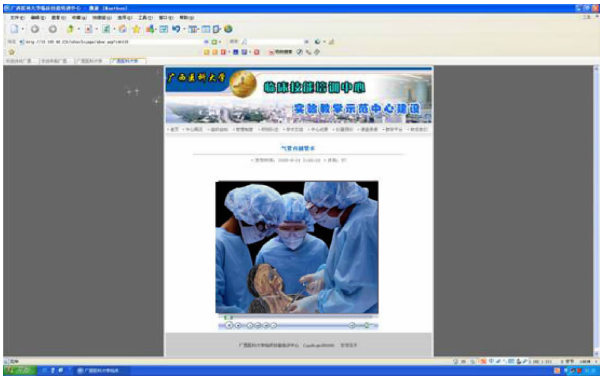

图 3 用户 Web 访问界面

Fig. 3 Web interface of user accessing

5 结束语

本系统为医学院校的临床教学工作带来了新的教学手段，通过对经验丰富的教师的仿真手术操作过程进行视频的录制、存储，并对仿真手术视频进行有效的档案管理，建立起一个各类仿真手术的视频资料库，学生可通过互联网络实现直播与点播学习，使临床学生有机会对各类手术的实施细节进行观察、摸索，从而能够更快、更便捷地熟练掌握临床操作技能，为自己的职业生涯打下坚实的技术基础。

参考文献：

[1] 罗立民，舒华中．仿真影像学技术［M］．北京：科学出版社，2004：17－38.

[2] 马兰，沈笑云．Visual C＋＋视频/音频编解码技术［M］．北京：人民邮电出版社，2008：156－159.

[3] 朱成，欧阳宁，王勇．基于网络的手术直播系统的设计与实现［J］．桂林工学院学报，2008，28（3）：405－410.

[4] 刘小康，戴梅萼，王昊，等．多站点远程实时视频传输与控制系统［J］．清华大学学报：自然科学版，2008，48（7）：1154－1156.

[5] 徐殿武．实时音视频数据采集和传输系统设计方法的比较研究［J］．计算机工程与设计，2008（4）：2017－2019.

[6] 宋坤，刘锐宁．Visual C＋＋视频技术方案宝典［M］．北京：人民邮电出版社，2008：161－164.

[7] 沈进棋，阮锋，诸静．基于 Web 的视频图像的实时传输［J］．计算机工程，2005，31（1）：187－188.

Design and Implementation of Surgical Simulation in Medical Teaching

TANG Zhong

(*Information Center*, *Guangxi Medical University*, *Nanning* 530021, *China*)

Abstract: In order to exploit the value of virtual medical simulation system and the practical demand of clinical teaching for operation, a set of network teaching system is designed based on simulation operations in the introduction of virtual surgery in three-dimensional reconstruction technology, video encoding and compression technology in the process of implementation. The system design, system function and design of critical processes are put forward. By VC＋＋ as developing tool, SQL Server as video database, ASP technology as system accessing serve program, the function such as virtual surgery video data recording, storage and network real-time playback is implemented.

Key words: surgery simulation; three-dimensional reconstruction; video transmission