

文章编号: 1002 - 0411(2003)03 - 0251 - 05

虚拟现实技术及其在现代医学中的应用

杨轶璐^{1,2} 胡 英¹ 刘纪红¹ 徐心和¹

(1. 东北大学人工智能与机器人研究所 沈阳 110004; 2. 辽宁石油化工大学信息学院 抚顺 113001)

摘 要: 虚拟现实是近年来发展起来的一项新的技术,它已经被广泛地应用于许多领域,特别是在医学领域.本文在简述虚拟现实技术的基础上,从虚拟人、辅助诊断和手术、虚拟手术模拟以及虚拟的远程医疗系统四个方面介绍了虚拟现实在医学上的应用.*

关键词: 虚拟现实;虚拟人;辅助诊断和手术;虚拟手术模拟;虚拟的远程医疗

中图分类号: TP33

文献标识码: B

VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY AND ITS APPLICATION IN MODERN MEDICINE

YANG Yi-lu^{1,2} HU Ying¹ LIU Ji-hong¹ XU Xin-he¹

(1. Institute of Artificial Intelligence and Robot Research, Northeastern University, Shenyang 110004;

2. School of Information & Engineering, Liaoning University of Petroleum & Chemical Technology, Fushun 113001)

Abstract: Virtual reality (VR) is a kind of new technology developed in recent years, which can be applied in many fields, especially in medicine. In this paper, the basic technology of VR is reviewed. The application of VR for medicine in virtual human, assisted diagnosis and surgery, virtual surgery simulation and virtual telemedicine is introduced.

Keywords: virtual reality, virtual human, assisted diagnosis and surgery, virtual surgery simulation, virtual telemedicine

1 引言 (Introduction)

虚拟现实 (Virtual Reality), 又称“灵境”, 是近年来出现的一种新的人机界面^[1~3]. 它在计算机中构造出一个形象逼真的模型, 从而生成一种具有三维世界效果的模拟环境 (如飞机驾驶舱、操作现场等). 同时, 还可以通过各种传感设备使用户“沉浸”于该环境中, 实现用户与该环境进行直接交互操作, 并产生与现实世界中相同的反馈信息, 使人们得到与在现实世界中同样的感受. 它实际上就是一种先进的人机接口, 为用户同时提供诸如视、听、触等各种直观而又自然的实时感知交互手段, 最大限度地方便用户的操作. 当人们需要构造当前不存在的环境和人类不可能到达的环境或构造虚拟环境以代替耗资巨大的现实环境时, 虚拟现实技术是必不可少的^[2]. VR 具有沉浸性 (immersion)、交互性 (interaction)、构想性 (imagination) 等特点^[3].

虚拟现实是一门涉及众多学科的新的实用技术. 它集先进的计算机技术、传感与测量技术、仿真

技术、微电子技术于一体. 在计算机技术中, 它又特别依赖于计算机图形学、人工智能、网络技术、人机接口技术及计算机仿真技术. 这些相关技术的发展带动了虚拟现实技术的进步, 也推动了其在教育、医疗、娱乐、科技、工业制造、建筑和商业等一系列领域中的广泛应用^[4]. 在医学方面, 虚拟现实为疾病的诊断、治疗康复以及医学教育与培训提供了一种新的方法.

本文将从四个大的方面来介绍虚拟现实技术在医学上的应用: 虚拟人、辅助诊断和手术、虚拟手术模拟以及虚拟的远程医疗系统.

2 医学应用 (Medicinal application)

2.1 虚拟人

人体解剖图谱一直是学习和识别人体特征结构的主要工具. 以往的人体解剖图大多是以 3D 形式描绘的插图或是一些实际解剖结构的图片, 而虚拟人体解剖图是数字化 3D 解剖图谱, 能让使用者在没有任何外界干扰的情况下自由地观察、移动和生

* 收稿日期: 2002 - 07 - 12
基金项目: 北京大学视觉与听觉信息处理实验室开放基金资助项目(03)

成解剖结构,更快地学习和了解解剖信息。

目前国际上最好的人体解剖图谱数据库是可视化人数据库 (visible human data, VHD),是由美国国家医学图书馆发起的可视化人计划 (visible human project, VHP)建立的三维人体的CT、MRI和解剖切面的数字化人体图像库^[5]。VHD包括可视化男人 (visible human male)和可视化女人 (visible human female)两个图像数据库。Visible Human数据库已经成为构造电子医学图书馆和虚拟解剖环境的理想基础。万维网 (WWW)为数字图书馆的推广提供了多快好省的传播媒介。自从发行以来,Visible Human数据在虚拟现实以及其它领域上得到了广泛的应用。

1995年1月,在医学虚拟现实第三次会议上首次提出了虚拟人的计划。虚拟人的开发者们计划建立一个人体肌肉骨骼结构系统的自动的虚拟环境。这个系统可以用于生物机械学和计算机辅助教学。关节的运动是用“关节引擎”来进行可视化的,这是一种简化的、带有开环的动力学参数限制的模型,可以交互式地进行操作。虚拟人还能够以电影的形式将人体的各种生理事件显示出来。“生物医学剧院”也是虚拟人的一部分,它能显示一些动态的器官,例如正在搏动的心脏^[6]。

美国的国家医学实验室已经推出了基于它的尸体数据库的标准的“可视人体”。“可视人体”在线安放,供各个医院和大学的班级远程教学使用^[7]。动态的“可视的人”模型是一个更复杂的版本,它能说明各个器官和系统在正常或疾病状态下怎样运动,它们怎样响应各种外加的力。学生们可以看到正常或疾病状态的心脏,并观察胃怎样运动。已经开发出了几个演示基本解剖结构的虚拟模型。

2.2 辅助诊断和手术

神经外科手术中的立体定位是最精确的外科程序之一。为了在开放的手术中充分发挥立体定位的精确性,研究人员们正在努力开发一种无框架的系统。Roberts等人开发的系统能够将CT、MRI和血管造影数据准确地叠加在手术区域之上,以此来提供手术导航指导^[8,9]。

英国的The Institute of Laryngology and Otology正在积极地开发一个VR系统,他们使用了实时体绘制技术,能够对病人的数据进行配准,并且对手术仪器进行追踪^[10]。

北卡大学的超声小组已经开发出了一个将超声数据同活体的视频图像结合在一起的系统。该系统成功地将一个胎儿叠加在孕妇的腹部上显示出来。

这项功能可以用来更准确地进行妊娠检查和羊水诊断^[11]。

纽约大学医学中心正在使用一种带有实时数据融合功能的解剖结构显示系统。使用该系统,外科医师可对大脑深处的肿瘤切除进行术前计划。在手术过程中对肿瘤实现实时可视化,并将计算机生成的图像叠加于手术区域之上^[12]。

医学媒体系统已经开发出了一个使用计算机辅助技术革新进行膝关节内窥镜手术的机器原型。在这个系统中,事先采集的膝盖的MRI数据经过重新格式化之后,生成一个三维的虚拟模型,然后叠加在实时获得的膝盖的内窥镜的图像之上^[13]。

与传统结肠镜相比,虚拟结肠镜可以精确地定位病变在结肠中的位置^[14],在相对于直径大于6mm^[15]或10mm^[16]的肿瘤和息肉的诊断中,其诊断结果与传统结肠镜相似,甚至更好。另外它给患者带来的痛苦较小,特别是对于那些因结肠末端占位性病变而不能进行传统结肠镜检查的患者,虚拟结肠镜也可以做出正确的诊断^[17]。

新加坡Kent Ridge生物医学实验室开发的虚拟颅内可视和导航系统 (VIVI AN)利用多种影像技术获得患者的数据(磁共振、磁共振血管造影、磁共振静脉造影、CT等),并通过这些数据库构造虚拟环境,对神经外科治疗轴内和轴外脑瘤和血管畸形的手术进行计划和模拟^[18]。

2.3 虚拟手术模拟

传统的手术训练一般是采用现场观察和操作以及动物实验等方法进行的,这些方法都存在着一些缺点,如不能重复进行,可能会给操作对象带来一定程度的伤害等。虚拟现实技术使这一工作变得简单易行。近年来开发的各种虚拟手术模拟器可以使训练者处于计算机产生的三维虚拟手术环境中,并使用虚拟的手术器械进行手术操作的训练。今天的手术模拟是融合了高分辨率、高对比度的尖端图像采集技术、新颖的计算机图形学的绘制算法、与图像数据相关联的物理建模技术和实时的、高性能的、多处理器的计算机图形学系统的产物^[19]。

虚拟内窥镜手术模拟器一方面可以使训练者在虚拟的环境中学习手术技巧,另一方面还可以对训练者的手术能力做出评价,这些评价是根据完成手术所用的时间、血管切割的长度、打结的位置和坚固程度、剪线的长短以及器械移动的平滑程度和效率,使用模糊逻辑的方法来做出的^[20]。这一评价可以用来判断实习生何时具有临床手术实践的能力。

目前已经开发出了多种虚拟内镜手术训练模拟器,如用于胆囊切除的腹腔镜手术模拟器、用于前列腺切除的膀胱镜手术模拟器、妇产科最小侵入性手术模拟器^[21]、内窥镜鼻旁窦手术模拟器^[22]以及关节镜训练模拟器^[23]等。

西北大学^[24]开发了一个小型的基于面绘制的虚拟内窥镜系统,实现了漫游过程的交互功能和动画回放,在虚拟内窥镜技术的实现上做了有益的尝试。

文[25]介绍了一个计算机辅助立体定向神经外科手术系统,该系统基于实时可视化绘制,机器人和虚拟现实技术,辅助医生完成立体定向神经外科手术。通过虚拟现实设备,系统可以创造一个虚拟手术环境和虚拟病人。在这个虚拟环境中,医生可以进行虚拟手术,对医生以后的诊断和手术起到培训和教学的作用。

有报道利用肝脏手术模拟器进行肝脏肿瘤手术的计划和肝肿瘤的虚拟切除^[26]。研究表明,眼科手术模拟器的使用不仅能对眼科新医生进行训练,而且对于有经验的医生也有帮助,它使得有经验的医生在把新的手术技术应用于临床之前能反复地进行模拟,以防止医疗差错的发生^[27]。虚拟现实在头颈部外科的应用也是很有价值的,可以虚拟头面部的先天畸形的矫正、肿瘤的切除和整形,以使术后的外形达到满意的效果^[28]。

日本 Jikei 大学医学院高维医学成像研究所使用虚拟现实技术开发出了一种手术规划系统^[29],它能在虚拟空间中模拟用手术刀切割皮肤和器官(对应于虚拟空间中的弹性目标),并且采用力反馈设备反馈操作者手部压力,提供一种力感受功能。

一个 VR 手术模拟系统应当具有一些基本特征:

(1) 现实性(reality):能精确而详细地描述病人器官的形状、位置以及形变;

(2) 实时性(real-time):能实时地处理数据和显示结果;

(3) 精确性(accuracy):描述器官内部结构必须非常精确;

(4) 操作性(manipulation):在虚拟空间中模拟用手或其它的医疗器械操纵器官如推、捡、捏、切、割等;

(5) 感觉性(perception):能接受和处理某些反馈信息。

2.4 远程医疗

远程医疗^[30]利用多媒体计算机通信网络、视频会议系统、现代医学等技术,把大的医疗中心、综合医院、专科医院同中小医院等联系起来,使病人的资料通过通信线路,传送给远方的医生、专家,远方的医生根据这些资料,返回诊断意见和治疗建议。这种虚拟的远程医疗环境可以让位于不同地点的多位专家相互合作,对手术过程进行计划和预演,甚至对病人进行实际的手术治疗^[31]。

远程医疗可以为病人、医生和医护人员之间的合作创造一个虚拟环境。澳大利亚 Volgina 医学研究所的一个研究小组研制了一套基于虚拟现实用户接口的多模式交互式 EEG/MEG 远程数据处理系统环境^[32],使用虚拟医学设备(VMD)产生并检测原始的和衍生的 EEG 信号。

在远程医疗应用上,VMD 主要包括三部分:病人端的数据接口(PIO)、网络服务器处理环节和医生端的显示环境。VMD 允许对同一数据进行不同的观察,他们研制的 MM Viewer 能显示脑电活动的标准脑电波形和其 3D 拓扑动画图像。

1989 年 NASA 启动了一个项目,其目标是开发一个在空间项目中使用的远程手术系统,从地球对正在轨道中飞行的空间站中的宇航员实施手术。远程手术和远程医疗要求性能高度可靠的网络和远程设施,以及多用户的虚拟环境。

Artma 公司的 Virtual Patient System 是一种可提供远程外科手术的遥视 VR 系统。外科医生在本地的一个虚拟患者模型上进行操作,他(她)的动作通过高速通信网络或卫星传递给机器人对远地患者进行手术。机器人上立体照相机所获得的图像信息反馈给医生,显示在医生的 HMD 显示屏上,并加载到虚拟人体上^[33]。

3 讨论与展望(Discussion and prospect)

目前,虚拟现实技术的医学应用虽然已经取得了长足的进步,许多产品已经达到了商品化的水平,但仍存在着一些不足之处,可以说尚处于初期阶段,技术上还存在许多问题有待解决,虚拟现实研究中存在的主要问题是:

1) 计算机虚拟环境的建模;2) 遥操作设备的设计;3) 人机界面的改进;4) 对有关人类行为的学习;5) 基于网络的通讯等;6) 须满足众多矛盾的要求。例如,高质量的图形绘制和实时刷新的矛盾、计算精度和速度的矛盾、大容量和高速的数据存储的矛盾、全彩色高分辨率显示和绘制速度的矛盾等。

虚拟现实技术目前及未来的主要研究方向包括 5 个领域.

感知研究领域:

(1) 视觉图像质量的改善;(2) 空间声学;(3) 非语音听觉;(4) 开发各种用于人类触觉系统基础科学研究或虚拟现实触觉设备的计算机控制的机械装置.

人机界面:

(1) 独立于应用的交互技术和方法的研究;(2) 建立软件技术交换机构以支持代码共享、重用和软件投资;(3) 鼓励开发通用的软件维护工具.

软件支撑环境:

(1) 开发满足虚拟现实建模要求的新一代造型工具;(2) 开发同时支持现有和新的模型的软件工具;(3) 支持在虚拟现实内建模的软件工具的开发;(4) 虚拟现实语言模型的研究;(5) 限时计算与绘图的软件工具的开发;(5) 多用户虚拟现实的支撑软件的研制.

硬件系统:

(1) 惯性跟踪系统;(2) 外部空间中工作体的跟踪技术;(3) 支持人类触觉的机械学的研究;(4) 开发交互力反应设备,以及相关区域的力分配设备;(5) 视觉显示设备在分辨率、亮度和显示速度等方面的改进;(6) 能够降低延时的显示技术;(7) 改进听觉模型技术;(8) 语音输入作为用户界面的研究.

人类因素:

(1) 确定有效使用三维输入输出的方法;(2) 用户界面中有效地集成声音和语音;(3) 虚拟现实的认知研究.

随着计算机、多媒体技术、传感技术、通讯技术的发展以及各国对虚拟现实技术的日益重视,相信这一技术在医学上的应用在未来会取得更大的发展,它的发展前景非常诱人.可以预料,虚拟现实技术在医学中更广泛、更深入的应用将会给传统医疗带来革命性的变化.有关人士认为,80 年代是个人计算机的年代;90 年代是多媒体计算机的年代;21 世纪初将是虚拟现实技术的时代.

参 考 文 献 (References)

- 1 Wexelblat A. VR Application and Explorations[M]. Academic Press Professional. Cambridge :1995. : 5 ~ 12
- 2 唐泽圣. 可视化及虚拟现实技术的新发展[J]. 计算机世界, 1999, **25**(c) :1 ~ 2
- 3 汪成为, 高文, 王行仁. 灵境(虚拟现实)技术的理论、实现及应用[M]. 北京:清华大学出版社, 1996
- 4 Merrill G. Scanning the issue[J]. Proceedings of the IEEE, 1998, **86**(3) :471 ~ 473
- 5 Gingsins, et al. The Visible Human Project conference proceedings, Bethesda[C]. Maryland, USA, 1996. :21 ~ 22
- 6 Smith W M. Scanning the technology[J]. Proceedings of the IEEE, 1998, **86**(3) :474 ~ 478
- 7 Ackerman M J. The visible human project[J]. Proceedings of the IEEE, 1998, **86**(3) :504 ~ 511
- 8 Haigron P, Berre G L, Coatrieux J L. 3D navigation in medicine[J]. IEEE Engineering in Medicine and Biology, 1996, **15**(2) :70 ~ 78
- 9 Shahidi R, Tombropoulos T, Grzeszczuk R P. Clinical applications of three dimensional rendering of medical data sets[J]. Proceedings of the IEEE, 1998, **86**(3) :555 ~ 568
- 10 Soferman Z, Blythe D, John N W. Advanced graphics behind medical virtual reality: evolution of algorithms, hardware, and software interfaces [J]. Proceedings of the IEEE, 1998, **86**(3) :531 ~ 553
- 11 Akay M. The ART revolution[J]. IEEE Engineering in Medicine and Biology, 1996, **15**(2) :31 ~ 33
- 12 Greenleaf W J. Developing the tools for practical VR applications[J]. IEEE Engineering in Medicine and Biology, 1996, **15**(2) :23 ~ 30
- 13 Rosen J M, Soltanian H, Redett R, et al. Evolution of virtual reality[J]. IEEE Engineering in Medicine and Biology, 1996, **15**(2) :16 ~ 22
- 14 Royster A P, Fenlon H M, Clarke P D, et al. CT colonoscopy of colorectal neoplasms: two dimensional and three-dimensional virtual-reality techniques with colonoscopic correlation[J]. AJR Am J Roentgenol, 1997, **169**(5) :1237 ~ 1242
- 15 Kay C L, Kulling D, Hawes R H, et al. Virtual endoscopy-comparison with colonoscopy in the detection of space-occupying lesions of the colon [J]. Endoscopy, 2000, **32**(3) :226 ~ 232
- 16 Fenlon H M, Nunes D P, Schroy P C, et al. A comparison of virtual and conventional colonoscopy for the detection of colorectal polyps[J]. N Engl J Med, 1999, **341**(20) :1496 ~ 1503
- 17 Fenlon H M, Meaney D B, Nunes D P, et al. Occlusive colon carcinoma: virtual colonoscopy in the preoperative evaluation of the proximal colon[J]. Radiology, 1999, **210**(2) :423 ~ 428
- 18 Kockro R A, Serra L, Tseng-Tsai Y, et al. Planning and simulation of neurosurgery in a virtual reality environment[J]. Neurosurgery, 2000, **46**(1) :118 ~ 135
- 19 Dawson S L, Kaufman J A. The imperative for medical simulation[J]. Proceedings of the IEEE, 1998, **86**(3) :479 ~ 483
- 20 Ota D, Loftin B, Saito T, et al. Virtual reality in surgical education[J]. Comput Biol Med, 1995, **25**(2) :127 ~ 137
- 21 Radetzky A, Bartsch W, Grospietsch G, et al. SUSILAP-G: Ein operationssimulator zum training minimal-invasiver eingriffe in der gynakologie [J]. Zentralbl- Gynakol, 1999, **121**(2) :110 ~ 116
- 22 Rudman D T, Stredney D, Sessana D, et al. Functional endoscopic sinus surgery training simulator[J]. Laryngoscope, 1998, **108**(11 Pt1) :1643 ~ 1647
- 23 Muller W K, Ziegler R, Bauer A, et al. Virtual reality in surgical arthroscopic training[J]. Image Guid Surg, 1995, **1**(5) :288 ~ 294

- 24 范江波,周明全,耿国华.虚拟内窥镜技术的研究与实现[J].微机发展,2000,(6):60~63
- 25 王子罡,唐泽圣,王田苗等.基于虚拟现实的计算机辅助立体定向神经外科手术系统[J].计算机学报,2000,23(9):931~937
- 26 Marescaux J, Clement J M, Nord M, *et al*. Unnouveau concept en chirurgie digestive: la procedure chirurgicale assistee par ordinateur, de la realite virtuelle a la telemanipulation[J]. Bull Acad Natl Med, 1997, 181(8):1609~1621
- 27 Sinclair M J, Peifer J W, Haleblan R, *et al*. Computer simulated eye surgery. A novel teaching method for residents and practitioners[J]. Ophthalmology, 1995, 102(3):517~521
- 28 Rosen J M. Advanced surgical technologies for plastic and reconstructive surgery[J]. Otolaryngol Clin North Am, 1998, 31(2):357~368
- 29 Haigron P, Berre G L, Coatrieux J L. 3D navigation in medicine[J]. IEEE Engineering in Medicine and Biology, 1996, 15(2):70~78
- 30 Franken E A. Telemedicine and teleradiology: a tale of two cultures [J]. Telemedicine Journal, 1995, 1(1):7
- 31 Hill J W, Jensen J F. Telepresence technology in medicine: principles and applications[J]. Proceedings of the IEEE, 1998, 86(3):569~580
- 32 Jovano E, *et al*. Multi modal viewer for telemedical applications[A]. Proc 20th Ann Intern Confer IEEE Eng Med Biol Soc[C]. USA:1998, 3:1254~1261
- 33 Faulkner G, Krauss M. Guidelines for establishing a virtual reality lab [J]. IEEE Engineering in Medicine and Biology, 1996, 15(2):86~93

作者简介

杨铁璐(1972-),女,博士生.研究领域为虚拟现实,科学计算可视化,智能控制.

胡英(1977-),男,博士生.研究领域为机器人视觉,科学计算可视化.

刘纪红(1969-),女,副教授.研究领域为图形图像处理.

(上接第 208 页)

大会特别欢迎应用方面的论文投稿.

请投稿者提交用中文或英文书写的论文全文一式 3 份,并在首页中注明论文题目、作者姓名和单位、联系人的详细通讯地址(包括电话(办、宅)、传真和 E-mail)、摘要 3-5 个关键词,并注明所属的征文领域及编号(如有关智能建筑系统的论文请注明:P2-4-5).

大会特别欢迎专题分会的建议,建议包括分会主题、分会组织者介绍、至少 5 个报告者的名单及其论文题目,并按前面要求提交相关论文的全文.

二、重要日期:

论文投稿截止日期:2003 年 10 月 31 日

论文录用通知日期:2003 年 12 月 31 日

三、投稿地址:

浙江 杭州 浙江大学 工业控制技术国家重点实验室
WCICA'04 秘书处

邮编:310027

电话:(86)-571-87951887,87951069;13957131619

E-mail:wcica2004@iipc.zju.edu.cn;caazj@iipc.zju.edu.cn

有关大会的进一步消息请关注大会网站上发布的消息:

<http://www.nliet.zju.edu.cn/wcica2004>

<http://www.wcica.org>