

文章编号 :1671 - 251X(2009)02 - 0005 - 05

# 基于自由立体视频的露天开采 虚拟现实的研究与实现 \*

彭 竹<sup>1</sup>, 才庆祥<sup>1</sup>, 张 磊<sup>1</sup>, 杨 舒<sup>2,3</sup>

(1. 中国矿业大学矿业工程学院, 江苏 徐州 221008; 2. 中国科学院计算技术研究所, 北京 100080;  
3. 宁波大学信息科学与工程学院, 浙江 宁波 315211)

**摘要:**文章结合最新的交互式自由立体视频技术与露天开采虚拟现实技术,设计并实现了一种基于自由立体视频的露天矿开采虚拟现实技术的交互与演示系统。文章利用3DS Max和VRMap软件建立了某露天矿区的虚拟视觉模型,并将这些虚拟视觉模型按照适合立体显示的条件进行场景渲染和视频图象生成,最后结合虚拟场景的三维显示特性设计了交互式自由立体视频软件,通过该软件展示了虚拟现实场景。该系统克服了传统虚拟现实演示的局限性,用较低的成本支持更多的用户进行参与和交互,同时也具有较强的环境拓展性。

**关键词:**露天矿; 虚拟现实; 自由立体视频; 人机交互

**中图分类号:**TD672; TP311      **文献标识码:**A

## Research of Virtual Reality of Surface Mining Based on Free-viewpoint Stereoscopic Video and Its Implementation

PENG Zhu<sup>1</sup>, CAI Qing-xiang<sup>1</sup>, ZHANG Lei<sup>1</sup>, YANG You<sup>2,3</sup>

(1. School of Mines of CUMT., Xuzhou 221008, China.

2. Institute of Computing Technology of Chinese Academy of Science, Beijing 100080, China.

3. College of Information Science and Engineering of Ningbo University, Ningbo 315211, China)

**Abstract:** The paper designed and realized a kind of interaction and demonstrating system based on free-viewpoint stereoscopic video of surface mining virtual reality technology combining with the newest interactive free-viewpoint stereoscopic video technology and surface mining virtual reality technology. It established virtual visual model of a surface mine using 3DS Max and VRMap software, further more, scene romance and video image creation of such models were carried out in accordance with conditions fit to proper tidimensional display. At last, it designed interactive free-viewpoint stereoscopic video software combining with three-dimensional demonstrating characteristics of virtual scene, by which virtual reality scene was shown. The system overcame localization of traditional virtual reality demonstrations and entitled more users to participant in and interact with lower cost. The system owned stronger environmental

收稿日期:2008 - 09 - 09

\* 基金项目:国家自然科学基金资助(60472100, 60672073),  
教育部科技重大项目资助(206059)

**作者简介:**彭 竹(1980 - ),女,山东青岛人,中国矿业大学矿业  
工程学院2006级硕士研究生,研究方向为资源开发与规划、露天  
开采的虚拟现实技术。E-mail:Saym\_pengzhu@163.com

[J]. 计算机学报,1998,21(1):80~85.

[7] 周红晓,蔡 俊,张德官. 一种优化多层前馈神经网络

中隐节点数的算法[J]. 浙江师范大学学报:自然科学  
版,2002,25(3):268~271.

expansion at the same time.

**Key words:** surface mine, virtual reality, free-viewpoint stereoscopic video, human-computer interaction

0 引言

虚拟现实简称 VR (Virtual Reality) ,是计算机与用户之间的一种更为理想化的人 - 机界面形式, 它所具有的临境性、交互性、想象性这 3 个重要特征使其在国防、厂矿设计与规划、建筑设计、工业设计、培训、医学领域都具有很大的应用潜力<sup>[1]</sup>。

矿产资源的露天开采因其具有生产能力大、劳动效率和回采率高、安全条件好等地下开采所无法比拟的优点而被人们所认同。但是对露天矿区的设计、生产组织、环节配合、设备操作以及安全管理等问题,还需要使用现代化的计算机技术手段去进行辅助解决,以达到客观管理、高效便捷和适应新形势的目的<sup>[2~4]</sup>。随着多媒体技术的发展,用户对自身在虚拟现实系统中的参与性、交互性和视觉立体感受的要求越来越高。因此,如何更好、更便捷地将设计规划好的虚拟露天矿区蓝图向用户展示,对设计人员而言是一个棘手的问题。

交互式自由立体视频技术是多媒体研究领域当中的新兴研究热点<sup>[5]</sup>。该技术可以用很低的计算机资源消耗和系统代价向广泛的用户群提供灵活的人机交互模式、自由的视角选择和全新的三维视觉感受。将交互式自由立体视频用于虚拟现实场景的三维立体显示,将解决由于设备、软件等因素带来的制约,可向设计决策人员进行大范围的场景展示。本文尝试将最新的自由立体视频与虚拟现实技术相结合,设计并实现一种基于自由立体视频的露天矿开采虚拟现实技术的交互与演示系统。首先采用3DS Max 和 VRMap 软件建立了某露天矿区的整体模型,得到了该矿区在各个角度的虚拟视觉模型;接着将这些虚拟视觉模型按照适合立体显示的条件进行场景渲染和视频图象生成;最后结合虚拟场景的三维显示特性设计并实现了交互式自由立体视频软件,将虚拟现实场景通过该软件进行展示。

## 1 虚拟露天矿区的实现

露天矿区的虚拟场景建设是一个相当复杂的系统工程,通过系统分析的方法可以将一个极其复杂、变幻莫测的现场实际系统抽象、提炼成一个简明扼要、反映系统实质的模型。虚拟场景首先需要解决

视景建模问题,利用虚拟环境建模工具或专用的虚拟现实建模语言平台来完成建模。如利用 AutoCAD、3DS Max 等建模工具建立三维模型,然后通过 OpenGL 编程或利用软件 VRMap 将模型导入视景。本文利用虚拟场景软件 VRMap 和 3DS Max,针对某露天矿区(矿区实景如图 1 所示)建立了矿区模型,在建模过程中所采用的层次划分原则与技术路线如图 2 所示。



图 1 某露天矿区实景图

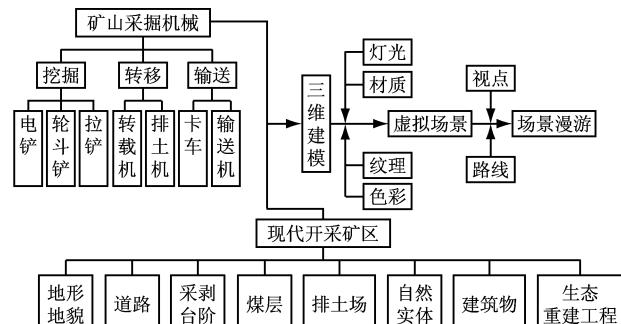


图2 场景建模的层次划分原则与技术路线图

对象建模是虚拟现实的核心与基础,通过建立模型,在计算机上实现人-机-矿山机器相互关系这一采矿复杂大系统的抽象与描述。经过分析并针对其自身特点将建模对象分为2种类型:一是形状规则、参数固定、可批量制作和重复使用的,如各类采矿设备;二是形状不规则、变化较大的,如矿山环境。针对这2种类型的建模对象的各自特点,应选用不同的建模软件。

### (1) 采矿设备

露天采矿设备种类与数量众多,结构复杂,主要有电铲、轮斗铲、拉铲、转载机、带式输送机、卡车和排土机等,设备建模是系统建模的重点。首先进行现场调研,获取不同种类、不同型号设备的技术规格

和参数,如拉铲斗容、臂长等等;其次,了解各设备零部件的连接、相互运动约束关系与自由度。选用3DS Max软件作为建模软件,以特征建模为主要特点,实现零部件建模、产品装备等复杂功能。同时该软件与VRMap可进行直接的格式转换,利于其做场景的最终渲染。

### (2) 矿山环境

露天矿区相对与地下矿井有其自身的特点,台阶、工作面和运输坑道相对规整,诸如台阶高度、标高和宽度等较为统一。在此利用3DS Max进行虚拟环境建模。首先,在开采现状图上获得对象特征点的三维坐标,建立对象物体的几何模型和空间位置;其次,为了增强虚拟环境的真实感,应用实际颜色、材质和纹理贴图对地表、黄土、岩石和煤层等进行渲染,从而建立逼真的矿坑模型。

### (3) 环境整合

在相关设备和矿山环境等各部分建模完成之后,在VRMap软件当中进行整体整合,将矿坑、设备等模型按照其各自的空间位置定位,合成场景,生成露天矿区的虚拟现实环境,如图3所示。



图3 某露天矿区的虚拟现实环境渲染效果图

### (4) 漫游路线设计与相机参数设定

漫游方式主要分为3种:自动漫游方式,即按设计者事先设计好的最佳路线和角度,对虚拟现实场景进行被动式观看;查询式漫游方式,即由用户自行设定一条漫游路径,然后沿该路径进行漫游;交互式漫游方式,用户除了可以按自己的意愿选择路径之外,还可以对三维场景中的物体进行操作。在实际的虚拟场景演示过程中,如果采用前2种漫游方式,用户只需要接受场景视觉内容而无需与场景中的实体发生交互。因此,在演示过程中,对于这2种漫游方式可以单独把场景的视觉内容提取出来进行演示,无需通过虚拟现实软件进行漫游。对于第3种交互式的漫游方式,则可以把视觉内容与实体交互分开处理。视觉内容的演示采用立体的显示方式,而用户与场景实体之间的交互则通过虚拟现实软件的底层API(application program interface)函数接口进行调用。为了适合立体显示的需

要,无论采用上面哪种方式进行漫游,都必须对相机参数的设定有特殊的要求。传统的实景漫游在漫游路线上只放置1台摄像机,渲染结果是二维的视觉图象,无法达到立体显示要求。在本文设计的系统的实现过程中,在所有的漫游路线上均放置了间距为6.5 cm、方向和焦距等参数设置均相同的摄像机对。漫游渲染过程中产生同一漫游路径的2个渲染场景。人的瞳孔距离一般是6.5 cm,用这个间距的摄像机对拍摄下来的场景才可以进行立体显示。

## 2 基于自由立体视频的露天开采虚拟现实

### 2.1 可行性分析

自由立体视频技术作为交互式多媒体技术当中的最新研究领域,引起了MPEG(moving picture expert group)和JVT(joint video team)国际视频组织以及广大科研工作者的关注。与虚拟现实技术相比,自由立体视频的临境性、交互性、想象性是它们之间的共同特征,但是自由立体视频同时还具有虚拟现实技术所无法比拟的一些优点:

(1) 显示技术:虚拟现实技术对虚拟场景的三维立体显示需要借助头盔式显示器,其价格昂贵、技术复杂,不利于一般用户的观看以及演示。自由立体视频只需通过价格非常低廉的偏光眼镜即可观看立体效果。

(2) 显示效果:虚拟现实技术通过渲染场景物体的大小以及相机对焦的拍摄虚实来表现物体与观看者之间的距离与位置,观看者对物体没有实物感。而自由立体视频技术结合显示技术和人类生理特征,能使场景从显示屏中突出来,拉近观看者与场景的距离,使人们能获得如观看立体电影所带来的强烈震撼的立体感受。

(3) 用户的参与性:虚拟现实技术通过头盔式设备和手柄进行人机交互,设备昂贵,而且能够参与其中的人数相当有限,极大地限制了用户的使用范围与积极性。而自由立体视频技术设备价格低廉,可参与的人数众多,处于不同角度的人群可以看到其对应不同角度的立体场景。与此同时,自由立体视频技术在人机交互方面除了可通过手柄交互之外,观看者还可以通过简单的位置侦测设备(如摄像头)自主改变自己的观看角度,以达到观看场景的角度变化的目的,其交互性能和范围远远高于传统的虚拟现实显示技术。

(4) 可拓展性:虚拟现实立体场景的观看需要使用特定的设备以及软件,对用户自身的能力素质

和设备处理能力要求非常高。而自由立体视频除了可以进行大范围演示之外,还可以通过流媒体技术在网络上进行组播与点播,甚至借用平常的视频播放软件就能使所有接收自由立体视频的观看者自由地沉浸在立体的视觉感受中。

因此,将自由立体视频技术与虚拟现实技术相结合,是未来虚拟现实发展的一个趋势。同时,将自由立体视频技术和虚拟现实技术共同用于露天矿区的设计、开采与管理等各个环节,将使得露天开采在先期设计、中期开采和后期重建等方面具有很强的可操控性。

## 2.2 自由立体视频的关键技术

通过 VRMap 渲染得到的三维虚拟场景的平面图象,本质上是二维图象,而且在观看的过程中用户是被动观看、没有可参与性。虽然虚拟场景的搭建具有三维的参数,但是通过摄像机拍摄下来的图片不能使观看者的肉眼产生立体的感觉。正如前文所讨论的,可以使用头盔式显示技术来使人产生立体感,但是这种设备的造价昂贵,且不利于同时被多用户使用,同时头盔式显示设备往往较重,配戴起来不够方便舒适。正是由于传统虚拟现实显示技术在这些方面存在不足,就使得需要探索新的显示方式和技术,通过广播电视的立体视频的显示技术来使二维的平面图象在视觉上具有三维的感觉。立体视频的显示技术利用光学作用使平面视频图象中不同的图象部分分别进入人的 2 只眼睛,再根据人眼的生理融合作用,使得对平面图象有立体感。

图 4 为采用偏光技术的立体投影系统框架图。

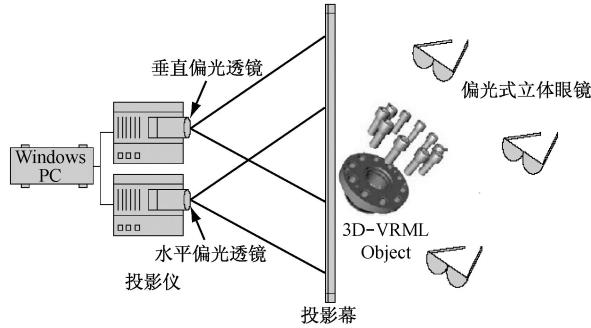


图 4 采用偏光技术的立体投影系统框架图

计算机系统将通过间距为 6.5 cm 的双摄像机拍摄到的左、右视点视频图象分别输送到不同的投影设备上,投影光束通过架设在各自投影仪前面的垂直与水平偏光镜片,使得显示在金属投影幕上的 2 幅图象其光波震动方向分别为垂直和平行方向。金属投影幕反射回来的光线通过人眼前面的 2 个偏光镜片,使得左眼和右眼分别只能接收对应光波震

动方向图片信号。因此,左、右眼所得到的图象是不同的,分别对应着左、右摄像机所拍摄的图象内容。左、右眼睛在得到这些不同的视觉信号之后,通过生理融合作用,最终在大脑产生了对平面图象的立体感觉。

自由立体视频系统如图 5 所示。该系统通过多摄像机对场景进行拍摄,取得多角度的视频数据,用户通过鼠标、手柄、位置侦测设备以及偏光镜片就可以对场景进行交互式的立体观看,还可以在二维显示与三维显示之间进行灵活的切换。

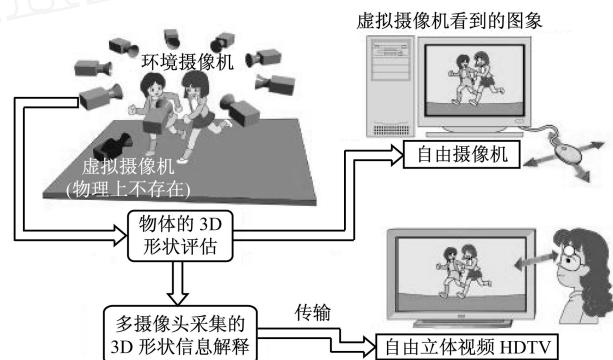


图 5 自由立体视频系统整体框架图

## 2.3 交互式自由立体视频软件系统

本文根据露天矿区设计的具体情况,结合虚拟现实三维立体显示对交互式、沉浸感的要求,将交互式自由立体视频软件系统的设计分为视频播放控制、视频视角控制和视频视觉控制 3 个主要模块,如图 6 所示,在 Visual C++ 6.0 开发平台上设计并开发了自由立体视频软件系统。

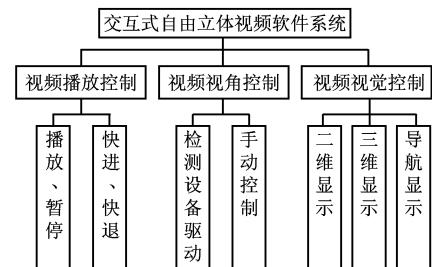


图 6 交互式自由立体视频软件系统框图

图 7 为该系统的具体运行界面。软件系统的显示窗口由顶端的微缩导航窗口、中间的当前视点主显示窗口、用户位置监控窗口和操作面板构成。

(1) 操作面板:由 3 个部分构成:第一部分用于提供普通的视频播放软件操作功能,如快进、快退、暂停、启动等;第二部分提供手动的视点切换功能,允许用户利用按钮或者滑动条来进行视点切换,让用户自主选择其喜爱或者感兴趣的观看视角,用户可以通过显示界面上方的导航界面,知道自己目前



图 7 交互式自由立体视频软件系统的运行界面

所处于的具体视角位置,进而通过手动操作的方式进行视点切换;第三部分用于文件和视觉效果操作,有进行二维显示和三维显示之间切换的功能选项。

(2) 用户位置监控窗口:该窗口采集监控摄像头返回的用户位置信息。结合人脸识别技术,利用摄像头检测观看者在监控范围内的具体位置。当观看者左右移动时,表示观看视角发生变化,通过现实空间坐标与虚拟空间坐标的转换关系,将观看者的位置转换为虚拟场景中的视角坐标,进而通过虚拟空间坐标关系把适合该坐标的场景反馈给观看者;当观看者前后移动时,用户位置监控窗口中的人脸面积会发生变化,通过计算该面积,可得到观看者在前后坐标轴上移动的距离,接着通过现实空间坐标和虚拟空间坐标的转换关系,换算出观看者的移动距离,并向观看者发送适合该距离观看的虚拟场景。因此,当观看者左右移动、前后移动时,监控窗口都能准确地捕获并做出判断,进而将这些信息反馈到软件系统进行视点及场景的合理调整。

(3) 主显示窗:该窗口显示用户所选择的当前视点内容和图象。当用户选择二维显示时,该窗口只显示摄像机对当中左边摄像机所拍摄的内容;而当用户选择三维显示时,主显示窗将同时显示摄像机对的2个摄像机拍摄的内容。

(4) 微缩导航窗口:显示界面上方为微缩导航窗口。通过微缩导航窗口,用户可以方便地知道当前视点左右两边还有多少视点可以进行切换,以及

这些视点所能看到的内容是什么。通常情况下,因为对未知场景的好奇,观看者的观看行为和心理会让其反复不停地切换视点,从而增加计算机系统的开销。当用户知道其目前所观看的视点附近所能看到的内容之后,就会减少无谓的视点切换次数。这样既方便了用户,同时也降低了系统资源的消耗。对主显示窗口所显示的当前视点,在导航窗口中予以亮化显示;对非当前视点图象予以暗化显示。这样,用户就可以方便地知道自己当前所观看的视点以及周边视点情况。

### 3 结语

交互式自由立体视频技术是多媒体研究领域当中的新兴研究热点。结合采矿学、计算机技术等,借助3DS和VRMap等计算机软件,本文尝试将最新的自由立体视频与虚拟现实技术相结合,设计并实现了一种基于自由立体视频的露天矿开采虚拟现实技术的交互与演示系统,该系统具有理论上的可行性和现实的可操作性,具有交互性好、用户参与性高等特点。交互式自由立体视频技术的研究开发使人们更加深刻地了解实际矿业工作的环境,进行风险预测,对提高煤矿安全生产、系统优化设计等具有非常实用的价值。所以,基于自由立体视频的虚拟现实技术必将广泛应用于生态重建、矿井安全、工作面生产工艺以及矿山环境的风险评价等生产领域。

### 参考文献:

- [1] 汪成为. 灵境(虚拟现实)技术的理论、实践与应用 [M]. 北京:清华大学出版社, 1996.
- [2] 张幼蒂. 现代露天开采技术国际发展与我国露天采煤前景[J]. 露天采矿技术, 2005(3): 1~3.
- [3] 张瑞新, 李新旺, 姚新港, 等. 露天开采工艺及其风险状况的模拟[J]. 中国矿业, 2006, 15(10): 57~59.
- [4] 胡福祥, 蔡鸿起. 虚拟现实技术在露天矿山设计中应用的展望[J]. 金属矿山, 2004(2): 50~51, 67.
- [5] 申闫春, 才庆祥, 张幼蒂, 等. 虚拟现实技术在露天矿生态重建仿真中的应用[J]. 中国矿业大学学报, 2002(1): 1~5.

## KGS7型速度检测传感器

KGS7型速度检测传感器由天地(常州)自动化股份有限公司研制推出,为矿用本质安全型电气设备,适用于煤矿井下有瓦斯、煤尘爆炸危险的环境,可与胶带输送机电气控制装置配套使用,作为输送机胶带速度(加速度)检测、低速打滑、断带和超速保护装置。该传感器具有以下主要特点:测度范围广、低速性能好、性能稳定、抗干扰能力强;密封性能好,能在瓦斯、煤尘、烟雾、水汽等恶劣环境中使用;在返回胶带的前后托辊间,该传感器安装在支架横梁上,依靠自身的重量使滚轮与胶带接触以传递速度,安装简便,使用范围广,运行可靠,测度精确。

(本刊编辑部)