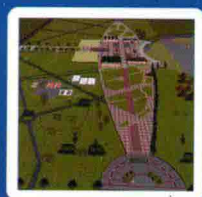
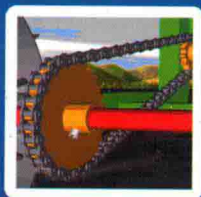


XUHI XIANSHI JISHU
YINGYONG YANJIU



虚拟现实技术 应用研究

菊 司春景◎著



中国农业出

虚拟现实技术应用研究

谢秋菊 司春景 著

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

虚拟现实技术应用研究/谢秋菊, 司春景著. —北京: 中国农业出版社, 2012. 6
ISBN 978-7-109-16841-1

I. ①虚… II. ①谢…②司… III. ①数学技术—应用—农业—研究 IV. ①S126

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 106741 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

责任编辑 刘明昌

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2012 年 6 月第 1 版 2012 年 6 月北京第 1 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/32 印张: 6.75

字数: 203 千字

定价: 28.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

前 言

虚拟现实技术 (Virtual Reality Technology, 简称 VR) 是在综合计算机图形技术、计算机仿真技术、传感技术、显示技术等多种学科技术的基础上发展起来的, 是 20 世纪 80 年代计算机领域的最新技术之一。虚拟现实是一种由计算机全部或部分生成的多维感觉环境, 给参与者产生各种感官信息, 如视觉、听觉、触觉等, 使参与者有身临其境的感觉, 能体验、接受和认识客观世界中的客观事物。虚拟现实系统与传统计算机相比, 具有三个重要特征: 临境性、交互性、想象性。由于它生成的视觉环境是立体的、音效是立体的, 人机交互是和谐友好的, 因此, 虚拟现实技术一改人与计算机之间枯燥、生硬和被动的现状, 计算机创造的环境将人们陶醉在流连忘返的工作环境之中。

近年来, 虚拟现实技术已逐渐从实验室的研究项目走向实际应用, 流行于世界范围内的各个领域, 如虚拟现实建筑物的展示与漫游、虚拟生 (作) 物模拟、路桥工程演示施工培训、虚拟现实手术培训、虚拟现实游戏、虚拟现实影视艺术、建筑设计、工业设计、学校教

学、医学领域等。在国内，虚拟现实技术有关的项目已经列入计划，虚拟现实技术的研究和应用正在全面展开。

为了推进虚拟现实技术应用研究的发展，结合著者近年来在虚拟现实技术应用研究中主持及参加的相关科研项目著写了此书。书中介绍了虚拟现实的基础知识、虚拟农业技术、虚拟现实技术在建筑场景构建、虚拟实验仿真平台构建、虚拟植物实现技术方面的应用研究。这些内容是著者多年来从事科学研究工作，在理论知识及技术应用方面的成果积累，撰写过程中对于关键技术的实现部分，给出了主要程序代码。

本书得到了国家自然科学基金“新疆南部地区长绒棉可视化的研究(61062007)”、黑龙江省教改工程项目“农田作业机械虚拟仿真实验平台建设”(黑教高函[2008]8号)、黑龙江省科技攻关项目(GC04B712)、大庆市科学技术项目“大庆市旅游区虚拟仿真系统构建与应用”(SGG2008-017)及黑龙江八一农垦大学校级科研项目“虚拟流体力学综合实验室的设计与实现”的资助与支撑。

本书由黑龙江八一农垦大学信息技术学院的教师谢秋菊、塔里木大学信息工程学院的教师司春景著。其中：第3章、第4章和第5章中的5.1、5.2节由谢秋菊

撰写；第1章、第2章和第5章中的5.3节及附录由司春景撰写。

在本书撰写过程中得到了刘桂阳教授、朱景福教授、孙红敏教授、郑平副教授等的大力支持，在此表示感谢。

限于著者的学识水平，书中难免存在不足或不当之处，敬请广大读者批评指正，以共同推进虚拟现实技术应用研究的发展。

联系电子邮箱地址：xqj197610@163.com

著 者

2012年3月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 虚拟现实技术概述	1
1.1.1 虚拟现实技术的概念	1
1.1.2 虚拟现实系统的软、硬件支持	2
1.1.3 虚拟现实系统的感官机理和主要感知设备	3
1.1.4 虚拟现实的作用与应用	5
1.2 虚拟现实主要软件工具及语言简介	9
1.2.1 虚拟现实描述模型语言 VRML	9
1.2.2 OpenGL	12
1.2.3 EON Studio	14
1.2.4 Unity3D	15
1.2.5 仿真建模语言 MATLAB	17
1.2.6 L-系统	19
第 2 章 虚拟现实技术应用基础	21
2.1 虚拟建筑模型及效果实现技术基础	21
2.1.1 建模	21
2.1.2 材质/纹理	26
2.1.3 灯光效果	28
2.1.4 三维场景生成步骤	30
2.1.5 三维场景交互制作	31
2.2 虚拟农业技术基础	32
2.2.1 虚拟农业概述	32
2.2.2 虚拟农业技术	34

第3章 虚拟建筑场景构建技术	53
3.1 系统实施规划	53
3.1.1 系统需求分析	53
3.1.2 相关技术调研与分析	54
3.1.3 风景区虚拟仿真系统的特征分析	55
3.1.4 系统的体系结构	55
3.1.5 系统研发工具	56
3.2 系统设计实现	60
3.2.1 三维场景建模	60
3.2.2 虚拟场景仿真	68
3.2.3 Google Earth 导航的实现	85
3.2.4 网站设计	93
3.3 虚拟建筑场景构建技术总结	99
第4章 虚拟仿真实验平台实现技术	103
4.1 虚拟农机仿真实验平台实现技术	104
4.1.1 虚拟农机仿真实验平台需求分析	104
4.1.2 虚拟农机仿真实验平台总体设计	105
4.1.3 农机的三维建模	106
4.1.4 虚拟环境运行仿真	113
4.1.5 网络虚拟平台实现	117
4.2 虚拟流体力学实验平台实现技术	121
4.2.1 三维模型及材质实现技术	121
4.2.2 交互式实验过程的实现	123
4.2.3 实验仿真平台的实现	128
第5章 虚拟植物技术	138
5.1 虚拟植物概念与研究意义	138
5.2 虚拟植物(大豆)实现技术	140
5.2.1 拓扑结构生成方法	141

5.2.2 大豆拓扑结构模型建立	145
5.2.3 大豆植株可视化模型的实现	148
5.2.4 大豆可视化模型交互控制技术	151
5.3 虚拟植物（棉花）实现技术	153
5.3.1 虚拟棉花实现原理及技术基础	153
5.3.2 棉花器官三维可视化模型的构建	155
5.3.3 棉花动态生长模型	167
5.3.4 棉花生长可视化系统的设计与开发	169
附录	180
参考文献	204

第 1 章 绪 论

1.1 虚拟现实技术概述

1.1.1 虚拟现实技术的概念

虚拟现实技术 (Virtual Reality Technology, 简称 VR) 是在综合计算机图形技术、计算机仿真技术、传感技术、显示技术等多种学科技术的基础上发展起来的, 是 20 世纪 80 年代计算机领域的最新技术之一。虚拟现实是一种由计算机全部或部分生成的多维感觉环境, 给参与者产生各种感官信息, 如视觉、听觉、触觉等, 使参与者有身临其境的感觉, 能体验、接受和认识客观世界中的客观事物。

1989 年, 美国 VPL 研究公司的兰尼尔提出了 Virtual Reality 一词, 用于统一表述当时纷纷涌现的各种借助计算机及最新研制的传感装置创造一种崭新的人机交互手段的概念。Virtual Reality 直译为“虚拟现实”, 钱学森先生把它译为“灵境”。

虚拟现实技术是继多媒体技术之后的新一代技术——系统接口技术。它综合了计算机图形技术、计算机仿真技术、传感技术、显示技术等多种科学技术的最新成果, 以仿真形式创造出真实反映事物变化及其相互作用的三维图形环境, 通过头盔显示器、数据手套等辅助传感设备, 使人可以“进入”这种虚拟的环境直接观察事物的内在变化, 并与事物发生相互作用, 给人一种“身临其境”的真实感。虚拟现实系统具有沉浸—交互—构想 (Immersion-Interaction-Imagination) 三个基本特征。

1.1.2 虚拟现实系统的软、硬件支持

虚拟现实系统一般需要以下软、硬件支持。

1. 高性能计算机

虚拟现实系统必须有运算速度快、图形能力强的计算机硬件支持以实时处理复杂的图像并缩短参与者的视觉延迟。例如, SGI公司的 Reality Engine2 每秒可以处理600 000个贴图多边形, 并可实现高达每秒 30 帧的图像更新率。

2. 头盔显示器

头盔显示器提供一种观察虚拟世界的手段, 通常支持两个显示源及一组光学器件。这组光学器件将图像以预先确定的距离投影到参与者面前, 并将图形放大以加宽视域。

3. 头/眼/手/体位跟踪定位装置

为了与三维虚拟世界交互, 必须感知参与者的视线, 即跟踪其头部的位置和方向, 这需要在头盔上安装头部跟踪传感器。为了在虚拟世界中移动物体甚至移动参与者的身体, 必须跟踪观察者的手位和手势, 甚至全身各肢体的位置, 此时参与者需要穿戴数据手套以至数据服装。

另外, 也可采用三维/六维鼠标和空间球等装置与三维虚拟世界进行交互。

4. 立体声音响和三维空间定域装置

借助立体声音响可以加强人们对虚拟世界的真实体验。声音定域装置采集自然或合成声音信号, 并使用特殊处理技术在360°球体中空间化这些信号, 使参与者即使头部在运动时也感觉到声音保持在原处不变。

5. 触觉/力量反馈装置

触觉反馈装置使参与者除了接受虚拟世界物体的视觉和听觉信号, 还能接受其触觉刺激, 如纹理、质地感; 力量反馈装置则可提供虚拟物体对人体的反作用力, 或虚拟物体之间的吸引

力和排斥力等各种力的信号。这在实现上有比较大的难度。

6. 软件环境及开发工具

要将虚拟现实系统中的各种硬件有效地集合起来完成一定的应用目的, 需要有软件环境及开发工具的支撑。有代表性的虚拟现实系统软件有:

(1) WorldToolKit (WTK): WTK 是美国 Sense8 公司研制的虚拟现实系统应用工具箱, 可在各种微机及工作站上运行。提供 400 多个 C 函数组成的函数库, 支持与大多数常见虚拟现实硬件设备的接口, 并具有网络功能。

(2) PROVision: 英国 Division 公司开发, 其特点是可以进行并行处理。提供 C 语言开发工具 DVS 及面向非程序员的 Dvise 工具。

(3) Cyberspace Development Kit (CDK): 美国 AutoDesk 公司开发。它是一个在微机 DOS 环境下运行的 C++ 语言开发工具, 提供了与许多常见虚拟现实硬件设备的接口。

7. 其他软、硬件系统

为了增强真实感或便于交互, 虚拟现实系统有时要采用动感生成装置 (运动平台), 以及语言识别、合成系统等。

1.1.3 虚拟现实系统的感官机理和主要感知设备

典型的虚拟现实系统由效果产生器、实景仿真器、应用系统和几何构造系统组成, 如图 1-1 所示。

1. 效果产生器 (Effectors)

效果产生器是完成人与虚拟环境交互的硬件接口装置, 包括能产生沉浸感受的各类输出装置, 例如头盔显示器、立体声耳机等, 以及能测定视线方向和手指动作的输入装置, 如头部方位探测器和数据手套等。

2. 实景仿真器 (Reality Simulator)

实景仿真器是虚拟现实系统的核心部分, 它由计算机硬件系

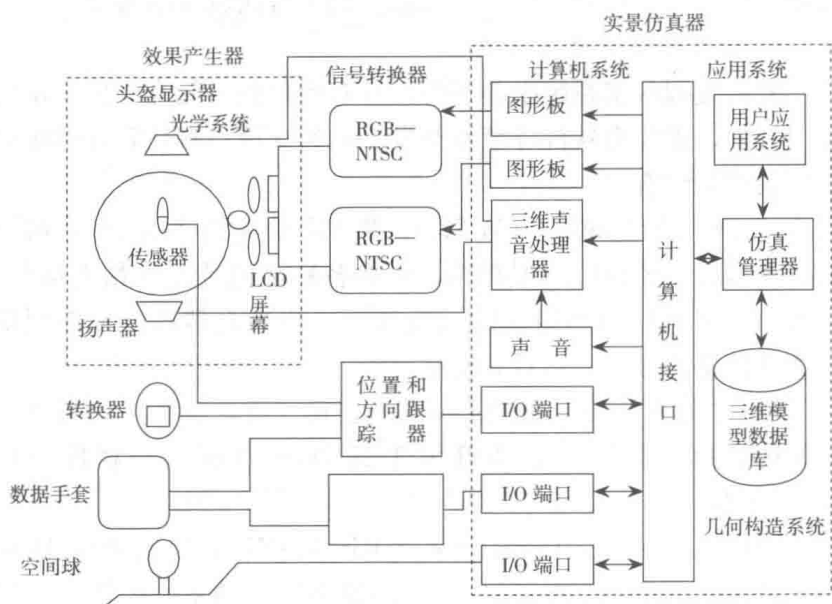


图 1-1 典型虚拟现实系统的组成

统、软件开发工具及配套硬件（如图形和声效卡）组成，接收或发送效果产生器产生或接收的信号。

3. 应用系统 (Application)

应用系统是面向具体问题的软件部分，它描述仿真的动态逻辑、结构，以及仿真对象之间和仿真对象与用户之间的交互关系。

4. 几何构造系统 (Geometry)

几何构造系统提供了描述仿真对象物理属性（外形、颜色、位置等）的信息，其应用系统在生成虚拟世界时需要使用和处理这些信息。

虚拟现实系统的主要特点表现在：①虚拟现实系统具有感知视、听、触、嗅、味等多种信息的能力。②能使用户暂时与外部环境脱离而融合到生成的虚拟世界中去。③用户可以通过三维交

互设备从内到外或从外到内与虚拟现实系统实时对话。④虚拟现实系统中的“体”可以按照各种模型和规则自主运动。

1.1.4 虚拟现实的作用与应用

虚拟现实系统与传统计算机相比,具有三个重要特征:临境性、交互性、想象性。由于它生成的视觉环境是立体的、音效是立体的,人机交互是和谐友好的,因此虚拟现实技术一改人与计算机之间枯燥、生硬和被动的现状,计算机创造的环境将人们陶醉在流连忘返的工作环境之中。

由于虚拟现实技术这种“身临其境”的沉浸感、友好亲切的人机交互性、发人想象的刺激性,近年来,它已逐渐从实验室的研究项目走向实际应用,流行于世界范围内的各个领域,如虚拟现实建筑物的展示与参观、虚拟生(作)物模拟、路桥工程演示施工培训、虚拟现实手术培训、虚拟现实游戏、虚拟现实影视艺术、建筑设计、工业设计、学校教学、医学领域等。在国内,虚拟现实技术有关的项目已经列入计划,虚拟现实技术的研究和应用正在全面展开。

虚拟现实技术的应用极为广泛,Helsel 与 Doherty 在 1993 年对全世界范围内已经进行的 805 项 VR 研究项目作了统计,结果表明:目前在娱乐、教育及艺术方面的应用占据主流,达 21.4%,其次是军事与航空达 12.7%,医学方面达 6.13%,机器人方面占 6.21%,商业方面占 4.96%,另外在可视化计算、制造业等方面也有相当的比重。下面简要介绍其部分应用。

1. 医学

虚拟现实技术在医学方面的应用具有十分重要的现实意义。在虚拟环境中,可以建立虚拟的人体模型,借助于跟踪球、HMD、感觉手套,学生可以很容易了解人体内部各器官结构,这比现有的采用教科书的方式要有效得多。

Pieper 及 Satara 等研究者在 20 世纪 90 年代初基于两个 SGI

工作站建立了一个虚拟外科手术训练器,用于腿部及腹部外科手术模拟。这个虚拟的环境包括虚拟的手术台与手术灯、虚拟的外科工具(如手术刀、注射器、手术钳等)、虚拟的人体模型与器官等。借助于HMD及感觉手套,使用者可以对虚拟的人体模型进行手术。但该系统有待进一步改进,如需提高环境的真实感,增加网络功能,使其能同时培训多个使用者,或可在地专家的指导下工作等。

另外,在远距离遥控外科手术、复杂手术的计划安排、手术过程的信息指导、手术后果预测及改善残疾人生活状况,乃至新型药物的研制等方面,VR技术都有十分重要的意义。

2. 建筑展示

虚拟现实技术在虚拟世界中还原、搭建真实的世界,并且营造出真实的自然环境,动态的景观如人物、道路、桥梁、机械、车辆、树木等。项目模型本身是按照相关资料严格建立的,从外观上保证其准确性。其次在虚拟的环境中,用户浏览是完全自由的、主动的,就像是在真实的世界中,可以行走、奔跑、飞翔,也可以超现实的进行景点的快速定位、察看,小到微小的细节、大到宏观的鸟瞰,都可以瞬间完成,尽收眼底。用户可以用鼠标真实地触摸到模型,如现实般对其移动、转动。

3. 虚拟农业

虚拟农业是虚拟现实技术发展的重要分枝,具有广泛的发展前景。例如:进行不同尺度的农田虚拟试验,建立应用于教学、科普和农业技术推广的虚拟农场;用于城市、公园、住宅小区的园林设计,还可以应用于娱乐和影视场景设计等众多领域。另外,虚拟农业中对于虚拟植物的研究,可以以水稻、玉米、小麦、大豆、棉花等主要农作物的高产、稳产、品质、品种为目的虚拟,研究方法并不局限于个体水平的研究与应用,也适用于其他尺度或水平上的植物研究,例如细胞的结构与功能关系的研究等。

(1) 虚拟植物。应用虚拟植物模型进行计算机上的虚拟试验,在农业领域也具有重要应用价值,其应用之一是进行作物株型设计。为大幅度提高作物产量,需培育超级作物品种,如超级杂交稻,而育种学家注意到,为获得超级品种需优化作物株型。如依据虚拟植物模型建立超高产作物株型设计系统,通过先用计算机设计不同株型,虚拟其生长,模拟其光截获能力与光合产量形成能力,优选出理想株型,就能为育种明确方向,减少盲目性。

应用虚拟植物模型也能够进行一系列的虚拟试验。如植物群体光分布的研究,过去主要是依据 Beer-Lambert 公式来计算,应用该公式需要引入叶片分布的假设,如随机分布,这常常会带来较大的误差,特别是在行播作物的生长前期,而且无法获得植物冠层光分布的空间规律。在现实世界中植物冠层的光分布具有很大的空间变异性,受冠层结构以及各器官的几何形状等影响。而如前所述,应用虚拟植物模型可计算出植物冠层空间中任意位置点的光通量值。

实现对植物冠层光辐射空间分布的模拟具有重要的价值。到目前为止,研究人员对农田蒸散的定量化误差很大,而且很难将植物蒸腾与土面蒸发分开。应用虚拟植物模型则可以将土壤水分的空间分布、到达土面的辐射能量分布结合起来,计算土面蒸发量;将植物每个叶片接收的光辐射量、水分在植物体空间的传输阻力、植物群体内的风速等综合考虑,计算出植物蒸腾的空间分布,从而实现对农田蒸散的精确研究,为困扰水文、农业、气象等领域的水分转化问题提供新的方法。

作物从土壤吸收水分、养分时,由于土壤物理性质的空间不均一性、根系不同位置吸收性能的差异,使农田土壤水分、养分的分布随作物生长而出现显著的空间不均一性。由于进行这方面试验研究的困难较大,对此,我们可以对根系吸收的空间特征、土壤对根系行为的响应进行虚拟试验,研究农田土壤水分、养分

时空动态规律,从而确定合理的灌溉、施肥的方案,以提高水分利用率、减少化肥的浪费与污染。

此外,对于大田生产,根据所在地区的资源状况,可应用虚拟模型研究作物个体的根冠关系,选择个体竞争能力适合于当地资源状况的作物品种;可依据高产农田的群体结构特征,应用模型优化作物种植和套种方式,从而提高不同地区、不同条件下的作物产量提供指导。而对于追求高产值的大棚温室等特定生态系统,由于可对环境条件(如温度、光照、 CO_2 浓度等)实现自动化控制,应用虚拟模型更具有可操作性。通过研究温室土壤水分、养分和盐分以及温室植物形态结构的特有规律,应用虚拟模型设计精确灌溉、施肥、施药、采收方案,从而可获取最高边际产值。

(2) 虚拟农场。由于虚拟植物需要强大的计算能力和图形能力,故现有的虚拟植物系统大多是基于较昂贵、操作界面复杂的图形工作站,这无疑限制了应用者的数量。近几年来,个人计算机的性能已迅速增强,基本能满足虚拟植物的要求,因此目前虚拟植物系统已逐步向微机移植。微机价格低廉、便于操作的特点,使得在教学、科普教育和农业科技推广领域应用虚拟植物模型成为可能。在不久的将来,即可利用虚拟植物模型建立虚拟农场,使学生和农民在计算机上种植虚拟作物和虚拟农田管理,从任意角度甚至在作物冠层内漫游,观察作物生长状况和动态过程,并可通过改变环境条件和栽培措施,直观地观察作物生长状况的改变,这样可取得传统方式无法企及的效果,特别是对农业科技成果推广而言,将使农民更易理解和掌握先进的农田管理技术。

4. 机械设计与制造

随着科学技术的发展,对机械系统的设计与开发技术要求越来越高,而且由于工作环境的复杂化,在系统建立之前很难对其做出恰当的事前评估,为此特别需要在机械设计时,对机械运动