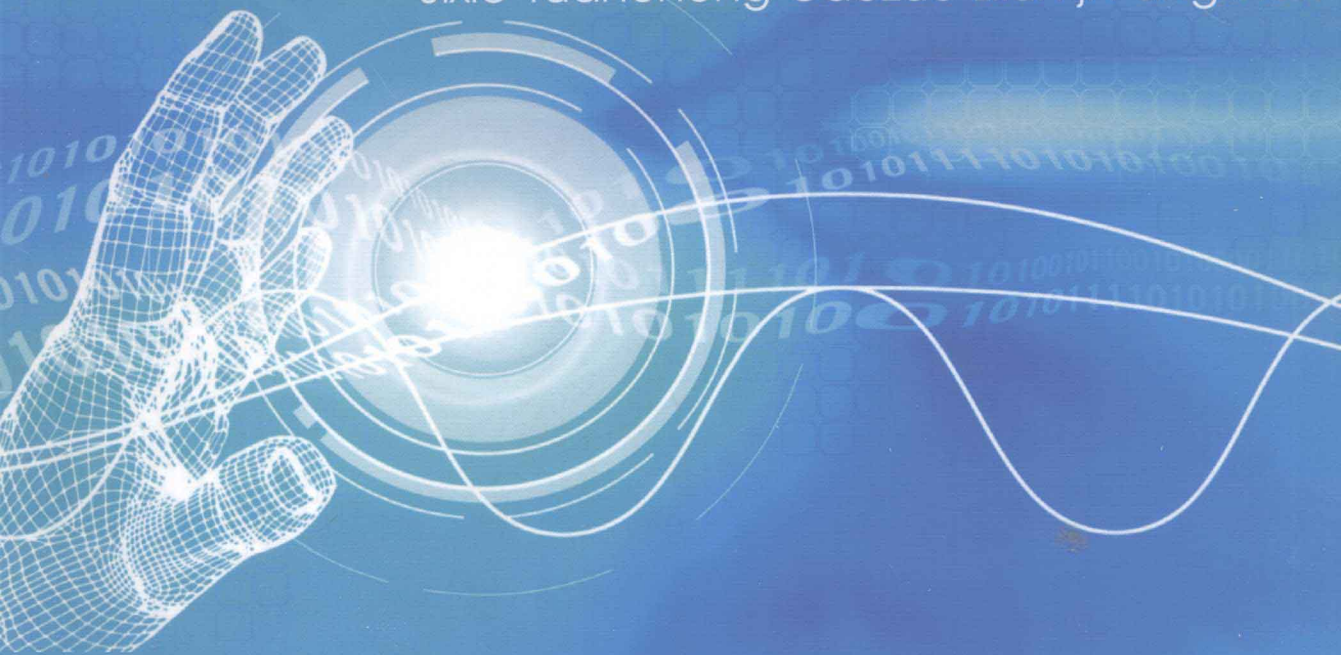


基于虚拟现实的 物料搬运机械远程操作理论及仿真

丁国富 王金诺 吴晓 著

Jiyu Xuni Xianshi de Wuliao Banyun
Jixie Yuancheng Caozuo Lilun ji Fangzhen



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

西南交通大学出版基金资助

基于虚拟现实的物料搬运机械 远程操作理论及仿真

丁国富 王金诺 吴 晓 著

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

内 容 简 介

本书将虚拟现实技术引入机械远程操作领域,内容可分为两大部分,第一部分(1~5章)介绍了基于虚拟现实的工程机械和物料搬运机械远程操作理论;第二部分(第6章)介绍了部分理论的实验技术和方法。全书形成了相关理论的基本体系。

本书的理论可为矿山、救援、建筑、海洋、太空等危险或远程作业的远程操作方案提供技术指导,也可供研究虚拟现实技术的人员参考,还适合于虚拟现实技术专业的研究生和本科生的教材选用。

图书在版编目(CIP)数据

基于虚拟现实的物料搬运机械远程操作理论及仿真 / 丁国富,王金诺,吴晓著. —成都:西南交通大学出版社, 2007.7

ISBN 978-7-81104-514-7

I. 基… II. ①丁…②王…③吴… III. 虚拟技术—应用—运输机械—远距离操作 IV. TH220.65

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第087220号

基于虚拟现实的物料搬运机械 远程操作理论及仿真

丁国富 王金诺 吴 晓 著

*

责任编辑 杨 勇

封面设计 跨克创意

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段111号 邮政编码:610031 发行部电话:028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川森林印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸:185 mm×230 mm 印张:9.75

字数:210千字

2007年7月第1版 2007年7月第1次印刷

ISBN 978-7-81104-514-7

定价:28.00元

图书如有印装问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话:028-87600562

序

虚拟现实技术是近 10 多年来出现的一种高级人机接口技术。1997 年，本人在我国台湾新竹交大学术交流时，该校正在开展基于虚拟现实技术的潜水艇远程控制课题研究，与我校丁国富博士正在进行的挖掘机远程操作处在同一研究平台上。当时双方提出开展合作研究的意向，后虽经多次切磋，终未能形成实质性协议。以后，丁国富博士带领吴晓博士，不畏险阻，努力拼搏，结合国内工程机械和装卸机械在恶劣环境下作业十分危险的情况，卓有成效地开展了挖掘机和叉车远程操作的理论和应用研究，在该领域取得突破性进展，为同行专家认可。

该书即是丁国富博士等人将相关研究成果进行系统总结写成的，是丁博士针对传统的工程机械和物料搬运机械危险作业情况，将虚拟现实技术引入工程机械和物料搬运机械远程操作系统中展开系统研究而获得的理论成果。

书中理论从提高人的主观能动性，降低作业机械智能的角度采用了先进的人机接口技术，率先将虚拟现实技术应用在工程机械和物料搬运机械远程操作作业领域，在传统的工程机械和物料搬运机械远程操作系统中，将人的智能、计算机和具有作业功能的远程操作机械通过多维信息融合的虚拟环境结合起来，形成了一个闭环的操作系统，提出了一套新的基于虚拟现实的工程机械和物料搬运机械远程操作理论和方法，解决了作业机械远程控制，具有沉浸感觉的人机接口，多维信息融合的虚拟环境仿真建模，作业机械运动建模，碰撞检测等技术问题，并在实验室对其进行了验证。为该领域的研究和应用提供了新的工作模式，这对研制新型的工程机械和物料搬运操作机械，避免作业机械损毁，改善操作人员工作环境等具有重要的意义。其研制成果可以应用在：港口装卸、铁路货场作业、深沟挖掘、隧道作业、矿山作业、地质开采、核材料搬运以及航空、航天工业和医学外科手术中，具有广阔的应用前景。

该书是一本将信息、控制、人工智能、传感器、计算机图形学等技术 with 机械学科相互交叉融合的学术著作。所研究的内容既是对虚拟现实、计算机图形学等技术的深入研究和应用，又将新的理论引入了传统的工程机械和物料搬运机械操作领域，是机械远程操作和虚拟现实领域的国际前沿技术，对促进虚拟现实技术在机械工程中的应用起到了重要的推动作用，具有很高的出版价值。

王金诺

国家级有突出贡献专家、博士生导师、教授

2007 年 5 月于成都

前 言

在工程机械和物料搬运机械的操作环境下,会涉及对人的生命造成危险的问题,如何做到既能人机协调,又能使人操作安全,而且能够有效地完成作业任务成了一大难题。解决这一难题的最好途径是提供一个能完全代替人的全自动化机器人,但是由于操作现场的复杂性,实现一个全自动化的机器人难度相当大。采用虚拟现实技术来解决这个问题是一个全新的方法,这是本人 1997 年攻读博士学位时的设想。

虚拟现实技术在当时研究时间不久,技术也不成熟,而且在工程机械和物料搬运机械远程操作领域,国内外的研究很少。在导师的指导下,1997 年本人选择挖掘机远程操作作业作为选题内容进行立项研究。对将虚拟现实技术用在工程机械远程操作中的理论进行了系统的阐述,规划了其研究内容、研究方式和具体的实现模式。初步确定了将该技术分 3 阶段进行研究,即理论研究阶段、实验室验证理论阶段和具体现场实施阶段,并在条件成熟的情况下,开展不同阶段的研究。

围绕虚拟现实和远程操作技术,除去虚拟现实本身研究的诸多内容,基于虚拟现实的物料搬运机械系统仿真(VRMHS—Virtual Reality-based Engineering Machine and Material Handling Mechanical Simulation)主要研究了具有沉浸感的人机接口、三维场景的表达、系统设计方法和体系生成、远程控制技术,并以挖掘机和叉车为对象,重点研究了机器人化工程机械远程操作的理论体系。

2000 年本人博士毕业,吴晓博士继续进行了相关技术的研究,并在本人申请的四川省应用基础项目的支持下进行了深入的实验仿真研究。一直到 2005 年通过四川省科技厅的鉴定,最终完成本书的全部内容。

该项目从立项经理论研究到实验研究,总共花费了近 10 年的时间,由于有些技术发展的限制和设备经费的局限,在研究过程中遇到的问题很多,走了一些弯路,也有成功的喜悦,最终完成了“基于虚拟现实的物料搬运远程操作理论研究”。现在该项研究及相关的扩展方向奠定了本人在该领域研究方向的基础。本人所开展的虚拟样机、虚拟制造、虚拟设计、可视化和加工过程仿真等都得益于该项目的研究成果。当然,研究的过程从无到有,得到了相关部门的项目支持,充分体现了科学研究的思路、方法和艰辛的历程,证实了只有勇往直前、不畏艰难,才能达到科学研究的目标。这一点坚定了作为科学研究工作者的信心和决心。

该项目虽然已经取得了一定的理论成果，但要将其用到生产实践中，还需要继续进行研究。在有条件的情况下，本人和有关人员将针对工程实际需要，进行深入的应用研究。

本书的所有内容是在导师王金诺和师弟吴晓博士的合作下完成的，吴晓博士完成了第2章、第4章部分内容，其他由本人完成并统稿。在写作过程中，导师倾注了大量的心血修改和完善并审阅了本书的内容；本人的学生刘伯兴为实验研究做了很多工作。在写作上，本人的其他学生：邹益胜博士生，何邕博士生，刘亚萍硕士生等人做了大量的文字编辑工作。同时，本书的出版得到了西南交通大学出版基金的资助。在此表示感谢。由于水平有限，书中难免有不当之处，敬请读者和相关人士指正。

丁国富

2007年5月于成都



目 录

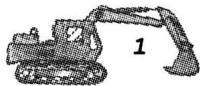
第 1 章 引论	1
1.1 虚拟现实——人机和谐认识事物的必然	1
1.2 虚拟现实技术	2
1.3 虚拟现实与计算机仿真	5
1.4 基于 VR 的物料搬运机械远程操作	6
1.4.1 工程问题的提出	6
1.4.2 人机协作是解决问题更有效的方式	7
1.5 基于 VR 的物料搬运机械远程操作理论	8
1.6 VR 技术与物料搬运系统仿真	11
1.7 相关背景及研究现状	11
1.8 “基于 VR 的物料搬运机械远程操作理论及仿真”研究思路	12
参考文献	13
第 2 章 体系结构与方法学理论研究	17
2.1 仿真系统结构分析	17
2.1.1 基于 VR 的远程操作与遥控作业的比较	17
2.1.2 虚拟仿真环境的框架结构	18
2.1.3 系统建模及抽象	19
2.2 系统设计方法研究	20
2.2.1 虚拟现实系统设计的基本方法学	20
2.2.2 对象的基本表达	21
2.2.3 物料搬运仿真系统中的对象结构	22
2.3 面向智能体技术的 VR 系统设计方法研究	24
2.3.1 面向对象技术的改进	24
2.3.2 Agent 的概念	24
2.3.3 VR 系统中 Agent 的结构定义	25
2.3.4 基于多 Agent 的物料搬运 VR 系统描述	26
2.4 面向多 Agent 的虚拟控制台	27
2.4.1 控制策略	27
2.4.2 基于虚拟操作台的控制框架	27



2.4.3 面向 Agent 的虚拟控制台控制实现	28
参考文献	30
第 3 章 物料搬运机械建模理论研究	32
3.1 物料搬运机械机器人化模型的建立	32
3.2 物料搬运机械多体系统运动学仿真	33
3.2.1 基于 Denavit-Hartenberg 的挖掘机运动学建模	33
3.2.2 叉车类型的物料搬运机械运动学建模	40
3.3 物料搬运试验小车三维模型获得及空间关系的提取	46
参考文献	50
第 4 章 人机接口理论研究	52
4.1 从人的角度考虑人机接口	52
4.2 多维信息空间的融合研究	53
4.2.1 虚拟空间的坐标变换	53
4.2.2 手空间与虚拟空间的数据融合	55
4.2.3 立体视觉与虚拟空间的数据融合关系	55
4.3 基于阈值眼镜的 2 种立体视觉形成及实现	59
4.4 手部的建模和虚拟手结构的合成	62
4.4.1 数据手套的工作过程	62
4.4.2 手的建模	62
4.4.3 虚拟手的合成	64
4.4.4 基于 BP 神经网络的手势识别	64
4.4.5 虚拟手作用在虚拟操作台上的碰撞检测算法研究	68
4.4.6 基于有限元模型的手指的力反馈模式研究	72
参考文献	77
第 5 章 虚拟环境建模技术研究	83
5.1 OpenGL 建模技术	83
5.1.1 OpenGL 在 Windows 下的工作原理	84
5.1.2 OpenGL 用于三维场景表达	86
5.1.3 仿真环境的三维场景数据的获取	87
5.2 VRML 建模技术	91
5.2.1 VRML 概述	91
5.2.2 VRML 的建模机制	92
5.2.3 VRML 用于三维场景表达	94
5.3 WorldToolKit 建模技术	96



5.3.1 WTK 概述	96
5.3.2 WTK 的类结构	96
5.3.3 WTK 虚拟环境的合成方式	97
5.3.4 WTK 的程序结构及运行流程	98
5.3.5 仿真管理器的工作原理	99
5.3.6 WTK 场景图的组织方式	99
5.3.7 WTK 场景图的绘制方式	100
5.4 虚拟环境中的碰撞检测算法研究	101
5.4.1 三维空间的碰撞检测技术	102
5.4.2 碰撞检测算法研究	103
参考文献	108
第 6 章 基于虚拟现实的物料搬运机械远程操作仿真方案	110
6.1 基于虚拟现实的物料搬运机械远程操作仿真系统研究方案	110
6.2 虚拟环境的生成技术	111
6.2.1 VC 开发环境及软硬件接口	112
6.2.2 基于 WTK 的虚拟环境建模	116
6.2.3 场景的构建和装配	119
6.3 小车的运动建模及远程控制实现	120
6.3.1 小车的几何建模	121
6.3.2 小车的运动建模	123
6.4 人机交互的设计与实现	125
6.4.1 硬件介绍	125
6.4.2 利用数据手套实现对小车的控制	128
6.4.3 空间球实现视点的变换	132
6.5 碰撞检测的实现	133
6.5.1 基于 WTK 的碰撞检测层次树	133
6.5.2 碰撞检测的程序实现	133
6.6 小车远程控制实现	136
6.6.1 受控 MHRM 的线路连接	136
6.6.2 动作规划与程序实现	136
6.6.3 远程控制的各种操作	138
6.7 现场仿真实验	141
参考文献	145



第1章 引 论

1.1 虚拟现实——人机和谐认识事物的必然

建立在计算机基础上的系统仿真是以相似原理、控制理论、计算机技术、信息技术及其应用领域的专业技术为基础,以计算机和各种物理效应设备为工具,利用数学模型或部分实物对实际的或设想的系统进行动态实验研究的一门综合性技术。从总体上来说,现代的仿真技术过多地依赖了具有大存储量和高处理速度等诸多优点的计算机工具本身,这种建立在图灵算法求解思想上的冯·诺伊曼机体系结构基础上的工具在辅助人的逻辑思维方面发挥了巨大的作用。但由于这种计算机的特定信息处理方式,使得它在处理诸如识别图像,听懂语言或做出判断决策等行为上无能为力,即它没有人的大脑那样的思维能力,不能适用于人惯用的信息获取形式和思维过程。一句话,它将人排除在计算机所描述的神奇世界之外,没有充分发挥人的积极性和主观能动性,在与人认识事物上存在着矛盾。已有的智能计算机研究以失败而告终的事实表明,人们不得不寻求另外折中的理论来解决这个问题^{[1]、[2]}。

在自然世界中,人是通过认知的方式来获得对现实世界的认识的,认知即通过多种感觉器官与神经系统和大脑的联合参与形成一个闭环的感知系统来获得对世界的认识,并以此获得对各种知识的智能处理,再反馈回现实中。

由于人类是依靠自己的感知和认知处理能力全方位地获取知识的,是在多维化的信息空间中认识问题的,而现有的信息处理工具——计算机只具有在数字化的单维信息空间中处理问题的能力,这就产生了人类认识问题的认识空间与所用工具的处理问题方法空间不一致的矛盾,产生了人类较难直接理解信息处理工具的处理结果,且更难以把自己已有的感知体验和认知经验与处理工具的处理结果直接地联系起来。换句话说,为了从“机器是主体”改变到“人是主体”,从“人围着机器转”改变到让“机器围着人转”,如何把计算机只善于处理数字化的单维信息改变为计算机也善于处理人所能感受到的,在思维过程中所接触到的,除了数字化信息之外的其他各种表现形式的信息,如人的感知能力、认知能力和心理状况的反应,如何表达定性和定量知识等的多维信息空间。



如何解决这些矛盾,首先需要回答对多维空间中各种表现形式的认知问题,或者是对人的思维过程的认知问题。

按照著名科学家钱学森的观点^{[1]、[2]}——人的思维过程是可以认识的,而且有具体的研究途径,它们是人工智能、认知科学、神经生理心理学。研究人与计算机之间的关系,充分发挥计算机强大的计算功能和逻辑思维能力以及人的感知、认知方面的形象思维能力,以全方位的形式获取各种表现形式的信息,将解决诸多计算机本身不能解决的问题。这种问题一旦解决,那么从技术角度就有可能解决这种矛盾。这个理论的直接结果促使了将人的认知理念和高性能计算机结合起来的新兴理论——虚拟现实技术领域的研究。

1.2 虚拟现实技术

虚拟现实技术(Virtual Reality,简称VR)也称灵境技术^{[1]、[2]},是近20年发展起来的一门现代科学技术,它是人类与计算机和极其复杂的数据进行交互的一种方法,并被誉为21世纪人类在人机交互上需攻克的最后堡垒。其主要目标是提供一个人与计算机交融的环境,在一个计算机营造的能模拟现实世界的数字化多维信息空间中,人可获得与环境相互作用的各种信息,从而可以不必在一个必须耗费时间和巨大资源的实际环境中模拟进行各种创造性活动。它是一种可以创建和体验虚拟的世界,而这个世界是现实场景的真实映射。

虚拟现实技术利用人工智能、计算机图形学、人机接口技术、多媒体技术、网络技术、电子技术、机械技术、视听技术等高新技术,通过多种信息媒介(如传感器、摄像机等)将人的心智与高性能的计算机系统结合起来,形成一个开放的复杂系统。

Burden, G.^{[1]、[2]}概括虚拟现实技术有3个基本特征,即著名的“灵境三角形”特征,如图1.1所示。

这3个特征充分体现了人在虚拟现实系统中的主导作用。即人能够充分发挥自己的视觉功能,将自己融合到计算机系统生成的环境中去,不但能用鼠标和键盘交互计算机生成的对象,而且能用多种传感器与多维化信息的环境交互作用,并且在这种交互的体验和感受中得到感性和理性的认识,深化概念和萌发新意。

按照虚拟现实系统的定义和基本特征,一个虚拟现实系统的简单构成如图1.2所示^[1]。

从工程的观点看,上述体系比较笼统和粗糙。由于虚拟现实需要利用的不仅仅是计算机这个工具,更多的是要考虑人的思维和感觉方式,而人类与现实环境之间的交互方式非常复杂。就感知而论,按照刺激物与感官的接触方式,可以将感觉分为距离感和接触感。根据医

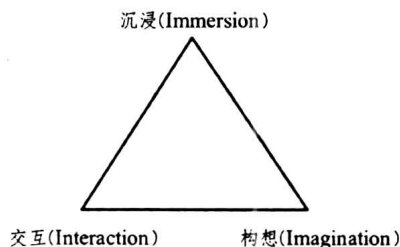


图 1.1 灵境三角形特征

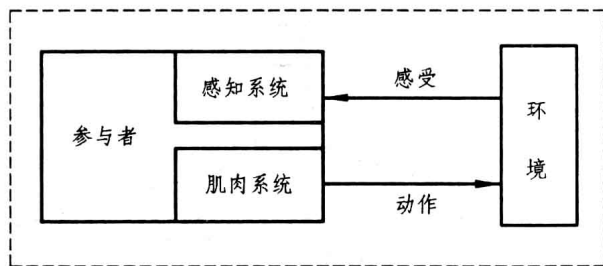


图 1.2 虚拟现实系统的简单体系

学临床相关理论，又可以分为体表感觉、深度感和内脏感，而不同的感觉又有不同的生理结构和反映。因此要想用系统的方法概括这些交互特征，必须以实验生理心理学为基础。Gibson, J. J. 为这种方法提供了一套以生理心理学为基础的感知及行为系统。他的理论模式帮助人们理解和细化了虚拟现实系统的相关概念。在这个基础上，从人的角度出发，可以将图 1.2 的结构定义为图 1.3 所示的形式^[1]。这种以人为中心的观点强调了人在虚拟环境中的主导地位，并把感知行为系统看作一系列功能模块，这些功能模块包括各种认知心理过程，即感知系统输出信息的处理过程，行为系统输入信息的产生过程以及行动过程中产生的情感反馈等。参与者可以从心理学标准、解剖学标准及个人标准来评估环境的体验结果。

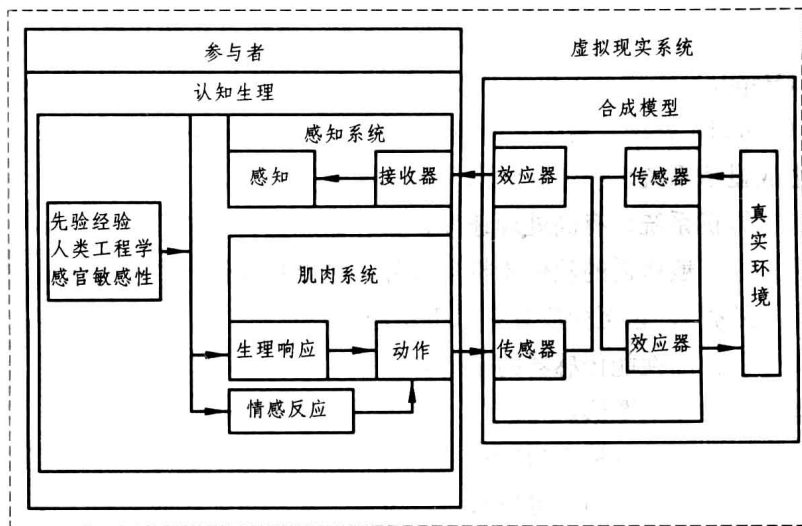


图 1.3 多维信息空间与人的关系

综合考虑软件和硬件因素，一个典型的 VR 系统可以用如图 1.4 所示的结构框图来描述。

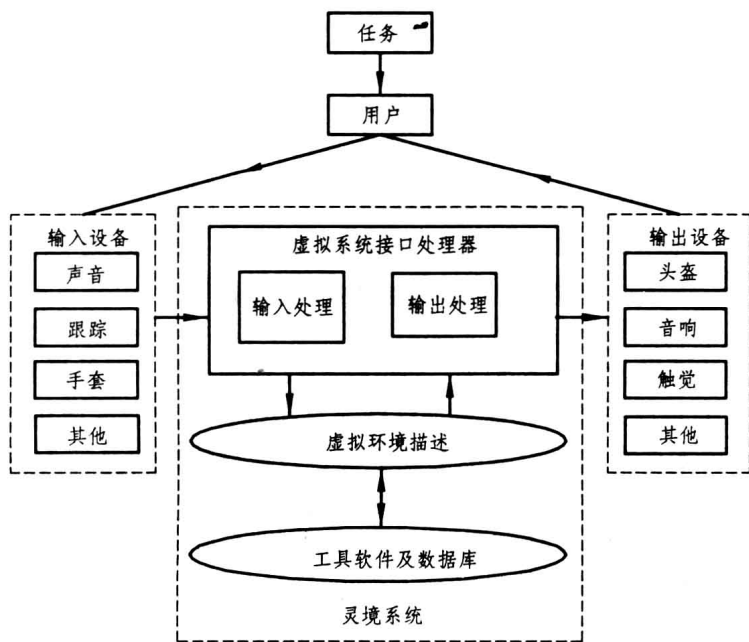


图 1.4 VR 系统的构成

其中硬件方面需要以下几类设备的支持^[1]:

- (1) 跟踪 (Tracking) 系统: 以确定参与者的头、手和身躯的位置。
- (2) 触觉 (Haptic) 系统: 提供力与压力的反馈。
- (3) 音响 (Sound) 系统: 提供立体声源和判定空间位置。
- (4) 图像生成显示系统: 产生视觉图像和立体现实。
- (5) 高性能计算机系统: 有高处理速度, 大存储能量, 强的联网特性。

在软件方面, 除一般所需的软件支持环境外, 主要是提供一个产生虚拟环境的工具集或产生虚拟环境的“外壳”, 它至少应具有以下功能:

- (1) 能够接受各种高性能传感器的信息。
- (2) 能产生立体的显示图形。
- (3) 能对各种数据库、各种 CAD 软件进行调用和互联。

从虚拟现实的相关定义和描述可以看出, 虚拟现实是对现实的虚拟, 通过将真实的事物映射在计算机中并构造一个多维的信息空间, 结合计算机的逻辑思维和人的抽象思维能力, 并将人认识事物的方式融合在这种拟真的场景中来获得对事物的深入认识。只要场景“虚拟”的足够真实, 那么人对事物的认识与在现实中的认识就没有明显的区别, 这大大增加了我们研究事物本质的方法和工具, 并且解决了过去不可解决的技术难题。



1.3 虚拟现实与计算机仿真^[36~46]

多媒体及虚拟现实是近几年来研究谈论的热点,并且在很多行业已经有了许多实际应用。虚拟现实的3个基本特征显示了VR系统使人从过去的只能从计算机系统的外部去观测计算处理的结果发展到能够沉浸到计算机系统创建的系统中去;从过去的只能通过键盘、鼠标与计算环境中的数字化信息发生交互作用到能够利用多种传感器与多维化信息的环境发生交互作用;从过去的只能从以定量计算为主的结果中得到启发来加深对事物的认识到有可能从定性和定量综合集成的环境中得到感性和理性的认识来深化概念和萌发新意。也就是说,在VR系统中,人们的目的是使计算机及其他传感器组成的信息处理系统尽量“满足”人的需要,而不是强迫人去“凑合”那些不很亲切的计算机系统。

实际上,虚拟现实是在人们研究多媒体技术时,由人机交互的相关技术发展起来的。后来,在研究各种仿真过程中,发现虚拟现实技术可以从真实的角度模拟自然界、生活中、工程上很多行为和特性,这正好体现了仿真技术的本质。因此,从这三者的角度来讲,仿真、多媒体和虚拟现实有如图1.5所示的关系。

同时,虚拟现实技术精髓能够得到充分的体现,也得益于计算机图形学和可视化技术的发展,这也与仿真向可视化的角度发展相一致。因此从仿真的类型来看,它们存在如图1.6所示的关系。

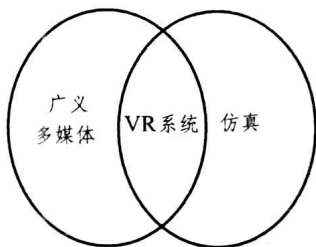


图 1.5 VR 与多媒体和仿真的关系

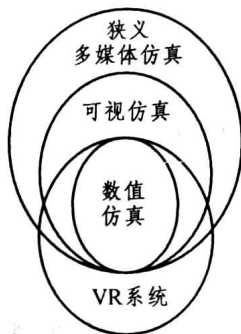


图 1.6 VR 与仿真各类型的关系

虚拟现实系统虽然是各学科的综合体,但它是以前仿真技术为核心的,所以也可把它看作是一种类型的仿真系统。在仿真中虚拟现实可以看做是三维仿真模型的高级用户界面,其主要应用于工程及产品设计、军事领域、医学、教育培训。根据交互界面的不同,可将VR系统分为几种不同的类型:

(1) 基于PC: 这种系统使用普通的计算机监视器来显示虚拟世界,用户通过键盘、鼠标来控制虚拟世界中的运动,如同通过窗户观察世界一样。从本质上说,这种系统不能算作VR系统。



(2) 视频映射：它使用视频输入设备将用户的身影与虚拟世界的图像合成，用户通过监视器来观察自身与世界的交互，即通常所说的图像监控系统。

(3) 沉浸式系统：这种系统完全将用户的视觉及感觉包容在虚拟世界内部，用户所看到、听到、碰到、感到和尝到的都是虚拟世界中的物体。这是最理想的 VR 系统。这种系统的一种实现方法是使用头盔显示器提供视场和音效，另外一种方法就是用多个投影显示建造一个“洞穴”或房间。

(4) 遥控系统：这种系统不同于完全由计算机生成虚拟世界的系统，它是真实世界的反映。这种技术是把真实世界中的远程传感器与操作者的感觉联系起来。比如用在异地带有摄像机的机器处理危险情况，医生用窥镜做手术等。

(5) 混合系统：是遥控系统和 VR 系统的集成。这种技术将计算机合成的图像与真实世界的图像合成。比如医生在做脑外科手术时看到的可能是预先用 CT 扫描获得的图像与实时超声波扫描图像的叠加图像；战斗机驾驶员看到的是地图与数据的合成图像等。

VR 是现代科技的集大成者。它涉及诸多技术领域如图像处理、实时分布系统、数据库、立体环绕音响、跟踪定位装置，等等。在硬件上，实现较理想的 VR 系统需要有头盔显示器、数据手套/数据服、高性能计算机等。在软件上，VR 软件的基本组成包括输入处理、仿真引擎、声音处理、虚拟世界的渲染、触觉与反馈力的处理、其他知觉的处理、世界数据库等。VR 系统依赖于仿真引擎来推动虚拟世界时间的流逝，处理交互事件、对象的行为，模拟自然规律并决定虚拟世界的状态。总之，仿真引擎是整个 VR 系统的控制核心，没有仿真引擎的驱动，这个系统不可能表现出类似或等同于世界的特征。所以从本质上来说，VR 系统也是一类仿真系统。计算机仿真是利用计算机对自然现象、系统工程、运动规律以至人脑思维等客观世界进行逼真模拟的一种方法。它的核心组成部分仅是一个计算、调度的过程。但它的表现方法有多种，如数值仿真、可视化仿真、多媒体仿真、VR 仿真等。

1.4 基于 VR 的物料搬运机械远程操作

1.4.1 工程问题的提出

现有的工程机械或物料搬运机械^{*}，如起重机、装载机、卸煤机、叉车、挖掘机等，在传统的作业中，其工作一般由人直接操作机械设备来完成。然而人工操作的效率和质量与人的

^{*} 为了简化说明，本书的物料搬运机械包含了常用的几种工程机械。



心理状态、经验、工作环境等因素密切相关。当作业现场环境较为恶劣或危险时（如在有毒、易燃、易爆等环境中），操作人员的生命和安全会受到很大威胁，工作质量和效率不易得到保证。这种情况在矿山、隧道、深沟等恶劣环境下尤为突出，而且因为对周围环境没有充分的了解，容易导致作业机械损坏事故的发生。

1.4.2 人机协作是解决问题更有效的方式

针对人机协作的问题，常规有多种解决办法，譬如：

- (1) 采取远程控制的方式，这是比较早的办法。
- (2) 采取遥现的方式，结合远程图像的传输，进行监控，辅助操作。
- (3) 采用全智能机器人。

其中，远程控制是比较简单的办法，主要用于对环境有很好了解的情况下，并要在近距离环境中进行；遥现技术可以实现远距离控制，但操作者只是从图像中获得信息，对环境的了解不够充分，而且需要作业机械有一定的智能性和自主性；采用全智能机器人则要求有一个近似于人的机器人能够对环境进行辨识、分析、做出决策等，这是最好的解决办法，但这种能够适应复杂场景的全智能型自主机器人在很长时期内几乎不可能实现。

事实上，面临的操作环境，尤其在隧道、深坑、煤窑等环境复杂的作业中，既要让人处于安全状态，又需要有对环境进行辨识并能够做出正确决策的智能系统辅助，以防止机器损毁、倾翻等事故发生。所以仍然希望机器与高智能的人协调参与，才可能解决和克服诸多的技术问题和困难。

问题在于，是否有这样的可能：既有人的参与，又能对操作环境进行比较充分的了解，使其操控作业机械顺利完成作业。这样既可降低对作业机器的智能性要求，又可使处于安全状态，顺利地完成任务。所以人机协调、人对环境的认识成了解决此类问题的瓶颈。

既然自主性机器人不可能在现阶段实现，那可否由人来代替其进行决策，并利用计算机来进行存储、计算或逻辑推断？

计算机具有处理能力、控制开发能力等，是否可以成为一个能将人的某些行为与现有的作业机器协调结合起来的最好工具？

既然 VR 能解决多维信息空间的数据处理问题，又能对人进行认知，那么就可以建立融合了人的感觉、知觉和多种数字信息交互的由虚拟与现实组合而成的多维空间。这为前面提出的在危险作业环境下的工程机械顺利作业提供了技术上的可能。为此将这门技术引入物料搬运的工程机械作业环境中，以期获得较好的解决办法。



1.5 基于 VR 的物料搬运机械远程操作理论

通过前面的分析,结合物料搬运机械作业的特点,基于 VR 的远程操作和仿真是 VR 技术在现代物料搬运领域中应用的一个重要方向。把采用此技术的物料搬运系统称之为虚拟远程物料搬运操作和仿真系统。该系统主要由传统的物料搬运机械、高性能计算机和一些 VR 设备(如头盔、跟踪器、数据手套、传感器等)构成,其中的 VR 设备根据实际系统的需要进行不同的配置。

以典型的物料搬运作业机械——叉车为例进行分析,在以叉车为作业机械进行的虚拟远程操作仿真研究中,虚拟远程物料搬运系统的一般工作方式和设计思路可概括为:利用多部摄像机、麦克风、传感器或其他设备获得操作现场的图像和声音,经过计算机处理后生成与真实现场几乎完全相同的三维虚拟环境;工作人员在远程操作室中,戴上头盔和耳机,以虚拟环境作为工作现场,通过虚拟控制台利用多种人机交互设备(如数据手套、手柄和键盘等)向系统发出操作指令,系统将操作指令转化为相应的控制信号来控制现场的作业机械进行搬运和装卸作业。基于这种思路的虚拟远程物料搬运仿真系统的结构如图 1.7 所示。

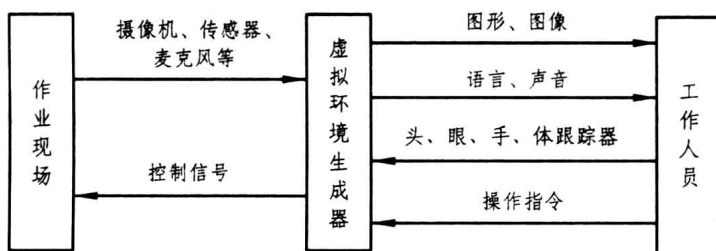


图 1.7 虚拟远程物料搬运仿真系统结构示意图

在图 1.7 所表示的系统结构中,不仅要生成与作业现场一样的三维虚拟环境,让操作者看到现场的图像,听到现场的声音,而且人作为参与者也要成为虚拟环境中的一部分。跟踪器的作用是跟踪操作者的头、眼、手、身体的姿态,将操作者融合到虚拟环境中。操作者根据虚拟环境中的情况发出的各种操作指令,可以通过各种能精确表达操作者意图的交互设备发出,若系统允许,还可以通过其他的非精确交互手段进行,如通过手势和语言进行操作。指令执行的结果通过图像、声音、触觉等信息反馈给操作人员。

依据图 1.7 建立的系统跟传统的物料搬运作业相比,其优点是显而易见的:操作人员可以远离对人不利的工作现场,同时又能获得作业现场的真实情况,使远离现场的操作人员能像身在现场一样进行工作。这种操作模式,保证了人身安全,减轻了劳动负担,能有效地发挥操作人员本身的主观能动性和判断力,提高了工作效率。如对此系统加以适当改造,就可以作为相应机械设备的仿真训练系统。