

虚拟现实技术的最新发展与展望

陈浩磊^{1,2}, 邹湘军¹, 陈燕(1)¹, 陈燕(2)¹, 刘天湖¹

(1. 南方农业机械与装备关键技术省部共建教育部重点实验室, 广州 510642;

2. 华南农业大学信息学院, 广州 510642)

摘要: 对虚拟现实技术的最新发展及应用领域如军事、医学、考古、教育训练、灾难重现、工业制造、娱乐、农业和计算机技术等进行了论述, 提出了利用虚拟农业技术重现农作物生产过程中的病虫害及其治理过程中受污染情况的观点, 对虚拟现实技术的发展、应用前景和研究热点做了展望。

关键词: 虚拟现实; 多感知交互; 虚拟农业

中图分类号: TP391.9

文献标志码: A

文章编号: 1673-7180(2011)01-0001-5

Overview of the advance in virtual reality technology

Chen Haolei^{1,2}, Zou Xiangjun¹, Chen Yan(1)¹, Chen Yan(2)¹, Liu Tianhu¹

(1. Key Laboratory of Key Technology on Agricultural Machine and Equipment, Ministry of Education, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2. Informatics College, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: The latest developments in virtual reality technology and its application in various domains such as military, medicine, archaeology, education and training, disaster recovery, industrial manufacturing, entertainment, agriculture, and computer technology are reviewed. A proposed agricultural use of virtual reality technology to model the process of pest control in crop production and the resulting extent of crop contamination from a government regulatory point of view are discussed. Finally, an overview of future prospects in virtual reality technology development, application, and research are provided.

Key words: virtual reality; multiply sensor interact; virtual agriculture

虚拟现实技术是一种可以创建和体验虚拟世界的计算机技术, 它利用计算机生成一种模拟环境, 是一种多源信息融合交互式的三维动态视景和实体行为的系统仿真, 可借助传感头盔、数据手套等专业设备, 让用户进入虚拟空间, 实时感知和操作虚拟世界中的各种对象, 从而通过视觉、触觉和听觉等获得身临其境的真实感受。虚拟现实技术是仿真技术的一个重要方向, 是仿

真技术与计算机图形学、人机接口技术、多媒体技术、传感技术和网络等多种技术的融合, 是一门富有挑战性的交叉技术^[1]。

近年来虚拟现实技术发展迅速, 笔者从虚拟现实系统及其应用的角度, 综述了国内外虚拟现实技术的最新成果, 并作了展望。

收稿日期: 2010-01-06

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50775079); 广东省自然科学基金资助项目(9251064201000009, 9151064201000030); 高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(200805640009); 国家星火计划资助项目(2010GA780049); 国家自然科学基金资助项目(30900870)

作者简介: 陈浩磊(1970—), 女, 讲师, 主要研究方向: 计算机软件、农业机械化工程, 陈燕(1): 副教授; 陈燕(2): 研究生

通信联系人: 邹湘军, 教授, 主要研究方向: 智能设计与制造、虚拟现实与仿真, xjzou1@163.com

1 国内外虚拟现实技术最新发展

1.1 虚拟现实系统

1994年Burdea和Coiffet描述了Virtual Reality的3个基本特征,即想象、交互和沉浸,(3I, Imagination Interaction Immersion)。因VR技术的硬件、软件和领域不同,3I的偏重也各有不同。想象是指虚拟现实技术具有广阔的可想空间,可拓宽人类认知范围,可再现真实环境,也可以随意构想客观不存在的环境;沉浸即临场感,指用户感到作为主角存在于模拟环境中的真实程度,虚拟现实能提供给用户一个真实的虚拟环境,用户在其生理和心理的角度上,对虚拟环境难以分辨真假,如同在现实世界中的感觉;交互是指用户实时地对虚拟空间的对象进行操作和反馈^[2]。多感知交互是虚拟现实的灵魂。为了更真实地表现虚拟现实中心理和生理的感觉,日本于2004年开发出一种嗅觉模拟器^[3],2009年3月英国的工程和物理科学研究会上展示了能提供味觉、嗅觉和皮肤温度感受的原型虚拟茧(virtual cocoon)^[4]。

虚拟现实技术的原理如图1^[5]所示,人在物理交互空间通过传感器集成等设备与由计算机硬件和VR引擎产生的虚拟环境交互。立体显示原来如图2^[1]所示,多感知交互模型如图3^[5]所示。来自多传感器的原始数据经过传感器处理成为融合信息,经过行为解释器产生行为数据,输入虚拟环境并与用户进行交互,来自虚拟环境的配置和应用状态再反馈给传感器。

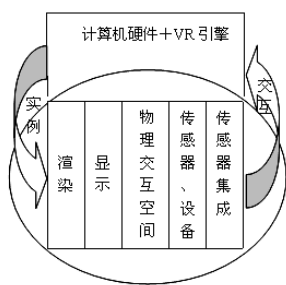


图1 虚拟现实技术原理

Fig. 1 Virtual reality technology principle

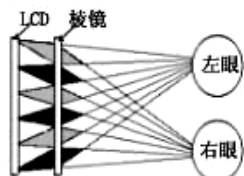


图2 立体显示原理

Fig. 2 Stereo display principle

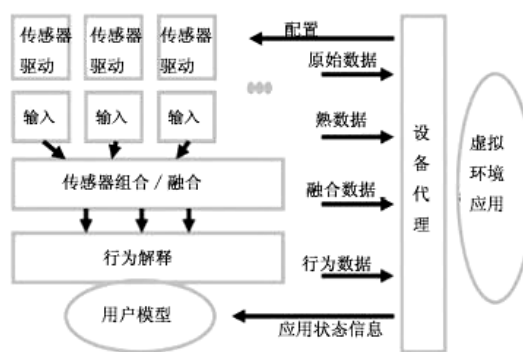


图3 多感知交互模型

Fig. 3 Multiply sensor interact modeling

1.2 虚拟现实系统的划分

虚拟现实系统根据用户参与形式的不同一般分为4种模式:桌面式、沉浸式、增强式和分布式。桌面式使用普通显示器或立体显示器作为用户观察虚拟境界的一个窗口;沉浸式可以利用头盔式显示器、位置跟踪器、数据手套和其他设备,使得参与者获得置身真实情景的感觉;增强式是把真实环境和虚拟环境组合在一起,使用户既可以看到真实世界,又可以看到叠加在真实世界的虚拟对象;分布式是将异地不同用户联结起来,对同一虚拟世界进行观察和操作,共同体验虚拟经历,如用于部队联合训练的作战仿真互联网^[6]。

1.3 虚拟现实硬件

硬件产品在虚拟现实系统的发展中具有非常重要的作用,以至于人们将虚拟现实描述为“头盔式显示器、数据手套”,而忽略了其最本质的定义,即“真实感体验”^[7]。

虚拟现实技术硬件的关键是计算机技术的发展。高速计算和传输才能实时产生更逼真的体验,避免发生计算和传输滞后带来心理疾病。支持虚拟现实的计算机一般是图形工作站。微机系统的发展,性价比高,虚拟现实技术得以从实验室和专用机构发展到社会的各个领域。沉浸感离不开头盔显示器(Helmet-Mounted Displays),第1个头盔显示器于1966年由MIT林肯实验室研制成功。立体眼镜用于3D模拟场景的观察,它利用液晶光阀高速切换左右眼图像原理,是经济实用的VR观察设备。1985年产生了第1个数据手套,集成了传感器技术和光纤技术等,能感知手指关节的弯曲状态,精确定位,产生力反馈,能进行抓取、移动和旋转等动作。1987年发明了多方位体验真实感体验的传感数据服。三维空间跟踪定位器是VR系统中用于空间跟踪定位的装置,有6个自由度和3个自由度之分。3D立

体显示器可以实现三维模型的立体显示,观察者无须戴立体眼镜。立体投影系统是指采用多台投影机组合而成的多通道大屏幕展示系统,更具冲击力和沉浸感效果。

1.4 虚拟现实软件

VR技术的发展是与VR软件相辅相成的。OpenGL是通用共享的开放式三维图形标准;WorldToolKit(WTK)是提供完整的三维虚拟环境开发平台;Vega主要应用于实时视觉模拟;Open Inventor是面向对象和交互式的专业3D图形开发工具包;OpenGVS用于场景图形的实时开发;EON是实时视觉效果与物理机制以及真实的人体动作有机结合体;VRML和X3D常用于基于Internet的网络虚拟现实;AVS/Express涉及工程分析、航空航天、遥感和国防等领域;STK用于航天和卫星的虚拟仿真;STAGE Scenario是作战指挥等高度灵活开放的开发平台;CG2 VTree是基于便携平台的图象开发包;VRAX和NavMode的沉浸感做得比较好^[8];VirSSPA通常用于虚拟医学手术流程^[9];VEStudio主要应用在三维地理信息、展示和古迹复原等。

国内虚拟现实软件包的研发相对美欧国家较晚,主要有WEBMAX、VRP、“通用分布式虚拟现实软件开发平台”^[10]、北京航空航天大学分布交互仿真开发与运行平台BH HLA/RTI^[6]、华南农业大学的“视景仿真系统”^[11]等。

2 虚拟现实的应用及部分研究机构

2.1 虚拟现实的应用

虚拟现实技术正在广泛地应用于军事、建筑、工业仿真、考古、医学、文化教育、农业和计算机技术等方面,改变了传统的人机交换模式。

在军事领域,虚拟现实在提高军队训练质量、节省训练经费,缩短武器装备的研制周期,提高指挥决策水平等方面都发挥着极其重要的作用。如海湾战争的美国士兵对周边的环境不觉得陌生,是由于虚拟现实曾把他们带入那漫无边际的风尘黄沙,让他们“身临其境”感受到沙漠的荒凉。虚拟军事训练有3种训练模式:单兵模拟训练、近战战术训练和联合指挥训练。单兵模拟训练包含战斗机虚拟训练模拟器;近战战术训练供作战人员在人工合成环境中完成作战训练任务;联合指挥训练是在网络技术支持下,在VR环境下进行对抗作战演习和训练,如同在真实的战场上^[16,12]。此外,虚拟制造技术也广泛应用于武器的研制上。

在工业仿真中,利用虚拟样机技术可对模型进行各种动态性能分析,并改进样机设计方案,用数字化形式代替传统的实物样机试验,可减少产品开发费用和成

本,提高产品质量及性能。该项技术一出现就受到了工业发达国家有关科研机构和企业的高度重视,著名的实例就是波音777飞机利用虚拟现实成功设计出来。清华大学、北京航空航天大学、华中科技大学和浙江大学等在虚拟样机上有比较成熟的研究成果^[13-16]。

虚拟现实在建筑上可以实施视觉模拟,如实现建筑物、室内设计、城市景观、施工过程、物理环境、防灾和历史性建筑模拟等。“Walk Through”是一种沉浸式的交互,参观者恍如置身建筑里。荷兰Eindhoven大学Calibre研究院的产品、美国洛杉矶和费城的虚拟建筑三维模拟系统被认为是全球最成功的虚拟建筑模拟系统之一。

虚拟现实正在改变着考古的模式。国内虚拟现实考古的研究成果如殷墟、敦煌数字博物馆、龟山汉墓和虚拟颐和园等,重点在场景浏览和漫游上^[17-20]。土耳其著名的Çatalhöyük^[21]采用的是三维重构技术。挖掘技术限制、空气污染和旅游业的发达等原因导致遗址和文物受到伤害,理想的虚拟考古是利用田间信息技术、虚拟现实技术和数据库技术等获取遗址的内、外部环境,甚至细节,从而建设一个数字化遗址和博物馆。

在医学界,虚拟现实技术主要是用于虚拟解剖、虚拟实验室和虚拟手术等。在虚拟解剖方面,德国在20世纪90年代初用人体切片重构为数字人,逼真地重现了人体解剖现场,而无需担心成本、伦理等问题。汉堡Eppendorf大学医学院还构造了一套人体虚拟现实系统,训练者带上数字头盔就可以进行模拟解剖。在虚拟医学实验室,学生们可以恍如真实地了解实验的原理和步骤,对一些有毒害的实验进行虚拟检验等。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,但这些方法不能重复进行,或者会给操作对象带来一定程度的伤害,而利用虚拟现实技术,训练者可以“沉浸入”手术情景进行外科手术训练。虚拟内窥镜手术是虚拟现实在医学上最广泛和成熟的应用^[22]。虚拟现实手术室除了虚拟手术刀、数据手套等外,甚至有细致和逼真的如喉、子宫、肝脏、血管、头颅等^[23-25]人工器官,还可以做血管介入治疗、颅内静脉畸形手术^[26-28]。虚拟现实技术也用于治疗,国内外许多研究学者开展了将VR软件用于听力和视力受损者训练、牙检测治疗^[29-32]等研究和应用。

在农业领域,除了利用虚拟制造技术来研制农业机械外,还利用软件模拟生物的真实环境和生长过程或通过传感器采集生物信息重构生命过程^[33-34],如重现农作物生产过程中的病虫害和治理,计算出污染程度等,以杜绝农作物的污染源头,对于食品安全而言,意义深远。

VR 技术已改变了传统教育模式,由督促教学的被动学习模式转变为学习者通过自身与信息环境的相互作用获取知识、技能的主动学习模式。虚拟实验室可以让学生亲身经历如太空旅行、化合物分子结构显示等比传统教学更加具有说服力的校园学习。虚拟实训基地可用于驾驶等传统职业技能训练技术和虚拟消防训练^[35],国外的虚拟消防训练已经深入儿童群体^[36]。

在灾难模拟与重现方面,虚拟现实技术正发挥着惊人的作用,如矿山事故模拟与分析、火灾重现、飞机遇难模拟、交通事故再现和犯罪现场重现等^[37-39]。这些 VR 技术产生的“重现”与分析,对减少和避免灾难的发生意义重大。

丰富的感觉能力和三维显示使得 VR 技术成为理想的视频游戏工具。3D 游戏一般基于情节驱动^[40],而国内学者已研发出利用机械信息和生物芯片获取人体信息驱动游戏角色的健身器械^[41]。

VR 技术是基于计算机技术发展起来的,同时又给了计算机技术新的灵感,虚拟机和虚拟化的概念是值得关注的战略技术和趋势。物理机领域拥有的特性已经快速向虚拟化领域迁移,如基于虚拟环境的虚拟交换机、虚拟网络加速设备和基于虚拟机的容错能力等^[42]。

2.2 国内虚拟现实的部分研究机构

国内虚拟现实研究蓬勃发展,研究机构包括北京航空航天大学^[43]、浙江大学、中科院计算所、清华大学、武汉大学和华南农业大学等^[44]。

3 展望

虚拟现实技术依赖于计算机的高速运算和传输。高速运算和传输能解决虚拟现实环境的复杂逼真的环境构造和海量数据处理的问题,从而解决因计算和传输滞后引起参与者的心理疾病。

虚拟体的基本属性是与几何、物理和生物行为融合的。再好的真实感也离不开虚拟体的仿真行为。虚拟现实技术的真实感主要体现在视觉和听觉上,“多感知交互”正在成为热点。对力反馈系统的进一步研究、嗅觉、味觉和体表感受都是未来虚拟现实的内容。基于互联网的虚拟现实伴随互联网的发展而成为热点。

我国的虚拟软件还处于起步的阶段,希望国内有更多的自主知识产权的开发平台。

国内的食物安全问题严峻,利用虚拟现实技术重现农作物生产过程中的病虫害和治理过程,并计算污染程度等,在源头杜绝污染是食品安全监测的有效手段之一。

广阔的应用领域又向虚拟现实技术提出了新的创

意和难题,应进一步推动虚拟现实的发展,目前 VR 技术的发展仅限于人们的想象力。

4 结语

从虚拟现实的定义、硬件、软件和应用等角度,综述了虚拟现实技术发展的最新成果和应用实例,提出了利用虚拟现实技术重现农业生产过程的方法来监控食品安全问题,最后对虚拟现实技术和应用的新热点做了展望。

[参考文献](References)

- [1] 邹湘军, 孙建, 何汉武. 虚拟现实技术的演变发展与展望[J]. 系统仿真学报, 2004, 16(9): 1905-1909.
Zou Xiangjun, Sun Jian, He Hanwu. The development and prospects of virtual reality [J]. Journal of System Simulation, 2004, 16(9): 1905-1909. (in Chinese)
- [2] Forley J D. Interfaces for advanced computing [J]. Scientific American, 1987, 257(4): 127-135.
- [3] 韩晓玲. 虚拟现实技术发展趋向浅析[J]. 电脑知识与技术, 学术交流, 2007, 1(2): 549-550.
Han Xiaoling. Present situation and development about VR [J]. Computer Knowledge and Technology: Academic Exchange, 2007, 1(2): 549-550. (in Chinese)
- [4] Derbyshire D. Revealed: the headset that will mimic all five senses and make the virtual world as convincing as real life [N]. Dailymail, 2009-03-05.
- [5] Blach R. Virtual reality technology-an overview [M]. Netherlands: Springer, 2008.
- [6] 赵沁平. 虚拟现实综述[J]. 中国科学(F 辑: 信息科学), 2009, 39(1): 2-46.
Zhao Qiping. Overview of virtual reality [J]. Science in China (Series F: Information Sciences), 2009, 39(1): 2-46. (in Chinese)
- [7] Steuer J. Defining virtual reality: dimensions determining telepresence [J]. Journal of Communication, 1992, 4(24): 73-93.
- [8] Weidlich D, Cser L, Polzin T. Virtual reality approaches for immersive design [J]. International Journal on Interactive Design and Manufacturing, 2009, 3(2): 103-108.
- [9] Suárez C, Acha B, Serrano C. VirSSPA-A virtual reality tool for surgical planning workflow [J]. International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, 2009, 4(2): 133-139.
- [10] 邓志东, 余士良, 程振波. 通用分布式虚拟现实软件开发平台的研究[J]. 系统仿真学报, 2008, 20(12): 3160-3186.
Deng Zhidong, Yu Shiliang, Cheng Zhenbo. General-purpose distributed virtual reality development platform based on high level architecture [J]. Journal of System Simulation, 2008, 20(12): 3160-3186. (in Chinese)
- [11] 常嵩松. 基于虚拟现实的的视景仿真系统的研究与设计[D]. 广州: 华南农业大学, 2009.
Chang Songsong. Research and design of virtual scene system [D]. Guangzhou: South china agricultural university, 2009. (in Chinese)
- [12] 司光亚, 李志强, 胡晓峰. 虚拟现实技术在模拟军事环境中的应用[N]. 计算机世界, 2007-07-09, (B18-B19).

- Si Guangya, Li Zhiqiang, Hu Xiaofeng. Virtual reality application in simulate military environment [N]. Computer World, 2007-07-09 (B18-B19). (in Chinese)
- [13] 肖田元. 虚拟制造研究进展与展望[J]. 系统仿真学报, 2004, 16(9): 1879-1883.
Xiao Tianyuan. The progresses and prospects of the research on virtual manufacturing [J]. Journal of System Simulation, 2004, 16(9): 1879-1883. (in Chinese)
- [14] 杨叔子, 吴波, 李斌. 再论先进制造技术及其发展趋势[J]. 机械工程学报, 2006, 42(1): 1-4.
Yang Shuzi, Wu Bo, Li Bin. Further discussion on trends in the development of advanced manufacturing technology [J]. Journal of Mechanical Engineering, 2006, 42(1): 1-4. (in Chinese)
- [15] 孙守迁, 黄琦, 潘云鹤. 计算机辅助概念设计研究进展[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2003, 15(6): 643-650.
Sun Shouqian, Huang Qi, Pan Yunhe. Progress of research on computer-aided concept design [J]. Journal of Computer Aided Design & Computer Graphics, 2003, 15(6): 643-650. (in Chinese)
- [16] 郎波, 周长胜, 邓家福. “金银花” CAD/CAM 系统数据集成平台研究[J]. 计算机集成制造系统, 1999, 5(5): 69-72.
Lang Bo, Zhou Changsheng, Deng Jiaxi. Research on Lonicera CAD/CAM system data integration platform [J]. Computer integrated manufacturing systems, 1999, 5(5): 69-72. (in Chinese)
- [17] 段新星, 刘学莉, 刘晨曦. 虚拟殷墟博物苑的三维展示技术[J]. 系统仿真学报, 2005, 17(9): 2187-2190.
Duan Xinxing, Liu Xueli, Liu Chenxi. 3D display technique of virtual Yin Ruin's museum [J]. Journal of System Simulation, 2005, 17(9): 2187-2190. (in Chinese)
- [18] 蒙应杰, 厉亮, 董礼英. 敦煌学 WEB 数字博物馆的研究[J]. 计算机工程与应用, 2004, 40(17): 184-189.
Meng Yingjie, Li Liang, Dong Liying. The research of Dunhuang studies web digital museum [J]. Computer Engineering and Applications, 2004, 40(17): 184-189. (in Chinese)
- [19] 邵亚琴, 汪云甲, 刘云. 基于虚拟现实的龟山汉墓虚拟重建研究[J]. 测绘通报, 2008, 2: 11-15.
Shao Yaqin, Wang Yunjia, Liu Yun. Virtual reconstruction of Guishan tomb based on virtual reality [J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2008, 2: 11-15. (in Chinese)
- [20] 王琳琳, 刘洪利. 虚拟现实下的颐和园[J]. 首都师范大学学报, 2009, 30(1): 76-82.
Wang Linlin, Liu Hongli. Summer Palace under virtual reality [J]. Journal of Capital Normal University, 2009, 30(1): 76-82. (in Chinese)
- [21] Morgan C L. (Re)Building Çatalhöyük: Changing virtual reality in archaeology [J]. Archaeologies, 2009, 5(3): 468-487.
- [22] Marcus Kolga Schlickum, Leif Hedman, Lars Enochsson, et al. Systematic video game training in surgical novices improves performance in virtual reality endoscopic surgical simulators: A prospective randomized study [J]. World Journal of Surgery, 2009, 33(11): 2360-2367.
- [23] Gildenberg P L. Virtual reality in the operating room [M]. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2009, part 4: 725-733.
- [24] 谭立文, 张肖莎, 宋林. 数字化喉标本模型的建立与虚拟现实仿真[J]. 解剖学杂志, 2009, 32(2): 104-107.
Tan Liwen, Zhang Xiaosha, Song Lin. Virtual reality and construction of digital anatomical model of laryngeal [J]. Chinese Journal of Anatomy, 2009, 32(2): 104-107. (in Chinese)
- [25] 叶培香, 张文举, 宋岩峰. 女性内生殖器畸形的虚拟现实研究[J]. 中华实用诊断与治疗杂志, 2009, 23(1): 53-55.
Ye Peixiang, Zhang Wenju, Song Yanfeng. Virtual reality of female internal genitalia malformation [J]. Journal of Chinese Practical Diagnosis and Therapy, 2009, 23(1): 53-55. (in Chinese)
- [26] 张晓路, 周良辅, 毛颖, 等. 虚拟现实环境下颅底肿瘤术前计划的制定[J]. 中国神经精神疾病杂志, 2008, 34(3): 10-13.
Zhang Xiaoluo, Zhou Liangfu, Mao Ying, et al. Preoperative planning of cranial base tumor in virtual reality environment [J]. Preoperative planning of cranial base tumor in virtual reality environment, 2008, 34(3): 10-13. (in Chinese)
- [27] Luboz V, Lai J, Blazewski R. A virtual environment for core skills training in vascular interventional radiology [M]. Biomedical Simulation. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2008(5104): 215-220.
- [28] Ng I, Hwang Peter Y K, Kumar D. Surgical planning for microsurgical excision of cerebral arterio-venous malformations using virtual reality technology [J]. Acta Neurochir, 2009, 151(5): 453-463.
- [29] Londero A, Viaud-Delmon I, Baskind A. Auditory and visual 3D virtual reality therapy for chronic subjective tinnitus: theoretical framework [J]. Virtual Reality, 2009, 14(2): 143-151.
- [30] 任小军, 潘美华, 叶梅, 等. 视觉虚拟现实训练软件治疗 172 例 5-8 岁弱视儿童的疗效分析[J]. 国际眼科杂志, 2009, 9(6): 1203-1204.
Ren Xiaojun, Pan Meihua, Ye Mei, et al. Effective analysis on the treatment of 172 cases of 5-8 years old amblyopia children with the software application for visual virtual reality [J]. International Journal of Ophthalmology, 2009, 9(6): 1203-1204. (in Chinese)
- [31] Luciano C, Banerjee P, DeFant T. Haptics-based virtual reality periodontal training Simulator [J]. Virtual Reality, 2009, 13(2): 69-85.
- [32] 刘冠阳, 张玉茹, 王瑜, 等. 双通道触觉交互系统中牙科手术工具之间动态交互的力觉仿真[J]. 系统仿真学报, 2007, 19(20): 4711-4715, 4738.
Liu Guanyang, Zhang Yuru, Wang Yu, et al. Haptic interaction to realize collision and contact of dental tools in double-channel haptic display system [J]. Journal of System Simulation, 2007, 19(20): 4711-4715, 4738. (in Chinese)
- [33] 张杜鹏. 基于无线网的农业虚拟现实技术的研究[J]. 陕西科技大学学报, 2009, 27(2): 18-21.
Zhang Dujuan. Study of agricultural virtual reality technology based on the wireless network [J]. Journal of Shaanxi University of Science & Technology, 2009, 27(2): 18-21. (in Chinese)
- [34] 王昊鹏, 刘旺, 潘彤. 利用虚拟农业的虚拟现实研究[J]. 电脑编程技巧与维护 (人工智能及识别技术), 2009, 06: 84-86.
Wang Haopeng, Liu Wang, Pan Tong. Research on VR-based virtual agriculture [J]. Computer Programming Skills & Maintenance, 2009, 06: 84-86. (in Chinese)
- [35] 常壮, 邱金水, 张秀山. 基于虚拟现实技术的舰船虚拟消防训练系统体系架构研究[J]. 中国舰船研究, 2009, 4(3): 60-65.
Chang Zhuang, Qiu Jinshui, Zhang Xiushan. Research of the virtual ship fire-fighting training system architecture based on virtual reality technique [J]. Journal of Ship Research, 2009, 4(3): 60-65. (in Chinese)

(下转第 14 页)

从实验结果可以看出, 当字长 N 增大到 256 时, Shift-Min-Write 机制与 DCW 相比, 在减少写操作流量方面仍然能得到近 20% 的改善, 写寿命也得到超过 20% 的改善。而此时 Flip-N-Write 几乎没有改善。在储存开销方面, DCW 为 0, Flip-N-Write 为 $\Theta(1)$, 而 Shift-Min-Write 的存储开销为 $\Theta(\log(N))$ 。

4 结 论

基于 PRAM 写操作比读操作开销大的特点, 提出了一种新的写前读机制: Shift-Min-Write, 从理论分析和实验结果可以看出, PRAM 在写带宽、写寿命和能耗方面均可因该机制获得改善。

由于 Shift-Min-Write 机制是一种简单而有效的机制, 可以在 PRAM 硬件的外围电路中实现, 而且其他系统级的优化方法也不会与该机制产生冲突, 所以可共同应用到改善 PRAM 性能的策略中。

[参考文献](References)

[1] Lefurgy C, Rajamani K, Rawson F, et al. Energy management for

commercial servers [J]. IEEE Computer, 2003, 36(12): 39-48.

- [2] The basic of phase change memory technology [EB/OL][2010-12-21]. http://www.numonyx.com/Documents/WhitePapers/PCM_basics_WP.pdf.
- [3] Qureshi M K, Srinivasan V, Rivers J. A scalable high performance main memory system using phase-change memory technology [C]//Proc. Int'l Symp. Computer Architecture (ISCA). 2009.
- [4] M-systems trueFFS wear-leveling mechanism [EB/OL][2010-12-21]. <http://www.dataio.com/pdf/NAND/MSystems>.
- [5] Yang B D, Lee J E, Kim J S, et al. A low power phase-change random access memory using a data-comparison write scheme [C]// Proc IEEE Int'l Symp. Circuits and Systems (ISCAS), 2007.
- [6] Cho S, Lee H. Flip-N-Write: A simple deterministic technique to improve PRAM write performance, energy and endurance [C]// Proc. Int'l Symp Microarchitecture (MICRO). 2009.
- [7] Bedeschi F, Fackenthal R, Resta C, et al. A multi-level-cell bipolar-selected phase-change memory [C]// Proc IEEE Int'l Solid-State Circuit Conf. (ISSCC). 2008.
- [8] The M5 simulator system [EB/OL][2010-12-21]. http://www.m5sim.org/wiki/index.php/Main_Page.
- [9] Standard performance evaluation corporation [EB/OL].[2010-12-21] <http://www.specbench.org>.

(上接第 5 页)

- [36] Smith Shana, Ericson Emily. Using immersive game-based virtual reality to teach fire-safety skills to children [J]. Virtual Reality, 2009, 13(2): 87-99.
- [37] 姜晓彤, 林柏泉, 王成, 等. 基于虚拟现实技术的煤矿突出事故三维重现的研究[J]. 电气电子教学学报, 2008, 30(6): 40-41, 44. Jiang Xiaotong, Lin Baiquan, Wang Cheng, et al. The research of the 3D reconstruction of the colliery outburst accident based on virtual reality technology [J]. Journal of Electrical & Electronic Education, 2008, 30(6): 40-41, 44. (in Chinese)
- [38] 郭栋, 林国顺. 虚拟现实技术在海上飞机遇难模拟系统的应用研究[J]. 价值工程, 2008, 27(2): 102-104. Guo Shun, Lin Guodong. To study on applying simulation system of virtual reality technology in aircraft accident above the Ocean [J]. Value Engineering, 2008, 27(2): 102-104. (in Chinese)
- [39] 刘晶, 查亚兵. 基于虚拟现实技术的犯罪现场重建系统设计[J]. 微计算机信息, 2009, 25(7): 166-167, 149. Liu Jing, Zha Yabing. The design of alibi rebuild system based on virtual reality [J]. Microcomputer Information, 2009, 25(7): 166-167, 149. (in Chinese)
- [40] Hartholt Arno, Gratch Jonathan, Weiss Lori, et al. At the virtual frontier: introducing gunslinger, a multicharacter, mixed-reality, story-driven experience. Intelligent Virtual Agents [M]. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2009: 500-501.
- [41] 邹得杰, 王红军, 邹湘军, 等. 基于 USB 接口的人体运动数据采集与处理技术[J]. 系统仿真学报, 2007, 19(增刊 2): 275-277. Zou Dejie, Wang Hongjun, Zou Xiangjun, et al. Human body data acquisition and processing technology based on USB [J]. Journal of System Simulation, 2007, 19(Suppl 2): 275-277. (in Chinese)
- [42] 祈金华. 物理机特性向虚拟环境迁移[N]. 网络世界, 2009-01-19 (015). Qi Jinhua. Physical machine character transfer to virtual environment [N]. Network World, 2009-01-19(015). (in Chinese)
- [43] 虚拟现实技术与系统国家重点实验室简介[J]. 计算机研究与发展, 2009, 46(8): 1418. Production of national key laboratories of Virtual Reality technology and system [J]. Journal of Computer Research and Development, 2009, 46(8): 1418. (in Chinese)
- [44] 邹湘军, 罗锡文, 卢俊, 等. 虚拟环境下农业移动机器人行为及其仿真建模[J]. 系统仿真学报, 2006, 18(增刊 2): 551-553, 562. Zou Xiangjun, Luo Xiwen, Lu Jun, et al. Modeling for Behavior and Simulation of Agriculture Mobile Robot in Virtual Environment [J]. Journal of System Simulation, 2006, 18(Suppl 2): 551-553, 562. (in Chinese)