

虚拟教学环境中基于草图的自适应用户界面研究^{*}

滕东兴¹⁺, 杜一^{1,2}, 马翠霞¹, 王宏安¹, 戴国忠¹

¹(中国科学院 软件研究所 人机交互与智能信息处理实验室,北京 100190)

²(中国科学院 研究生院 信息科学与工程学院,北京 100049)

Research on Adaptive Sketch User Interface for Virtual Education Application

TENG Dong-Xing¹⁺, DU Yi^{1,2}, MA Cui-Xia¹, WANG Hong-An¹, DAI Guo-Zhong¹

¹(Intelligence Engineering Laboratory, Institute of Software, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

²(School of Information Science and Engineering, Graduate University, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

+ Corresponding author: E-mail: duy108@mails.gucas.ac.cn

Teng DX, Du Y, Ma CX, Wang HA, Dai GZ. Research on adaptive sketch user interface for virtual education application. Journal of Software, 2009,20(Suppl.):298-305. <http://www.jos.org.cn/1000-9825/09034.htm>

Abstract: Combining sketching user interface and adaptive techniques with virtual reality (VR) techniques will be great helpful to virtual education application. It can improve the intelligence and friendliness of applications by enhancing the interaction processes between users and machines, and the effectiveness of virtual class environment is improved at the same time. This paper builds an adaptive sketch based user interface in virtual environment of education application, which is put into use to meet certain need of special applications. This paper focuses on the research of context process mechanism of sketch user interface of virtual environment of education in detail. Then the paper builds virtual education prototype, and the experimented results show verified the feasibility and effectiveness of this application prototype.

Key words: sketch user interface; adaptive user interface; virtual reality; virtual education

摘要: 将草图技术、自适应技术与传统的虚拟现实技术相结合应用于虚拟教学过程中,通过增强用户和系统之间个性化需求的交互处理来提高系统的智能性和友好性,进而有效提高虚拟教学环境的应用效果。旨在虚拟环境中构建基于草图的自适应用户界面并应用于虚拟教学来满足特定教学需求,着重结合实例分析了基于自适应草图用户界面的虚拟教学环境中的草图上下文处理机制,在上述研究基础上,设计开发了一个虚拟教学原型系统,实验证明该系统在用户体验上有明显的改善。

关键词: 草图用户界面;自适应用户界面;虚拟现实;虚拟教育

数字技术已经无处不在地融入人们的日常生活中,在教育领域也发挥着越来越重要的作用。传统的教学方式教师通过在黑板上书写来完成,这种方式朴素却拥有较好的用户体验,但不能适应动态的教学方式和提供更

* Supported by the National Natural Science Foundation of China under Grant No.60703078 (国家自然科学基金); the National High-Tech Research and Development Plan of China under Grant No.2007AA04Z113 (国家高技术研究发展计划(863)); the Science-Technology Development Plan Project of Shandong Province of China under Grant No.J09LG69 (山东省科技发展计划)

Received 2009-05-03; Accepted 2009-09-30

丰富的资源和内容.多媒体技术的发展使得教学系统功能越来越完善,能够给教师和学生提供多种多样的知识获取方式,但是这种方法的交互性较差,不能充分体现学生的主动参与性以及教师间的互动特性,而这一点在教育理论与实践是很重要的^[1,2].随着虚拟现实技术和笔交互技术的发展,更加直观和高效的方法和技术逐步应用在教学系统中.

虚拟现实技术(virtual reality,简称VR)的三维空间表现能力、沉浸式的交互环境给用户带来身临其境的感受,很大程度上提高了操作过程中的用户体验.VR技术起初主要用作“训练模拟器”,后来又成为改进现有信息系统中人机交互方式的主要手段,现在VR技术已经成为支撑多维信息空间的关键技术,在很多领域得到广泛的应用.特别是在文化教育领域,VR技术在国内外已广泛应用于训练飞行员、士兵、指挥官等人员,同时也用于各种专业教学中,国内一些利用VR技术开发的多媒体软件已经应用到教学实践中^[7].VR的沉浸式交互特性使得虚拟现实技术在信息表现方面有独到的优势,以一种与人类理解信息相似的沉浸性的交互方法来表现信息,减少了人们对信息理解的障碍,其中的交互性决定了虚拟现实表现信息和人类操纵信息的能力^[20].但同时我们也注意到,目前大多虚拟现实系统没有考虑虚拟环境界面特别是虚拟环境中的对象如何呈现才有利于交互任务的完成,也没有考虑如何从用户交互过程中提取用户意图和偏好并根据其来进行界面呈现.这些问题的出现根本原因在于忽视了系统运行时自适应界面的研究.

鉴于将传统板书教学方式与虚拟现实技术相结合的目的,取长补短,我们引入了与传统板书方式接近的草图交互方式.草图是一种更加直观的信息呈现方式和交互技术,它通过使用电子设备模拟纸和笔来实现一种连续的、更加有助于沟通交流的效果,特别是对以图形为主的教学内容,基于草图的用户界面允许用户使用笔勾画草图来实现与计算机系统的交互.通过草图交互和草图识别,我们提出了一种实时反馈机制来改善和加强学习的过程,通过创建草图用户界面和整合一系列用户、环境、系统相关上下文的自适应机制,用户能够使用一种更加自然的交互方式进行信息的录入和处理,从而提高计算机的使用效率^[3,4].草图用户界面技术已经在很多领域应用,比如概念设计、思维道途、音乐创作、公式识别、动画、发型设计、服装设计、园艺设计等等^[5,6].当前草图用户界面和建模的研究已经从单独的界面研究逐渐转向了和多种其它技术结合的交叉研究,比如与三维建模和虚拟环境的相结合.和传统的二维图形环境相比,三维的虚拟现实环境能够在增加信息量的同时提高用户体验^[7].

本文介绍了一种适用于几何教学的草图用户界面,它以一个虚拟教室为依托,并加入了自适应机制的支持.用户的交互过程和领域知识被作为上下文记录下来,来改进自适应的性能.通过原型系统开发,我们验证了通过创建基于草图的教育工具和添加自适应支持,能够使教师和学生能够以一种更自然灵活的方式进行操作来满足教学过程中的各类不同的需求.

1 相关工作

在几何教学和虚拟现实方面国内外已有很多的相关工作.美国Key Curriculum Press研发的Geometer's sketchpad打破了传统几何工具的限制,是一种流行的动态几何教学软件.Plane Geometry作为Z+Z智能教育平台的一部分,整合了动态几何和自动推理的功能.除了包含有Geometer's sketchpad的优点外,Plane Geometry能够对教学中的智能绘制和自动推理有良好的支持.Cinderella是由Jurgen Richert-Gebert和Ulrich Kortenkamp开发的一套动态几何软件^[8],它基于Java平台,继承了Java语言固有的一些优势.以上介绍的系统都是基于WIMP范式,交互的过程经常被某些操作打断,如菜单的选择、按钮上的操作、键盘的输入等.本文中我们将通过草图用户界面来改善这一点.

虚拟教室通过沉浸式的交互能提供更多的信息,但通过地图向导来导航对用户来说并不是在虚拟教室中有效操作的方式,Hartmut Dieterich指出自适应的用户界面是解决这一问题的有效方法^[9-11].随着系统复杂性的加大和操作的多样性,自适应用户界面逐渐发挥着越来越重要的作用,它可以让用户定制展示类型和交互的各种操作.Pat Langley^[12]给出自适应界面的一种定义:自适应用户界面通过构建基于经验的用户模型来改善系统同用户交互的能力^[13].自适应用户界面不再是仅仅根据简单的信息分类或用户习惯实现自适应,而是向着智能

化、人性化服务的方向发展.国外学者采用多智能体技术、基于组件的方法,先后在儿童教学系统、手机操作系统和动态控制系统中引入自适应用户界面.Thompson等人于2003年开发的个性化会话建议系统^[14],Rogers等人于2003年开发的自适应个性股票买卖建议系统^[15],DaimlerChrysler Research and Technology Center开发的自适应路线导航系统和自适应定位系统^[19]等.我们以几何教学为示例,引入了草图交互技术,并将其嵌入到虚拟教学系统中,结合相应的上下文信息,给出了一种支持虚拟教学的自适应机制,提供一种智能的交互方式.在提高了用户体验的同时,改善了用户界面和交互效率.

2 支持自适应的草图界面与虚拟教学框架

2.1 以用户为中心的交互任务模型

在系统与应用设计中,交互技术是人与信息之间的桥梁,它辅助人们在信息空间中进行探索,让人们可以寻找目标、调整参数、查看细节、执行操作等,从而有效地帮助人们分析推理并完成任务.本文从易于被用户理解和易于操作的角度出发,给出了虚拟教学环境和几何教学中的主要交互任务模型.将交互任务主要分为3类:图元操作、视图操作、内容操作.图元操作:虚拟教室和几何应用系统的基本界面操作任务,用户通过它创建2D几何图元/3D图元、修改、将图元调整到合适的位置和大小,以便于识别和进一步的分析.图元操作包括勾画、删除、平移、缩放、选定、旋转等.视图操作:虚拟环境中根据用户类型、交互操作及交互历史等各类上下文信息将用户不同的任务需求映射到对不同视图的交互操作上,让用户多层次、多角度地浏览数据.视图操作包括了总体布局、导航、过滤等,其中过滤是指通过用户属性、交互操作、操作历史等信息在原有视图中滤去不关注的部分操作.内容操作:用户在交互的过程中对图元等数据添加附加信息和利用附加信息的操作.主要包括标记、搜索以及推荐等.其中,推荐指用户在操作过程中获得的智能提示或者导引式操作.

2.2 典型界面

支持自适应的草图界面与虚拟教学的目标是为用户提供二维草图界面并且引导其进入直观的三维教学模拟环境中.用户通过使用草图可以方便地进行类似于使用粉笔和黑板的教学交流方式,同时又具备了强大的计算能力来辅助知识的获取和展示.虚拟现实环境在交互任务执行过程中以用户为中心可以收集用于自适应支持的相关素材,从而达到沉浸交互体验的目的.

和传统的大多数多媒体教学的WIMP界面相比,草图可以反映用户个性化及多样化的绘制风格,它可以通过绘图指示获悉用户的意向,进而为用户提供适当的支持.草图界面试图探索表现与自然之间的均衡.草图界面可以防止用户的思维因菜单、图标以及键盘的过度切换而中断.教师讲课过程中通过自由板书给出说明或者注释的操作一般也具有一定的连贯性,对几何图形的操作也具有连续性.笔划按照功能不同分为三类,一是自由勾画的板书输入标识笔划;二是绘制几何图形笔划;三是对板书和几何图形进行编辑的手势命令笔划.对笔划的分类识别依据当前操作状态和当前上下文信息.其中不同的笔划间可建立关联关系,关联关系主要有两类,一是几何图形之间通过约束关系建立的关联,可实现约束的传播与求解;二是自由勾画的标识和几何图形之间建立的关联,关联建立后,标识即随着几何实体的状态改变而改变.虚拟教学典型界面是可定制的用户界面,用户可实现基本的导航、浏览等操作之外,还可以通过草图界面并可根据不同的需求来构建以用户为中心的虚拟环境.通过简单的草图输入和手势操作,可以实现快速设计和修改^[16].虚拟教学环境和几何课件都可以用草图界面产生,如图1所示.

2.3 知识建模与理解

几何教学中的计算公式和几何约束是很重要的知识,对这些知识的高效获取、操作和重用是提高交互效率的主要方面.约束获取的自适应性改善了交互式的草图操作过程,图2(a)~图2(c)显示了不同几何模型的约束获取.系统自动地根据几何对象的位置主动为用户提供所能捕捉到的约束.图2(d)显示了另外一类约束属性示例,几何对象如三角形的一般属性,例如,中心、高度、角平分线会提供给用户,以便于其在绘制过程中参考.

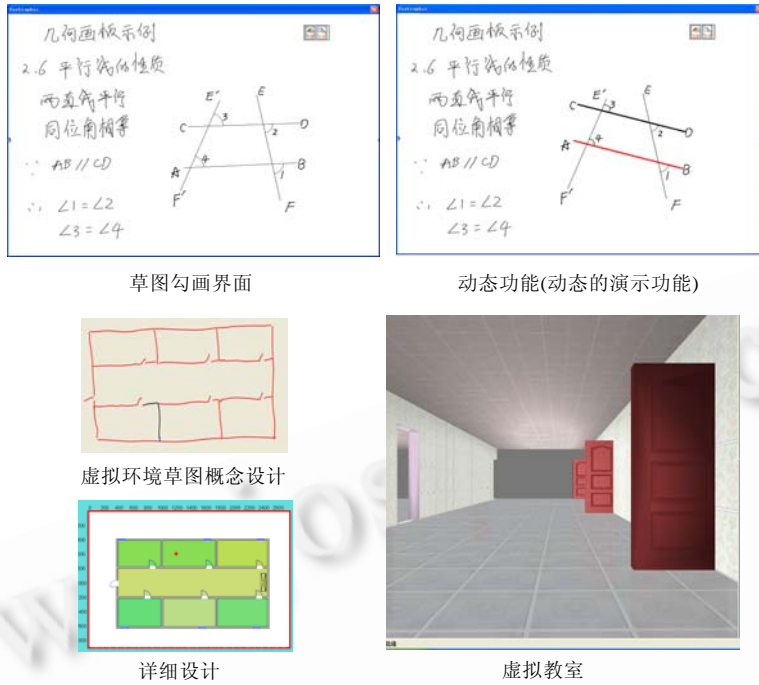


图 1 界面示例

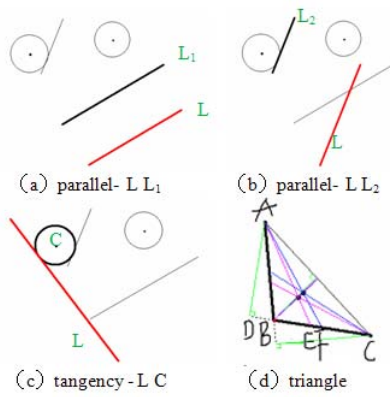


图 2 约束获取的自适应

对于几何教学中的诸多公式、约束和规则,许多教育软件已经提供了综合的知识库来支持教学运作,然而这些软件却很少关心可以提高效率的操作方式和方便快捷的公式创建与修改方式,目前大多数的公式输入主要还是键盘方式,运算符号和公式的整体结构很难输入.为公式以及公式之间的关联提供清晰的直观表示对于知识的重用是十分重要的.如图 3 所示,通过简便的手写输入方式创建公式以及变量,同时在对应的注释界面中给出公式中各字母代表的含义.



图3 公式输入界面示例

公式和变量是几何计算的两个重要方面.用户希望在界面上通过笔输入公式,公式被添加到知识库中以供以后的重用和重新编辑.对于老师来说,他/她可以根据自己的教学习惯和经验来创建课件中的一套公式.这些知识和经验会存入系统中.新用户也可以很容易地通过软件获得以往的经验 and 知识.

2.4 自适应的虚拟教室

和传统的虚拟现实环境相比,支持导航、控制等交互任务并没有很好地考虑到用户的个性化的操作需求和任务需求.具体到虚拟教室来说,用户首先考虑的是在虚拟现实环境中于众多的信息中获取他所想得到的信息(传统的导航地图并不是最好的办法).除了在几何操作中依据约束知识、交互历史等来实现自适应地交互之外,虚拟教室中的自适应支持主要考虑到了用户的基本情况、背景信息以及当前的状态等为基础.

为了识别用户的个体属性和状态,主要流程设计如下:(1) 收集用户一般特征,例如,职业(这里指学生还是教师)、姓名、性别、年龄等.对于老师来说,要涉及课程类型、身份、管理的年级等等;对于学生来说,要涉及年级、状态等等.(2) 收集与教室直接相关的用户的描述信息.在虚拟教室中,对于不同属性的用户有不同的界面呈现和操作权限.(3) 动态信息应当与交互历史和过程一致.例如,如果老师或者学生对于课程赋予了额外的特征,例如添加了关于课程的相关资料,虚拟教室的布局也会相应自动地改变.

虚拟教室外观和内容的自适应是以用户的基本情况、现有的知识水平和现有的自适应机制为基础的.当前的自适应机制影响着虚拟教室的状态(图4和图5).例如,当一个用户进入教室时,系统将会依据他的身份、当前状态给出他能够操作的功能和资源的类型.随着交互的更新以及状态的更新,当前的自适应机制将会被更新.

首先,用户选择自己的角色(老师或者学生)并且进入虚拟环境,之后用户可以浏览教室,如果他/她对教室内容感兴趣,他/她就可以进入教室.如果用户是一个老师,他可以提供课件或者回答学生提出的问题等.如果用户是一个学生,他可以检查布置的作业或者阅读相关资料等.



教师典型界面:显示了他所管理的所有班级的基本信息,班级名、学生数量、课程类型等

学生典型界面:显示科目以及对对应老师的基本信息

图4 自适应虚拟教师的主界面示例

虚拟教室对用户的操作会进行适当的过滤,并且为用户推荐合适的自适应机制,来辅助用户完成任务.比如老师有权布置和修改作业,他更关注的是在学期里成绩变化最大的学生.图 5 给出了次级自适应界面示例.虚拟现实界面和草图界面会吸引那些有特定的教学或学习方式的用户,适用于没有熟练掌握 wimp 界面的用户,对于某些用户来说,它能够较大程度的改善用户体验.



教师典型操作菜单,例如讲课、批改作业、评分等等

学生典型操作菜单:例如浏览作业、提问等等

图 5 次级自适应界面

3 系统实现与评估

图 6 给出了系统设计与开发的结构图示.在草图用户界面模块中提取和分析了自然的特征,然后将其理解为语义草图或手势.并且在二维草图应用中,两个不同草图的相似之处能够根据其几何特征计算出来,进而提供给用户.在三维模型中,以用户的属性基础,系统为不同的用户提供自适应外观.

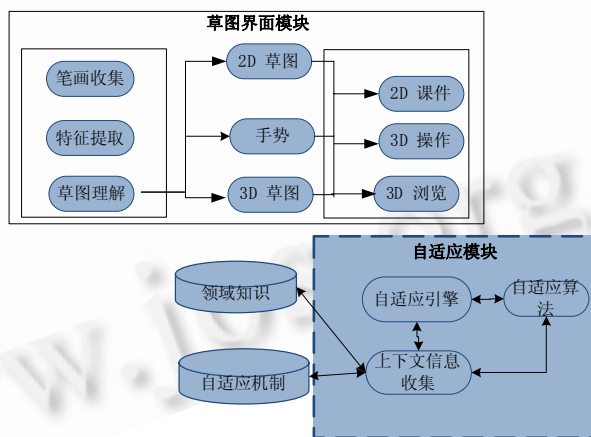


图 6 系统结构图

信息过滤和推荐是自适应用户界面最普遍的例子.自适应模块由信息收集和自适应规则来确定,通过连续不断地收集和分析上下文信息和交互历史等来实现自适应的交互支持.上下文信息主要包括两部分:动态信息和静态信息.动态信息主要包括操作进程和交互历史;静态信息主要包括用户基本属性、环境上下文、任务上下文等.为了分析简单,我们采用 XML 格式来存储相关的信息.

为了检验现有系统的可用性,我们进行了相关的评估试验.首先,我们选择 10 位年龄在 15 岁~30 岁之间的被试,其中包括 5 名女性和 5 名男性,2 名老师和 8 名学生,用户个人信息事先输入系统中.系统环境如下:CPU 为 Intel Core2Duo T5250;1G 内存;操作系统为 Windows XP.在经过对系统的使用进行了培训之后,我们让用户执行一些特定任务.例如,老师的任务是建立虚拟教室并且提供几何课件;学生的任务是通过浏览选择几何课程后并

且提交几类几何规则描述.任务完成后对被试进行了面谈和问卷调查,调查问卷结果显示,大多数反馈是肯定的.下图列出了用户意见的主要统计结果.

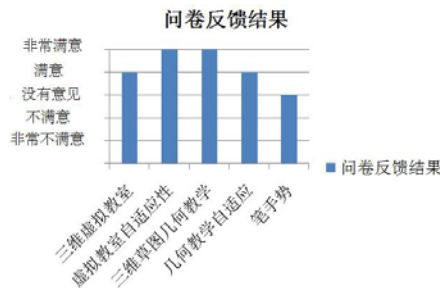


图7 评估实例

同时在实验过程中我们还发现了一些问题,草图和笔手势的歧异会导致误解,并且对于人机之间任务分配的规则导致的在自适应和直接操作之间的平衡还有待改善,某些时候自适应的交互反而会降低用户的操作效率.同时,三维草图的操作和虚拟教室的建立相比于二维草图来说结构复杂,过程中的直观效果不是很好.

4 结论和展望

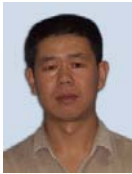
本文针对虚拟教学过程中的具体需求,分析了虚拟现实环境下教学活动的任务模型和对象操纵特点,将自适应技术与草图技术相结合应用于虚拟现实环境中,开发构建了基于自适应用户界面的虚拟课堂原型系统,有效改善了交互过程中的交互效果和用户体验.应用过程表明将草图技术与自适应技术相结合应用于虚拟环境中以完成对象操纵等交互任务是一种可行的尝试,对于未来虚拟现实、人机交互技术具有一定的借鉴作用.

由于篇幅和时间限制,本文仅对虚拟教学环境中基于草图的自适应用户界面进行了初步尝试,在实现过程中关于虚拟环境中教学任务过程中交互历史的表达、记录和分析利用等技术还需要深入的研究和探讨,未来的工作将以虚拟教学环境中的任务分析、自适应交互机制构建与求解为突破点展开深入研究.

References:

- [1] Rbeiz MA. Semantic representation of digital ink in the classroom learning partner [MS. Thesis]. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2006. 1-9.
- [2] Monahan T, McArdle G, Bertolotto M. Virtual reality for collaborative e-learning. *Computers & Education*, 2008,50(4):1339-1353.
- [3] Shesh A, Chen B. Smartpaper: An interactive and user friendly sketching system. *Computer Graphics Forum*, 2004,23(3):301-301.
- [4] Ma CX, Dai GZ, Teng DX. Gesture-Based interaction computing in conceptual design. *Journal of Software*, 2005,16(2):303-308.
- [5] An introduction to sketch-based interfaces. In: Proc. of the SIGGRAPH 2006.
- [6] Sketch-Based interfaces: Techniques and applications. In: Proc. of the SIGGRAPH 2007.
- [7] Bouras C, Tsiatsos T. Educational virtual environments: Design rationale and architecture. In: *Multimedia Tools and Applications*, Kluwer Academic Publishers, 2006.
- [8] Wilson Stothers. The interactive geometry software Cinderella. <http://www.cinderella.de/en/home/index.html>
- [9] Nijholt A. Agent-Supported cooperative learning environments. In: Proc. of the Int'l Workshop on Advanced Learning Technologies, 2000.
- [10] Rickel J, Johnson WL. Virtual humans for team training in virtual reality. In: Proc. of the 9th Int'l Conf. on Artificial Intelligence in Education.1999. 578-585.
- [11] Repo P. Facilitating user interface adaptation to mobile devices. In: Proc. of the 3rd Nordic Conf. on Human-Computer Interaction. 2004. 433-436.
- [12] Langley P. User modeling in adaptive interfaces. In: Proc. of the 7th Int'l Conf. on User Modeling. New York: Springer-Verlag, 1999. 358-369.

- [13] Langley P, Fehling M. The experimental study of adaptive user interfaces. Technical Report 98-3, Institute for the Study of Learning and Expertise. 1998.1-13.
- [14] Thompson CA, Goker MH, Langley P. A Personalized system for conversational recommendations. Journal of Artificial Intelligence Research, 2004,21:393-428.
- [15] Yoo J, Gervasio M, Langley P. An adaptive stock tracker for personalized trading advice. In: Proc. of the 8th Int'l Conf. on Intelligent User Interfaces Int'l Conf. on Intelligent User Interfaces. 2003. 197-203.
- [16] Olsed L, Samavati FF, Sousa MC, Jorge JA. Sketch-Based modeling: A survey. Computers & Graphics, 2009,33: 85-103.
- [17] Fischer G. User Modeling in Human-Computer Interaction User Modeling and User-Adapted Interaction. Kluwer Academic Publishers, 2001.65-85.
- [18] Brusilovsky P, Cooper DW. Domain, task, and user models for an adaptive hypermedia performance support system. In: ACM IUI 2002. 2002.
- [19] Rogers S, Fiechter CN, P Langley. An adaptive interactive agent for route advice. In: Proc. of the 3rd Annual Conf. on Autonomous Agents. Int'l Conf. on Autonomous Agents. 1999.
- [20] Raper J. Multidimensional Geographic Information Science. Taylor & Francis, 2000.



滕东兴(1973-),男,博士,副研究员,主要研究领域为信息可视化技术,可视分析技术.



王宏安(1963-),男,博士,研究员,博士生导师,主要研究领域为人机交互技术.



杜一(1988-),男,硕士生,主要研究领域为信息可视化技术.



戴国忠(1944-),男,研究员,博士生导师,主要研究领域为人机交互技术.



马翠霞(1975-),女,博士,副研究员,主要研究领域为人机交互技术,草图用户界面.