

## 面向多用户交互桌面的界面管理系统\*

吴晨俊<sup>+</sup>, 史元春, 索岳

(清华大学 计算机科学与技术系, 北京 100084)

### UI Management System on Multi-User Interactive Tabletop

WU Chen-Jun<sup>+</sup>, SHI Yuan-Chun, SUO Yue

(Department of Computer Science and Technology, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

+ Corresponding author: E-mail: AnwingWu@gmail.com

Wu CJ, Shi YC, Suo Y. UI management system on multi-user interactive tabletop. *Journal of Software*, 2010,21(Suppl.):33-38. <http://www.jos.org.cn/1000-9825/10004.htm>

**Abstract:** Interactive tabletop is now receiving wide publicity for its natural setting for collaboration. However, few works have carefully studied the user interface management on tabletop, and many problems are still to be resolved. In this paper, we carry out a systematic research on tabletop UI management, and develop a system to facilitate user interaction on tabletop. Firstly, based on the analysis of tabletop's horizontal display, multi-user usage and natural input features, we identify four fundamental requirements for tabletop UI management: input management, layout management, conflict management and authority management, which are significantly different from UI management on desktops. Secondly, we design a model for tabletop UI management. It contains a hierarchical structure for organizing surface elements, Object Manager for multi-user interface controlling, and Input Manager for processing concurrent multimodal inputs. Thirdly, we implement a system, uTablePlatform based on our model, and an SDK for users developing applications on uTablePlatform. At last, we carry out a user study, where four groups carry out a travel planning task using uTablePlatform. Results suggest that the UI management technique we present can help people complete individual or collaborative tasks effectively on tabletop.

**Key words:** tabletop; user interface management; multi-touch, multi-user; collaboration

**摘要:** 针对多用户交互桌面的界面管理问题,通过需求分析、界面建模、原型实现与用户研究四个阶段的研究,提出了一个完整的界面管理方案。首先基于对交互式桌面水平显示、直接输入以及多用户使用三个特性的分析,提出了桌面界面管理中输入管理、布局管理、权限管理和冲突管理四个方面的新需求,这些显著区别于台式计算机上的界面管理。在此基础上,设计了层次式的桌面交互界面模型,它自底向上由处理多用户输入的输入管理层、控制交互界面的对象管理层、以及基于树状结构组织的图形对象层组成。进而,实现了多用户桌面的交互界面管理系统 uTablePlatform,并开展了实际的用户研究。4组测试者在 uTablePlatform 上分别完成了一次旅行规划的任务,观察和问卷结果表明本文设计并实现的界面管理系统可以有效的帮助用户完成桌面交互任务。

**关键词:** 交互桌面;多用户;协作;交互界面管理

随着多触点输入和显示技术的发展,交互式桌面在“面对面”协作任务中显示出了巨大的潜能,其应用涉及

\* Supported by the National High-Tech Research and Development Plan of China under Grant No.2009AA01Z336 (国家高技术研究  
发展计划(863))

Received 2009-07-15; Accepted 2010-07-09

会议、娱乐和展示等多种场合.由于它充分利用了人们在使用传统物理桌面时的经验,并借助于计算机的强大计算能力,交互式桌面正日益成为普适计算环境中的重要组成部分.

目前,针对交互式桌面系统已有许多研究.其中一些工作关注交互式桌面的硬件设计,如 DiamondTouch<sup>[1]</sup>和 Microsoft Surface.其他工作致力于交互式桌面上的交互技术<sup>[2,3]</sup>或应用程序<sup>[4,5]</sup>的研究.而几乎所有的这些工作均与交互式桌面的界面管理系统有关.交互界面管理系统负责定义桌面应用程序的外观,组织结构,以及同用户的交互方式.在台式计算机上,交互界面包括命令行界面(如 DOS 界面)与图形界面(如 Windows 界面).可以说,交互界面的设计能够决定用户是否能真正理解并使用交互设备.

然而目前的研究并未完整探讨多人交互式桌面上的界面管理系统的设计.大部分的桌面系统的研究均相对独立,提供的往往是单一的应用场景,仅允许用户完成特定的任务.这些局限使得用户很难在交互式桌面上进行复杂的协作任务.针对这些问题,我们设计并实现了多用户桌面的界面管理系统,它整合了已有研究,并提供了新特性以支持多个用户与桌面的无缝交互,为用户提供与传统物理桌面相似的交互体验.

## 1 研究背景及动机

桌面是人们生活和办公中最常见的设施之一.由于具备承载物品的功能,它可被单人用作书桌或工作台,也可被多人用作餐桌或会议桌.目前,在交互式桌面的输入输出技术上已有许多重要的进展,很多商业产品,如 Microsoft Surface, SmartTable 已经进入了市场.这些进展为研究人员设计新的交互技术来增强桌面的使用带来了许多有利的条件.

交互桌面界面的设计均遵循了“隐喻(metaphor)”的方法.桌面上呈现的数字内容被封装成了“对象”,以代表物理物体的隐喻,例如将文本的界面设计为纸质造型来代表文档.因此,桌面界面的设计在很大程度上试图给用户提供一种与实际物理物体相似的交互体验,并考虑了桌面多点输入等特点.ShapeTouch<sup>[2]</sup>考虑了交互式桌面上多点和形状输入的特点,通过力学隐喻定义了如何通过用户与桌面接触的形状、压力和运动速度来实现对数字对象的操作.Storage Bin<sup>[6]</sup>引入储藏箱的概念,用户可以将数字对象放入存储箱内,从而可同时移动和管理多个物体.

也有许多工作致力于探索交互式桌面的新型应用场景<sup>[4,5]</sup>,包括娱乐、规划、研讨等.通常这些应用涉及到多人围绕桌面完成一个特定的任务.每份工作均从数字对象的显示和操纵等方面展示了不同的交互设计方案.例如,Interface Current<sup>[5]</sup>针对多人应用的场景,将 Lazy Susan 旋转餐盘引入了交互式桌面,它允许多人共享物品,完成照片浏览和分享等协作任务.

为了便于研究人员探索交互式桌面带来的各种应用可能性,还有一些工作致力于提供软件开发工具包(SDK).这些开发包分别面向不同平台,提供了开发支持多点触控应用程序的框架.DiamondSpin<sup>[7]</sup>分析了交互桌面界面需要具备的基本功能,提供了一套面向 Java 的软件开发包.它支持数字对象的旋转、桌面区域的划分以及多人并发输入和协同工作.其他类似的开发包还包括面向.NET 的 Microsoft Surface SDK 和面向 Python 的 PyMT<sup>[8]</sup>等.

虽然上述研究均是有益的,然而他们相对独立,并仅仅关注了整个交互式桌面软件层面的一部分.真正把它们联系在一起的是交互界面管理系统,它位于桌面硬件和应用程序之间,定义了如何将硬件采集的输入分发到应用程序,控制应用程序的启动、关闭和相对位置,并协调多个用户的工作.目前最广为人知的界面管理系统是台式计算机上的窗口系统,它面向单用户和单触点输入,将每个应用程序界面封装在一个窗口中,并允许用户通过拖动窗口边框来改变窗口的大小和位置.然而,由于交互式桌面和台式计算机的显著差别,使得窗口系统无法直接移植到交互式桌面上,目前也没有工作系统的讨论了交互式桌面上的界面管理应如何设计,这为面向交互式桌面的交互模式和应用的研究带来了许多不利的影响.针对该问题,我们设计并实现了面向多用户交互桌面的界面管理系统,它考虑了交互桌面的新特性,支持多个用户与桌面的无缝交互,为用户提供s了与传统物理桌面相似的交互体验.

## 2 多用户桌面交互管理的新需求

交互式桌面同台式计算机相比,主要有 3 方面的不同:1) 采用水平显示设备,使得用户观察桌面显示对象的角度不再唯一,并且对桌面显示对象有了远近的感觉;2) 采用手指、激光笔等直接输入设备,一方面使得用户可以通过最直观的方式来操作显示对象,另一方面也造成了操作范围有限、存在遮挡、输入精度低等问题;3) 面向多用户的应用场景,要求交互界面能支持多用户的并发操作,以及多人协作和交流.交互式桌面的这些新特性为其界面管理系统的设计与实现提出了新的需求,我们将它们概括为 4 类:

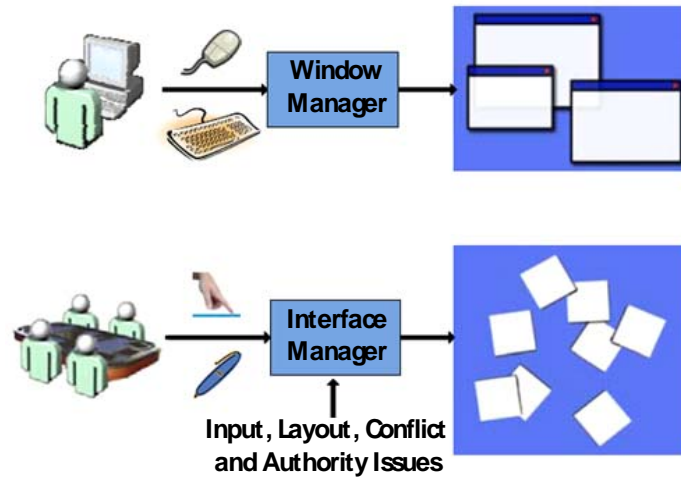


Fig.1 Comparison of the user interface management between desktop and tabletop

图 1 台式计算机与交互式桌面交互界面对比

**输入管理:**交互式桌面上的界面应该提供适合于直接输入的管理方式,克服直接输入精度低、存在遮挡等问题.这要求系统能支持手势输入,并能够统一将不同设备的输入转换成输入命令.其次,输入管理还需要支持多用户的并发输入,满足多用户应用的需求.

**布局管理:**布局管理定义交互界面的外观、布局和交互方式,它构成了交互界面管理系统的主体结构.针对桌面水平显示、直接输入和多用户的特点,布局管理要求对界面布局属性、交互方式和组织方式进行重新定义,并能支持区域划分、物品共享等协作任务.

**冲突管理:**由于交互式桌面支持多点并发输入,输入间可能存在冲突.Meredith<sup>[9]</sup>将桌面上的冲突归为了三类:全局冲突、整体元素冲突和子元素冲突.交互式桌面的交互界面管理系统应该使得协同工作的用户能够意识到潜在的冲突,并建立一套协调机制来消解可能发生的全局冲突和整体元素冲突.

**权限管理:**权限<sup>[10]</sup>决定谁可以操纵桌面上的图形对象,这对于桌面上的协同任务起着重要的作用.因此,交互式桌面应具备权限管理的功能,首先,系统需要识别输入是来自哪个用户,完成用户身份验证.其次,系统需要决定输入是否有权被执行,完成用户授权.

## 3 桌面交互界面管理模型

综合不同交互式桌面的应用场景,均可以被归纳为 3 个组成部分:用户、交互界面、应用程序.交互界面作为信息的获取与呈现的载体,在用户和应用程序间扮演着协调者的重要角色,通过向用户暴露的应用程序输入输出接口,将用户和应用程序有机联系起来.

鉴于交互界面信息获取和呈现的主要职能,桌面交互界面管理模型由自底向上的 3 层组成:输入管理层、对象管理层和图形对象层(图 2).

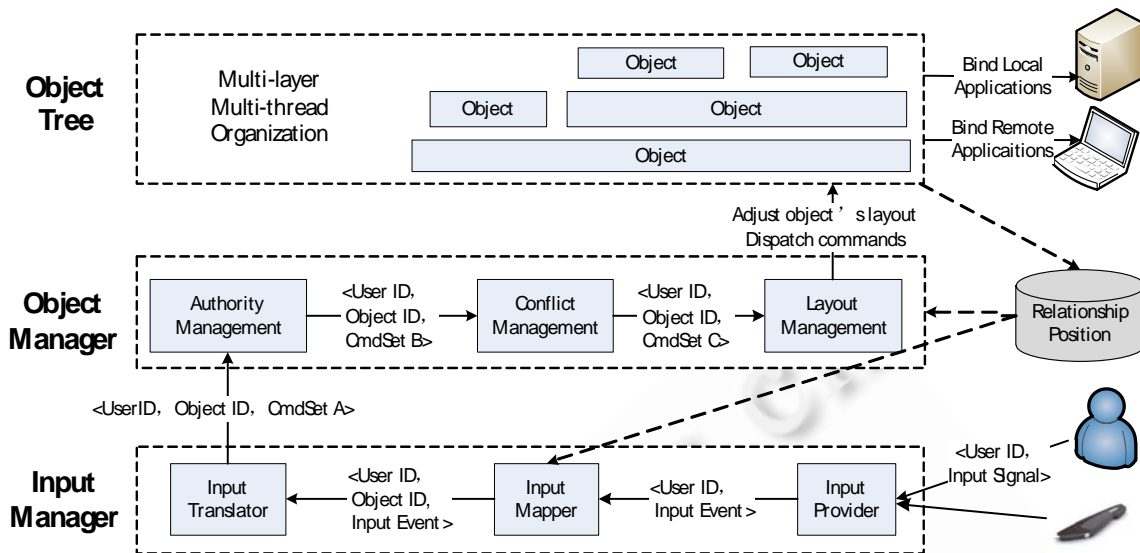


Fig.2 Architecture of user interface management system on tabletop

图 2 桌面交互管理模型的基础结构

3.1 输入管理层

输入管理层定义了交互界面获取用户输入的机制,起到了信息获取的作用.首先,输入管理层同交互式桌面的信号采集模块建立联系,获取用户的输入;其次,该层建立了从用户输入到图形对象的映射机制,以决定输入的目标;接着,对用户的输入进行理解,转换为系统可理解的命令;最后,命令被发送至对象管理层,做进一步处理.

3.2 对象管理层

对象管理层从输入管理层获取用户输入的命令,并根据当前系统的上下文,对图形对象层的结构进行调整,以符合用户期望完成的任务.根据交互式桌面的界面管理需求,对象管理的任务可以被分为 3 个主要部分:1) 权限管理:定义界面的操作权限,决定用户的输入命令是否允许被执行;2) 冲突管理:对多个用户协同工作时的冲突进行检测,并进行消解;3) 布局管理:管理容器内对象的位置.在对象管理层,这 3 方面的任务根据图形对象的 3 种策略而进行,即布局策略、权限策略和冲突策略.每一组策略,其实质是一个命令的处理引擎,负责管理界面的一方面任务.

3.3 图形对象层

图形对象层定义了应用程序可视化的用户接口.它将每一个应用程序表现为一个用户可见的图形对象,类似于台式计算机中窗口的概念.而与之不同的是,交互桌面的对象没有固定的外观,并且有两种操作模式:1) 视图模式:允许用户以统一的方式操作所有图形对象,包括移动、旋转、缩放、移除对象;2) 编辑模式:允许用户对图形对象的内容进行编辑,例如在便签对象上绘制图形.两种模式可通过输入手势进行切换.

同时,图形对象层还定义了图形对象的组织形式.与台式机上的窗口管理模式类似,交互式桌面采用树状的结构组织图形对象.而不同的是,通过定制对象管理层的管理策略,交互桌面上的每个图形对象可以通过自定义的方式对其子对象进行管理.这种可定制的树状组织结构可以很好的支持桌面/物品的隐喻,体现了类似于物理世界中物品的组织方式,满足了人们分组管理物品,暂存物品以及划分工作区的需求.

## 4 uTablePlatform 系统及其用户研究

### 4.1 多用户桌面的交互界面管理系统uTablePlatform

基于本文提出的交互界面模型,我们设计并实现了多用户桌面的交互界面管理系统 uTablePlatform,该系统基于 WPF 编写,实现了交互桌面界面的 3 层管理模型,并为每一层次提供了扩展接口.在输入管理层,uTable Platform 允许用户定制新的输入方式.在对象管理层,允许用户定制界面的管理策略,包括布局管理、权限管理和冲突管理策略.在图形对象层,允许用户开发运行在 uTablePlatform 上的应用程序.

我们将所有 uTablePlatform 的扩展接口以软件开发包(uTableSDK)的形式提供给开发者,研究和开发人员可以利用它进行多用户桌面界面的设计和实验.同时软件开发包中还提供了基于上述扩展接口实现的公共类库,包含对多鼠标输入,基于 TUIO 通信的交互式桌面多触点输入的支持,若干管理策略,以及一组为多触点输入定制的 WPF 控件.

### 4.2 基于uTablePlatform的应用程序

这里我们列举 6 个使用 uTableSDK 开发的应用程序(图 3).这些应用程序均运行在 uTablePlatform 之上,它们展示了,通过对 uTablePlatform 系统输入管理、对象管理以及图形对象 3 个层次的定制,uTablePlatform 可以适用于不同场景下的不同任务,并有效支持多人多任务的并发工作.

其中,HouseDesign,JigsawPuzzle,PhotoBrowse,OrderingTable 是针对家居或餐厅中小幅面交互桌面开发的应用,这类应用往往以全屏模式工作,多人围绕桌面协同完成同一项任务.vtPaper,uMeeting 是针对大幅面会议桌面设计开发的系统,它们基于 uTablePlatform 开发了多种界面布局,冲突消解及权限管理策略,为交互界面引入了工作区和容器的概念,用户可在各自的工作区内独立工作,共同完成会议研讨任务.

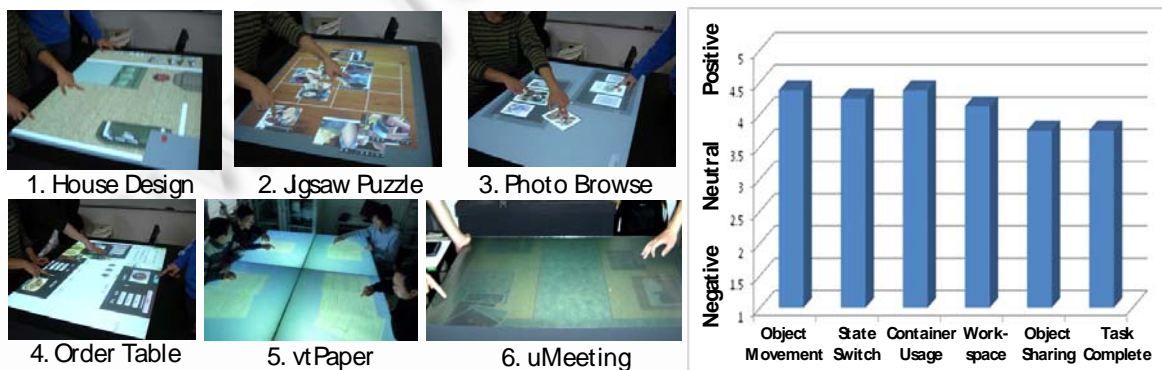


Fig.3 uTablePlatform Applications

图 3 uTablePlatform 应用程序

Fig.4 Investigation questions & results

图 4 评估问卷问题与结果

### 4.3 用户研究

基于图 3 中(6)的会议桌面应用,我们对 uTablePlatform 系统进行了用户研究.测试中,8 名参与者两人一组,协同完成一次旅行规划.任务开始,每位参与者拥有一块工作区,以及若干旅行资料.参与者要求通过面对面交流,材料分享和想法记录来完成该旅行规划的任务,最后他们需要将旅行的行程安排以文字的形式记录在工作区的白板上.整个测试过程分为 4 个阶段:培训阶段、熟悉阶段、测试阶段和评估阶段.

我们对测试过程进行了仔细观察,并分析了拍摄的视频片段.从中我们发现,用户在经过培训和熟悉阶段后,均可以较自由地与系统交互.同时我们还发现了如下观察结果:1) 与图形对象交互:测试者在未训练前就能理解并操纵图形对象,对于视图状态的对象,测试者不会投入过多的注意力,对于编辑状态的对象,测试者会将它调整到合适的位置,并投入所有的注意力.2) 容器的使用:测试者会使用容器对物品进行整理和分组.3) 用户

间协作:测试者会将物品放在自己的工作区内,很少离开自己的工作区,物品会在工作区间进行传递.这些结果表明,测试者在使用 uTablePlatform 进行研讨任务时,有着与物理桌面类似的使用行为.

测试者在评估阶段被要求填写一份调查问卷.问卷涉及若干关于 uTablePlatform 系统操作和体验的问题,以 1~5 分制定量衡量用户对系统的使用体验,其中 5 分为“非常是”,1 分为“非常不是”.结果表明(图 4),测试者总体肯定了 uTablePlatform 系统,它很好的满足了多用户交互桌面上输入管理、布局管理、权限管理和冲突管理这四个方面的新需求

## 5 结束语

交互式桌面界面管理的优劣决定了用户是否能真正接受并使用该交互设备.然而,目前还没有研究完整的探讨了交互式桌面上界面管理系统的设计问题.本文针对多用户交互桌面,提出了一套完整的界面管理方案,并实现了界面管理系统 uTablePlatform.进而介绍了若干基于 uTablePlatform 实现的应用程序,并对其中的一个应用开展了实际的用户研究.结果表明,本文设计并实现的界面管理系统可以有效帮助用户完成桌面交互任务.

## References:

- [1] Dietz P, Leigh D. DiamondTouch: A multi-user touch technology. In: Proc.of the UIST 2001. 2001. 219-226.
- [2] Cao X, Wilson AD, Balakrishnan R, Hinckley K, Hudson SE. ShapeTouch: Leveraging Contact Shape on Interactive Surfaces. In Proc. of the TABLETOP. 2008. 129-136.
- [3] Forlines C, Wigdor D, Shen C, Balakrishnan R. Direct-touch vs. mouse input for tabletop displays. In: Proc. of the CHI 2007. 2007. 647-656.
- [4] Pinelle D, Stach T, Gutwin C. TableTrays: Temporary, reconfigurable work surfaces for tabletop groupware. In: Proc. of the TABLETOP. 2008. 41-48.
- [5] Hinrichs U, Carpendale S, Scott SD, Pattison E. Interface currents: Supporting fluent collaboration on tabletop displays. In Proc. of the 5th Symp. on Smart Graphics. Springer Verlag, 2005. 185-197.
- [6] Scott SD, Carpendale MST, Habelski S. Storage bins: Mobile storage for collaborative tabletop displays. IEEE Computer Graphics and Applications, 2005,25(4):58-65.
- [7] Shen C, Vernier FD, Forlines C, Ringel M. DiamondSpin: An extensible toolkit for around-the-table interaction. In: Proc. of the CHI. 2004. 167-174.
- [8] Hansen TE, Hourcade JP. PyMT: A post-wimp multi-touch user interface toolkit. In: Proc. of the TABLETOP 2009. 2009. 17-24.
- [9] Morris MR, Ryall K, Shen C, Forlines C, Vernier F. Beyond “social protocols”: Multi-user coordination policies for co-located groupware. In: Proc. of the CSCW 2004. 2004. 262-265.
- [10] Krowne A, Bazaz A. Authority models for collaborative authoring. In: Proc. of the HICSS. 2004. 1-7.



吴晨俊(1986-),男,江苏苏州人,硕士生,主要研究领域为人机交互.



索岳(1982-),男,博士,主要研究领域为普适计算.



史元春(1967-),女,教授,博士生导师,主要研究领域为人机交互,普适计算,多媒体.