

# Post-WIMP 环境下笔式交互范式的研究

田 丰<sup>1)</sup> 牟 书<sup>2)</sup> 戴国忠<sup>1)</sup> 王宏安<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>(中国科学院软件研究所人机交互技术与智能信息处理实验室 北京 100080)

<sup>2)</sup>(北京师范大学心理系 北京 100875)

**摘 要** 提出了一种在 Post-WIMP 环境下的笔式交互范式;PIBG. PIBG 范式采用纸笔隐喻,与 WIMP 范式相比,承载应用信息的交互组件由 Window 变为 Paper 和 Frame,用户的交互动作由鼠标的点击变为笔的手势.对 PIBG 范式中静态的界面形式和动态的交互手势进行了研究和设计.结合认知心理学,从信息呈现和交互方式两个方面对该范式的特点进行了阐述.利用 GOMS 模型,从界面呈现方式、手势的效率、用户满意度三个方面对该范式进行了心理学评估.从评估结果可以看出,PIBG 范式通过模拟日常纸笔环境,利用用户原有的知识,可以明显地减轻认知负担,提高操作效率.

**关键词** Post-WIMP; 笔式交互; 交互范式

**中图法分类号** TP311

## Research on a Pen-Based Interaction Paradigm in Post-WIMP Environment

TIAN Feng<sup>1)</sup> MU Shu<sup>2)</sup> DAI Guo-Zhong<sup>1)</sup> WANG Hong-An<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>(Intelligence Engineering Laboratory, Institute of Software, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

<sup>2)</sup>(Department of Psychology, Beijing Normal University, Beijing 100875)

**Abstract** Pen-based user interface is one of the main styles in Post-WIMP user interface. It is designed on the Pen-Paper metaphor that is analogous to the user's real working environment. It is a natural way for recording, communicating and capturing daily experiences. A new paradigm named PIBG is presented in this paper. In PIBG paradigm, P means physical object. Paper and Frame are main physical objects in PIBG paradigm. IB means icon and button. G means pen gesture. PIBG paradigm is based on Pen-Paper metaphor which is analogous to the user's real working environment. Compared with WIMP paradigm, the information presentation style and interaction style have changed. Widget containing application information is changed from Window to Paper and Frame, and user's action is changed from mouse pointing to pen gesture. The UI structure and interaction techniques of the paradigm are constructed in this paper. And the main characteristics of the paradigm are declared in detail from the viewpoint of Cognitive Psychology. At the end, the evaluation of PIBG paradigm is performed based on GOMS model. Evaluation results show that comparing with WIMP paradigm, PIBG paradigm can decrease user's cognitive load and improve user's interaction efficiency when user performs interaction tasks in pen-paper environment.

**Keywords** Post-WIMP; pen-based interaction; interaction paradigm

## 1 引 言

计算机硬件的性能正如摩尔定律所预言,每年都保持稳定的增长,但用户界面的发展却并不是这样.我们可以将过去几十年用户界面的发展用三类截然不同的界面划分成三个时代.批处理方式、命令行方式、图形用户界面,每一类界面都持续了若干年,并成为当时主流的用户界面.图形用户界面的雏形在 20 世纪 70 年代由 Xerox 公司 PARC 研究机构提出.通过 Apple 公司的 Macintosh 操作系统应用,之后 Microsoft 公司的 Windows 和 Unix 系统中的 Motif 窗口系统也纷纷效仿,这种基于 Desktop 隐喻,使用 WIMP(Window, Icon, Menu, Pointing Device)范式的界面一直沿用至今.使得它成为近二十年中占统治地位的一类界面.然而,WIMP 风格自身也存在着缺陷.随着硬件设备的丰富和计算技术的发展,这些缺陷越来越明显地体现出来.这使得人们需要研究和建立更加有效、合理的人机交互风格.首先从界面的信息表示能力来看,WIMP 方式一个重要的缺点是不能用一种自然的方法表示复杂的多维关系<sup>[1]</sup>.在表示多个关系时,不得不使用多窗口环境来表示应用信息.多窗口的划分使得用户需要更大的认知努力来建立起一个完整和一致的认知模型.其次从交互方式而言,由于 WIMP 范式下输入方式的单一,使得对于一些领域内的应用就无法用 WIMP 交互方式来进行自然、合理地表达.当需要同物体进行交互时,只能通过输入方式的组合来实现.这种方法一方面很不自然,另一方面大大增加了用户的交互难度,同时也加重了交互任务的整合工作.正如 Bill Buxton 所言,WIMP 交互方式仅仅利用了人的一个眼睛和一个手指,这对于拥有各种交流器官的人类而言,利用率无疑是非常低下的<sup>[2]</sup>.

从 20 世纪 90 年代初开始,研究者们将研究的焦点聚集到下一代的用户界面的研究上.研究者们提出了 Post-WIMP 和 Non-WIMP 界面.Post-WIMP 界面和 Non-WIMP 界面从主要的研究内容而言是一致的,它们都是针对那些与传统的 WIMP 交互方式不同的新的界面和交互方式进行研究.但它们也略有不同.Non-WIMP 界面完全摒弃了传统的 WIMP 界面.而 Post-WIMP 界面在研究新的交互方式的基础上,并不完全排斥 WIMP 交互方式.从

目前用户界面的发展来看,Non-WIMP 界面要成为主流的用户界面还有很长的一段路要走.而针对 Post-WIMP 界面的研究将会成为相当长一段时间内人机交互领域的研究重点.本文所做的工作就笔式交互这种 Post-WIMP 界面中一种重要的交互风格进行研究.笔式交互基于纸笔交互的思想,模拟了人们日常的纸笔工作环境.这种交互方式对人们而言非常自然,同时它也是一种东方文化的完美体现.这种笔式交互方式可以帮助人们在日常工作中轻松地进行各种文档的处理、思想的捕捉、观点的交流、事件的记录、思维活动的辅助等等.总之,笔式交互方式的研究帮助人们在保持自然工作方式的同时可以充分利用强大的计算资源.在这种方式下,人们在同计算资源的交流过程中无需大的认知和交互负担,只需要保持原有的工作方式即可.

## 2 相关工作介绍

以 Green 和 Jacob 为首的数位学者在 1990 年首先提出了 Non-WIMP 的思想.Non-WIMP 界面就是指没有使用 Desktop Metaphor 的界面<sup>[3]</sup>.van Dam 提出了 Post-WIMP 用户界面<sup>[2]</sup>.他指出 Post-WIMP 界面是一个在界面中至少包含了一项不基于传统的 2D 交互组件的交互技术.Green, Jacob 和 van Dam 虽然对 Non-WIMP/Post-WIMP 界面的风格和特征做了较为全面的描述和展望,但并没有对这些风格和特征作深入的研究.Nielsen 提出的 Non-Command User Interfaces<sup>[4]</sup>从用户输入的角度对 Post-WIMP 的交互特征给出了深入的研究.他指出所有以前的用户界面风格,包括批处理方式、命令行方式、图形界面方式都可以统称为基于命令的界面.在这些界面中,计算机通过接收来自用户的精确的命令来执行相应的操作.而下一代的用户界面可以被认为是非命令的界面.用户同计算机的交互并不通过精确的命令.计算机可以根据用户的交互动作,分析用户的交互意图,来执行相应的任务.这样用户的注意力就可以由关注于操作的控制转移到任务的本身.

针对笔式交互环境,研究者在交互隐喻和界面的设计思想方面做了一些研究.纸笔环境是数千年来人们所熟悉的工作环境.因此在笔式交互的研究中,大都采用 Pen-Paper 作为界面的隐喻.在这种隐喻下,笔是用户的主要交互设备.用户的交互动作

不再是单纯的点击,而是以笔的勾画为主,辅助以点击等多种交互动作。纸作为一种计算设备,它可以接收用户输入的交互信息,进行处理。Igarashi 就纸笔交互环境提出了 Freeform UI 的思想<sup>[5]</sup>。这种交互思想是通过建立纸笔环境的界面设计框架,可分为 3 个基本的部分:笔画的输入,笔画的处理,结果信息表示。这种思想力图在纸笔交互环境中建立起 Non-Command 交互的方式,但其研究并没有涉及纸笔环境下的交互范式等相关的研究。目前也有一些针对纸笔环境下交互范式的研究成果<sup>[6,7]</sup>,但其研究主要都集中在笔式交互特征的研究上。针对具体界面构造方面的并不多见,不过在此值得一提的是 Translucent Patch 的思想<sup>[8,9]</sup>。Kramer 根据人们通常在白板或墙壁上粘贴一些小黄纸片的行为,提出了这种思想:这些黄纸片可以用作部分信息的容器,从而对整体信息产生补充和修正。同时在界面设计中,这种思想具有交互组件的半透明性和不规则性的特征。这两种特征大大提高了信息表现的灵活性,非常适合纸笔交互环境。在本文的研究工作中,我们也借用了 Translucent Patch 的思想来设计框。

### 3 PIBG 范式的提出

笔式用户界面与传统的用户界面有着很大的不同。首先,人同计算机之间的交互方式不再模拟桌面环境,而是模拟人在纸笔环境下进行交互。也就是说,与 WIMP 交互方式相比,界面的隐喻(metaphor)由桌面环境(Desktop)变为纸笔环境(Pen/Paper)。在 Pen/Paper 隐喻下,WIMP 交互范式已变得不再适用。其次,在笔式用户界面中,人们所追求的是一种自然、隐式的交互方式。在这种方式下,用户在同计算机进行交互时所关注的是交互任务本身,而不是如何来执行交互任务。这种方式能极大地提高人机交互的效率,但对于界面的开发者来讲却是一项非常困难的工作。因此,新的交互范式中必须能有效地体现这一点,来帮助开发者快速地构造笔式交互界面。

针对这三个主要方面,我们提出了 PIBG 交互范式, $P, IB, G$  分别与 WIMP 范式的  $W, IM, P$  相对应。在 PIBG 范式中,承载应用信息的交互组件由窗口(window)变为物理对象(physical object), $P$  是这一类交互组件的统称,主要包括 Paper 和 Frame 两类交互组件。 $IB$  表示此范式中与具体语义

无关的直接操纵组件, $I$  是 Icon,  $B$  是 Button。在此范式中摒弃了 Menu 类的交互组件,尽量多地使用 Icon 和 Button,这样可以大大增加直接操纵在整个交互方式中的比例,提高系统的操作效率。 $G$  表示 Gesture,是指此范式中所采用的主要的交互方式。与 WIMP 交互方式比较,用户的交互动作由鼠标的点击(mouse pointing)变为笔的手势(pen gesture)。PIBG 范式并没有在各个方面完全替代 WIMP 范式,它保留了 Icon, Button 等直接操纵组件,但从信息呈现和交互方式两个最为主要的方面有了根本性的改变。

PIBG 范式采用 Pen/Paper 隐喻,模拟人们数千年来形成并熟悉的纸笔交互环境来构造界面的呈现方式。首先我们从交互特征上来分析笔和鼠标的区别。鼠标是一种视觉与动作分离的设备,用户必须注视屏幕上的光标运动同时判断处于视线范围之外的鼠标运动情况。这种视觉和动作的分离造成用户需要更多的注意力去协调两者的关系。而在笔的交互方式下,用户视觉和动作统一,大大地减轻了用户的认知负担。

另外,从运动形式上来说,操作鼠标主要运用小臂和腕部肌肉,运动幅度较大,而且鼠标重量大,稳定性好,因此做直线运动快速准确,适合 Menu 的选择和点击。笔的操作主要靠手指和手腕运动,运动幅度一般较小,并且由于笔轻巧,适合小范围的曲线运动,因此用笔可以轻易地进行勾画,从而完成各种 Gesture 的动作。对于鼠标来说,这些勾画动作都是不可想象的。PIBG 范式正是利用了笔的这种优势,设计出一种不同于菜单模式的交互方式。

下面从信息呈现方面来说明 PIBG 范式的特点。从认知心理学的角度来看,人的认知处理能力主要受制于两个主要的因素:在处理过程中可得到的资源以及可得到的数据的质量<sup>[10]</sup>。在针对某一个任务的认知处理过程中,充足的资源只是提高人的认知处理能力的必要条件,而不是充分条件。在可得到资源有限的情况下,资源数量的提高可以促进认知处理能力的提高。而当资源充足后,人的认知处理能力就只受制于可得到的数据的质量。图 1 可以较为清楚地表示人的认知处理能力和资源之间的关系<sup>[10]</sup>。

因此,在界面的设计中需要在资源和数据的质量之间寻找一个平衡点。由于大量资源的引入会给用户带来大的认知负担,从而增加用户的学习时间,

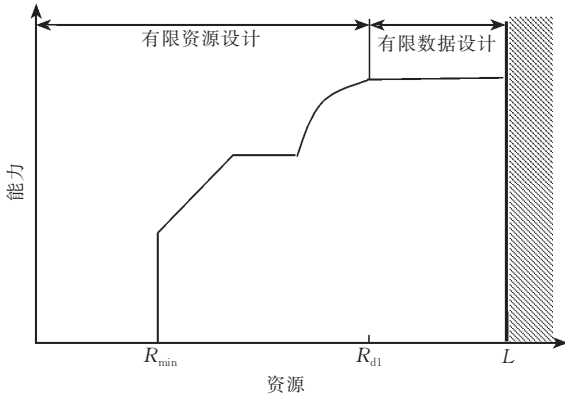


图 1 人的认知处理能力和资源之间的关系<sup>[10]</sup>

增加用户的疲惫和压力感,增加交互过程中的出错概率. 界面设计中的一个首要的设计准则就是通过提高数据的质量来减少资源的消耗<sup>[10]</sup>. 但数据质量的提高又依赖于用户对系统的训练和熟悉,这无疑要让用户花费大量的时间. 如何在界面设计中解决这样的两难选择是一个非常重要的问题. 从信息呈现的角度来看, PIBG 范式恰恰提供了一种非常合理的解决方式. 纸和框的信息呈现方式模拟人们在日常纸笔环境下的信息呈现方式,利用用户原有的(自然的)知识,以此来提高用户在交互过程中的数

据的质量,从而减轻用户的认知负担. 同时将这些用户掌握多年的知识和技能应用到交互中无需或需要很少的训练时间,就可以帮助用户熟练地认知和掌握界面信息和交互方式.

接下来,我们从交互方式的角度来阐述 PIBG 范式的特点. Gesture 是 PIBG 范式下用户同界面交互的主要方式,用户通过 Gesture 来对纸、框或其它组件以及框中的特定内容进行处理. 我们可以从两个方面来对 Gesture 的优点进行阐述. 首先,基于 Gesture 的交互方式同样模仿了人们千百年来在纸上用笔进行交互的方式,可以减轻用户对交互方式的认知负担,减少用户的训练时间,提高操作效率. 比如对文字的编辑,我们采用了以下的 Gesture 进行编辑操作,如图 2 所示. 这些 Gesture 完全模仿人们在纸上进行文字编辑的操作方式. 对于那些熟悉纸上文字编辑的人来说,使用这些 Gesture 不需要任何的熟悉过程. 另外,与真正的纸笔交互环境不同,这些手势的操作将会使文档的内容发生他们所希望的变化,而并不像纸笔环境,仅仅通过纸上的这些 Gesture 来提示人们文章内容结构的变化.



图 2 基于 Gesture 的文字编辑方式

其次,基于 Gesture 的交互方式通过笔在特定的信息上进行直接操纵. 这种方式与 WIMP 范式下利用菜单、按钮等交互组件的方式不同. 在 WIMP 范式下,执行对内容的操作时,用户所关注的焦点将会由内容转向交互组件,当操作完成后,焦点再转回内容. 用户关注焦点的转移使得用户在执行一个交互任务时,过多地关注于交互的执行过程,而并没有完全关注于任务本身. 关注焦点的来回切换会给用户的认知加工过程带来难度,从而影响交互的效率.

图 3 描述了在 Office 中进行文字剪切时的操作过程. 而基于 Gesture 的交互方式是一种直接面向内容的交互方式. 在这种交互方式下,用户所关注的是当前执行的任务和内容本身. 用户的 Gesture 直接作用在内容上,操作过程与内容并不分离. 系统会自动地将用户的交互动作转变为任务执行的命令. 这种方式不需要用户关注任务的执行过程,避免了所关注的焦点发生变化,从而能减轻用户的认知负担,提高操作效率.

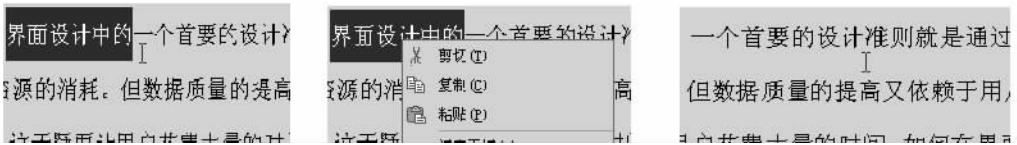


图 3 WIMP 范式下的文字剪切过程

### 4 PIBG 范式的描述

PIBG 范式中, Paper, Frame 以及 Frame 中的数

据构成了界面的 3 个基本层次,如图 4 所示. Paper 模拟现实世界中纸的概念,它用来组织和管理 Paper 中的各种交互组件,包括各类的框、Icon、Button 等. 同时它负责接收和向所管理的组件分发用户输入的

笔交互信息. Frame 是用来组织和管理各种类型的数据的框. 目前已经实现了 7 种不同的 Frame, 见图 5. 框中的数据是与具体语义相关的各种数据. 由于笔交互信息具有连续性和信息多维性的特征, 用户同界面之间的交互可以看成是对连续、多维的笔

信息流的接收、解释、执行过程. 笔交互信息可以在用户的交互控制下, 分别流向不同的元素. 在此范式下, Paper, Frame 以及 Frame 中的数据成为了接收笔交互信息的 3 个基本元素.

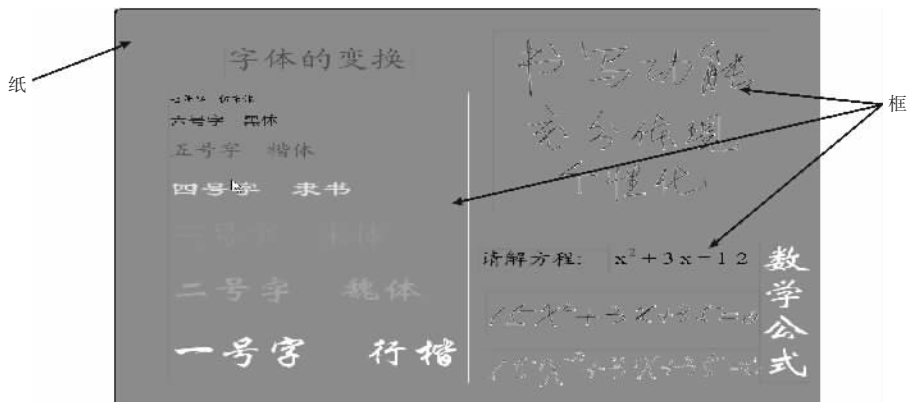


图 4 PIBG 范式下基本交互组件纸和框的关系

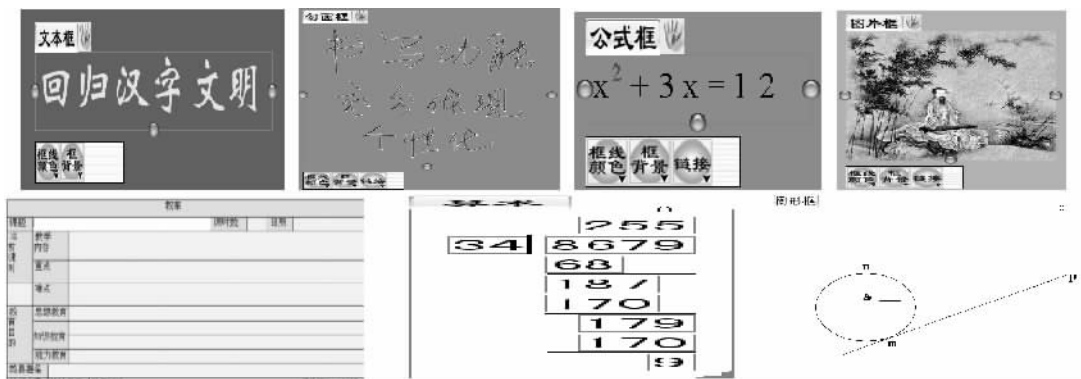


图 5 7 种基本的框

下面我们来介绍一下 PIBG 范式中的交互动作: Gesture. 我们目前定义的 Gesture 主要有 Hold-Up, Tap, Drag, Line, Hold-Line, Zigzag, Cross-Line, Circle, Region 等几大类. 在 Gesture 的设计中, 用户交互的自然性是我们主要考虑的依据. 一个设计优良的 Gesture, 用户在用笔使用它时就像在日常的纸上工作一样. 在交互过程中, 用户将会集中在任务的内容上, 而很少来考虑执行交互任务的过程. 下面, 我们从 PIBG 范式的 3 个基本层次: 纸、框、内容来分别描述 Gesture 在其中的应用.

就纸而言, 在其上的交互任务主要有框的创建、选择. 我们分别就这两种交互任务设计了相应的 Gesture. 对于框的创建任务而言, 其目的是用户在纸上创建一个区域, 此区域用来管理特定的内容. 针对这种交互任务, 我们设计出一种主要的 Gesture: Region. 这种 Gesture 模仿人用笔在纸上画区域的

方式: 用笔在纸上勾勒出一个区域. 我们目前支持一笔的 Region 手势, 用户可用笔在 Paper 上画一笔来勾勒出一个闭合(或近似闭合)的区域, 系统会自动创建一个框, 这种交互方式类似于用 Sketch 方式来构造交互组件的方式<sup>[11]</sup>, 对用户而言非常自然. 同时, 系统的手势识别模块可以根据当前的勾画结果进行识别, 将其转变为长方形等规整图形. 对于框的选择任务, 我们使用两种类型的 Gesture 进行交互, 一种是 Tap 类型, 用户可以用笔直接点击相应的框或其它组件, 进行选择; 另一种是 Region 类型的, 用户可以用笔来勾画出一个区域, 此区域中所包含的所有组件将被选中.

就框而言, 在其上的交互任务主要有: 框的删除、移动, 框交互状态更改, 框属性更改(大小等). 对于框的删除任务, 我们采用 Zigzag 类型的 Gesture, 当用户选中一个或一些框后, 可以用画多折线的方

式来进行删除. 对于框的移动任务, 我们采用 Drag 类型的 Gesture, 用户用笔点击某框后, 并不抬笔, 而是直接勾画出相应的移动路径, 框的位置将会及时地随着笔迹的位置进行反馈. 对于框交互状态更改任务, 我们采用 Tap 和 Hold-Up 两种 Gesture 相结合. 一个框有 3 种基本的状态: 框属性编辑状态(默认状态)、框内容编辑状态、框复制状态. 在框属性编辑状态(默认状态)下, 用户可以通过分别使用 Tap 和 Hold-Up 类型的 Gesture 来进入不同的状态, 再通过 Tap 来回到默认状态. 对于框大小更改任务, 我们使用 Drag 类型的 Gesture. 用户可以用笔直接拖动框的某段边界, 进行放大和缩小. 而对于其它的属性更改任务, 我们主要使用 Tap 类型的 Gesture 进行 Button 的选择.

就内容而言, 对于不同类型的框, 其中的内容类型是不一样的, 但在其上进行的主要的交互任务是相同的. 我们可以将针对不同内容的相同的交互任务中所用到的手势统一起来, 并总结如下: 内容插入、内容选中、内容删除、内容移动、内容倒置、内容替换. 针对线性内容(正文类、勾画类等), 我们设计这 6 种交互任务相应的手交互手势如前面图 2 所示.

## 5 PIBG 范式的评估

PIBG 范式从设计思想上充分考虑到用户交互

的自然性和易用性, 在我们开发的笔式 Office 系统中已经应用了此交互范式. 通过它建立了一个笔式界面软件的构造平台, 并通过该平台建立了一系列的笔式交互应用: 包括笔式讲稿制作和演讲工具, 笔式数学公式识别系统, 笔式简谱识别系统, 笔式儿童三维制作系统等.

我们对 PIBG 范式的自然性和易用性进行了评估. 一方面, 我们对系统的操作步骤进行分解, 据此来考察在 PIBG 范式下的操作步骤是否更简单. 另一方面, 我们组织了 12 名使用者对笔式幻灯系统进行使用, 通过观察他们任务完成的情况, 来评估 PIBG 系统的效率. 这 12 名用户都是大学生, 对计算机比较熟悉, 键盘鼠标操作熟练, 使用过微软的 PowerPoint 系统. 他们用 20 分钟学习并熟悉笔式讲稿制作系统的操作, 然后完成一系列任务, 之后再使用 PowerPoint 完成同样的任务. 最后他们需要回答一份有关系统的满意度问卷. 下面我们从界面呈现方式、手势的效率、用户满意度三个方面对 PIBG 模式的自然性进行评价.

### 5.1 界面呈现方式

PIBG 范式摒弃了 WIMP 范式下的菜单方式, 采用 Icon+Button, 以此减少用户选择命令的层次, 提高任务完成的效率. 我们对两种模式下 6 个典型任务的操作过程进行分解, 并对用户完成这些任务的时间进行了测量, 结果见表 1.

表 1 6 个典型任务的时间测量结果

	PIBG 范式		菜单模式	
	操作步骤	任务完成时间(s)	操作步骤	任务完成时间(s)
建立新胶片	PC	2.21	PCMCMP	4.12
建立文本框	PCPMP	3.06	PCPMP	7.01
改变框颜色	PCPCMP	3.99	PCMPCMP	18.54
改变文字颜色	PCPCMP	3.67	PCPMP	8.01
改变字体	PCPCMP	4.67	PCPMP	13.90
插入图片	CPMP	6.46	PCPMP	7.85

注: P: 指向, 在屏幕上指向某一位置的时间; M: 思维准备, 用户需要思考下一步的动作; C: 鼠标单击(根据 GOMS 模型).

从表 1 中可以看出, 在这些任务的界面呈现中, PIBG 范式与 WIMP 范式一样使用点击的动作来完成(不同的是 PIBG 用笔点击, 而 WIMP 用鼠标点击), 但是 PIBG 通过强调 Icon 和 Button, 摒弃 Menu 的层次操作模式, 从而减少了用户的操作步骤, 提高了任务完成的效率. 从用户实际使用的情况来看, PIBG 模式下所需要的时间也远远少于菜单模式.

### 5.2 手势的效率

手势是 PIBG 范式里笔式交互的重要交互原语. 我们对笔式幻灯系统中采用的 3 种手势: 插入、删除、移动, 分别用于框水平和文字水平, 对其任务完成的效率进行了评估, 并与以鼠标为主的菜单操作模式进行比较. 我们选用了微软 Office 套件中的 PowerPoint 来与笔式胶片制作系统进行比较, 结果如表 2 所示.

表 2 本文方法与菜单模式的操作结果比较

		PIBG			菜单模式			
		操作方式		任务完成时间	操作方式		任务完成时间	
框	复制 粘贴	笔 hold, 拖动到需要的位置		3.27	鼠标右键, 点击“复制”, 再点击“粘贴”, 移动到需要的位置		4.43	
	移动	笔选中, 拖动		3.63	鼠标选中, 拖动		3.76	
	删除	多折线		2.35	鼠标选中, 右键, 选择“剪切”		4.48	
文字	复制 粘贴	选中, 拖动		3.65	鼠标右键, 点击“复制”, 再点击“粘贴”, 移动到需要的位置		4.14	
	移动	选中, 拖动		3.77	鼠标选中, 拖动		8.92	
	删除	手势 1	多折线		3.52	鼠标选中, 点击右键, 选择删除		3.84
		手势 2	勾画		3.71			
手势 3		圈删除		2.46				

从用户的表现中可以看出, 对于删除、移动、复制 3 种任务, 不管是对框的操作还是对文字的操作, 手势所用时间都小于 Menu 方式. 尤其是在移动任务中, 由于在 PowerPoint 模式下, 不能随意在文本框内定位, 因此如果需要将文字从原来的位置移动到别的地方, 往往需要按动多次空格键. 而在 PIBG 范式中, 文字是在框内任意位置定位的, 使移动变得非常简单.

### 5.3 用户满意度

这 12 名用户在试用系统以后, 完成了一份满意度的问卷, 问卷主要包括三项内容: 系统的可学习性、易使用性以及交互方式的偏好.

表 3 试用调查结果

	很好		一般		很差	
	人数	百分比	人数	百分比	人数	百分比
系统的可学习性	8	66.7%	4	33.3%	0	0%
系统的易使用性	7	58.3%	4	33.3%	1	8.3%
对交互方式的偏好	10	83.3%	2	16.7%	0	0%

66.7% 的用户认为 PIBG 范式的系统容易学习并记忆, 由于 PIBG 范式采用的是用户在自然情况下非常熟悉的笔式操作, 因此用户只需要了解立刻就能记住各种手势.

58.3% 的用户认为 PIBG 系统更容易使用, 尤其是在使用手势的任务中, 相比较传统的菜单模式而言, 手势的操作更为简单.

83.3% 的用户更偏好使用 PIBG 范式. 我们分别询问用户对各种操作方式的偏好, 发现在 PIBG 与 WIMP 效率接近的任务中, 用户也偏好使用 PIBG 范式. 这是由于 PIBG 范式更符合以往在纸笔环境下形成的交互习惯, 因此即使在完成效率上 PIBG 与 WIMP 方式一样, 用户也会觉得 PIBG 使

用起来更为自然.

### 参 考 文 献

- 1 Koike H. . The role of another spatial dimension in software visualization. *ACM Transactions on Information System*, 1993, 11(3): 266~286
- 2 van Dam Andries. Post-WIMP user interfaces. *Communication of the ACM*, 1997, 40(2): 63~67
- 3 Green M. , Jacob R. J. K. . Software architectures and metaphors for Non-WIMP user interfaces. *Computer Graphics*, 1991, 25(3): 229~235
- 4 Nielsen J. . Noncommand user interfaces. *Communication of the ACM*, 1993, 36(4): 83~99
- 5 Takeo Igarashi. Freeform user interfaces for graphical computing[Ph. D. dissertation]. Graduate School of Information Engineering, University of Tokyo, Tokyo, Japan, 1999
- 6 Moran T. P. , Chiu P. , *et al.* . Implicit structures for pen-based systems within a freeform interaction paradigm. In: *Proceedings of the CHI'95*, Denver, Colorado, USA, 1995, 487~494
- 7 Ehnes J. , Knöpfle C. , Unbescheiden M. . The pen and paper paradigm supporting multiple users on the virtual table. In: *Proceedings of the VR'01*, Yokohama, Japan, 2001, 157~164
- 8 Kramer A. . Translucent patches: Dissolving windows. In: *Proceedings of the UIST'94*, Marina del Rey, California, USA, 1994, 121~130
- 9 Kramer A. . Dynamic interpretations in translucent patches. In: *Proceedings of Advanced Visual Interfaces*, Gubbio, Italy, 1996, 141~147
- 10 Norman D. , Bobrow D. . On data-limited and resource-limited processes. *Cognitive Psychology*, 1975, 7(1): 44~64
- 11 Landay James A. , Myers Brad A. . Sketching interfaces: Toward more human interface design. *IEEE Computer*, 2001, 34(3): 56~64



**TIAN Feng**, born in 1976, Ph. D. . His major research interests include human-computer interaction, ink computing, virtual reality.

**MU Shu**, born in 1974, Ph. D. candidate. Her major research interest focuses on cognitive psychology.

**DAI Guo-Zhong**, born in 1944, professor and Ph. D. supervisor. His major research interests include human-computer interaction, computer graphics.

**WANG Hong-An**, born in 1963, professor and Ph. D. supervisor. His major research interests include human-computer interaction, real-time artificial intelligence.

## Background

This research is part of the project named Research on Natural, Efficient and Influential Multimodal User Interface, which is supported by Key National Natural Science Foundation of China under Grant No. 60033020. The project is focused on cognition theory, user interface model, user interface paradigm, software framework, and usability evaluation of multimodal user interface. PIBG paradigm is a new paradigm for pen-based user interface that is an important UI style in multimodal user interface. Currently, some applications have been built based on the project.

This research is supported by the National Grand Fundamental Research 973 Program of China under Grant No. 2002CB312103: Theory and Method of Natural and Harmonious Human-Computer Interaction. This project is focused on the important theories and methods of next generation user interface, especially related to virtual reality. The research about PIBG paradigm is partly based on the research of this project, and the research result of PIBG paradigm can be applied in the project for future research on pen-based 3D interaction, etc. .