

用户界面开发系统研究*

陈恩红 (中国科技大学计算机系 合肥230026)

张奠成 (合肥工业大学计算机系 合肥230001)

TP317

摘 要

At present, the research of User Interface (UI) can be categorized into two major branches; one is to improve interfaces of the application, the other is to provide a better user interface management system (UIMS). This paper mainly studies and explores some problems concerning about UIMS, and also introduces the concept of Direct-Manipulation (DM), one of the important directions of UIMS.

一、引 言

一个软件系统的用户界面是指系统中被设计用来与人类用户交互的所有内在设施,这一领域的工作焦点集中在系统与用户之间的有效通讯上。用户界面是一个软件系统成功与生存的重要因素之一。众所周知,传统CAD存在着三大问题:缺乏智能、非集成化、非友好的用户界面,其中有两个问题直接或间接地与用户界面有关。软件工程的经验也表明,用户界面的设计和实现在一个软件系统的开发工作中占据很大的比例^[1]。专家系统方面的报道指出,用户界面的编码量要占整个系统编码量的40%~50%^[2]。因此,用户界面的研究是必要的,而且也相当重要。

二、用户界面和用户界面开发系统

用户界面(UI)的研究分为两大分支:改善系统应用程序的界面和提供更好的用户界面开发系统。应用程序的界面部分与用户直接打交道,对用户,它定义了应用或系统的外观映象;用户界面开发系统(UIMS)则为

用户界面的设计者提供一套表示、设计、实现、评价及维护界面的工具,使他可以实验新的界面,加快产品界面的建立。

应用界面的最近进展着眼于应用系统能够有效地供给对计算机或程序设计了解不多的人使用,而对熟悉这个应用系统的人能高效地使用。一些系统采用了某些专门的办法,可以收集和显示包括图像、文本、图形和声音等多介质的信息,利用窗口、菜单、图符、状态开关等方便用户进行交互,这里的一个主要问题是界面的一致性问题。一个大型的软件系统常常包含有许多工具和应用,不同的部件可能有不同的界面表示。例如,两个工具都用了窗口和下拉菜单,但命令菜单的排列方式不同或者同一功能的命令用了两个不同的名字。这就需要在工具之间建立相互一致的交互方式和外部显示,以缩短用户学习的时间,提高生产率。现在流行的思想是把界面和应用分离,使用户可以按某种通用的范式与系统交互,用户界面的标准化工作^[3]将有助于缓解界面不一致问题。

陈恩红 博士生,主要从事机器学习、UIMS、ICAD环境、OODB等研究。张奠成 教授,博士生导师,现为美国Old Dominion大学兼职教授,主要从事人工智能应用研究工作。*) 国家教委博士点基金资助课题。

与专用的应用界面相反,用户界面开发系统为用户界面的设计者或最终用户提供一种开发专用应用界面的手段。其背后有两种思想:一是已有界面部件的重用,因为即使简单界面的建造也需要大量的设计与实现工作,而一个复杂的用户界面的设计通常要花几年时间。例如,Xerox Star的设计耗时六年才完成^[4]。用户界面开发系统提供了丰富的界面构造部件,经适当改动(或例化)即可构成新的界面,因而,相对地减小了用户界面的设计时间;另一思想是已有界面的扩充,系统提供一套方法或扩充语言,为开发者建造或扩充系统内部的部件和功能,以适应不同应用环境的需求,优良的结构设计是实现这种灵活系统的关键。

1. UIMS的基本特征

UIMS可以看成是一种提高程序设计效率的工具,在这个意义上,它与4GL相似,不过侧重于对说明而不是编码阶段的支持。UIMS的特征可从软件开发者及用户这两个角度来考察^[5]。

从软件开发者角度来说,UIMS应能支持用户与应用之间的对话定义,能对应用采用外部控制方式,并支持应用的输出表示,还具有一个支持应用与用户间进行交互的交互成分。此外,软件开发者要求UIMS必须提供具有下列特征的用户界面:

- 一致性界面。
- 对新用户和熟练用户都能提供支持。
- 为错误处理和恢复提供支持。
- 为应用的剪裁和扩充提供支持。

UIMS通过提供下列功能,帮助软件开发者开发出质量更高的界面:

- 为相关应用之间提供一致性用户界面。
- 鼓励开发和使用可重用软件成分。
- 使应用与复杂的环境相分离。
- 方便应用的学习与使用。

从用户角度来看,UIMS的主要目标是支持对应用的方便、有效使用。因此,它具有如下特征:

- 为多种应用提供一致性用户界面。
- 具有多级帮助或辅助设施。
- 支持对用户的训练。
- 支持用户对界面的剪裁。
- 支持应用的可扩充性。

2. UIMS中的若干一致性问题

无论是从设计者还是从用户角度来看,一致性问题都是一个相当重要而广泛的论题。UIMS中的一致性问题主要涉及以下几个方面:

•作用一致性(Role Consistency)。交互中所涉及的起相似作用的对象在结构上必须相似,以使用户能够对它们的作用进行概化。

•类型一致性(Categorical Consistency)。终端用户应能对相同类型的对象实施相似操作。

•表示一致性。相同对象的多种图示化表示不应毫不相关。

•交互一致性。交互的成分如拖拉(drag)及选择被执行的方式应处处时时相同。

•比喻一致性(Metaphorical Consistency)。对象的行为应与现实世界中其对应物一致。例如,将表示文件的图符(icon)拖到表示文件柜或废纸篓的对象中时,文件消失;在将其拖到表示打印机的对象上时,文件重新出现。

三、UIMS设计中应考虑的问题

1. 使用户界面与应用相匹配

如果新用户界面可通过剪裁开发出来,那么开发者对应用程序不作或仅作少量修改,利用UIMS便能为应用开发其用户界面。然而,如果要添加某种特别风格的新用户界面,可能就要对应用程序作出大量的修改。

用户界面所支持的交互方式并非完全独立于应用程序的功能,用户界面无法支持它和应用程序间的界面中不被支持的功能。下面是可能会出现两个问题:

1) 如果新的用户界面要实现一种与应用不相容的特别交互方式,那么为该应用系

统添加这种新的用户界面可能是种困难的任
务。

2) 应用可能无法支持用以支持用户级
命令的功能。

解决第一个问题的唯一办法是大量地重
写应用程序,或者改变用户界面的说明,然
而,这是人们所不希望的。因此,在新的应
用开发过程中,用户界面及应用设计者必须
互相交流,尽量保证两者的设计是相容的。

第二个问题不象前一个问题那么突出。
如果用户界面易于修改,那么在用户界面级
上,自然我们容易发现并迅速实现有用的命
令;如果应用是在功能很强的程序设计环境
中实现的,那么应用开发者使其与用户界面
的扩充保持同步应不困难。

2. 界面设计与应用设计相分离

许多关于 UIMS 的研究工作及其被开发
的系统都基于用户界面与应用核心相分离的
思想^[8,7]。这里,“分离”的含义并非划一。
它既可以是逻辑上的分离,即用户界面和应
用并不共享数据,相互间的通讯能力非常有限;
也可以是物理意义上的分离,即用户界面
的说明与应用存放在不同文件中。这两种
形式的分离相互独立,因此存在四种可能的
组合。理想的组合方式是物理上分离,逻辑
上不分离。这种组合方式允许分别使用最适
当的语言来开发应用与用户界面,而且交互
式系统中各种不同成分相互之间可以进行必
要的通讯。

3. 对非程序设计用户界面的支持问题

有关 UIMS 的文献普遍认为 UIMS 应支持
非程序设计用户界面的设计专家对用户界面
的设计和实现。比如,在处理用户界面的可
视部分(如图符及屏幕布局)时,可以不需
要程序设计知识与技巧。但是对用户界面某
些部分的开发来说,具备一些程序设计知识
的用户界面设计专家可能要比不懂程序设
计的用户界面设计专家更适合一些;而且,在
界面开发中,对界面进行测试与调试时,往
往需要知道问题是出在应用程序中还是出在

用户界面上,而这通常是一种较困难的任
务。因此,用户具有的程序设计知识对错误
定位或同应用开发者交流时都是有益的。
基于这种认识,我们说,UIMS 的用户应具
备一定的程序设计知识。UIMS 的目标不应
该是消除程序设计,而是要为用户界面设计
者提供适宜的工具集,这些工具的使用可能
需要一些程序设计知识和技巧。

目前,已开发出的 UIMS 有些可不要求
界面设计者具有程序设计知识,如 Tril-
lium^[8], the University of Toronto UI-
MS^[9], 及 Peridot^[10]等;但它们是以丧失其
通用性为代价的,当然,在很多情况下,这
种代价能令人接受。

四、支持界面图形直接操纵 UIMS

对于当前的应用系统,对话是实现人机
交互的一种重要手段。UIMS 可能支持的对话
方式有以下几种^[5]:

- 简单的命令交互。
- 表格交互 (Form Interaction)。
- 问答式交互。
- 仅提供词法反馈的图形操纵。
- 提供语义反馈的图形操纵。
- 图形图像的直接操纵。

理想地,一个 UIMS 应支持多种对话方
式,以便用户根据不同情况选择使用。

1. 当前 UIMS 的不足

目前,大多数 UIMS 的核心任务是组织
用户的交互式输入并翻译成实际的程序行
为。用户使用符合 UIMS 所允许的规范语言
来表示其意欲进行的动作,并通过交互方式
输入给 UIMS, UIMS 通过其对话处理部分对
用户的输入进行处理,并根据处理结果调用
相应的应用程序,对应用领域的数据结构进行
操作,然后以某种形式(如图形)将结果显
示出来,供用户评价。这种交互不断反复,直
到用户的期望输出与显示结果一致为止。因
此,这些 UIMS 的工作主要集中在对话管理
上,它们显式或隐式地利用了用户界面的语
言模型。图1是这类 UIMS 的典型结构^[11]。

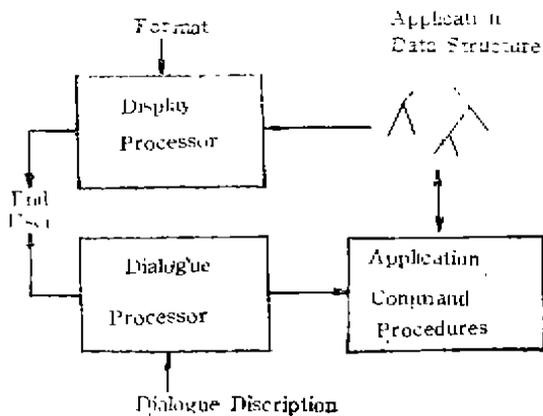


图1

MIKE是美国犹他州 Brigham Young大学交互式软件系统实验室开发的一个UIMS。其中用户对界面上对象的操作不是直接的，必须向系统输入一条符合某语法规则的命令表达式，实现对对象的操作，这种操作需经过多次交互才能完成。可以想象，要对一个极其复杂的图形对象进行修改，利用这种对话方式来完成可能就显得太冗长。因此，我们说，利用这类UIMS所开发出的用户界面的质量并不很高；为此，人们将直接操纵思想引入了界面设计中。

2. 直接操纵用户界面

近年来，直接操纵用户界面受到广泛的重视，并已成为UIMS近年的发展形势^[13]。直接操纵界面是为了解决界面对象操纵的直接性问题，设计过程可以看成是“对表示的操纵”^[14]。一个优良的用户界面要做到“赏心悦目”，尽可能地反映设计者的自然认知结构和认知过程，便于他们有效地表达操纵和观察他们的“心理图像”，这样便可进一步缩小计算机与设计者或用户的“语义距离”，得到一“用户友好的”用户界面。

对于一个直接操纵界面来说，用户有这么一种感觉，就是他对兴趣对象在直接进行操作，这一过程无须系统的介入。例如，有一个支持直接操纵的文件操作界面，在该界面中，兴趣对象是文件及应用程序，它们以图符形式显示给用户，动作的表达主要通过

移动鼠标或按动按钮来完成。用户如果想删除一个文件，只须通过如下方式来进行：首先，用户将光标移到表示该文件的图符上，按住鼠标按钮不放，再将该图符拖到另一个表示“垃圾桶”的图符中，此过程结束后，文件就被删除。从用户角度来看，这一过程非常直观、形象。

Shneiderman (“直接操纵”概念的提出者)认为直接操纵界面应具有以下三个特征^[15]：

- 兴趣对象的连续表示。
- 通过物理动作或按钮操作而不是复杂的语法与对象交互。
- 快速增量式的可逆操作，它对兴趣对象的作用瞬时可见。

除此之外，Hutchins等人^[16]也对直接操纵的特征作了描述，而且更彻底、更抽象。他们从用户观点根据“感觉直接性”描述了直接操纵的特征，具体地讲包括以下三个方面：

- 参与性 (Engagement)。同兴趣对象的通讯具有感觉上的直接性。
- 连接距离 (Articulatory Distance)。与系统的通讯形式能在多大程度上反映出所涉及的应用对象和任务。

• 语义距离 (Semantic Distance)。系统使用的语义概念与用户所使用概念一致程度以及能够被用来达到用户目标的难易程度。

上面关于直接操纵特征的两描述都是基于用户观点来考察的，有助于人们理解直接操纵用户界面的构成。但对于支持直接操纵用户界面的UIMS的设计者来说，还必须更深入地考察这三个方面的特征。

(1) 要实现“参与性”，设计者就必须解决用户与兴趣对象之间的障碍——语法。因为用户将其意图传达给系统需要某种形式的语法，对于一般的UIMS来说，这种语法却是针对整个界面的，这实际上意味着用户是同系统而不是同兴趣对象通讯，因而导致参与性降低。要解决这一问题，就必须让每个对

象都拥有适合于自己的特别语法, 越简单越好, 并应涉及指点 (point) 或拖拉 (drag) 等物理动作, 这样, 界面上的每个对象都具有适合自己的特别小的对话, 用户可以通过简单动作 (如移动鼠标) 自由地激活或取消任意的小对话。因此, 直接操纵界面包含许多相对简单的单个小对话^[17]。

另外, 系统提供的反馈形式也直接影响参与性。传统的反馈形式可以概括成三种: 词法反馈、语法反馈及语义反馈。然而, 为了增强参与性通常需要融合这三级反馈, 尤其重要的是在通常认为是提供词法反馈的地方也能够提供语义反馈, 这也是支持直接操纵的UIMS所必须解决的一个重要问题。

(2) 连接直接性所关心的是用户与系统进行通讯的实际形式。这方面特征对UIMS的表示部分影响最大。在输出方面, 许多UIMS都具有极大的灵活性, 允许用户调用其图形功能并将图像展示在屏幕上。然而, 在输入方面, 系统的灵活性就差多了。通常, 它只支持几种固定形式的交互方式。为了增强连接直接性, 必须提供某种特别机制, 将可得到的设备组织成复合输入或抽象设备, 这方面的工作见[18]。

(3) 要获得高度的语义直接性, 则必须处理好系统的语义概念与用户的语义概念的匹配问题。UIMS必须具有以灵活方式将应用结构化的能力, 而这种能力是通过把应用看作是一个用通用程序设计语言写成的语义动作过程集合来获得的。然而, 在直接操纵的上下文中, 这种方法有其缺点, 为提高“参与性”, 我们可能宁愿将应用看成一个对象集合模型, 其属性及行为可显示在屏幕上供用户评价。对象发生改变时, 其变化通过屏

幕反馈给用户。

根据以上对直接操纵特征的描述, 支持直接操纵的UIMS必须满足如下几个方面的要求:

- 将语法单位减到最小限度, 尽可能使用物理动作而不是语法概念与系统交互。
- 语法应针对单个对象而不是整个界面。
- 更好地支持反馈, 尤其是对语义反馈的支持。
- 表示的灵活性, 尤其是设计特别交互技术及组合这些技术成抽象设备的能力相当重要。
- 基于共享数据模型的应用界面优于基于语义动作过程的传统界面。

五、结束语

用户界面开发系统已受到研究界及商业界普遍认可, 国外已做了不少工作, 并开发了很多系统, 受到不少用户欢迎。这方面的研究目前有三个重要目标: 使UIMS易使用, 增强UIMS的功能, 支持直接操纵用户界面, 以及实现广泛地为人们所接受。要达到前两个目标, 人们必须在图形说明及并行性方面进行努力。要实现第三个目标, 很重要的一点就是使系统具有良好的可移植性, 包括为高度交互式界面定义适当的输入模型。作者在第二个方面已作了一些探索性研究, 提出了一种基于约束的用于支持直接操纵的UIMS系统CBIGT(Constraint-Based Interface Generation Tools), 并利用面向对象程序设计语言Smalltalk/V实现了一个快速原型系统, 取得了很多宝贵经验, 我们将在直接操纵方面进行更深入的研究。(参考文献共18篇略)