人机界面的四种设计方法

Four Design Approaches to Human-Computer Interface

37-41

汪琼 编译

(北京大学计算机系 北京100871)

TP311.5

Ray E. Eberts 在阅读了100多篇有关人机界面设计的文献后,将人机界面的设计方法分为以下四类,即实验方法、预测模型方法、拟人化方法和认知方法。这种分类的好处在于理清了人机界面众多设计方法和研究课题之间的关系,有利于界面设计人员从多个角度考虑界面设计。本文介绍了这四类方法的定义,以及其所涵盖的研究课题、研究方法和一些研究结论,相信对国内从事人机界面设计和研究的同行会有所启发。

一、实验方法

1. 定义

在设计界面时根据交互任务的不同,操作方式可以有多种不同的选择,如可以用菜单、也可以填表、还可以用参数命令、甚至直接操作;输入设备也可以选择键盘、语音、鼠标、或触摸屏。所谓实验方法就是在设计界面时关于输入设备和操作方式的选择是根据实验结果确定的。这种方法的一般步骤为:

- 1) 列出实验要考虑的各种独立变量的不同级别。
- 2) 设计一个与实际类似的实验室里可控制的任务,任务的选择决定了要使用和测试的相关变量的种类。
- 3) 实验在一个受控的环境下进行,这样独立变量以外的因素不会随条件改变而改变。
- 4) 分析实验结果,进行统计分析。

2. 课题

实验方法的研究内容可以分为信息的显示和信息的输入两类。对信息的显示,主要研究界面应该提供什么种类的信息,信息呈现的方式(语音、图形或文字)和显示的信息量,信息的输入主要是研究各种输入设备以决定如何更有效地使用这些设备。

一般界面设计往往是靠直觉,实验方法的实验结果却常常与直觉相反。从下面的实验结果罗列中我们可以看出实验方法侧重的一些研究课题:

- 1) 普遍认为提供给用户的信息应尽可能因人而

异,同时要有礼貌,但一些研究表明恶毒的信息与礼貌语的效果一样。

2) 图形常常被认为是有效的信息呈现方式,一些做比较的实验却发现图形表现一般。在图形的各种属性中,颜色很有用,它可以标出重要的显示项,便于快速搜索。

3) 有大量研究集中于菜单的可用性方面,普遍共识是菜单可以减少操作错误的发生。研究表明在固定位置出现菜单项,或对嵌套菜单提供菜单结构图可以改进菜单显示的效果。

4) 有的研究表明:屏幕越宽,阅读速度越快,但也有实验证实垂直窗口和屏幕上显示的信息数量对于任务的完成没有什么影响。

5) 对输入设备的研究集中于研究各种输入设备在定位(移动光标到屏幕的固定位置)和追踪(移动光标使其追随一个移动目标)两方面的指标,定位实验需要记录定位时间和出错率,追踪实验要测定追踪移动目标的精确度,由此得出输入设备的速度和精确度。输入设备的比较结果与实验测定的内容很有关系,同样的几个设备进行比较,得出的结论各不相同,比如五个比较鼠标和其它设备的实验,两个认为鼠标很快,两个得出鼠标最慢最不精确,第五个实验说鼠标与游戏杆和轨迹球相比最差。实验效果最好的是光笔和触摸屏,但在实际中这两种设备都不普及。语音识别设备目前的实验结果是定位缓慢、错误率高,但追踪性能超过键盘。考虑到其自然响应的特点,可能是未来流行的主流。

3. 评价

由于实验方法的实验常常用新手进行测试,这就意味着实验的结果可能只对新手有意义,大多数研究持续一到两个小时,很少提供训练时间,而且不研究用户行为随时间的变化(在实验方法中将这种行为变化视为专家和新手之间的差异),这样对于要长期学习的系统,这些研究结果只适用于其开始阶段。

由于实验研究的结果与实验设计的好坏有很大关系,实验设计者必须仔细消除可能的干扰,比如一个没有控制的因素,或过于考虑新功能而没有考虑到易用性等等。此外,实验时实验者无意识的愿望也会对结果发生影响,如不注意告诉了测试者希望得到的回答等等。干扰有两类:与设计相关的和与实现相关的,在 Campbell & Stanley [1966] 和 Cook&Campbell[1976]两篇文章中列出了可能发生的干扰种类,可以作为参考。另外,为了保证设计的成功,设计者必须与实验者讨论以决定为什么会发生差异,这些差异对特定应用是否重要。

实验方法的最后一个缺点是缺乏界面设计的理论指导,实验往往是需求驱使的,为在特定的时间解决特定的需求,而不是理论驱使的,在许多情况下如此行为是合适的。但是由于不存在对所有应用都合适的实验,如果没有理论,当新设备和新显示方式产生时,就必须重头做一遍实验,将新的与老的进行比较。

总之,实验方法将界面设计建立在实验基础之上,主要用于测试现有的设计,在许多情况下对设计的认识实验结果与直觉是矛盾的。当运用这种方法的实验结果进行界面设计时,应注意产生结果的实验的设计是否合适,从而了解实验结论的适用范围。在具体界面设计时可以综合利用后面方法的理论以填补纯粹实验方法的不足。

二、预测模型方法

1. 定义

所谓预测模型方法就是在原型设计之前先预测出最好的设计,类似于预测工程模型。下面介绍了两个预测模型方法:GOMS 模型和状态转换网络,由此可以看出预测模型方法是如何工作的。

2. 范例

GOMS (Goals, Operators, Methods, Selection of rules) 模型 基于 Newell&Simon[1972]关于人类

问题求解的理论,由 Card[1983]等人开发,GOMS 模型用目标、操作、方法和规则选择来描述模型是如何工作的。以使用文字编辑器为例,用户常有一些目标在心中,比如“取一段文字,插入到另一个位置”,用户知道能完成目标的操作即编辑命令,和完成这些操作的方法序列或过程,用户还必须在可选的方法中选择,即用户必须选择一组规则来完成目标。GOMS 模型可以预测任务完成的时间,通过评估目标、操作、方法和用户使用的规则集还可以预测可能出现的错误。

比如 Douglas&Moran[1983]将打字机和文字处理器进行比较,以发现打字员换用文字处理器后可能出的错。假设打字员从打字机转用文字处理器后会借用打字机的类似操作,为此从“用同样的键是否完成同样的操作”以及“一个操作在打字机上的效果是否与在文字处理器上一样”两方面列出了打字机和文字处理器的十一点不同,比如在指定位置插入字符,打字机只要打空格到那个位置即可,文字处理器若打空格原有文字就会后移,就不可能在指定位置插入。通过这样的研究,他们发现从打字机转到文字编辑器后,可能会发生75个错误,其中63个错误是可以如此预测出来的。其它的实验也有类似的结果,这说明 GOMS 模型还是很精确的。

为了预测任务完成的时间,Card 等人[1983]采用认知心理学理论,将人类处理器分为三个交互子系统,每个子系统有自己的存储器和处理器,即知觉系统(接受来自计算机的屏幕信息或语音信号)、运动系统(motor system,完成响应)和认知系统(从记忆中检索信息),这些子系统可以用一些重要参数,如存储能力(存储项的个数)、存储项的衰退时间、主要代码类型、周期等进行描述。这篇文章还示例了如何用这个模型预测任务完成的时间,与实验结果有很好的吻合。

状态转换网络 显示了系统如何从一个状态到另一状态,可以用于人机界面设计。一旦设计完成,状态转换网络支持程序可以发现网络的死点,检查同样的输入是否会产生不同的输出。用状态转换网络辅助界面设计,就相当于产生一个没有错误的模型来帮助开发界面原型,修改这个模型只要加入新状态和新转换即可,Roach&Nickson[1983]曾用这个方法在原型实现前测试与计算机的对话设计。状态转换网络对于在设计实现前测试代码的完全性很有

用,但不象 GOMS 模型能预测时间和用户可能发生的错误。

3. 评估

使用 GOMS 模型设计人机界面是一重要进步,由此我们能够基于人类的表现预测设计孰优孰劣,因为 GOMS 对错误和时间的精确预测可以告诉我们用户是如何完成某个任务的。这种方法的主要问题是获取自标、方法、操作和规则集,这取决于用户的叙述能力和任务分析员的提问技巧和记录能力。状态转换模型的应用与 GOMS 略微不同,它不能用于在多个设计间进行选择,但可用于确定某个设计是否完备,网络的自动测试保证了计算机不会处于不可恢复的错误状态,程序员也不必费心测试过程。

三、拟人化方法

1. 定义

所谓拟人化方法就是将人类交流的过程作为人机交互的模型,希望与计算机能象与人一样进行有效的交互。这种方法特别强调界面的友好和自然。界面友好是指计算机与用户的交互类似于人与人之间的交互,即在理想环境下人机交互自然发生,能容错,在需要时就可以得到帮助。对界面的自然则有多种理解,有的认为用自然语言交互就是自然,也有的要求计算机能评估用户的计划,展示它是如何思维的,以及内部处理过程。

2. 课题

由于计算机并不知道它都有什么,不会感觉目光的停留和语音变化表达的强调,因此人机交互不可能完全类似于人-人交互,其类似程度依赖于技术的进步,特别是人工智能的研究。目前有两种做法,一是分析人类交流,收集数据作为计算机系统的设计依据;二是将人机交互与人-人交互比较,对人机交互缺乏的进行研究和引进,如自然语言交互、语音输入、在任务执行时友好帮助等。

将人-人交互作为数据源的方法,是假设只要有可能人总是希望与计算机的交互就同与人的交互一样,自然而有智能。这方面的一些研究如:

1. Pollack 等[1982]记录和分析了收音机咨询节目中的对话,以了解智能专家如何回答询问。结果发现打电话的人很少能说明白要问的问题,专家不得不花时间把问题问清楚,这就是说计算机若要象人,有自然智能的表现,能明确地叙述问题比回答问

题更重要。

2. Ochsman &Chapanis[1974]测试人类交流,得出人类求解问题时的10种方式:打字、书写、影像、语音、以及这些方式的不同组合,分析发现若采用语音作为通讯通道之一,任务求解将更为有效,这意味着人机界面要有智能就必须要有语音输入。

3. Kelly &Chapanis[1977]用人-人交互模型考察人机交互问题求解的自然语言词汇量。先记录两个人一起求解的所有对话,第二组要求只能用第一组最常用的300词协商求解,发现求解表现没有什么差异,这说明一个智能计算机系统进行问题求解只要有300个词汇就够了。Hendler&Michaelis[1983]做限制语法实验,第一组两人的交流不限制语法,第二组两人用限制语法的自然语言交互,在开始的一个小时第一组超过第二组,在第二个小时两组就没有什么差别了,其结论是只要用户有足够的时间适应,计算机系统完全可以采用有限文法。这两个实验都说明只需增加少许努力就可以将计算机系统变得更加自然和智能。

除了做实验说明交互计算机系统应具有的特征外,还可以对人-人交互与人机交互的不一致之处进行分析,从而改进人机交互,这方面的研究包括:

1)自然语言处理。由于人类自然语言处理包含词之间复杂的相互作用、语用和知识背景,为了有效的通讯,就必须知道接收者的知识结构,以便裁剪信息方便理解,仅仅字典并不足以理解自然语言。目前在个别领域自然语言处理是可能的,如 SAM [Cullingford,1981]可以理解报纸上的新闻,因为新闻有固定的结构,如人物、时间、地点、原因和事件,但对其它领域就不行了。

自然语言处理中一个基础理论是概念独立性理论(CD),它解释了人是如何理解句子的,照此理论,计算机将句子按 ACTOR(执行任务的人,即主体)、ACTION(主体做的事,动作)、OBJECT(动作的对象)、DIRECTION(动作的方向,包括 TO, FROM)分解填空。CD 理论很重要的一点是计算机能够理解具有同样意思的句子,如“约翰给玛丽一本书”和“玛丽从约翰那儿拿了一本书”计算机能识别出是一样的。用 CD 理论理解输入的难点在于理解动作 ACTION, Schank&Riesbeck[1981]确定了11个基本动作类,这样当输入的句子没有要填充的信息时,计算机就会用其知识提取主要活动的特征,自动填充缺

少的信息,计算机既然能理解世界就可以较智能地回答问题了,其它的自然语言处理方法也类似。

2)语音识别。现有语音识别系统分为两类:独立于说话人或依赖于说话人的,对词组和句子的识别比较困难,随着词汇量的增加以及对一个语音不同变体的理解,语音识别系统的能力会急剧提高。

3)辅助任务执行。这方面的工作集中于计算机辅助教学,象 Burton&Brown[1979]设计和实现的 WEST 系统中有许多教学规则,用来决定什么时候中断学生的问题求解活动,中断后要说什么,所有这些教学程序都以老师模型作为设计目标,教学时很少有人工干预。

4)可适应系统。是指能自动满足用户需求变化的人机界面,由于新手和专家在一个计算机系统中需要不同的功能,对一个新手的辅助信息会使专家感到厌烦,最好系统能基于用户响应模式自动适应用户,但目前的可适应系统大多基于简单技术而不是用户特征,如可适应终端,其光标闪烁可开可关,有特定可编程功能键。可适应界面一般对用户进行测定,依据用户的响应,自动调节系统与用户的技能程度相匹配。另外用户可以控制通讯模式,许多系统允许用户选择是输入命令还是点触菜单,有的系统可自动从菜单转到命令驱动,完成从新手到专家的转变。

5)用户模型。为了设计可适应系统就需要用户模型,Rich[1983]提出用户模型的三维分析法,概括了各种不同的用户模型,第一维是用于建立模型的人的数目:可以是单个用户或一组单用户模型;第二维是模型建立的依据:或基于用户或设计者的描述,或基于系统对用户的分析;第三维是用户特征:长期特征或短期特征,长期特征包括智力、教育背景、工作技能,短期特征为易变属性,如前一句子的主题、时间等,Rich 还描绘了设计用户模型的两种方法:一是一次推出一个事实,二是一次产生一组事实,关于用户的事实可以通过研究个体是如何使用计算机命令的,或者通过传统的使用方法得出,这种方法对于设计用户主要是新手的系统很有用。

目前真正实现的用户模型很少,较多的工作是在计算机辅助教学领域,通过建立学生模型实现个别化教学,如 Stevens 等1979年分析了学生对于天气预报系统可能发生的错误,设计了一个 CAI 课件来发现这些错误,他为每个学生建立了一个学生模型,

记录这些错误,然后采用五种方法诊断学生知识:1)主题标记(topic marking),系统跟踪提供给学生的信息;2)内容模式(context mode),通过学生输入的问题和对话推出学生的知识;3)BUG 方法,列出以学生的知识对这一主题可能出的错,将学生的表现与错误变体比较直到得到最佳匹配;4)覆盖方法,将学生知识作为专家知识的子集,一旦学生得出专家知识中的正确事实或规则,就认为学生已具有这些知识;5)生成模型,按照解决特定问题的计划标识学生的知识,教学就是按照这些计划组织,对出错的修改和反馈按照特定学生的概念裁剪,不过一些对计算机辅助教学中学生模型的测试发现学生模型并没有改进学生的学习表现。

3. 评价

拟人化方法通过对人类交流的观察分析,将类似的特征引入计算机系统,由于大多数新增功能的实现只需少量代码,使得这种方法更具实用价值,拟人化方法对人-人交互与人机交互差异的研究,以及对不同用户使用级的研究,都可以用来改进界面设计,此外社会心理学中关于人-人交互的理论,如陈述理论、对话理论等都可以用于人机界面设计,比如将 Kelly 的构造原理用于专家系统获取知识的设计,这都属于拟人化方法。拟人化方法的出发点是强调自然和友好,主要依赖于技术的进步,对于计算机系统是否应该追求自然,观点不一,反方的一个理由是计算机化的语言因其精确而少二义,过分追求自然可能妨碍清楚描述,还可能使人误解其实际能力。

四、认知方法

1. 定义

所谓认知方法就是将认知科学和认知心理学的理论用于人机界面设计,使信息的处理对人和对计算机来说都更加简易高效,这方面的理论涉及类比推理、空间推理、问题求解、注意模型、目标、计划和脚本等,下面逐一介绍这些理论对人机界面设计的影响。

2. 相关理论

问题求解 从认知方法的角度,人机交互就是提出要解决的问题,这样认知心理学中许多关于问题求解的理论都可以用于人机交互任务,如类比推理和空间推理,问题求解可以用解决问题结构来评估,按照 Simon 的理论,问题求解归结为具有层次结构的一系列目标和子目标,前面的 GOMS 也是其中

一例。

类比推理 类比是一类重要的学习,经常用于教学,可以帮助学生用熟悉的概念理解新概念。Gentner[1983]发现类比的类型决定了错误的类型,因为类比可能影响人对问题的思维,与此相关的是示例学习,通过为主体提供具体的使用实例掌握新知识,Anderson[1981]发现这对于代数学习十分有效。类比也常用于显示信息,如窗口概念就是类比得出的。类比对于教新手学习计算机系统十分有用。但是找到一个合适的类比很困难,如果类比不合适就可能产生对概念理解的不准确,如果用了类比,界面的设计者必须保证界面和类比完全相符。

空间推理 许多问题求解需要利用图,如比较大小、求最佳路径等,实验表明如果在特定场合精心设计的话可以增强图形作用,使人机交互任务进行得更为容易,如计算机可以通过其图形能力向受训者展示信息,用户通过对图形的操作掌握工作技巧和步骤。图形可以方便用户对任务的思维、回想,调动内在信息方便求解新问题。

脚本、计划和目标 这个方法是将认知心理学和人工智能结合,决定人是如何理解世界的,这个方法的特点就是将脚本、计划和目标在理解过程中结合,脚本是一传统的知识结构,描述在特定环境下的适当动作序列,比拟人性化方法讨论的事件更详细,也使用同样的CD理论来填充和理解输入;计划是当人处理他们从来没有遇到的事件时反映人如何达到目标的,目标是计划的一部分,形成关于可能事件的希望,人通常通过理解其它人的行动来确定他们的目标,从目标预测将来的行动。这种方法用于人机交互可以改进计算机对用户动作的理解,因为如果计算机理解用户的计划和目标,计算机就能产生有意义的错误信息。

心智模型 是用户关于计算机系统如何工作的描述,它指导用户的行为,在人机交互中渐渐地开始被采用。心智模型的建立基于用户以前的背景和对

特定问题的经验,用户通过类比、空间模型及目标和计划形成任务的心智模型。对于这个词不同的研究者意指不同的东西,目前还没有好的技术来测定和分析用户的心智模型,这方面还有待研究。

注意资源 在人处理信息时必须有意或无意地决定要注意哪些信息,最近产生了多资源池的概念,这对于设计那些需要处理来自不同源做多种响应的系统有用。Wickens[1980]综合这个领域的知识,建立了处理资源的结构模型,他将这个结构分成三维:阶段定义资源池(早期和晚期);人处理信息一般经过编码、中央处理、响应三个阶段,这三个阶段可并行;形式定义资源池(听觉和视觉代码);将计算机的信息分成听觉信息和视觉信息,将听觉和视觉一起调动;处理代码资源池(空间和言语);信息可以用图形表示,也可以用文字表示,如果图形和文字一起用,比单纯文字或单纯图形要好。同样这几个资源池同时使用比只用一个资源池要好。这个模型的许多断言已被实验证实。

3. 评价

认知方法将人视为灵活、适应的信息处理器,在使用计算机时会主动尝试解决问题,即将用户视为智能实体,这样计算机也应该具有相应的智能,如告诉用户适当的类比或告诉用户类比的局限,智能还体现在帮助用户用图形求解,评估用户的计划目标,根据评估提供反馈等。认知方法可以用来建议哪个设计比较适当,用户容易使用,而不必在它完成后再测试。注意资源分析就是设计如何被认知方法影响的例子。目前认知方法使用的一些术语定义不清,还不足以为人机界面设计提供建议,尤其是心智模型,许多还只是研究,并没有变成应用,认知方法的成功最终还取决于从研究到应用转化的成功。

(编译自 R. E. Eberts & C. G. Eberts, *Four approaches to Human Computer Interaction, Intelligent Interface*, P. A. Hancock & M. H. Chignell (eds.) pp. 69-127)

欢迎投稿 欢迎订阅《计算机科学》月刊