

一种支持适应性人机界面的 PDA 窗口系统*

张倪

(中国科学院北京软件工程研制中心 北京 100080)

摘要 PDAW(personal digital assistant window)是一个专用于 PDA(personal digital assistant)的窗口系统,其最大的特点是可支持开发具有适应性人机界面的应用程序,适应性人机界面有多种不同的类型,由于 PDAW 系统只提供支持适应活动的机制,不提供决定适应策略的规则和状态,因此,它不限制应用程序界面的适应类型,PDAW 由界面视感层、窗口核心层、设备接口层和编程接口 4 个层次组成,支持适应活动的机制在窗口核心层之中实现。

关键词 窗口系统,人机界面,适应性,PDA(personal digital assistant)。

中图法分类号 TP311

PDA(personal digital assistant)^[1,2]是一种面向广大非专业用户的可移动计算设备,它的使用者不同于台式微机,主要是一些没有很多计算机背景知识的人,要求这些人记忆和掌握大量的操作命令和方法是不切合实际的,因此,相对于台式计算机而言,PDA 的应用程序界面就应该更加友好、易于掌握和使用。

提高界面友好性的途径之一是使界面具有良好的适应性,即使界面可根据不同的用户对象和用户使用习惯的改变,对自身进行某些调整,包括调整或改变用户输入的形式、调整或改变系统输出的形式、报告和校正用户的错误或不适当的操作、提供上下文相关的帮助、重新分配用户和系统各自所承担的任务和定义宏过程简化用户的任务等。

在下文中,我们将介绍一个专门为 PDA 开发的窗口系统 PDAW(personal digital assistant),该系统可支持开发具有各种类型的适应性人机界面 AUI(adaptive user interface)的应用程序,在介绍 PDAW 的结构和特点之前,我们先讨论一下 AUI 的分类问题,并给出几种典型的适应过程的形式化定义。

1 适应性人机界面的类型

T. Kuhme^[3], E. A. Edmonds^[4]和 P. Totterdell^[5]等人已针对 AUI 系统各自提出了一些分类方法,其中 T. Kuhme 提出的方法是一种多维的分类方法,因此能较好地划分日前已有的各种 AUI 系统,^[6]但该分类方法的主要着眼点在于用一种尽可能简洁的分类方法覆盖任何一种 AUI 系统,而对 AUI 系统实现时可能遇到的复杂情况则考虑不够充分,在吸取 T. Kuhme 的多维思想,并强调可操作性的基础上,我们提出了一种新的分类方法,这种分类方法的基本思想是,将界面的适应过程分为初始化、建议、选择和执行 4 个阶段,初始化阶段的工作是决定应开始适应活动;建议阶段的工作是提出几种可供选择的适应建议;选择阶段的工作是从提出的适应建议中选择适当的一种;执行阶段的工作是将选中的建议付诸实现,在每一阶段各有一个负责执行本阶段任务的“责任人”,这个责任人可以是系统的用户,可以是系统本身,也可以是用户和系统两者的结合,这样,根据各个阶段责任人的不同,就可划分出 81 类不同的适应方法,每一类可用一个如图 1 所示的矩阵来表示,图 2 所给出的是 5 类最有实际意义的适应方法,下面我们就给出这 5 类适应方法的形式化定义。

定义 1. 设 AUI 是一个适应性人机界面,若 $I = \{i_1, i_2, \dots, i_j\}$, 是 AUI 中 j 个适应初始化活动的集合; $R = \{r_1, r_2, \dots, r_k\}$, 是 AUI 中 k 个适应建议活动的集合; $C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$, 是 AUI 中 m 个适应选择活动的集合; $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$, 是 AUI 中 n 个适应执行活动的集合,则 I, R, C 和 P 的笛卡尔乘积 $AP = I \times R \times C \times P = \{(i, r, c, p) | (i \in I) \wedge (r \in R) \wedge (c \in C) \wedge (p \in P)\}$ 称为 AUI 中受 I, R, C 和 P 约束的适应过程集合,该集合中的每一个元素称为 AUI 中一个受 I, R, C 和 P 约束的适应过程。

* 本文研究得到国家“九五”科技攻关项目基金资助,作者张倪,1957年生,副研究员,主要研究领域为人机交互技术和软件开发工具。

本文通讯联系人:张倪,北京 100080,中国科学院北京软件工程研制中心

本文 1997-05-28 收到原稿,1997-07-07 收到修改稿

	系统	用户	系统与用户
初始化	系统决定适应活动何时开始	用户决定适应活动何时开始	系统与用户共同决定适应活动何时开始
建议	系统提出可供选择的适应建议	用户提出可供选择的适应建议	系统与用户共同提出可供选择的适应建议
选择	系统选择某种适当的适应建议	用户选择某种适当的适应建议	系统与用户共同选择某种适当的适应建议
执行	系统将选中的适应建议付诸实现	用户将选中的适应建议付诸实现	系统与用户共同将选中的适应建议付诸实现

图1 适应性人机界面类型的矩阵表示

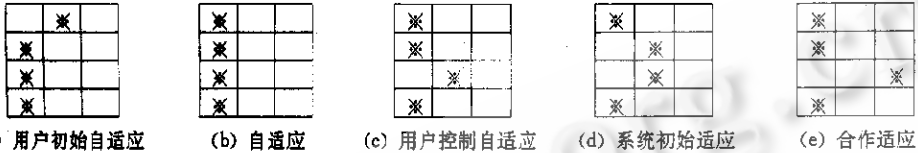


图2 5类最有实际意义的AUI系统

定义 2. 设 AUI 是一个适应性人机界面. 若 $S = \{s_1, s_2, \dots, s_j\}$, 是 AUI 中 j 个系统适应功能的集合; $U = \{u_1, u_2, \dots, u_k\}$, 是 k 个用户的适应操作的集合, 则 $AA = S \cup U = \{a | (a \in S) \vee (a \in U)\}$ 称为 AUI 中受 S 和 U 约束的适应代理人集合. 该集合中的每一个元素称为一个 AUI 中受 S 和 U 约束的适应代理人.

定义 3. 设 AUI 是一个适应性人机界面, AP 是 AUI 中受 I, R, C 和 P 约束的适应过程的集合, AA 是 AUI 中受 S 和 U 约束的适应代理人集合. 若 $d (d \in \{IURUCUP\})$ 阶段的适应活动由 $a (a \in AA)$ 负责, 则称 a 是 d 的负责人. 记为 $res(a, d)$.

定义 4. 设 AUI 是一个适应性人机界面, (i, r, c, p) 是 AUI 中一个受 I, R, C 和 P 约束的适应过程, AA 是 AUI 中受 S 和 U 约束的代理人集合. 若 $(\exists a_1)(\forall a_2)((a_1 \in S) \wedge (a_2 \in U) \wedge \neg res(a_1, i) \wedge res(a_2, i)) \wedge (\exists a_3)(\forall a_4)((a_3 \in S) \wedge (a_4 \in U) \wedge res(a_3, r) \wedge \neg res(a_4, r)) \wedge (\exists a_5)(\forall a_6)((a_5 \in S) \wedge (a_6 \in U) \wedge res(a_5, c) \wedge \neg res(a_6, c)) \wedge (\exists a_7)(\forall a_8)((a_7 \in S) \wedge (a_8 \in U) \wedge res(a_7, p) \wedge \neg res(a_8, p)) \Leftrightarrow T$, 则称 (i, r, c, p) 为用户初始自适应.

定义 5. 设 AUI 是一个适应性人机界面, (i, r, c, p) 是 AUI 中一个受 I, R, C 和 P 约束的适应过程, AA 是 AUI 中受 S 和 U 约束的代理人集合. 若 $(\exists a_1)(\forall a_2)((a_1 \in S) \wedge (a_2 \in U) \wedge res(a_1, i) \wedge \neg res(a_2, i)) \wedge (\exists a_3)(\forall a_4)((a_3 \in S) \wedge (a_4 \in U) \wedge res(a_3, r) \wedge \neg res(a_4, r)) \wedge (\exists a_5)(\forall a_6)((a_5 \in S) \wedge (a_6 \in U) \wedge res(a_5, c) \wedge \neg res(a_6, c)) \wedge (\exists a_7)(\forall a_8)((a_7 \in S) \wedge (a_8 \in U) \wedge res(a_7, p) \wedge \neg res(a_8, p)) \Leftrightarrow T$, 则称 (i, r, c, p) 为自适应.

定义 6. 设 AUI 是一个适应性人机界面, (i, r, c, p) 是 AUI 中一个受 I, R, C 和 P 约束的适应过程, AA 是 AUI 中受 S 和 U 约束的代理人集合. 若 $(\exists a_1)(\forall a_2)((a_1 \in S) \wedge (a_2 \in U) \wedge res(a_1, i) \wedge \neg res(a_2, i)) \wedge (\exists a_3)(\forall a_4)((a_3 \in S) \wedge (a_4 \in U) \wedge res(a_3, r) \wedge \neg res(a_4, r)) \wedge (\exists a_5)(\forall a_6)((a_5 \in S) \wedge (a_6 \in U) \wedge \neg res(a_5, c) \wedge res(a_6, c)) \wedge (\exists a_7)(\forall a_8)((a_7 \in S) \wedge (a_8 \in U) \wedge res(a_7, p) \wedge \neg res(a_8, p)) \Leftrightarrow T$, 则称 (i, r, c, p) 为用户控制自适应.

定义 7. 设 AUI 是一个适应性人机界面, (i, r, c, p) 是 AUI 中一个受 I, R, C 和 P 约束的适应过程, AA 是 AUI 中受 S 和 U 约束的代理人集合. 若 $(\exists a_1)(\forall a_2)((a_1 \in S) \wedge (a_2 \in U) \wedge res(a_1, i) \wedge \neg res(a_2, i)) \wedge (\exists a_3)(\forall a_4)((a_3 \in S) \wedge (a_4 \in U) \wedge \neg res(a_3, r) \wedge res(a_4, r)) \wedge (\exists a_5)(\forall a_6)((a_5 \in S) \wedge (a_6 \in U) \wedge \neg res(a_5, c) \wedge res(a_6, c)) \wedge (\exists a_7)(\forall a_8)((a_7 \in S) \wedge (a_8 \in U) \wedge res(a_7, p) \wedge \neg res(a_8, p)) \Leftrightarrow T$, 则称 (i, r, c, p) 为系统初始适应.

定义 8. 设 AUI 是一个适应性人机界面, (i, r, c, p) 是 AUI 中一个受 I, R, C 和 P 约束的适应过程, AA 是 AUI 中受 S 和 U 约束的代理人集合. 若 $(\exists a_1)(\forall a_2)((a_1 \in S) \wedge (a_2 \in U) \wedge res(a_1, i) \wedge \neg res(a_2, i)) \wedge (\exists a_3)(\forall a_4)((a_3 \in S) \wedge (a_4 \in U) \wedge res(a_3, r) \wedge \neg res(a_4, r)) \wedge (\exists a_5)(\exists a_6)((a_5 \in S) \wedge (a_6 \in U) \wedge res(a_5, c) \wedge res(a_6, c)) \wedge (\exists a_7)(\forall a_8)((a_7 \in S) \wedge (a_8 \in U) \wedge res(a_7, p) \wedge \neg res(a_8, p)) \Leftrightarrow T$, 则称 (i, r, c, p) 为合作适应.

2 PDAW 的组成与结构

一个窗口系统的结构与它所运行的计算机系统有很大的关系. PDA 的特点对 PDAW 系统的结构的影响主要来自以下 4 个方面. 第 1, PDA 不具有大容量的外存设备. 程序和数据都只能放在 ROM 之中. 第 2, PDA 以笔代替鼠标, 作为人机交互的主要设备, 因此, 事件的分发与传播机制不同于以鼠标器作为指针定位设备的窗口系统. 第 3, PDA 的内存容量显著小于其他类型的计算机系统. 第 4, PDA 的显示设备的分辨率低于其他类型的计算机系统. 因此, 如果在 PDA 上采用针对高分辨率显示设备设计的窗口界面, 那么, 所产生的视觉效果可能很差.

针对 PDA 系统的上述特点, PDAW 采用了如图 3 所示的组织结构. 这种组织结构可抽象为图 4 所示的模型. 图 4 中的界面视感层对应于图 3 中的界面对象类; 窗口核心层对应于窗口服务器; 设备驱动层对应于基本图形系统、设备服务器和汉字输入程序; 编程接口对应于窗口函数和设备驱动函数. 因此, 从抽象模型的角度来看, 整个 PDAW 系统由界面视感层、窗口核心层、设备驱动层和编程接口几部分组成.

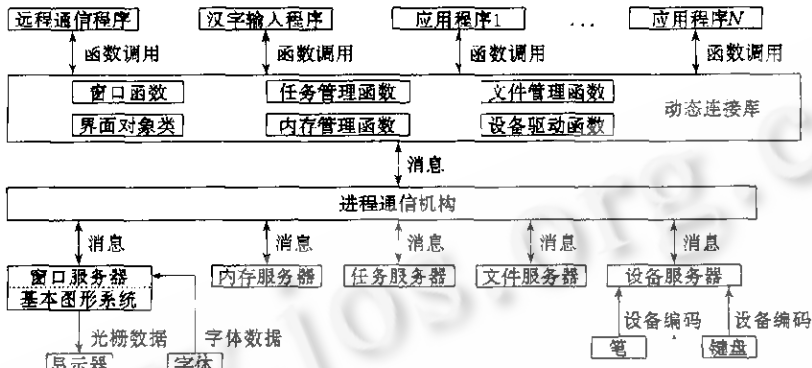


图3 PDAW系统的构成与支撑环境

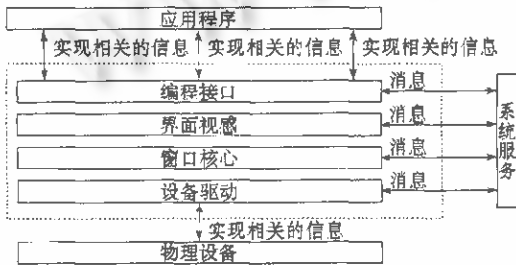


图4 PDAW系统的结构模型

界面视感层负责实现窗口系统的界面风格, 即窗口应用程序的界面的样式和用户操纵窗口应用程序的方法. 用于实现界面视感层的功能的界面对象类是一组按照面向对象方法开发的对象类. 这些对象类可按照固定的风格显示界面和控制应用程序与用户的交互. 界面对象类在运行过程中如果需要使用窗口核心中的功能, 则通过系统核心的消息通信功能向窗口服务器发送消息, 然后由窗口服务器来完成对应的任务.

窗口核心层负责实现管理窗口所需的各种基本功能及支持适应性人机界面的机制. 用于实现窗口核心层的功能

的窗口服务器是一独立运行的系统进程. 它的基本功能是接收和处理 69 种窗口函数和界面对象类通过消息发过来的服务请求以及 6 种设备服务器和汉字输入程序发过来的设备事件.

设备驱动层负责管理笔、键盘和显示器等输入和输出设备. 这些任务分别由设备服务器、汉字输入程序和基本图形系统来完成. 设备服务器是一个系统进程, 它负责管理笔和键盘两个外部设备. 当用户使用笔和键盘进行输入时, 由它负责通过系统核心中的消息通信功能, 把用户输入的内容以消息的形式发送给窗口服务器. 汉字输入程序可被看作一个伪设备, 当它收到用户输入的汉字后, 通过系统核心中的消息通信功能把汉字的编码发送给窗口服务器. 基本图形系统由一些用于管理和控制显示缓冲区的子程序组成. 这些函数已被嵌入窗口服务器之中, 只是在逻辑上, 它们还是一个独立的部分. 由于对显示缓冲区的操作要频繁地进行, 因此, 如果它也象笔和键盘一样由设备服务器来管理, 那么将大大地降低系统的效率. 所以, 在 PDAW 之中采取了直接由窗口服务器控制显示缓冲区的方法.

编程接口向用户提供一种便于在程序中使用界面视感、窗口核心和设备驱动等各层的功能的方法. 这种方法以库函数的形式出现.

PDAW 的系统结构主要有以下 4 个特点. 第 1, 强调窗口系统核心机制与窗口界面视感的分离. 窗口系统核心机制只提供管理一个位映象矩形区所需的基本功能, 而应用程序界面有什么样的面貌则取决于界面视感层. 这种方法有助于提高系统的灵活性. 第 2, 采用消息作为各层之间相互连通的手段, 便于在可提供强有力的消息通信功能的操作系统之下实现. 第 3, 采用窗口系统与操作系统完全分离的组织方法. 窗口系统与操作系统之间的关系有两类^[7], 一类是把窗口系统放到系统的核心之中, 另一类是把窗口系统作为操作系统的用户进程来对待. PDAW 系统采用的是后者. 第 4, 将支持适应性人机界面的机制溶入了窗口系统的核心之中. 迄今为止, 研究和开发人员已推出了一些具有适应性人机界面的应用软件^[8,9], 但这些软件所提供的适应功能一般都完全由应用软件自身来负责实现, 系统则不提供任何支持.

3 PDAW 支持适应性人机界面的机制

PDAW 系统的窗口服务器按图 5 所示的过程处理应用程序和输入设备发送给窗口的消息。在 PDAW 系统中,每个窗口除了尺寸、背景颜色、背景图案等常规性的属性之外,还有适应规则集和适应状态集两个比较独特的属性。规则集的值是一系列的规则,每条规则由条件和动作两个部分组成,并且关联于某些类型的消息。条件部分是一些检测适应状态值的布尔表达式。动作部分是一系列用 PDAW 提供的解释性语言编写的简单操作,包括修改状态值、发送消息和退出消息处理等。当窗口服务器接收到一条消息后,它将检测那些与该消息相关联的规则,如果某一规则的条件为真,则执行该规则的动作部分所指定的操作。注意,图 5 中的“消息的常规处理”是指对 69 种服务请求及 6 种设备事件的处理。

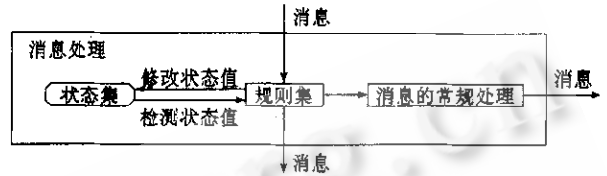


图5 消息的处理流程

为支持适应机制,PDAW 系统的 API 提供了若干个专门的窗口函数。其中最主要的是 SetAdaptiveRule 和 InitAdaptiveStatus。SetAdaptiveRule 用于为窗口设置适应规则,InitAdaptiveStatus 用于为窗口定义适应状态及其初始值。

由于 PDAW 系统只提供支持适应性人机界面的机制,而不提供确定具体适应过程的规则和状态,所以在 PDAW 系统的支持下,用户可开发各种类型的适应性人机界面。开发 AUI 的关键是,为与适应活动有关的每一个窗口设计一组适应规则,并使用 PDAW 系统提供的函数 SetAdaptiveRule 和 InitAdaptiveStatus 在对应的窗口中注册它们。适应过程的类型完全取决于用户所提供的规则。例如,在 PDAW 系统之上开发应用程序时,如果按照应用程序的需求,最终用户经常要进行以下的一系列操作:(1)选中一个菜单项,弹出一个对话框;(2)选中对话框中的一个检查盒;(3)选中对话框中的确认按钮,那么,应用程序的开发者可设计一组适应规则,使得在最终用户重复进行上述一系列操作 5 次之后,应用程序可弹出一个对话框,询问最终用户是否要为这一系列操作定义一个热键 Alt-Shift-p。

在上面的适应过程中,由于以下的条件均被满足,所以该适应过程为一用户控制自适应。

- 系统是初始化阶段的“责任人”,即 $res(a, i) \wedge (a \in S) \wedge (i \in I)$;
- 系统是建议阶段的“责任人”,即 $res(a, r) \wedge (a \in S) \wedge (r \in R)$;
- 用户是选择阶段的“责任人”,即 $res(a, c) \wedge (a \in U) \wedge (c \in C)$;
- 系统是执行阶段的“责任人”,即 $res(a, p) \wedge (a \in S) \wedge (p \in P)$ 。

4 结束语

目前,PDAW 系统主要部分的编程和调试工作已基本完成。系统总的代码量为 77K 字节。支撑 PDAW 的是一个专门为 PDA 开发的操作系统。该操作系统采用微内核结构,整个操作系统只占少量的内存。与 PDAW 配套的硬件采用 AMD 公司的 AM386SC 作为 CPU,装有 2M 字节的 ROM 和 2M 字节的 RAM,显示器为 320×200 的液晶板。另外,该硬件系统还具有键盘、笔和红外线端口等输入/输出设备。

为了加快速度,整个 PDA 系统的开发工作采取了软硬件并行推进的策略。由于硬件部分的工作尚未最后完成,所以,PDAW 系统的调试和测试工作均是在一个实现于 586 台式微机上的仿真环境下进行的。因此,对于系统的执行效率,目前还不能给出准确的评价数据。但 PDAW 在仿真环境上的效率基本上令人满意的。例如,窗口移动、窗口放大、窗口缩小、窗口上移和窗口下移等主要操作都可与操作者的动作同步,没有明显的延迟。

参考文献

- 1 张倪. PDA 的现状与发展. 计算机世界报, 1997, 8: 121~123
(Zhang Ni. Introductory and survey of PDA. China Computer World, 1997, 8: 121~123)
- 2 Halfhill T. PDAs arrive but aren't quite here yet. BYTE, 1993, 18(10): 68~86
- 3 Edmonds E A. Towards a taxonomy of user interface adaptation. In: Proceedings IEE Colloquium on Adaptive Man-Machine Interface. London, UK, 1986. 3/1~3/6
- 4 Kuhme T, Dieterich H, Malinowski U *et al.* Approaches to adaptivity in user interface technology: survey and taxonomy. In: Larson J, Unger C eds. Engineering for Human-Computer Interaction. Ellivuo, Finland; Elsevier Science Publishers B. V. ,

1992. 225~252
- 5 Totterdell P, Rautenbach P. *Adaptation as a problem of design*. In: Browne D, Totterdell P, Norman M eds., *Adaptive User Interface*. London; Academic Press, 1990. 59~84
- 6 张倪. 适应性人机界面的分类与结构模型. 见: 杨芙清, 何新贵等编, 软件工程进展——第6次全国软件工程学术会议论文集. 北京, 清华大学出版社, 1996. 373~378
(Zhang Ni. Taxonomy and model of adaptive user interface. In: Yang Fu-qing, He Xin-gui *et al* eds. *Evolution of Software Engineering—Proceedings of the 6th Engineering Conference*. Beijing; Tsinghua University Press, 1996. 373~378)
- 7 董士海. 计算机用户界面及其工具. 北京, 科学出版社, 1994. 198~199
(Dong Shi-hai. *Computer User Interface and Its Tools*. Beijing; Science Press, 1994. 198~199)
- 8 Krogseter M, Bruning I, Thomas C G. FLEXCEL, adding flexibility to a commercially available software system. In: Larson J, Unger C eds. *Engineering for Human-Computer Interaction*. Ellivuori, Finland; Elsevier Science Publishers B. V., 1992. 253~269
- 9 Foley J, Kim W C, Kovacevic S *et al*. UIDE—an intelligent user interface design environment. In: Sullivan J W, Tyler S W eds. *Intelligent User Interface*. New York; ACM Press, 1991. 339~384

A Window System for PDA Supporting Adaptive Human-Computer Interface

ZHANG Ni

(Software Engineering Center The Chinese Academy of Sciences Beijing 100080)

Abstract PDAW (personal digital assistant window) is a window system specially used in PDA (personal digital assistant). Its most outstanding characteristic is that it can support developing application program with adaptive user interface. Adaptive user interface has many different types. Because PDAW provides merely mechanism supporting adaptive but rule and status deciding adaptive strategy, it does not limit the type of adaptive user interface. PDAW consists of interface look, window kernel, device interface and programming interface. Mechanism supporting adaptive is implemented in the window kernel.

Key words Window system, human-computer interface, adaptive, PDA (personal digital assistant).