

文章编号: 1001-0920(2001)06-0890-04

支持人机协同的智能用户界面体系结构

龚报钧, 王树青

(浙江大学 工业控制技术国家重点实验室, 浙江 杭州 310027)

摘要: 从分析实现人机协同智能用户界面需解决的问题入手, 探讨了多 Agent 系统解决上述问题的技术途径; 提出一种基于多 Agent 系统的人机协同式智能用户界面体系结构, 并重点讨论了如何解决多媒体对象展示关系、Agent 之间协同、应用语义反馈、用户智能向导等问题。在该结构中, 控制 Agent 协调可视元素之间的通信, 用户 Agent 负责保存用户兴趣模型和提供推理服务。支持用户界面按构件方式进行组合, 具有良好的扩展性和可重用性。模拟实例验证了该体系结构的可行性。

关键词: 人机协同; 多 Agent 系统; 协同机制; 智能引导

中图分类号: TP 317 文献标识码: A

Intelligent Interface Architecture for Human-computer Cooperation

GONG Bao-jun, WANG Shu-qing

(National Laboratory of Industry Control Technology, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: An intelligent interface architecture for human-computer cooperation named IAMA (Intelligent Architecture based on Multi-Agent) is proposed. The problems on dealing with temporal relation of multimedia object, intelligent guiding and application semantic in IAMA are discussed. IAMA is based on multi-agent model in which each visual element cooperates with each other to provide continuous support to user. The control agent coordinates communication among visual elements, and the agent provides user interest model and reasoning service. IAMA supports larger grain reuse and flexible interface system composition. An example using this architecture is introduced to show the effectivity of IAMA.

Key words: human-computer cooperation; multi-agent system; coordination mechanism; intelligent guiding

1 引言

现代企业管理非常强调人是企业的主体。尽管先进制造系统是以先进的技术和设备作为基础, 但其根本活力来自于具有团结奋斗和创新精神的企业职工。在激烈市场竞争压力和分布生产制造环境下,

人的作用被许多研究者所重视^[1,2]。本文将基于多 Agent 系统的开放信息集成体系结构^[3]为基础, 着重研究支持人机协同的智能用户界面, 利用 Agent 所具有功能的连续性、自主性和学习能力, 有效组织多媒体信息资源和设备, 提高用户界面的自学习和自适应能力, 实现人机的交互表达及理解。

收稿日期: 2000-08-17; 修回日期: 2000-12-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(79970035)

作者简介: 龚报钧(1969—), 男, 江西余干人, 讲师, 博士生, 从事企业综合自动化、智能信息系统等研究; 王树青(1939—), 男, 浙江仙居人, 教授, 博士生导师, 从事自动控制理论及应用、工业生产过程模型化与优化控制等研究。

为了达到人机协同目的,使用户能以自然的方式与计算机系统进行交流,支持人机协同的智能用户界面存在以下需要解决的问题:

1) 多种信息感知设备管理:为使用户与计算机交流信息的方式进一步自然化,不仅需要键盘、鼠标和显示器作为信息交流的工具,还需要其它设备(如头盔、操作杆、写字板等)的加入,所以需要解决设备的动态管理、信息的动态管理及多种设备协同工作等一系列问题。

2) 计算机系统应具备主动提供信息的能力:在人机协同工作方式下,用户不仅能通过“拉(Pull)”的方式获取信息,而且需要计算机通过“推(Push)”的方式向用户主动提供信息。这就要求计算机能根据用户习惯、事件类型和工作特点,自主决定在何时、以何种方式向用户主动提供何种类型的信息,即要求用户界面具备自主运行性和智能性。

3) 用户的智能操作向导:对于大部分计算机用户而言,其计算机操作具有很强的规律性,所以,用户往往重复相同的操作去完成一个早已熟悉的任务。如果用户界面能充当用户的智能操作向导,将会节约用户大量的使用和学习时间。这就要求用户界面在与用户的不断接触中学习用户的使用习惯,推断出用户的使用意图,并主动帮助用户完成一部分操作以及提供一些动态的、即时的帮助信息。

4) 有效组织和控制多媒体对象:随着信息表示方式的丰富,如果缺乏有效的手段协调信息对象的展示方式,用户则容易陷入混杂无序的信息海洋中。所以,有效组织各种多媒体对象,协调多媒体对象之间的内容语义关系、时间调度关系以及空间布局关系便成为关键,否则将影响用户对多媒体对象内容的理解^[4]。

5) 界面层与协调层的协同:应用系统中数据的表示、处理和存储的分离使各层之间的协同成为问题。由于交互过程中界面需反映应用语义方面的变化,故界面层与业务处理层的协同显得非常必要。

2 采用 Agent 构造支持人机协同的智能界面

Agent 是人工智能领域发展起来的一种新型计算模型,它继承了面向对象方法的诸多优点,并具有自治性、社交能力、响应性、主动性等性质^[5]。它能为解决人机协同智能界面的问题提供一条新途径。

1) 研究多 Agent 系统的初衷是为了通过多种

Agent 技术将“孤岛型”软件集成起来,借助这方面的研究成果能有效实现多种信息感知设备之间的协同。每种信息感知设备由对应的 Agent 管理和控制,基于 Agent 之间的互操作性和合作能力可实现信息感知设备之间的协同。

2) Agent 具有自主执行和协调能力,能独立地持续运行,代表用户利益采取行动并与其它 Agent 或用户通讯。因此,由 Agent 实现的用户界面能通过“推”的方式向用户提供信息。

3) 借助 Agent 的自适应和自学习能力,在不断的人机交互过程中进行相互感知、表达及学习,并逐步实现用户智能操作向导。

4) 面向对象模型被普遍认为是一种比较适合的多媒体数据描述方法。但对于多媒体对象的集成而言,面向对象的引用特性不足以刻画多媒体对象之间的展示关系^[5]。而 Agent 不仅继承了对象特性,而且具有功能连续性和自主性,能克服多媒体对象时序同步和空间同步所遇到的问题。

由于 Agent 在人机界面方面的独特优势,一些研究者已开始应用它来构筑用户界面。如 Nakauchi 等^[6]提出了支持多人机协同的界面体系结构;Kushiro 等^[7]应用 Agent 实现了消费电子类产品的图形界面。

3 基于多 Agent 的用户界面体系结构

基于上述考虑,本文提出如图 1 所示的基于多 Agent 系统的用户界面层体系结构。

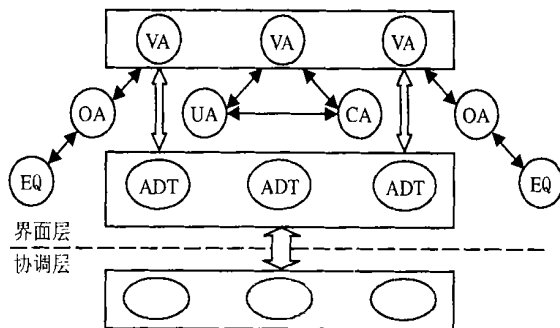


图 1 基于多 Agent 系统的用户界面体系结构

VA (Visual Agent): 是直接用户进行交互的 Agent。它一方面感知用户的动作信息,另一方面接收来自其它 Agent 的信息(如 CA 的控制信息)。根据用户和其它 Agent 的请求发出控制信号给 OA,再由 OA 直接操作硬件设备,以达到与用户进行交流的目的。

OA (Operating Agent): 是对原有的硬件设备驱动程序进行改造的结果。由于原有的设备驱动程序无法与其它 Agent 之间采用统一的语言(如 ACL)进行交流,所以,通过附加变换器(利用附加的独立进程来实时完成 ACL 与原有通信语言间的转换)或包装“遗产”软件(外加程序代码于原程序,以修改有关通信的数据结构,使其改造为能以 ACL 通信)的方法对其进行改造而成为 Agent。

UA (User Agent): 是实现智能界面的关键所在。它不仅记录每个用户的详细静态信息(性别、年龄、职业等),而且将每个用户有代表性的使用场景记录在数据库中,并能根据用户所处的场景,推断出用户的当前操作意图。

CA (Control Agent): 负责协调和控制 VA 的工作。主要接收来自 UA 的场景信息,并将场景信息转变为控制信息用于控制 VA 之间的协同,以展示合适的场景。

ADT (Abstract Data Type): 封装了虚拟方法的 Agent,它是界面层与协调层的粘合剂,用于解决对话的独立性和语义反馈问题。

EQ (Equipment): 各种信息感知硬件设备,如:头盔、操作杆、写字板、麦克风、喇叭等。

该体系结构支持完全基于构件建立用户界面,层次清晰、易于扩展、Agent 分工明确。它不仅支持信息感知设备的动态调整和系统逐步进化(如:为提高界面的智能化程度对 UA 的推理方式加以修改,而不会导致 CA 和 VA 发生改变),而且适合于建立一套多台计算机协同工作的界面系统。

3.1 VA 之间的展示关系和协同机制

尽管面向对象模型被认为是一种比较合适的多媒体数据描述方法,但是难以表示对话过程中的时序关系,特别是语法层次上的对话控制逻辑^[4]。由于面向 Agent 软件开发风范是面向对象开发风范的特例^[8],我们采用 Agent 描述多媒体对象,并设计 CA 来控制协调 VA 展示行为的集成,以克服它们之间时序同步所遇到的问题。VA 与其它 Agent 之间以刺激-响应的方式进行协调。刺激-响应方式建立在“处境-动作”型规则基础上,VA 只负责与其它 Agent 进行简单的对话,而与整个界面层相关的协同则由 CA 负责完成,特别是 VA 之间在内容、时序关系、空间关系上的有机协同。CA 通过与 VA 的对话了解目前处境,并将处理信息传递给 UA,UA 将推理结果和场景信息反馈给 CA,再由 CA 将控制信息传递给相关的 VA,从而完成信息展示任务。这

种方法结合了传统方法和面向对象方法的优点,既具相当的灵活性,有利于界面的扩充与维护,又易于控制,减少了设计实现的复杂度。

3.2 对话独立性与语义反馈的实现

界面层与协调层的分离,使得用户界面的可维护和可重用性得到了很大提高。但是,交互过程中应用语义的变化在界面上需要回显,使得对话与语义无法完全分离^[9]。为了保证界面层的独立性和可重用性,同时解决用户界面的语义反馈问题,我们采用 ADT 技术。ADT 由各种虚函数构成,它屏蔽了业务的复杂性和独特性,具体实现交由协调层的 Agent 执行。

与业务应用有关的语义由各个 VA 和 ADT 共同完成。VA 中的方法有三类:捕捉方法、反馈方法和查询方法。捕捉方法用于捕捉并响应用户动作;反馈方法和查询方法供其对应的协调层 Agent 和 CA 调用,协调层 Agent 和 CA 可利用反馈函数将应用语义变化反馈给用户,再利用查询函数获得 VA 的状态。不同的应用问题域所对应的协调层多 Agent 系统结构迥异^[10,11],界面层 Agent 的重用性体现在其连接各类协调层 Agent 的能力上。具体地说,VA 只调用其所派生的 ADT 中的方法,ADT 中方法仅为虚拟方法,协调层中的 Agent 继承其对应的 VA 所派生的 ADT 并具体实现 ADT 中的方法。同样,信息的回显,由协调层 Agent 调用 ADT 中的反馈虚函数,具体的显示方法由相应的 VA 中反馈函数实现。如此,不仅能实现 VA 与未知的协调层 Agent 的连接,而且能解决对话的独立性和语义反馈问题。

3.3 智能用户界面层的实现 UA

UA 由场景数据库、用户信息库、感知模块及分析推理机构成,实现 UA 的关键在于机器学习能力。

场景数据库记录用户在各种场景下所采用的操作;用户信息库主要记录用户的静态信息(如客户注册信息等);感知模块从 CA 接收用户场景信息及来自 CA 和 VA 的请求;分析推理机负责根据用户目前的场景和以往经验进行推理并得出结论。其工作流程如下:

- 1) VA 接收一个用户的登录;
- 2) VA 根据用户 ID 向 UA 询问该用户的信息;
- 3) UA 根据用户 ID 提取用户静态信息,根据用户目前所处场景和场景数据库信息推理出该用户可能会使用的场景信息,并将该场景信息提交 CA;

- 4) CA 根据场景信息产生一序列控制信息给相应的 VA;
- 5) VA 根据控制信息生成用户所希望的应用场景, 并为用户提供服务;
- 6) VA 接收一个用户的登录;
- 7) VA 根据用户 ID 向 UA 询问该用户的信息;
- 8) 如果没有该用户信息, 则向 CA 要求用户填写注册卡;
- 9) CA 将显示用户注册卡的控制信息传递给 VA;
- 10) VA 获得用户注册信息, 并传递给 UA, 由 UA 存入;
- 11) UA 提取并将通用新用户应用场景传递给 CA;
- 12) CA 将控制信息传递给 VA;
- 13) VA 为用户提供服务。

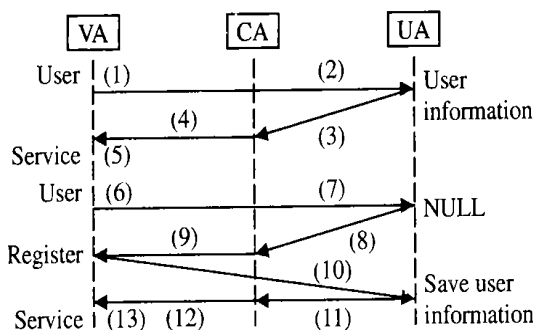


图 2 VA, CA 和 UA 之间的协调关系

4 应用实例

在开发企业信息集成仿真系统过程中, 其界面层采用如图 1 所示的体系结构。以该仿真系统中销售员使用的 Sales 模块为例, 涉及的媒体对象有图像(静态、动态)、声音和文本。向潜在客户讲解产品的特性是销售人员重要的职责之一, 在接触客户前希望了解其负责销售的产品最新变化。销售人员选择“展示产品”, UA 根据用户的 ID 推断其所负责销售产品大类, 并按一定规则依次产生展示产品新信息(事先已存入的规则, 如有必要, 用户可更新相关规则)的场景信息。在自动展示时, CA 协调图像、声音和文本对象在内容、时序和空间上的关系。通过该模拟系统验证了本文提出的界面层体系结构的可行性。

5 结 语

本文提出的用户界面体系结构的独特之处在于: 采用 UA 解决界面的智能引导问题; CA 的职责在于协调 VA 之间运行; 借助 ADT 能解决对话独立性和语义反馈问题。Agent 之间分工清晰, 结构具有较强的可扩展性。为了进一步提高软件界面的智能化程度, 我们将加强对 UA 结构的研究, 特别是用户兴趣和特定场景的保存和推理问题。

参考文献:

- [1] McEwan A M, Sackett P. The human factor in CIM systems: Worker empowerment and control within a high-volume production environment[J]. *Computers in Industry*, 1998, 36(1): 39-47.
- [2] Hirsch B E, Thoben K D, Hoheisel J. Requirements upon human competencies in globally distributed manufacturing[J]. *Computers in Industry*, 1998, 36(1): 49-54.
- [3] 龚报钧, 王树青. 基于多 Agent 的开放信息集成体系结构[J]. *控制与决策*, 2000, 15(4): 427-430.
- [4] 巩志国, 周龙骧. 多媒体对象的 Agent 展示集成模型[J]. *软件学报*, 1999, 10(1): 35-42.
- [5] Wooldridge M, Jennings N R. Intelligent agents: Theory and Practice[J]. *The Knowledge Engineering Review*, 1995, 10(2): 115-152.
- [6] Yasushi Nakauchi, Toyoshi Okada, Nobuyuki Yamasaki *et al.* Multi-agent interface architecture for human-robot cooperation[A]. *Proc of the 1992 IEEE Int Conf on Robotics and Automation*[C]. NJ: IEEE Service Center, 1992. 2786-2788.
- [7] Noriyuki Kushiro, Koichi Sato, Noriyuki Komiya *et al.* Agent based graphical user interface architecture for consumer products[J]. *IEEE Trans on Consumer Electronics*, 1999, 42(4): 1044-1049.
- [8] Shoham Y. Agent-oriented programming[J]. *Artificial Intelligence*, 1993, 60(1): 51-92.
- [9] Hartson R H. User-interface management control and communication[J]. *IEEE Software*, 1989, 6(1): 62-70.
- [10] 龚报钧, 王树青. 支持动态企业模型的 MAS 模型及其获取方法[J]. *系统工程理论与实践*, 2001, 21(5): 44-49.
- [11] Gong B J, Wang S Q. Model of MAS: Supporting dynamic enterprise model[A]. *Proc of the 3rd World Congress on Intelligent Control and Automation*[C]. Hefei: Press of University of Science and Technology of China, 2000. 2042-2046.