

基于智能界面的交互模型研究

胡文婷, 周献中, 王友发, 盛寅

(南京大学 控制与系统工程系 南京 210042)

摘要: 随着人工智能的发展, 飞行员与新一代战斗机的交互也日趋复杂, 在某些情况下交互信息已经超出了飞行员身心负担, 这对人机的和谐交互提出了诸多挑战。本文在分析典型人机交互模型无法满足智能界面交互的需求上, 提出一种智能界面的交互模型, 该模型能让操作者感知当前系统的状态和意图, 表明操作者实际上做了什么和下一步操作者将要做什么, 体现人与机-环境相互作用的人机交互模型, 从而减轻飞行员的身心负担, 增加飞行员对环境感知和提高自身安全意识。

关键词: 智能界面 Agent 人机交互模型

0 引言

在美俄等国加紧第五代战斗机研制的同时, 研究和探讨第六代战斗机方案和相关技术已悄然兴起, 第六代战斗机竞争之战也已拉开序幕^[1]。美国海军对第六代战斗机的要求, 没有限定新一代战斗机是无人驾驶或有人驾驶飞机, 而是指出要从系统特征和系统能力等多角度综合考虑^[2]。由于单个无人机作战存在种种局限性^{[3][4]}, 美军提出了集群作战模式, 强调无人机之间、无人机与有人机之间以及无人机与其它平台之间的协同作战能力, 相互间取长补短, 形成一个有机的作战整体^[4]。虽然无人机、有人机拥有较高的智能和自动化程度, 但是依然需要操作员进行实时有效的操作控制^{[5][6]}。

随着操作员与战斗机之间的交互信息量的增长, 要求操作员持续注意所有相关信息并能够有效控制飞行, 但人的能力是有限的, 这显然增加了操作员巨大的认知负担、延迟系统反应时间和降低操作员对环境意识^[7]。由于战斗机信息本身具有复杂性和动态性, 传统的人机交互模式常常无法正确地反映操作者的任务、目的、计划等问题, 设计这样的人机交互模式要求需要超越了传统界面的能力^{[8][9]}。因此, 研究一种新型人机交互模式, 实现人机交互的自然、和谐和有效性, 是第六代战斗机研制的重点内容。

本文结合近年来国内外的研究进展, 在解释智能界面的基础上, 对于 Agent 在人机交互领域一些特点做了详细论述和探讨, 并分析了现有人机交互模型已经不能满足智能界面的需求, 在此基础上提出的智能界面的交互模型, 试图去反映操作者感知当前系统的状态和意图, 能够体现当下工作环境的人机交互模型。

1 智能界面的概念

人机界面 (Human Computer Interface, 也称人机接口) 作为“人”与“机”的媒介, 是人与计算机之间传递和交换信息的媒介, 是计算机系统向用户提供的综合操作环境。传统的人机交互界面对于操作者在执行复杂任务过程中, 很难对庞大的信息进行传递、过滤等 (例如对战斗机的控制), 而 one-size-fits-all 的交互界面, 使得操作员需要花费大量的时间和精力去寻找自己需要的信息。这就需要向用户提供更为有效的人机交互界面。智能人机界面通过表达、推理和描述, 并按照用户模型、领域模型、任务模型、谈话模型和媒体模型来实现人机交互, 促进了人机交互的高效率、有效性和自然性^[10]。

智能界面主要使用人工智能技术去实现人机交流, 提高了人机交互的可用性; 如知识表示技术支持基于模型的界面生成, 规划识别和生成支持界面的对话管理, 而语言、手势和图像理解支持多通道输入的分析, 用户建模则实现了对自适应交互的支持等。然而, 曾经一度有学者认为用户自适应界面就是智能界面^[11]。事实上, 自适应界面是指人机交互过程中预测操作者的习惯和需求特征^[12], 并根据属性特征自动改变界面的表现形式及功能。这种界面的柔性或智能体现在它对不同用户或在不同时间的同一用户都具有适应性。这种描述从某种程度上反映了智能界面的自适应特点, 但也体现了对智能人机界面理解的片面性。

2 智能界面 Agent 的特点

Agent 这个概念来源于分布式人工智能领域，是人工智能的一个术语^[13]。在不同的研究领域，Agent 这个概念被赋予不同的结构，内容和能力，但是在人机交互这一领域 Agent 的定义极为相似^[14]。Finin 等^[15]和 Woodridge^{[16] [17]}认为，它们最普遍的特点是适应性、自治性和合作性。它的基本思想是使一个或多个实体能够模拟人类的社会行为和社会观，即人类社会的组织形式、协作关系、进化机制，以及认知、思维和解决问题的方式。其本质是研究如何使实体在尽可能不打搅用户的情况下，依靠其自身的能力，采用各种可能的方法和技术完成用户所委托的复杂和繁琐的任务，能够通过各种社交、学习、推理等方法感知和适应复杂的动态环境，具有自动追求目标的能力。

当前，Agent 在智能界面得到应用，Agent 充当操作者和计算机信息沟通的桥梁，形成一种人机互相激发、优势互补、协同求解的有效途径^[18]。智能人机界面能够实现在多个交互 Agent 之间进行信息交互，每个交互 Agent 本身具有其它交互 Agent 的部分知识，这种知识包括交互 Agent 的运行知识或传递信息的知识，但这些知识都是不完整的，所以它们之间需要智能人机界面来进行协调。通过计算机对人和环境的感知，界面 Agent 能够实现交互过程中某些环节的自动化，如预测用户行为、自主地执行某些动作等。这种智能界面能够理解人的行为，真正做到从人的角度去设计人机交互的，摆脱了单一标准化的设计模式。

因此，Agent 与生俱有特点和属性尤其适合人机交互系统。Agent 通过操作员知识、自身知识和领域知识来协调操作员与机器之间交互，智能界面能够对于操作员的反应能够进行反馈和主动调节。这样智能界面帮助操作员减少信息加工的负担，提高操作员的注意力等^[19]。

3 典型人机交互模型的分析

人机交互模型是对人机交互系统中的交互机制进行描述的结构概念模型。目前已提出多种模型，如用户模型、交互模型、人机界面模型、评价模型等，这些模型从不同的角度描述了交互过程中人和机器的特点及其交互活动。

Norman^[20]较早提出的人机交互模型，将人机交互过程分为执行和评估两个阶段。在执行端是（1）形成行动意图；（2）将意图规划为行动序列；（3）执行该行动序列。在评估端是（1）感知世界状态；（2）对照先前的行动解释感知；（3）与初始目标比较并做出评价。具体情况见图 1 所示。

这个交互模型建立，指出了交互过程的一些特点，有助于在概念上理解交互。但是由于它完全以用户为中心，在此模型上研究的认知概念框架都是基于用户内部的心智活动，导致交互系统将大量的记忆、学习、推理和决策等认知活动集中到用户大脑内进行，随着系统结构和功能的日趋复杂，给用户带来了极大的认知负荷。另外，此模型对于计算机系统而言仅仅考虑到界面的部分。随着普适计算机的发展，随时随地、以任意形式为用户提供信息，对于人机交互界面的设计和表现形式已经没有统一的模式。

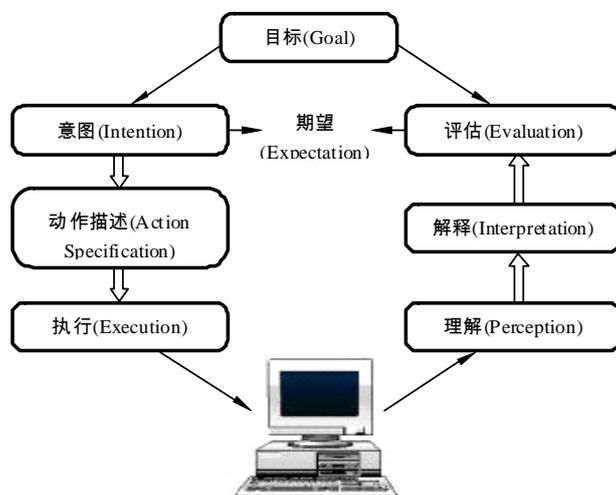


图 1 Norman 人机交互模型

随着 Agent 在人机交互中的应用, Agent 的作用在于实现交互过程中某些环节的自动化, 如预测用户行为、自主地执行某些动作等。此时的交互可以看作人与 Agent 的交互, 参考 Norman 的人机交互模型可以更清楚地理解 Agent 的位置和作用, 并可据此区分 Agent 的类型。Agent 的作用在于可以自动化上述 6 个阶段中的某一个或某些阶段。可以据此区分不同的 Agent, 如果自动化执行端的某些阶段, 可称为自适应 Agent; 如果自动化评价端的某些阶段, 可称为过滤型 Agent; 两端都自动化, 可称为半自治 Agent。但是参考 Norman 的人机交互模型所描述的 Agent 的作用, 没有反映出多 Agent 之间相互作用、相互影响, 从而实现信息自然和谐的交互。因此, Norman 人机交互模型已经不能满足人机交互真实的需求, 此模型没有从本质上理解人与机-环境的相互作用关系, 没有体现在“恰当”的时间、以“适当”的方式, 为操作员提供“恰当”的信息, 特别是没有通过感知外部环境, 帮助操作者减轻认知负担。

4 智能界面的交互模型

智能界面致力于改善人机交互的高效率、有效性和自然性的人机界面。它通过表达、推理, 并按照用户模型、领域模型、任务模型、谈话模型和媒体模型来实现人机交互并按照用户模型、领域模型、任务模型、谈话模型和媒体模型来实现人机交互。然而这些模型不能让操作者感知当前系统的状态和意图, 还是需要能够反映当下工作环境, 体现人与机-环境的相互作用关系的人机交互模型。构建这样的人机交互模型因该能回答下面的问题: 1) 操作者想让系统做什么改变? 2) 在系统当前的目的和状态下, 为什么需要被改变? 3) 如何使得系统做出需要的改变? 另外, 在当前系统的状态下, 如果存在并发的行为, 该模型能够表述在它们的本质特征和适合操作者的选择。为了便于设计, 有效的交互模型必须能被描述和说明。该模型能够表示操作者实际上做了什么和说明下一步操作者将要做什么, 也回答了人机交互任务由操作者和系统谁来做, 怎么做和何时做的问题。

因为智能界面包含了许多 Agent 去理解和协助操作者, 解释和具体说明对操作者的自适应性, 这种人机交互本质上就是操作者与 Agent 的交互。伴随着多个 Agent 的协助, 操作者的任务发生了转变, 从对直接信息的操控到对间接信息的管理。操作者的关注的焦点也发生了改变, 从对系统功能细节的了解到对整个系统操作性能的监管。这些 Agent 的特征包含了适应性、自治性和合作性, 使得它们能够提示操作者正在发生什么和下面即将发生什么。它们也理解操作者的意图, 了解操作者的身心负荷, 并学习过去的经验知识, 根据不同环境改变自身的行为。另外, 这些 Agent 能让他们彼此间相互交流合作, 依据相互作用的结果做出适当的反映。因此, 智能界面汇聚了多个 Agent, 不仅能被描述和说明, 而且能够自适应和合作, 详见图 2。

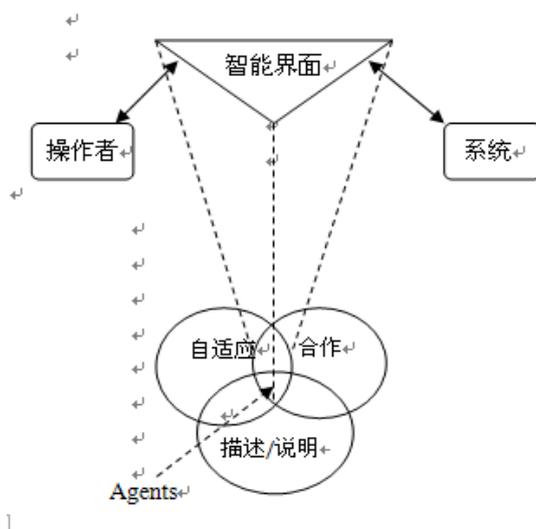


图 2 智能界面的交互模型

为了能够实现上文所提的功能, 智能界面也需要结合智能算法, 去评估和预测操作者的行为、意识和目的等。智能界面也因该能提高操作者完成任务的效率, 在“恰当”的时间、以“适当”的方式, 为操作者提供“恰当”的信息, 充分利用人的多种感觉通道和动作通道(如语音、手写、表情、姿势、视线、笔等输入), 以并行、非精确方式与计算机系统进行交互, 提高人机交互的自然性和高效性。

5 结束

随着战斗机的不断改进, 飞行员接收的信息越来越多, 对飞行员的要求越来越高, 而人的能力是有极限的, 这就要求人机界面不断地优化。智能界面因其自适应、上下文敏感和对任务的协助, 能为用户提供适应其个体特征和任务环境的信息。然而一般的智能界面模型不能反映操作者感知当前系统的状态和意图, 还是需要能够反映当下工作环境的的人机交互模型。在此基础上提出的智能界面交互模型, 人机交互的高效性、有效性和自然性。

参考文献:

- [1]. 孙隆. 第六代战斗机的竞争[J]. 光电与控制, 2012(10):1-7.
- [2]. 赵立群. 美国新一代战斗机方案[J]. 国际航空, 2012(5):20-23.
- [3]. 张承涛、陈忠礼、徐奕航. 战斗无人化发展趋势[J]. 飞航导弹. 2010(1):49-56.
- [4]. 张明亮、赵全习、王还乡. 美国无人机战斗机的发展现状及趋势[J]. 飞航导弹. 2011(9):25-28.
- [5]. 徐正荣. 论无人战斗机(三). 江苏航空. 2003(2): 41-44.
- [6]. L. Bainbridge, "Ironies of Automation," *Automatica*, vol. 19, no. 6, pp. 775-779, 1983.
- [7]. W. T. Powers, *Behavior: The Control of Perception*. New York: Aldine De Gruyter, 1973.
- [8]. A. Sutcliffe, S. Kurniawan, and J. E. Shin, "A method and advisor tool for multimedia user interface design," *Int. J. Human-Comput. Stud.*, vol. 64, no. 4, pp. 375-392, 2006.
- [9]. 王海燕、卞婷、薛澄岐. 新一代战斗机显控界面布局设计研究[J]. 电子机械工程, 2011, 27(4):57-61.
- [10]. M. Maybury, "Intelligent user interface: An introduction," in *Proc. Int. Conf. Intell. User Interface*, Redondo Beach, Los Angeles, CA, 1999, pp.3-4.
- [11]. D. R. Benyon and D. M. Murray, "Adaptive systems: From intelligent tutoring to autonomous agents," *Knowl.-Based Syst.*, vol. 6, no. 4, pp. 197-219, 1993.
- [12]. G. B. Tomlinson, E. Baumer, M. L. Yau, and W. Renz, "Dreaming of adaptive interface agents," in *Proc. ACM Conf. Human Factors Comput. Syst.*, San Jose, CA, 2007, pp. 2007-2012.
- [13]. Y Demazeau, J-P Miller. From Reactive to Intentional Agents[C]. In: Demazeau, Muller eds. *Decentralized Artificial Intelligence*, North Holland Amsterdam, 1991:2
- [14]. A. L. Baylor, R. B. Rosenberg-Kima, and E. A. Plant, "Interface agents as social models: The impact of appearance on females' attitude toward engineering," in *Proc. Conf. Human Factors Comput. Syst.*, Montr'éal, QC, Canada, 2006, pp. 526-531.
- [15]. T. Finin, C. Nicholas, and J. Mayfield, "Agent-based information retrieval(Tutorial)," presented at the 2nd ACM Conf. Digital Libraries, Philadelphia, PA, 1997.
- [16]. M. Woodridge, *An Introduction to MultiAgent Systems*. Chichester, West Sussex, U.K.: Wiley, 2002.
- [17]. D. R. Benyon and D. M. Murray, "Adaptive systems: From intelligent tutoring to autonomous agents," *Knowl.-Based Syst.*, vol. 6, no. 4, pp. 197-219, 1993.
- [18]. 彭召意、蒋伟进、周序生. 基于多智能体的交互界面系统研究[J]. 华北电力大学学报, 2005:32(2): 80-85.
- [19]. M. Maybury, "Intelligent user interface: An introduction," in *Proc. Int. Conf. Intell. User Interface*, Redondo Beach, Los Angeles, CA, 1999, pp.3-4.
- [20]. D. A. Norman (1986), "Cognitive engineering," In Norman, D. A., & Draper, S. W. (Eds.), *User centered system design: New perspectives on human-computer interaction*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 32-65.