

DOI:10.3969/j.issn.1673-4785.201304024
网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.3969/j.issn.1673-4785.201304024.html>

上下文感知驱动的自适应个性化学习及交互

蒋艳荣,李卫华,杨劲涛
(广东工业大学 计算机学院,广东 广州 510006)

摘 要:根据不同的学习上下文环境提供合适的学习内容、方式和交互,并在上下文发生变化时进行适应性的调整,是智能教学系统近年来的研究难点之一。为此,提出一种上下文感知驱动的具有适应性的个性化学习及交互方法。首先讨论上下文及其对学习及交互过程的作用和影响机制。然后提出一种以知识图为中心的个性化学习,介绍了学习图的生成算法和操作算子、基于知识图的自适应学习导航及符合用户个性特点和需要的学习序列生成方法。最后对交互行为进行分类,讨论交互行为的实现。原型系统的应用结果验证了所提方法的可行性和有效性,在适应性和个性化学习方面能够较好地满足用户的学习需求。

关键词:上下文感知计算;个性化学习;适应性;交互;智能教学系统

中图分类号:TP391 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-4785(2014)01-0060-09

中文引用格式:蒋艳荣,李卫华,杨劲涛.上下文感知驱动的自适应个性化学习及交互[J]. 智能系统学报, 2014, 9(1): 60-68.
英文引用格式:JIANG Yanrong, LI Weihua, YANG Jintao. Adaptive and personalized learning and interaction driven by context-aware computing[J]. CAAI Transactions on Intelligent Systems, 2014, 9(1): 60-68.

Adaptive and personalized learning and interaction driven by context-aware computing

JIANG Yanrong, LI Weihua, YANG Jintao
(School of Computer, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: Providing appropriate learning contents, learning style and interaction according to the learning contextual environment and adjusting according to its variety are some of the difficulties of the intelligent tutoring system (ITS). Hence an approach to adaptive and personalized learning and interaction driven by context-aware computing is proposed. First, the context and its influence on learning and interaction are discussed. Then an approach to personalized learning centering on the knowledge association map is introduced, including the creation algorithm and operators of the map, the adaptive learning navigation algorithm based on the learning map and the appropriate curriculum sequencing generation in accordance with the user's personality characteristics and needs are described in detail. The interaction behaviors are classified and how to realize the interaction behaviors is discussed. Finally, we implemented the proposal in a prototype of the learning system, and the application results indicate its feasibility and effectiveness.

Keywords: context-aware computing; personalized learning; adaptability; interaction; intelligent tutoring system

近年来,随着人工智能、认知心理学、计算机科学等学科在远程智能教育领域的应用及快速发展,智能教学系统(intelligent tutoring system, ITS)在知识表示、学生模型、教学策略和系统架构等方面取得了较大的进展^[1]。尽管如此,在如何使得 ITS 更具

有个性化和适应性,以及良好的人机交互方面,仍然存在着巨大的挑战^[1],而这对于提高 ITS 的智能性和应用性极为关键。

与传统的教学系统相比,新一代的远程智能教育系统(侧重于用户学习,以下简称学习系统),例如 AIES^[2]、AWBES^[3]等,更多地强调适应性和个性化,要求能够根据学生的学习水平、个人偏好等学习特点,调整学习内容和学习方式,以适应每位学生的特点^[4]。个性化在提高学生的学习效率和效果方

收稿日期:2013-04-14. 网络出版日期:2014-02-20.
基金项目:国家自然科学基金资助项目(61142012,61171141);广东省科技计划资助项目(2012B010600014,2012B010500025);广东省创新方法与决策管理系统重点实验室开放课题(2011A060901001-13B).
通信作者:蒋艳荣. E-mail: yrjiang@gdut.edu.cn.

面起着重要的作用^[5]。Bloom^[6]在研究中发现,有私人教师进行个人指导的学生在掌握学习材料方面要大大优于通常在课堂学习的学生。而适应性包括模型、交互和界面的适应性^[7],个性化与适应性是相互依赖、互为支撑的。研究指出,上下文是实现学习系统个性化的重要因素^[8-10]。因此,能够根据每位学生的学习特点和不同的上下文环境,提供对应合适的学习内容,并在学习上下文发生变化时及时地调整学习内容和方式,进行相应的改变,成为实现学习系统智能性和个性化的一个关键。

近年来,上下文感知在许多领域得到了应用,例如普适计算^[11]、人机交互^[12]、学习系统^[10,13]等,也取得了许多进展。岳玮宁在采用上下文感知技术改善手持移动设备的人机交互方面进行了有益的探索^[12]。K.M.Lee 提出一个上下文感知系统结构,系统采用 if-then 规则实现上下文感知服务^[14]。文献[10]针对语言学习提出了一个普适环境下的协作学习支持系统,其中用到了对知识的感知和用户上下文等。周建智^[13]将本体论引入 OULG 系统的开发中,以解决已有的学习系统异构性问题和学习服务难于共享的问题,在显示界面方面,该系统能自适应电脑终端或 PDA 等手持移动设备。

已有研究存在的主要问题是:1)侧重于系统某方面技术的研究,对于将上下文感知计算与学习系统的有机集成缺少研究,而这对提高学习系统的适应性,以及提供个性化的学习服务较为关键;2)对于上下文感知环境下,满足学生的个性需求、适合学习特点的个性化学习及交互的研究还较为缺乏。为此,本文提出上下文感知驱动的具有适应性的个性化学习及交互方法。

1 上下文感知

上下文感知是建立具有适应性的个性化学习系统的一项关键技术,其目的在于实现对学习环境(包括信息空间与物理空间)的感知,以在用户没有发出明确请求的情况下判断何时向用户提供服务,以及提供何种合适的学习服务。

1.1 应用特性及上下文分类

与一般的学习系统相比,基于上下文感知的智能学习系统通常需要具备如下特性:1)前摄性是指在没有用户的请求下就代表用户对未来的目标或问题做出预期。它能够预计用户的需要并触发自己的合适行为。这需要对用户的习惯、行为模式等信息有一定的了解。2)透明性是指不被察觉的程度。

Weiser 将透明性称之为一种太自然以至于在使用时察觉不到的特性^[15]。这就要求在学习的过程中,系统尽可能少地要求用户显式地输入信息。这需要充分地利用上下文信息,以避免对学习过程不必要的频繁中断。3)与学习交互的集成需要将原始数据处理生成初步的上下文信息,并通过推理得到抽象的具有语义的上下文信息,获得的上下文信息将与学习交互过程进行融合,为学习和交互行为的生成提供支持。

对上下文的分类有助于理解上下文在学习交互中的作用及影响机制。根据学习领域的特点,可以将上下文分类为:1)物理上下文,包括学习者位置(宿舍、教室、图书馆等)、网络(GSM、互联网)、设备、当前时间、天气等;2)用户上下文,是与学习者相关的基本信息和个性信息,包括姓名、性别、角色、个人偏好等;3)学习上下文,包括与用户学习有关的各种信息,如用户的学习水平、期望的学习时间、学习对象、学习目标、学习状态、学习风格等。不同类型的上下文通过作用机制参与学习和交互的决策过程,进而影响到系统的行为与功能。

1.2 作用机制

上下文感知对学习及交互的作用机制可以用图 1 进行描述,其本质是上下文对学习及交互行为的决策产生影响,进而生成适合当前上下文环境的学习服务。其中作用机制可分为 2 种:主动模式和被动模式。

主动模式是在对上下文及感知信息提取特征之后,对上下文触发规则进行匹配,在满足规则约束的条件下,发出对应的触发信号。在触发多条规则的情况下,会依据优先性进行选择。高层应用接收到触发信号之后执行相应的应用。例如,用户在转换学习场所后,新的地点会触发用户的学习配置环境的切换;用户学习时间过长,会触发“学习太久,请注意休息”的提醒行为(如图 1 中行为 1 的触发执行)。被动模式可通过统一的上下文访问接口实现,所有的高层应用要获取上下文,都必须通过这个访问接口。

上下文信息作为输入作用于学习模型,可用于生成满足用户学习需求的个性化学习模型,结合学习目标、学习状态等上下文的变化,进而对学习模型进行调整、优化,生成适合该用户的个性化学习序列,以及进行学习导航等。另外,上下文信息作用于学习交互过程,可以生成适合当时上下文环境的交互行为,如上下文命令、上下文触发行为和上下文学习行为,具体见后面章节的讨论。

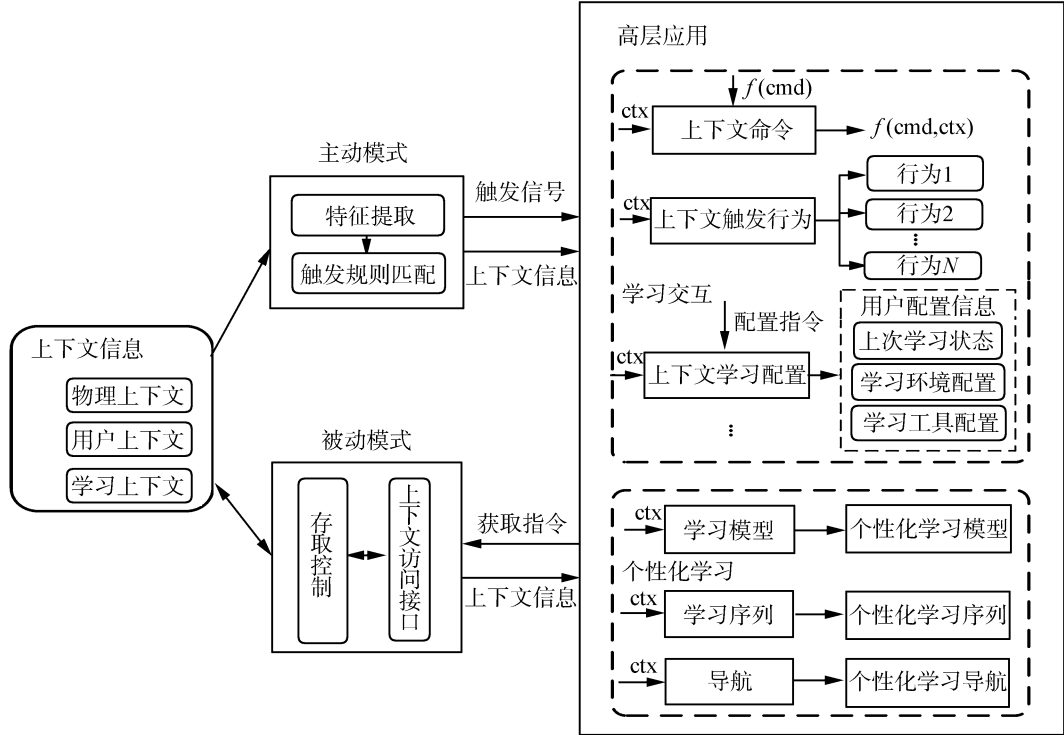


图 1 上下文感知作用机制

Fig.1 Influence mechanism of context-awareness

2 上下文感知环境下的个性化学习

2.1 知识表示及领域模型

定义 1(知识点) 知识点可以用一个多元组表示: $K=(N_k,D_k,A_k)$,其中 N_k 为知识点的名称, D_k 为知识点的基本内容,包括该知识点的定义、描述、关键词等, A_k 为知识点的属性, $A_k=(dif,mast)$, dif 是该知识点的难度系数, $mast$ 用来表示对该知识点的认知要求, $mast \in \{“记”,“理解”,“运用”,“综合”\}$ 。

在学习系统中,一门课程的一章、一节、一个算法等都可以作为一个知识点。知识点之间是相互关联的,将这种非孤立的关联关系称之为知识点之间的关系。若某知识点 B 可用于定义、描述或解释另一知识点 A ,则称 B 与 A 是前提关系 (precedence-of),记为 $p(B,A,q)$,其中 $q \in [0,1]$ 为依赖强度,用于描述 A 对 B 的依赖程度。直观地看,知识点 A 需要在其前提知识点 B 学习完之后才能进行学习。对于一个知识点来说,通常可以分解为几个小的子知识点,而子知识点可以分解为更小的子知识点,依次类推。这种关系称之为 subtopic-of 关系,记为 $s(C,D)$,表示 C 是 D 的子知识点。显然,对某知识点 K 进行逐步分解,可以得到一棵根结点为 K 的有

向树,再考察知识点之间的前提关系,将有前提关系的知识点用箭头连接起来,则可以得到一个有向无环图。

定义 2(知识图) 由知识点 K 通过分解和添加前提关系得到的有向无环图,称为知识图,记为 $KAG(K)$,可用多元组表示为 $KAG(K)=(N,R)$,其中 N 为结点集, R 为关系集(边)。在获得了领域知识的不同知识图之后,可以建立该领域知识的模型。

定义 3(领域模型) 领域模型为针对某具体领域的知识结构,由知识点与知识点之间的关系组成,可以表示为一个集合 $D=\{KAG(K_1),KAG(K_2),\dots,KAG(K_n)\}$ 。领域模型最简单的形式就是一个由领域概念及其关系组成的集合。显然,由知识图构成的领域模型是一个网状结构,如果去掉知识点之间的前提关系,其主体架构是由知识点构成的森林。很明显,越靠近根结点的知识点,其抽象程度越高,包含的子知识点也越多。这样的组织方式,既便于用户理解,又便于知识的管理。在学习的过程中,用户可以提取出其中的任一子图进行学习。

定义 4(学习图) 学习图 $LG(K)=(N_l,R_l)$ 是关于知识点 K 一个定义良好的 KAG 子图,且满足以下条件:1) $N_l \subset N, R_l \subset R$;2) 对于 $\forall x, x \in N_l$,且 $y \in N, p(y,x)$,则有 $y \in N_l$ 。显然,学习图有助于实现个

个性化的学习,针对用户给定的学习目标 K ,将与其关联的完备知识点集成起来,生成符合用户学习需求的知识子图,进而生成个性化的学习序列。

2.2 自适应的个性化学习

具有适应性的个性化学习是通过知识图及其映射过程实现的。领域模型相当于领域专家的知识图结构,根据学习目标和需求,可以生成初始的目标知识图,此图反映了在当前学习状态下要求学生学习的内容及掌握程度。根据学习者的需要,可以通过对其结点和关系的增减实现对学习内容和难度的调整。在学习过程中,可根据学习者对知识点学习的评估结果动态改变目标知识图(例如降低难度,删减知识点等),从而建立动态的学习者知识图并存入学生模型,这反映了学习者不断变化的认知状态和学习能力。因此,整个学习过程是一个不断进行动态调整的知识图变化过程,如图 2 所示。

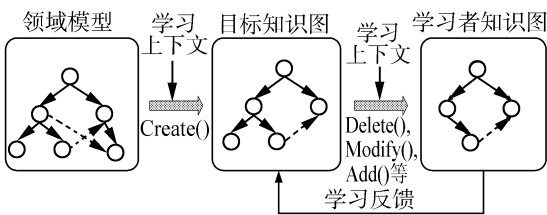


图 2 个性化学习
Fig.2 Personalized learning

在此过程中,建立个性化的目标知识图是基础。目标知识图的建立需要考虑到学习上下文,包括学习者的学习水平、学习目标和学习状态等。当学习者选择了一个知识点作为学习目标,系统会通过传递过来的学习状态来确定该学习者是否掌握了该目标知识点的所有前提知识。如果该学习者对于前提知识的学习效果达到要求,则系统会生成一个学习图 LG ,作为学习对应知识点的目标知识图。如果该学习者还没有掌握所有的前提知识,则系统会将未掌握的前提知识加入到学习图 LG 中。在目标学习图生成之后,系统可以结合学习上下文生成合适的个性化学习序列作为学习建议。个性化的学习图 $LG(K)$ 的生成算法如下。

算法 1 学习图生成算法 $LGGenerate(G,K)$ 。
输入: K 为要学习的目标知识点, G 为包含 K 的领域知识图。
输出: 生成的学习图 $LG(K)$ 。
1) 初始化,设定阈值 $\rho, \delta, LG \leftarrow \emptyset$;
2) $G' \leftarrow G$,然后去掉 G' 的所有前提关系;
3) 将 G' 中 K 及其子孙结点和关系构成的子树,

加入到学习图 LG ;
4) 将 G 中所有与 K 满足前提关系的结点及其前提关系,加入到学习图 LG .方法如下:首先对 $\forall K_p$,若结点 K_p 满足 $p(K_p, K)$,则将其标记为 1;然后对标记为 1 的 K_p ,若满足 $\forall x, s(x, K_p)$ 为真,且 x 与 K_p 的距离小于阈值 ρ ,则将 x 标记为 1;再判断 K_p 的祖先结点,若 K_p 存在祖先结点 K_f ,且 K_f 与 K_p 的距离小于阈值 δ ,则将 K_f 标记为 1;接着找到与 K_p 的距离最大且标记为 1 的祖先结点 K'_f ,考察其所有的子孙结点 x ,若 x 与 K'_f 的距离小于 $(\delta + \rho)$,则将此结点 x 标记为 1;最后,将所有标记为 1 的结点及其关系加入到学习图 LG ;
5) 若 K 的子孙结点 K_c 存在满足前提关系的结点 x ,若 $p(x, K_c)$ 为真,则参照步骤 4) 将相关结点和关系加入到学习图 LG ;
6) 返回学习图 LG 。

显然,以上算法在设定一定的阈值 ρ, δ 后,向上可以将与 K_p 一定距离内的祖先结点包括进来,向下可以将相关联的子孙结点包括进来,其中距离越远的结点,认为其关联度越小。通过设定不同的阈值,可以得到不同范围大小的知识子图,从而适应不同学习能力的用户。

在学习过程中,根据学习者的个性需求和学习评估的结果对知识图进行添加、删除等调整操作,是实现一定适应性的关键。对知识图的调整主要通过如下算子实现。

定义 5 (Delete 算子) $Delete(K)$ 是一元运算符,给定一个学习图 $LG = (N_l, R_l)$, $K \in N_l$,则 $Delete(K)$ 运算符允许用户删除学习图 LG 中任一不感兴趣的知识点 K ,其运算后得到新的学习图 $LGN = (N'_l, R'_l)$,其中 $N'_l = N_l - (\{K\} \cup N_1 \cup N_2 \cup N_3)$, N_1 为知识点 K 的子孙结点集, $N_1 = \{K' | s(K', K)\}$; N_2 为以知识点 K 为前提的结点集, $N_2 = \{K' | p(K, K')\}$; N_3 为被删除的前提结点的子孙结点,即 $N_3 = \{K' | \forall x, x \in N_2, s(K', x)\}$,考虑到前提关系的传递性,通过以上操作,可以使得所有以 K 为前提的结点及其子孙结点能被删除。新关系集 $R'_l = R_l - \{\langle K_i, K_j \rangle | K_i, K_j \in \{K\} \cup N_1 \cup N_2 \cup N_3\}$ 。

然而,有时需要保留这些具有前提关系的知识点,然后当用户学习到这些知识点时,根据需要加入其前提知识点。此时,需要一种不完备的删除操作。

定义 6 (DeleteSubTree 算子) $DeleteSubTree(K)$ 是一元运算符,给定一个学习图 $LG = (N_l, R_l)$, $K \in N_l$,则该算子运算后得到新的学习图 $LGN =$

(N'_l, R'_l) , 其中 $N'_l = N_l - (\{K\} \cup N_1)$, $N_1 = \{K' | s(K', K)\}$, $R'_l = R_l - \{\langle K_i, K_j \rangle | K_i, K_j \in \{K\} \cup N_1\}$ 。显然, DeleteSubTree 算子仅仅删除了知识点 K 及其子孙结点, 相比较 Delete 而言是不完备的。

定义 7 (Modify 算子) Modify(K, Att) 是二元运算符, K 为目标知识点, Att 为要修改的属性集合, $Att = \{(attr1, val1), (attr2, val2), \dots\}$, 根据要修改的属性名(例如名称、描述、难度系数等)对相应的值进行修改。

定义 8 (Add 算子) Add(K_1, K_2) 是二元运算符, 其运算的结果是将知识点 K_1 作为孩子结点连接到知识点 K_2 , 使得 $s(K_1, K_2)$ 为真。

学习者的学习过程以知识图为中心, 在个性化的学习图生成之后, 系统结合学习上下文生成适合学习者学习需要和个性特点的学习序列, 并对学习者的学习过程进行导航。同时学习者的评估结果作为反馈, 用于调整和优化其目标学习图, 以备下一轮的学习需要, 这样在学习过程中系统与学习者之间形成了多个学习循环, 使得系统逐步接近于最适合该学生学习特点的优化状态。

2.3 自适应学习导航

自适应导航的目的是帮助学习者根据其知识状态找到一条“最优”的路径以浏览领域知识^[16]。一般而言有 2 种方法: 一是学习者自己选择的学习内容和安排的学习序列, 可以“自由”地浏览所有的学习材料, 系统仅提供一些建议^[16]; 二是由系统根据学习者的目标和现有的知识水平自动地生成学习序列, 如 DCG 系统^[17]等。显然, 太“自由”地浏览会导致学习者获得的指导不够(例如在不具有先导知识的情况下学习某知识点), 出现“迷航”现象, 而严格地遵循系统提供的学习路径进行学习, 则缺乏灵活性。

而知识图具有全局性特征, 显然可以用于指导学习者在浏览不同的学习页面时适时定位, 因而可将以上 2 种方法进行一定的集成。为此, 提出一种基于知识图的自适应学习导航算法, 其主要步骤如下。

1) 采用算法 1, 依据学习上下文将知识图转化为适合学习者学习需要的学习图 $LG(K)$;

2) 根据生成的学习图 $LG(K)$, 采用结合深度优先遍历的拓扑排序方法获得其学习序列 $List(k)$ 。方法如下: 首先去掉 $LG(K)$ 的前提关系, 对其进行深度优先遍历, 得到知识点序列 $List$; 再将获得的序列 $List$ 作为启发信息, 用于指导拓扑排序过程中结

点的选取次序, 得到知识点序列 $List(k)$;

3) 将知识点序列 $List(k)$ 转化学习页面序列, 具体过程如下: 首先在页面的具体生成中包含前后的方向导航按钮(直接导航); 其次对于页面中包含的其他知识点链接, 根据学习者的知识水平对页面上的超链接进行分类, 分别加上不同的标记(如不同的颜色、字体等)以代表不同的含义(链标记); 然后根据学习者的当前知识状态, 隐藏某些超链接以避免干扰信息(链隐藏); 最后提供学习图 $LG(K)$ 和领域知识图的图形展示, 用不同的颜色表示不同的知识掌握程度等信息;

4) 对学习者在学习页面上的学习请求(点击链接等)进行合适的响应。

在以上导航过程中, 采用了直接导航、链标记和链隐藏技术, 同时也提供了领域知识图和当前的学习图的图形界面, 作为学习者对其他学习目标的快速入口, 以及对自身学习状况的直观表示。另外, 还提供了目录树结构的辅助导航, 以满足传统导航习惯的学习者需要。在学习过程中, 学习者既可以按照系统提供的学习序列建议进行学习, 也可以跳出系统的建议选择新的知识点进行学习。因此有以下情况: 1) 学习者选择的知识点在当前的学习图 $LG(K)$ 中; 2) 学习者选择的知识点不在当前学习图的范围内。对于第 1 种情况, 系统首先会判断该知识点的前提知识点是否已经学习完了, 且达到了必要的掌握程度。如果没有, 系统会给出提醒, 并转入对其前提知识点的学习; 否则会给出提示, 并拒绝此次学习请求。对第 2 种情况, 系统会保存当前的学习图 $LG(K)$ 及其页面的状态, 并对学习者选择的知识点进行类似的判断。若学习者当前的知识水平满足对该知识点学习的必要要求, 则调用“学习图生成算法”生成适合该学习者学习特点的学习图 $LG(K')$, 并转入对 $LG(K')$ 的学习。其后, 若学习者退出对 $LG(K')$ 的学习, 则系统将其状态进行保存, 并恢复学习图 $LG(K)$ 作为当前学习图。

在学习过程中, 系统会根据学习效果动态地修正学习图中各知识点的学习状态, 并将不同的学习图进行合并, 用于对学习过程的控制和对学习者知识状态的直观呈现。

2.4 学习效果评价

学习效果评价的目的在于根据学习者对知识点的测试情况, 更新用户的知识状态, 并将相关的学习行为数据和测试结果进行保存, 用于用户的学习特点获取和知识图的调整, 进而生成合适的学习序列。

对用户知识状态的更新,可以采用文献[18]的算法。例如,对于解答正确的题目,可采用公式 $S_{new} = S_{old} + S_{old} \times P/10$;而对于解答错误的题目,采用公式 $S_{new} = S_{old} - S_{old} \times P/10$,其中 P 为难度系数。

得到学习者的知识状态后,可以结合其学习时间、测试的题目难度和数目,评估其学习能力,用于其学习模型的更新和个性化学习序列的生成。采用如式(1)求得学习能力。

$$C = S \times w_s + P/T \times w_a$$

(1)

式中: C 为学习能力, S 为测试的平均成绩, P 为测试中各知识点的平均难度系数, T 为学习时间, w_s 和 w_a 为权重,且 $w_s + w_a = 1$ 。

3 基于上下文感知的学习交互行为

在一个学习过程中,可能交织进行着多个不同类型的交互行为,而这些行为的发生贯穿于整个学习过程,并作为其不可或缺的组成部分。因此,有必要对这些学习交互行为进行分析,包括对其进行分类和讨论其实现机制。显然,这些交互行为的发生和执行是处于一定上下文环境下的。传统的智能学习系统很少自动地涉及上下文数据,而这对于实现个性化和前摄性的学习系统是必不可缺的。

考虑到学习系统的特点,将基于上下文感知的学习交互行为分为3类:上下文命令、上下文触发行为和上下文学习行为,分别对应于自治水平从低到高的顺序。

1)上下文命令也可以称之为用户命令的上下文参数化,命令的执行结果由具体的上下文环境来决定,不同的上下文可以有不同的执行结果。设原来的命令为 cmd ,则上下文命令可以看成是原始命令和上下文(ctx)的函数,即 $cmd(c) = f(cmd, ctx)$,其中上下文作为函数的参数来进行实例化。例如,学习者向某位伙伴发起问题求助,当时的时间是凌晨0:30,地点为宿舍。那么系统在收到该命令后,根据当前的时间、地点等物理上下文信息,以及该伙伴的用户上下文(喜欢早睡,没有晚上学习的行为记录),将该信息推迟到第2天7:00发送给该用户,并将推迟的原因推送给命令发出者。而如果换成是一位经常学习到深夜的用户,则系统会立刻将命令传送到该用户。

还有一种情况是上下文命令的本身与具体的上下文环境有关,不同的上下文环境可以决定系统提供的命令种类。例如,一位经常回答别人问题,且学习成绩较好的学习者,应该给予较多的参与求助的

信息,而对于一位初学者,则显然可以适当地屏蔽。

2)上下文触发行为是由上下文及其变化触发的行为,它赋予学习系统在一定条件下自治地执行某些行为的能力,可用于实现对环境变化的快速反应。一个简单的触发行为由作为前提的上下文和作为操作的行为来组成,可以简单地表示为 $p \rightarrow q$ 。如果在交互中存在触发链,即 $p \rightarrow q \rightarrow \dots \rightarrow m$,在合理设计高效推理机制的情况下,可以很快推导出结论。上下文触发行为采用产生式的形式可表示为

$$\text{IF } \langle \text{context}(1) \rangle \text{ AND } \langle \text{context}(2) \rangle \dots \text{ AND } \langle \text{context}(n) \rangle \text{ THEN } \langle \text{actions} \rangle$$

这个表达式描述了在一定的上下文状态下可以触发相应的上下文行为。如一条针对学习者学习效果的自适应规则为“IF 学习成绩 \leq ‘及格’ AND 测试次数 ≥ 3 THEN 调整学习模式 AND 提醒”,表示在学习者学习效果不理想的情况下,调整其学习模式并给予提醒。

由于触发行为执行的操作一般比较简单,持续时间也较短,因此对于中断的其他学习行为没有太大影响。在实际应用中,可对不同场景下用户的交互行为和上下文环境进行学习,建立起映射关系,并应用粗糙集方法对决策表进行约简,得到由特定条件直接引起动作的最简规则。

3)上下文学习行为是学习者各种与学习相关的行为在上下文环境下的实现。Ogata^[19]将语言学习环境下的学习行为分成8类,例如打开一个链接、提出问题、回答问题、参与讨论等。将其中的后面几类归类为上下文命令,其他的学习行为包括上下文感知下的学习配置以及对学习内容的浏览、转移、测试等。

以上下文因素为线索进行资源配置,称之为上下文感知学习配置,它有助于合理地配置资源。例如,当用户从宿舍进入图书馆,则学习系统将学习环境配置切换为适合图书馆环境的学习要求,恢复上次的学习状态,充分利用图书馆的丰富资源等。就具体的学习操作而言,重要的是对学习者的“打开”知识点的学习链接的处理,而这与具体的上下文有关。笔者设计了一组相关的上下文规则来进行定义与约束,以下是一些上下文规则:如果当前的知识点还未学习,则将对链接的点击转移到学习网页;而如果已经学习过,则自动显示其学习和考试的历史记录;若该知识点的前提知识还没有学习,则给出提示,并转入到前提知识的学习界面。采用规则进行处理的好处是,可以针对系统环境的变化,动态地添加和删除

上下文规则。

4 系统原型及实现

4.1 系统框架

为了检验所提方法的有效性和可行性,研发了一个面向本科生《数据结构》课程的系统原型,其框架结构如图 3 所示。系统主要由上下文感知、自适应个性化学习、自适应导航、上下文学习交互和学习评价 5 个部分组成。上下文感知部分描述了上下文的获取及作用机制,将原始的上下文数据转化为易于使用的上下文信息,结合用户的学习个性,生成个性化的学习图,并结合反馈信息对学习图进行调整和优化。在学习过程中,自适应导航可提供灵活的导航策略,在满足学习者的“自由”浏览的同时,也提供学习序列的建议。最后由学习交互模块负责处理用户的各种上下文环境下的学习行为,提高交互的自然性和智能性。学习评价模块用于获取反馈信息,并进行学习效果评估和及时更新学习者的知识状态,以进行学习的优化和调整。

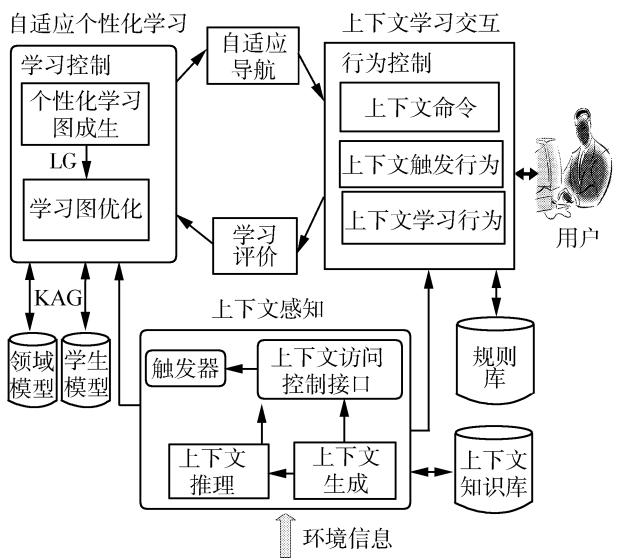


图 3 系统架构
Fig.3 Infrastructure of the prototype

4.2 原型系统实现

采用 B/S 架构进行开发,采用的开发平台为 JDK1.6 + Eclipse3.7,数据库采用 SQL Server 2005,Web 服务器采用 Apache Tomcat 7.0。系统充分地支持对上下文的感知和利用,并根据不同的上下文提供个性化的学习服务。

采用 Javabean 进行服务器端各模块的开发,用 JSP 控制用户界面的动态生成。采用 Applet 实现客户端的图形显示及与服务器端的数据交换,用

Javascript 脚本控制客户端的用户输入。采用 CC/PP 识别设备增强系统适应性。下面简单介绍系统流程。

通过用户的注册获取用户的上下文信息(姓名、学院、系别等)和部分的学习偏好(如学习风格、期望的学习时间等),并存入上下文数据库。在用户登录时,获取其设备上下文(移动客户端或计算机)、网络(GSM、互联网)、当前时间、天气等,并推送给学习控制模块和学习交互模块。如果用户不是首次登陆,则显示上次学习的内容及其知识状态;否则,将知识图以图形和树形结构的方式呈现给用户。通过获取用户的学习目标等学习上下文,系统自动生成合适的目标知识图,并提供学习序列建议和调整操作按钮。在学习过程中,用户可按照此学习序列进行浏览和学习,也可以选择其他感兴趣的学习内容,系统将其学习过的内容及其测试情况自动记录到对应的学习者知识图。在学习的整个过程中,系统会对各种上下文命令进行处理,并在上下文条件满足时,执行合适的上下文触发行为。表 1 列出了原型系统中实现的部分上下文命令。对于用户的其他各种学习行为,则依据约束规则进行处理。对于完成测试的知识点,系统自动更新用户的知识状态,并依据式(1)更新其学习能力,用于后续的学习序列生成。

表 1 部分上下文命令
Table 1 Partial contextual commands

命令名	描述	系统动作
AskQuestion	发起求助	自动将问题分发给潜在帮助者,包括正在学习或者已经学习过同一知识点的其他学习者。
ReplyQuestion	参与求助	将回答以适当方式推送给求助者。
StartDiscussion	发起讨论圈	将讨论邀请分发给主题相关者,即学习过相同知识点的其他学习者。
TakeDiscussion	参与讨论圈	将参与者排序,并以适当方式推送给求助者。
CheckMe	查看自身学习状况	查看自己的知识状态、排名、成绩等。
HotTrends	查看热点	查看当前学习人数最多的知识点。
GetEnviron	查看周围环境	查看在线的其他学习者,在线人数,学习方向等。

和易用性方面的开发,使其具有更好的人机界面,并对多种终端接入方式进行应用,进一步提高系统的适用性。

参考文献:

- [1] 许高攀,曾文华,黄翠兰.智能教学系统研究综述[J].计算机应用研究,2009,26(11):4019-4022.
XU Gaopan, ZENG Wenhua, HUANG Cuilan. Research on intelligent tutoring system [J]. Application Research of Computers, 2009, 26(11): 4019-4022.
- [2] IGLESIAS A, MARTINEZ P, ALER R, et al. Reinforcement learning of pedagogical policies in adaptive and intelligent educational systems [J]. Knowledge-Based Systems, 2009, 22(4): 266-270.
- [3] BITTENCOURT I I, COSTA E, SILVA M, et al. A computational model for developing semantic web-based educational systems[J]. Knowledge-Based Systems, 2009, 22(4): 302-315.
- [4] CHEN C M. Personalized e-learning system with self-regulated learning assisted mechanisms for promoting learning performance[J]. Expert Systems with Applications, 2009, 36(5): 8816-8829.
- [5] REISER B J, ANDERSON J R, FARRELL R G. Dynamic student modeling in an intelligent tutor for LISP programming[C]//Proceedings of the 8th International Joint Conference on Artificial Intelligence. Los Angeles, USA, 1985: 8-14.
- [6] BLOOM B S. The 2 Sigma problem: the search for methods of group instruction as effective as one-to-one tutoring[J]. Educational Researcher, 1984, 13(6): 4-16.
- [7] SANTOS O C, GAUDIOSO E, BARRERA C, et al. ALFA-NET: an adaptive e-learning platform[C]//Proceedings of the 2nd International Meeting on Multimedia and Information Communication Technologies in Education. Badajoz, Spain, 2003: 1938-1942.
- [8] O'KEEFFE I, BRADY A, CONLAN O, et al. Just-in-time generation of pedagogically sound, context sensitive personalized learning experiences[J]. International Journal on E-Learning, 2006, 5(1): 113-127.
- [9] HONG J, SUH E, KIM J, et al. Context-aware system for proactive personalized service based on context history[J]. Expert Systems with Applications, 2009, 36(14): 7448-7457.
- [10] OGATA H, YANO Y. Combining knowledge awareness and information filtering in an open-ended collaborative learning environment[J]. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 2000, 11(1): 33-46.
- [11] LUM W Y, LAU F C M. A context-aware decision engine for content adaptation[J]. IEEE Pervasive Computing, 2002, 1(3): 41-49.
- [12] 岳玮宁,王悦,汪国平,等.基于上下文感知的智能交互

系统模型[J].计算机辅助设计与图形学学报,2005,17(1):74-79.

YUE Weining, WANG Yue, WANG Guoping, et al. Architecture of intelligent interaction systems based on context awareness [J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2005, 17(1): 74-79.

- [13] 周建智.以本体论为基础之普适学习格网[D].桃园:中原大学,2007.
- [14] LEE K M, SOHN B K, KIM J T, et al. An SoC-based context-aware system architecture[J]. Lecture Notes in Artificial Intelligence, 2004, 3215: 573-580.
- [15] WEISER M. A computer for the 21st century[J]. Scientific American, 1991, 265: 94-104.
- [16] WEBER G, SPECHT M. User modeling and adaptive navigation support in WWW-based tutoring systems[C]//Proceedings of the Sixth International Conference on User Modeling. New York, USA: Springer, 1997: 289-300.
- [17] VASSILEVA J. DCG+GTE: dynamic courseware generation with teaching expertise [J]. Instructional Science, 1998, 26(3/4): 317-332.
- [18] 周学海,周立,龚育昌,等.自适应超媒体技术及其在智能化CAI中的应用[J].计算机工程与应用,2001(2): 102-104.
ZHOU Xuehai, ZHOU Li, GONG Yuchang, et al. Adaptive hypermedia technique and its applications in intelligent CAI [J]. Computer Engineering and Applications, 2001(2): 102-104.
- [19] OGATA H, YANO Y. Knowledge awareness map for computer-supported ubiquitous language-learning [C]//IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education. Jungli, China, 2004: 19-26.

作者简介:



蒋艳荣,男,1976年生,讲师,博士,主要研究方向为机器智能、上下文感知计算、智能交互等。发表学术论文20余篇,其中被SCI检索6篇、EI/ISTP检索10余篇。



李卫华,女,1957年生,教授,博士,主要研究方向为智能软件、网络信息系统、面向Agent计算等,发表学术论文40余篇,出版著作多部。



杨劲涛,男,1971年生,讲师,博士,主要研究方向为Web服务计算、模式识别、医学图像处理技术等,发表学术论文20余篇。