智能教学系统新进展

李　静, 周竹荣
(西南师范大学 计算机与信息科学学院, 重庆 400715)

摘　要: 智能教学系统(ITS)历来是计算机辅助教学(CAI)的研究重点。介绍了 ITS 的概念和发展, 重点分析了 ITS 在体系结构、知识表示与管理方面的新进展和一些新技术在 ITS 中的应用, 对 MAS、数据挖掘、知识管理、本体论、网格等技术在 ITS 中的应用进行了综述, 以期有助于 ITS 的发展。

关键词: 智能教学系统; 多代理系统; 网格; 数据挖掘; 知识管理; 本体论
中图法分类号: G433　　**文献标识码:** A　　**文章编号:** 1001-3695(2005)12-0015-06

New Developments of Intelligent Tutoring System

LI Jing, ZHOU Zhu-rong
(School of Computer & Information Science, Southwest China Normal University, Chongqing 400715, China)

Abstract: Intelligent Tutoring System(ITS) has been one of the focuses of research in the domain of CAI. ITS is an open man-machine conversation tutoring system, which absorbs many technologies of artificial intelligence and can teach students in accordance with their aptitude. So the learners study more actively than before and ITS helps the learners develop their intelligence and abilities. After the concept and history of ITS are introduced in this article, new developments in its architecture, knowledge representation and management are emphasized, which include MAS, Web, data mining, knowledge management, ontology, grid applied to ITS. In the end, the writers believe ITS has a pleasant prospect and hope this article will help the development of ITS.

Key words: ITS; Multi-Agent System(MAS); Grid; Data Mining; Knowledge Management; Ontology

智能教学系统(Intelligent Tutoring System, ITS)是一种开放式人机交互教学系统, 它引入了人工智能的各种技术, 模拟人类教师教学, 可以更好地实现因材施教并进行有针对性的指导, 从而发挥学生的学习积极性, 有助于学生能力的培养。

早期 ITS 的研究把专家系统、认知心理学、人工智能的各种技术应用于 ITS 中, 在 ITS 的结构、领域知识模型、学生模型、学生诊断等方面取得了丰硕的成果。随着计算机科学的发展与进步, ITS 也不断得到研究和发展[1]。尤其近几年, 随着 MAS、知识管理、本体论、数据挖掘等技术在 ITS 中的应用, ITS 取得了很多新的进展。

过去对 ITS 的综述重点在于分析 ITS 框架、模块及功能, 对 ITS 在体系结构、知识表示和管理的新进展和新技术介绍不多[57]。因此, 我们有必要对 ITS 的新技术和新进展作出总结, 目的是为了丰富和完善学科知识, 比较准确地把握 ITS 的发展方向, 为今后在高智能 ITS 的研究、开发和应用打下基础。

1　ITS 的研究简介

对 ITS 的研究始于 20 世纪 70 年代初期, Bolt Neranek Newman 公司的 Jaime Carbonell, Allan Collins 共同开发的 Scholar 系统[2] 被认为是最早的智能教学系统; 随后出现了 Why, Sophie, West, Buggy[2], Neomycin[3] 等智能教学系统, 将知识表示、专家系统、问题求解、机器推理等人工智能技术应用于 ITS, 取得了丰硕的成果。

收稿日期: 2005-01-31; 修返日期: 2005-04-20

国外对 ITS 的研究较多, 美国、欧洲、日本、加拿大等国家投入大量人力、物力和财力从事 ITS 的研究[57], 其中最为活跃的是美国。美国的研究工作主要在大学和军方进行, 一些知名的大学如 Stanford, MIT, Memphis, Carnegie-Mellon, Johns-Hopkins, California 等都在进行这方面的研究工作, 开发出了一些智能相对较高的 ITS 系统, 建立了内容丰富的智能教学网站。美国国家科学基金会(NFS) 在学习与智能系统(Learning and Intelligence)的研究中资助了总额达 0.225 亿美元的基金。Memphis 大学对 Tutor 系统进行了 15 年研究, 该系统通过提示和暗示的方法, 对学生的问题作出适当反应, 从而进行不同学科的教学。

我国 ITS 的研究起步较晚, 开始的研究工作主要集中在少数大学和研究机构里进行, 且多为研究和演示用的系统。例如张小真的 ICAIDT 系统、刘甘娜的智能辅导系统和理科教学软件《几何专家》。近几年 ITS 的发展较快, 一些计算机公司也投入其中, 对 ITS 的发展起到了积极的推动作用。例如中教软件股份有限公司开发的中教智能教学软件、清华同方的智能教学答疑系统和南京数企资讯科技有限公司的基于 Web 的智能远程教学系统等。

2　ITS 的结构

过去对 ITS 的结构综述不太完整, 一般认为 ITS 由四个模块构成, 但除了 Kinshuk 提出的四模块结构为我们所熟知之外, ITS 在发展过程中还出现了三模块结构, Derry, Siemer 和 Self 先后提出了各自的三模块结构。

2.1 ITS 的三模块结构

三模块结构的 ITS 主要由三大部分组成,即教学模块、专家模块和学生模块[4]。典型的三模块结构有 Derry, Hawkes&Ziegler 结构[4], Siemer&Angelides[5] 结构和 Self 结构[6]。

2.1.1 Derry, Hawkes&Ziegler 结构

Derry, Hawkes&Ziegler 在 1988 年提出了一种 ITS 结构,这种结构主要包括三个模块:

(1) 教学模块。这个模块主要解决如何教的问题,即在适当的教学策略指导下选择适当的教学内容,在适当的时候以适当的形式呈现给学生。

(2) 专家模块。这个模块主要解决教什么的问题。知识库是专家模块的重要组成部分,它存放教学领域知识和教学专家的问题求解知识。专家模块利用知识库进行诊断、推理和问题求解,回答学生提出的问题。

(3) 学生模块。这个模块解决教谁的问题,为教学模块提供学生的各种信息,以实现个别化教学。学生模型是学生模块的重要组成部分,它记录学生的基本信息、学习方式、知识掌握情况、错误和误解。学生模块利用学生模型对学生进行分析和诊断。

2.1.2 Siemer&Angelides 结构

Siemer&Angelides 结构用多重知识表示和教学策略扩充了 Derry, Hawkes&Ziegler 结构中的学习计划和动态适应概念, Siemer&Angelides 结构定义了一个额外的系统控制进程来管理和协调三个模块的活动。Siemer&Angelides 结构是一个通用的 ITS 结构,可以应用于任何计算机辅助教学领域,而 Derry, Hawkes&Ziegler 结构主要用于问题求解领域。

2.1.3 Self 结构

Self 从建构主义学习角度提出一个 ITS 结构,它包括环境模块、交互模块和供给模块。Self 结构向传统的学习理论发出了挑战,并且被认为是基于建构主义学习理论的 ITS 发展的分水岭。

(1) 环境模块。它包含资源描述和目标知识的描述。从广义上来讲,可以把专家模块看作是环境模块的一个子集。

(2) 交互模块。考虑到学生的行为, Self 把交互模块的重点放在交互顺序、学习活动发生的环境和当时学生的认知结构上,可以把交互模块看作是学生模块的一个超集。

(3) 供给模块。类似于教学模块,主要用于选择教学策略、教学内容及生成相关问题。

2.2 ITS 的四模块结构

ITS 的四模块结构建构在三模块结构基础之上,它保留了三模块结构中的重要部分,并且在其中加上了用户接口作为第四个模块。用户接口模块是控制学生和系统之间交互的通信模块,整个 ITS 依靠用户接口模块把教学内容呈现给用户,接受用户的输入,并向用户提供反馈。四模块的一个典型例子是 Kinshuk 结构(图 1),它包括专家模块、学生模块、教学模块和用户接口模块[7,8]。

3 ITS 的新进展

随着计算机科学的发展与进步, ITS 也不断得到研究和发展。尤其近几年,随着 MAS、Web 技术、知识管理、本体论、数据挖掘、网格等技术在 ITS 中的应用, ITS 取得了很多新的进展。下面我们就从 ITS 体系结构、知识表示与管理和新技术这三个方面对 ITS 的新进展作出综述。

3.1 ITS 体系结构的新进展

3.1.1 基于 MAS 的 ITS

多代理系统(MAS)的思想源于 Herbet Simon 的著作"Administrative Behavior", Simon 的理论是针对人类社会而言的,但它却为 MAS 系统奠定了思想基础[58]。单个代理的智能是有限的,但我们可以通过适当的体系结构把代理组织起来,从而弥补各个代理的不足,使得整个系统的能力超过任何单个代理的能力。多代理是由多个代理组成,它们之间相互协作、相互作用,完成某些复杂任务或目标。多代理协作求解问题的能力超过单个代理,与单个代理相比,多代理系统有如下特点:每个成员代理仅拥有不完全的信息和问题求解能力,不存在全局控制;数据是分散或分布的;计算过程是异步、并发或并行的。

较早提出在 ITS 中引入 Agent 的研究者有: Lashkari Y. 于 1994 年提出把"Collaborative Interface Agents"应用于智能教学中[9]; Negroponte N. 于 1995 年提出在 ITS 中引入"Interface Agent",支持用户和 Agent 之间的协作[10]; Smith T. 于 1999 年提出在基于 Web 的 ITS 中引入 Interface Agent 和 Pedagogical Agent,使用 Microsoft Agent 技术预先把 Agents 嵌入到系统中,增强了 ITS 的灵活性、交互性以及个性化,并为学生提供及时的反馈[11]。

在 ITS 系统中,可以在教学、监督、诊断、交互等各个环节应用 MAS,通过各种 Agent 的共同作用增强 ITS 的适应性和智能性。根据功能, ITS 中的 Agent 可以分为教学、评价、伴学、策略等。ITS 中的智能主要在五方面发挥作用,即实时监督、教学分析、信息过滤、协作学习和智能推理。基于 MAS 的 ITS 已有很多研究,其中比较典型的是 Fabiano A. Dorca 于 2003 年提出的 MIS(Multi-agent Intelligent System),其结构如图 2 所示[12]。

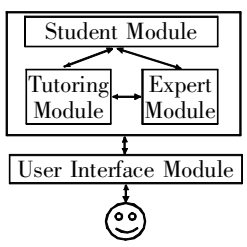

图 1 ITS 的四模块结构

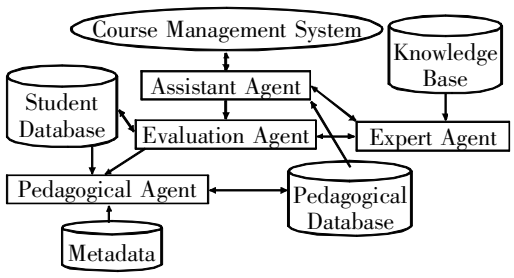

图 2 Multi-Agent Intelligent System

MIS 中比较重要的 Agent 如下所示:

(1) Assistant Agent。将教学内容呈现给学生,与学生交互,获取学生信息,为学生提供帮助和指导,对学生的行为作出及时的反应。

(2) Evaluation Agent。根据 Assistant Agent 传来的学生信息评价学生,记录和更新学生 Profile。

(3) Pedagogical Agent。根据教学计划和学生模型自动生成学习内容,提供给 Assistant Agent。

(4) Expert Agent。对学生在学习过程中提出的问题进行求解。

表 1 列出了近年来一些典型的基于 MAS 的 ITS。

表 1　近年来基于 MAS 的典型 ITS

系统名称	主要开发者	开发时间	系统特点
I-ATCL	Mahmoud M. EI-Khouly	1999 年	该系统引入教师助手 Agent 和学生助手 Agent, 两个 Agent 之间可以互相交流, 从而可记录学生在教学过程中的交流记录[13]
RICA	José Luis Aguirre	1999 年	每个用户可以拥有自己的 Agent, 该 Agent 负责诊断分析用户特征, 选择并记录与用户有关的知识[14]
JACK	C. M. Bruff	2000 年	该系统通过 Java 实现 Agent 环境, 由各个 Agents 监控学生和系统之间的通信和交互, 动态维护学生模型[15]
IVTE	Maria Augusta S. N. Nunes	2001 年	该系统引入反应 Agent、认知 Agent 和教学 Agent 实现虚拟微观世界, 监控学生行为, 引导学生作出正确选择[16]

3.1.2　基于 Web 的 ITS

基于 Web 的 ITS 是可以通过 World Wide Web 进行教学的 ITS, 它的研究在国外始于 20 世纪 90 年代初, 国内是近两年才开始的。在 Web 上构建 ITS 是利用 Web 超文本表示 ITS 领域知识, 实现分布式教学, 可以同时接受多个用户的并发访问, 提高资源利用率, 不受时间和空间的限制, 增强 ITS 的协作教学, 在最大程度上满足因材施教的需要。表 2 列出了近年来一些典型的基于 Web 的 ITS 系统。

表 2　历年来基于 Web 的典型 ITS

系统名称	主要开发者	开发时间	系统特点
CALAT	K. Nakabayashi	1997 年	该系统提供基于 Web 的动态学习主题选择机制, 可以根据学生的不同特点选择相应学习主题[18, 19]
VALIENT	L. Hall	1998 年	该系统提供基于 Web 的资料传送机制, 可以为学生及时地传送相关学习资料[20]
ALE	T. Kojiri	1999 年	该系统同时支持大量学生通过浏览器进行在线讨论、传送资料, 进行协作学习[21]
AIM	Klai, S.	2000 年	该系统提供基于 Web 的学生诊断机制, 诊断学生在学习过程中的行为, 可以及时指出错误所在并提供相关辅导[22]
MEDEA	Trella	2002 年	该系统提供基于 Web 的课件开发平台, 任何教师都可以通过接入 Internet 的个人计算机开发课程, 重组自己的学习资料和软件[23]
WALLIS	Manolis Mavrikis	2003 年	该系统提供基于 Web 的界面和反馈机制, 界面提供专门的反馈区域, 为学生提供及时的反馈[24]

比较著名的基于 Web 的 ITS 是新西兰 Massey 大学开发的 TILE(Technology Integrated Learning Environment) 系统[17]。TILE 的目的是设计一个基于 Web 的具有教学、管理和监控功能的远程 ITS。系统包括专家模块、学生模块、教学模块和用户接口模块, 属于典型的四模块结构(图 3) 。TILE 是一个分布式系统, 采用 B/S 和三层 C/S 结构。用户接口在客户端运行, 负责与学生交互和与服务器的通信, 系统的大部分功能模块在服务器端运行。

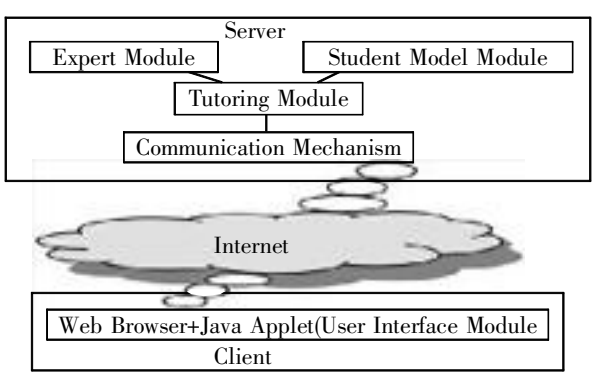

图 3　基于 Web 的 ITS 结构

3.1.3　基于网格的 ITS

网格(Grid) 是继万维网之后出现的一种新型网络计算平台, 网格把分布的资源集成为一台能力巨大的超级计算机, 提供计算资源、存储资源、数据资源、信息资源、知识资源、专家资源、设备资源的全面共享[59]。继网格之后, 近几年又出现了语义网格, 语义网格是对现有网格的扩充, 它可以使人和计算机更好地协同工作[25]。

网格是一种新技术, 处在剧烈的发展变化之中。其目的是为了在分布、异构、自治的网络资源环境上构造动态的虚拟组织, 并在其内部实现跨区域的资源共享与资源协作。把网格技术应用于 ITS 中, 可以提高 ITS 的各种性能, 具体表现在: ①学习资源存储在多个不同的网格节点上, 可实现学习资源的透明性、分布式管理, 使用网格中的资源时不需指明资源所在的位置。②构造动态的虚拟学习环境, 实现跨区域的资源共享和协作, 更好地实现学生之间的协同工作, 提供更好的学习服务。例如学生之间可以互相共享学习资源、互相交流学习经验、互相反馈信息等。③每个单独的网格节点都能够执行局部的应用请求。

目前, 研究人员已经把网格应用于智能教学中, 即学习网格。比较典型的有 Pankratius and Vossen[26] 设想的一种学习网格结构(图 4) , 它包括基于 Web 服务的 LMS(Learning Management System) 和网格中间件两个部分。学生初次登录 LMS 时, 网格的 Fabric Layer 会以 Java Applet 的形式传送给学生。LMS 的登录服务可以鉴别用户的身份和使用网格服务的权限, 并且它还可以创建或撤销网格用户。LMS 会向网格中间件请求 TGT(Ticket-Granting-Ticket) 并把 TGT 传送到客户端。一旦学生使用的设备接收到 GIOB, 这些设备就可以使用 Fabric Layer 和 LMS 传送的 TGT 来进一步请求 Session Tickets, 并可以直接获得 Grid Services。

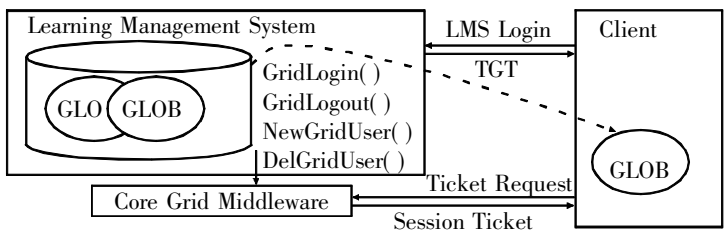

图 4　学习网格结构

另外还有一些相关的项目, 如 2004 年开始的 EleGIEuropean Learning Grid Infrastructure 是一个 EC FP6 综合项目[27], 该项目的总体目标设计是受教学目标驱使的面向服务的软件结构, 这个软件结构的基础是 Grid 技术, Grid 技术支持协作的、基于经验的、情景化的、个性化的学习。学习网格的另外一个典型项目是 Diogene[28]。

3.1.4　CSCL 与 ITS

计算机支持的协作学习(Computer Supported Collaborative Learning, CSCL) 以协作学习和 CSCW(Computer Supported Cooperative Work) 为基础, 利用计算机技术(尤其是多媒体和网络技术) 来辅助和支持协作学习, 是协作学习的一个子集[40]。它强调利用计算机支持学生同伴之间的协作学习和交互活动, 学生可以突破时间空间的限制, 进行一系列的协作学习活动, 其中分布式同步的协作学习是 CSCL 研究的主要对象。CSCL 模式包含四个方面, 分别为: 教师通过电子白板跟学生共同学习、讨论问题; 在网络服务器上提供公共讨论区, 学生可以把疑难

问题公开进行讨论; 通过实时群件工具进行 “面对面 ”的在线讨论; 通过 E-mail 等工具将自己的意见广播出去。

CSCL 继承了 CSCW 理论和技术, 融入了协作学习的教学思想, 把 CSCL 应用于 ITS 中可以充分发挥学习者的主动性、创造性, 深化知识的理解和运用, 促进高级认知能力、合作精神的培养[41~47]。在 CSCL 平台的支持下, 学生可突破地域和时间上的限制, 进行同伴互教、小组讨论、小组练习、小组课题等合作性学习活动, 从而使学生们获得的知识紧密地结合起来, 使处于不同年龄、时间、地点的人们开展协作学习成为可能。

国内外在 CSCL 方面有一定的研究, 国际上有专门研究 CSCL 的组织 CSCL Workshop[48], 有大量的协作学习平台如 Groove 等。Medelez E 于 2001 年为医学方面的临床推理学习和基于问题的学习设计了 CSCL 环境, 目的是提高临床推理学习阶段的群组协作和交流程度[49]; 国内中央研究院资讯科学所成立了 PKC-CSCL 实验室, 研制各种应用 CSCL 的系统, 包括应用 CSCL 的 ITS[50]。

3.2 知识表示与管理的新进展

知识表示(Knowledge Representation, KR) 即程序怎样对现实世界建模[66], 更严格地说, 知识表示的研究范围是知识表示方法, 研究什么样的表示方式最有利于程序的自动处理和自动推理。研究表明, 一个好的知识表示语言必须具备以下特点[67]: 简洁性(Compact Syntax) 、语义严格性(Well Defined Semantics) 、足够的表达能力(Sufficient Expressive Power) 、足够有效和强大的推理能力、可用于构建大型知识库。目前已成功应用于人工智能的知识表示方法主要有谓词逻辑表示、语义网络表示、框架表示、面向对象的知识表示等[66], 以往的 ITS 中的知识表示也主要采用了这些知识表示方法。

知识管理是一种转换进程, 将得到的各种信息有组织地转化为知识, 并且把人们和这些知识联系起来[35]。在 ITS 中, 知识管理就是将各种教学资源转化为显性或隐性的相互之间网状联系的知识集合, 并对这些知识提供开放式管理, 以实现知识的生产、利用和共享。知识管理和互联网络为协作式学习、探索式学习等网络学习方式提供了有力的支持。充分利用知识管理技术可以管理和组织好现有的知识, 并且有利于学习者之间的知识共享和发掘新的知识。随着计算机科学的发展与进步, ITS 在知识表示和管理方面也取得了一些进展, 例如使用 XML、LOM、本体论恰当表示 ITS 中的知识。

3.2.1 XML 与 ITS

传统的知识管理方法是把数据存放于数据库中。在这种情况下, 数据库表为数据提供了环境(Context) , 这种方法的可量测性很差。一种新的知识管理方法是使用 XML, XML 为把数据集转换成信息提供了环境[29]。XML 是 W3C (World Wide Web Consortium) 于 1998 年为一种具有 HTML 特征的数据语言制定的一个规范, 即可扩展标记语言(XML) 。概括来说, XML 是一个基于文本的格式, 使用类似于 HTML 的标记来结构化数据, XML 提供了一种灵活的语法来表示层次数据。XML 作为一种数据格式有很多优点: 开放性、简单性、自我描述性、互操作性、可扩展性等[60]。

在 ITS 中应用 XML 有利于数据交换、集成数据和文档, 从而对数据进行有效的管理; 并且 XML 被 Web 浏览器所支持, 这样就降低了传送的成本[61]。具体表现在: ①XML 的扩展性和灵活性允许 XML 描述 ITS 中不同种类数据和教育资源, 有利于教学信息的表达和结构化组织; ②由于基于 XML 的数据是自我描述的, 所以 XML 可以增强 ITS 中数据交换和处理能力, 可以以一致的格式传送数据; ③XML 定义的数据, 其显示与内容是分开的, 因此允许对同一数据指定不同的显示方式, 使数据更合理地表现出来, 从而支持 ITS 的自适应课件、界面和教学。

目前已经有研究者把 XML 应用于 ITS 中, XML 可以用于 LOM 和本体的表达等。Mediatech Society 研究小组于 1998 年开发了 Med 项目, 使用 XML 来定义所需要的文档和数据类型, 并使用 XML 定义系统所需要的本体[30], 在同一个社区的用户可以很容易地共享各类文档。

3.2.2 LOM 与 ITS

LOM(Learning Object Metadata) 是 LTSC(Learning Technology Standards Committee) 提出的当前最重要的关于网络教育资源的数据模块[31]。随着网络的发展和教学需求的发展, 学习资源在飞速地增加, 但随之带来的问题是难以共享学习资源和发现有效的学习资源。LOM 的作用就在于为学习者或教育者对学习对象的查找、评估、获取和使用等提供支持, 同时也支持学习对象的共享和互换。它通过描述学习对象的属性, 使得用户能够获得学习对象的相关信息而不用直接操作学习对象。基于这些属性, 用户可以对学习对象进行分类管理、浏览查找和共享互换及实现不同平台间互操作等[32~34]。

ITS 中采用学习对象元数据后, 其主要特点有: ①易于检索、提取和管理。用户可以通过学习对象元数据来过滤、选择特定主题的学习内容, 从而快速和准确地检索、提取和管理学习资源。②易于重用。学习资源可被设计为可重用的学习对象, 同一学习对象可以提供给多个领域, 大大节约了人力、物力、财力和设计开发时间。③易于实现学习对象的个性化定制。模块化的学习对象通过允许不同的学习者重用和重组各种不同层次资源, 以此来最大限度地实现网络学习个性化的潜能。④交互性强。学习对象方法允许各种组织和个人在保持与其他系统、课件之间交互能力的前提下, 定制符合特定需要的学习对象的设计、开发和表达的规范。

马秀芳研究的 “基于 LOM 的资源检索 Agent 系统研究 ”在研究 LOM 规范及其应用的基础上, 提出了一种基于 LOM 的资源管理系统, 并且在原有的资源管理系统基础上, 作者采用分布式人工智能中的 Agent 技术, 提出了一个能够较准确、快速地检索基于 LOM 的网络学习资源的资源检索 Agent 系统(LRRAS) [62]。LRRAS 系统由于采用了学习对象元数据 LOM 模型, 使系统在某种意义上获得了对网络学习资源的理解能力, 能让学习者对资源检索的命中率大大提高, 同时也为网络协作学习系统、网络课程的资源绑定等提供了基础。

3.2.3 本体论与 ITS

本体论(Ontology) 的概念源于哲学, 即对世界上客观存在物的系统的描述[64]。关于 Ontology 的定义, 不同的学者给出了不同的看法。最著名并被引用得最为广泛的定义由 Gruber 提出: 本体是概念模型的明确的规范说明[35]。近 20 年来, Ontology 已被计算机领域所采用, 用于知识工程中的知识表达、知识共享及知识重用。在计算机领域中, Ontology 是指定义元数

据及相互关系的规范或信息集合, 旨在克服计算机系统之间的语义鸿沟。

从内涵上来看, Ontology 是某个领域内不同主体(人、机器、软件系统等) 之间进行交流(对话、互操作、共享等) 的一种语义基础, 即由 Ontology 提供一种明确定义的共识。在计算机领域讨论 Ontology, 其要点在于如何表达共识, 即概念的形式化[65]。在 ITS 中 Ontology 主要用于对领域知识进行概念的抽象和描述, 目的是为了知识的共享和重用。在 ITS 中可以构建各种本体, 如系统本体、领域知识本体、教学知识本体、接口本体等。具体应用在于: ①可以用 Ontology 来描述远程用户及其活动的环境; ②在基于 Agent 的 ITS 中, Ontology 可以作为中介, 负责沟通 Agent 和环境之间的信息交流; ③针对 ITS 设计常用词汇表和框架, 在恰当的抽象层次上给智能教育的任务加以形式化。

在 ITS 领域中关于本体论的研究已有一些进展, 其中一项是 GET-BITS(GEneric Tools for Building ITSs)[36]。GET-BITS 中 ITS 本体论的核心思想是把 ITS 中的所有组件和 Agents 都分层、分等级地设计。另外还有一些基于 Ontology 的智能教学项目, 比较著名的是 McCalla, Greer, Vassileva 开发的项目[37]; Ronald Denaux 于 2004 年提出在 ITS 中引入基于 Ontology 的交互用户模型, 增强系统的适应性[38]。

3.3　新技术

3.3.1　数据挖掘技术

数据挖掘技术(Data Mining, DM) 理论形成于 20 世纪 90 年代初期, 在国内得到具体应用不过数年。数据挖掘技术是指从大型数据库或数据仓库中提取人们感兴趣的数据(知识) , 这些数据(知识) 是隐含的、事先未知的潜在信息[50,51]。

数据挖掘在 ITS 中主要应用于评价, 包括学生评价、教师评价、学习过程评价、教育软件评价, 其评价的结果可以用于学生特征分析、课程合理设置、教学策略的调整等。

随着基于 Web 的教学系统的应用, 数据挖掘也应用于 Web, 即 Web 挖掘。Web 挖掘在 ITS 中的应用具体表现在: ①对站点上保存的学习行为和学习记录信息进行挖掘, 并结合课件知识库的信息自动重组课程的内容, 使之更符合教学规律, 并结合内容提供其他相关学习资源; ②通过对学习者学习行为的挖掘, 发现用户的浏览模式, 自动重构页面之间的链接, 以符合用户的访问习惯。

20 世纪 90 年代就有研究者提出把数据挖掘技术应用于 ITS 中, Ochi 于 1998 年提出使用数据挖掘技术提取和学习相关的内容[52]; Ha, Bae 于 2000 年提出把 Web 挖掘用于挖掘学生的 Aggregate Paths[50]; McCalla 于 2000 年提出把数据挖掘技术用于增量分析学生的行为[53]; Tiffany 于 2002 年提出把数据挖掘技术应用于寻找(发现) 具有相似学习特征的学生组[54]。

3.3.2　信息过滤与推荐

信息过滤的主要作用有: ①识别和过滤出各种有害的信息(如反动信息、封建迷信信息和垃圾邮件等) , 帮助用户摆脱有害信息的侵扰。②对信息进行分类, 检索出用户需要的信息。信息推荐服务是基于推荐技术发展而来的一种新型服务。所谓推荐技术, 就是按照用户指定的时间间隔或根据发生的事件把用户选定的数据自动推荐给用户的计算机数据发布技术。

信息过滤和推荐技术在 ITS 中的应用具体表现在: ①系统使用用户模型来记录学生的基本信息、学习方式、用户感兴趣的信息等, 将新信息(不良信息或用户检索到的信息) 和用户模型进行相关度计算, 然后对信息按相关度进行排序, 过滤掉不相关的或者相关度小于某一个阈值的信息。②由用户向系统输入自己的信息需求, 然后由系统在网上进行针对性的搜索, 最后将有关信息推荐至用户主机。

目前国内一些比较成熟的应用信息过滤和推荐技术的智能系统有: 联想集团有限公司开发的蓝眼睛智能信息过滤系统, 它通过在系统中内置不良信息库并采用页面智能分析技术进行双重过滤, 实现对各种信息的有效过滤; 广州智鸟软件科技有限公司开发的智能信息过滤系统等。

4　结束语

近年来, ITS 取得了较大的进展, 新的技术不断出现。除了本文介绍的技术外, ITS 在学生模型、教师模型、教学策略等方面也取得了较大的进展。但这些进展归属于 ITS 自身的体系结构之内, 限于篇幅, 本文未加综述。

参考文献:

[1]　eek J, Stern M, Haugsjua E. Applications of AI in Education[C] . ACM Crossroads Article, 1996. 12-20.

[2]　Barr A, Feigenbaum E A. The Hand Book of Artificial Intelligence [M] . Stanford: Heurish Tech Press, 1981.

[3]　Sokolnicki T. Towards Knowledge-based Tutors: A Survey and Appraisal of Intelligent Tutoring Systems[J] . The Knowledge Engineering Review, 1991, 6(2) : 59-95.

[4]　Derry S J, Hawkes L W, U Ziegler. A Plan-based Opportunistic Architecture for Intelligent Tutoring[C] . Montreal: Proceedings of ITS-88, the 1st International Conference in Intelligent Tutoring Systems, 1998. 216-326.

[5]　Siemer J, M C Angelides. A Comprehensive Method for the Evaluation of Complete Intelligent Tutoring Systems[A] . Decision Support Systems[C] . 1998. 85-102.

[6]　Self J A. The Distinctive Characteristics of Intelligent Tutoring Systems Research: ITSS Care, Precisely[J] . International Journal of Artificial Intelligence in Education, 1999, 350-364.

[7]　Kinshuk K. Computer-Aided Learning for Entry-Level Accountancy Students[D] . England: De Montfort University, 1996. 20-45.

[8]　Kinshuk, Oppermann R, Patel A, *et al*. Multiple Representation Aplligence in Education[M] . Amsterdam: IOS Press, 2000. 259-266.

[9]　Lashkari Y, *et al*. Collaborative Interface Agents[C] . Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence, Cambridge: MIT Press, 1994. 230-245.

[10]　Negroponte N. Being Digital[M] . 1995. 101-102.

[11]　Smith T, Affleck G, Lees B, *et al*. Implementing a Generic Framework for a Webbased Pedagogical Agent[C] . ED-MEDIA Proceedings, 1999. 64-79.

[12]　Fabiano A Dorca, Carlos R Lopes. A Multiagent Architecture for Distance Education Systems[C] . Proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 2003. 518-526.

[13] Mahmoud M El-Khouly, Behrouz H Far, Zenya Koono. A Multi-Agent Internet Based Tutoring System (I-ATCL) for Teaching Computer Programming Languages[EB/OL]. http://ai.rightnow.com, 2005-01-10.

[14] José Luis Aguirre, Ramon Brena, Francisco J Cantu. Multiagent-based Knowledge Networks[EB/OL]. http://www.campus.mty.itesm, 2004-09-26.

[15] C M Bruff, M-A Williams. An Agent-based Intelligent Tutoring System [EB/OL]. http://www.agent-oriented.com, 2004-12-23.

[16] Maria Augusta S N Nunes, Leandro L Dihl. Multi-agent Systems Applied to Intelligent Tutoring Systems [EB/OL]. http://www.urisan.tche.br, 2004-08-29.

[17] Binglan Han. Student Modelling and Adapivity in Web Basedlearning Systems[D]. New Zealand: Massey University, 2001. 1-36.

[18] M Kiyama, S Ishiuchi, K Ikeda, *et al*. Visual Authoring Tool for the Web-based Intelligent CAI and Its Evaluation[C]. Proc. of ED-MEDIA 98, World Conference on Educational Multimedia and Hypermedia, Freiburg, Germany, 1998. 778-783.

[19] K Nakabayashi, Y Koike, M Maruyama, *et al*. Intelligent Tutoring System on World-Wide Web: Towards an Integrated Learning Environment on a Distributed Hypermedia[A]. H Maurer. Educational Multimedia and Hypermedia[C]. Proc. of ED-MEDIA 95, World Conference on Educational Multimedia and Hypermedia, Graz, Austria, 1995. 448-493.

[20] L Hall, A Gordon. Integrating the Web and Intelligent Learning Environments[C]. ITS 98 the Workshop, Intelligent Tutoring System on the World Wide Web, San Antonio, TX, 1998. 66-78.

[21] T kojiri, T Watanabe. Adaptable Learning Environment for Supporting a Group of Unspecified Participants in Web[C]. Proc. of SITE, 1999. 1937-1942.

[22] Klai S, Kolokolnikov T, Van den Bergh N. Using Maple and the Web to Grade Mathematics Tests[C]. International Workshop on Advanced Learning Technologies, Palmerston North, New Zealand, 2000.

[23] Trella C. Adaptivity and Intelligent Technology in Web-based Educational System[EB/OL]. http://islab.is.ocha.ac.jp/, 2005-01-02.

[24] Manolis Mavrikis, Antony Maciocia Wallis. A Web-based ILE for Science and Engineering Students Studying Mathematics[EB/OL]. http://www.mypage.bluewin.ch/, 2004-12-29.

[25] Zhongzhi Shi. Agent-based Semantic Grid China Agent Systems School [C]. Chongqing: Southwest China Normal University, 2004. 16-22.

[26] Pankratius V, G Vossen. Towards E-Learning Grids: Using Grid Computing in Electronic Learning[C]. Proc. of IEEE Workshop on Knowledge Grid and Grid Intelligence, Halifax, Canada, 2003. 4-15.

[27] Research Projects Focus: EleGI Learning GRID(a Newsletter from the Kaleidoscope Learning GRID SIG) [J]. Learning Grid, 2004, 7(1): 4-7.

[28] Research Projects Focus: Diogene Learning GRID(a Newsletter from the Kaleidoscope Learning GRID SIG) [J]. Learning Grid, 2004, 7(1): 7-10.

[29] J H Cook. XML Sets Stage for Efficient Knowledge Management[J]. IEEE IT Professional 2, 2000. 55-57.

[30] Moulin Claude. Typology of Shared Documents in a Web-based Environment [DB/OL]. http://www.it.uu.se/edu/, 2005-01-06.

[31] LOM(2001). Draft Standard for Learning Object Metadata[C]. IEEE P1484.12/D6.1. 18, 2001. 36-46.

[32] Wiley, Gibbons, Recker. A Reformulation of the Issue of Learning Object Granularity and Its Implications for the Design of Learning Objects[EB/OL]. http://www.reusability.org/granularity.pdf, 2004-11-12.

[33] Wiley D. The Post-LEGO Learning Object[EB/OL]. http://www.wiley.byu.edu/post-lego/post-lego.pdf, 2004-10-21.

[34] Wiley D A. Learning Object Design and Sequencing Theory[D]. Brigham Young University, 2000. 26-39.

[35] Gruber CTR. A Translation Approach to Portable Ontologies[J]. Knowledge Acquisition, 1993, 5(2): 199-220.

[36] V Devedzic, D Radovic, Lj Jerinic. Innovative Modeling Techniques on Intelligent Tutoring Systems[A]. Knowledge-based Paradigms: Innovative Teaching and Learning[C]. CRC Press, Baton Rouge, USA, 2000. 189-240.

[37] Cimolino L, Kay J. Verified Concept Mapping for Eliciting Conceptual Understanding[C]. Proceedings of ICCE Workshop on Concepts and Ontologies in Web-based Educational Systems, 2002. 11-16.

[38] Ronald Denaux, Vania Dimitrova, Lora Aroyo. Interactive Ontology-based User Modeling for Personalized Learning Content Management [EB/OL]. http://www.win.tue.nl/～laroyo/SW-EL04/, 2004-12-11.

[39] Roschelle J. Learning by Collaborating: Convergent Conceptual Change[C]. Theory and Practice of an Emerging Paradigm, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, 1996. 209-248.

[40] Stahl G. A Model of Collaborative Knowledge-Building[C]. Proceedings of the 4th International Conference of the Learning Sciences (ICLS 2000), Ann Arbor, MI, 2000. 70-77.

[41] Priyakorn Pusawiro. Computer Support for Collaborative Learning [R]. The Attendance in the Conference, 2003. 6-12.

[42] Vivekanandan Suresh Kumar. Computer Supported Collaborative Learning Issues for Research[EB/OL]. http://www.cs.usask.ca/grads/vsk719/academic/890/project2/project2.html, 2004-11-21.

[43] Pea R. The Collabo Rative Visualization Project[J]. Communications of the ACM, 1993, 36 (5): 24-30.

[44] Adja F de Andrade, *et al*. A Computational Model of Distance Learning Based on Vygo-tsky s Socio-Cultural Approach[C]. Proceedings of the MABLE Workshop (Antonio, Texas), X International Conference on Artificial Intelligence on Education, 2000. 612-629.

[45] English S, M Yazdani. Computer Supported Cooperative Learning in a Virtual University [EB/OL]. http://www.blackwell-synergy.com/links/doi, 2004-09-21.

[46] Soller A. Supporting Social Interaction in an Intelligent Collaborative Learning System [J]. Intelligence Journal of Artificial Intelligence in Education, 2001, 6: 11-16.

[47] Kevin Galvin. Cooperative and Collaborative Learning Workshop [EB/OL]. http://www.apa.udel.edu/apa/archive/newsletters/v96n2/teaching/cooperate.asp, 2004-10-01.

[48] Medelez E, Burgun A, Le Duff F, *et al*. Design of a CSCL Environment for Clinical Reasoning Learning and Problem-based Learning in Medicine[EB/OL]. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query/static/help, 2004-10-12.

[49] http://pkc.iis.sinica.edu.tw/scripts/PKC/index.asp? Sort = &View =2&bClassIMG = &ViewName = hoho&CID = 0&CookieCheck = 1, 2005-01-11[EB/OL].

(下转第 26 页)

4 实验

实验是在一台内存为 256MB, 中央处理器为赛扬 1.7GHz 的微机上进行的, 所采用的软件为 Visual C++ 6.0。本文将 SGA 和 SAGA 分别作用于两组随机产生的数据进行实验。其中, 第一组数据由 50 个二维平面上的点组成, 这些点构成五个集合; 第二组数据由 300 个四维空间的点组成, 聚类数目为 6, 但彼此之间并没有明显的界限。本实验所采用的交叉概率为 0.8, 变异概率为 0.02, 种群规模为 50。用这两种算法分别运行五次, 计算它们的目标函数值 J, 实验结果如表 1 和表 2 所示。

表 1 第一组数据实验结果

运行次数	SGA	SAGA
1	63.081 9	63.081 9
2	63.081 9	63.081 9
3	63.120 5	63.081 9
4	63.321 3	63.081 9
5	63.081 9	63.081 9

表 2 第二组数据实验结果

运行次数	SGA	SAGA
1	172.251 1	171.210 6
2	172.462 1	171.210 6
3	171.500 6	171.210 6
4	172.061 5	171.210 6
5	171.329 0	171.210 6

实验结果显示, 本文提出的算法在解决聚类问题方面优于传统的遗传算法。用 SAGA 作用于第一组数据可以发现每次实验都可以得到最优的目标函数值 $J = 63.0819$, 而采用 SGA 并不是每次都能得到最优目标函数值; 用该算法作用于第二组数据同样可以看出该算法优于传统的遗传算法, 而且这种优势更加明显, 也就是说当数据量较大时, SAGA 的优越性更加明显。其主要原因是基本遗传算法在处理大规模数据时, 容易收敛到局部最优解, 而将遗传算法与模拟退火算法相结合形成一种混合算法后, 可以有效地克服收敛到局部最优解的情况。

5 结束语

遗传算法作为一种优化算法特别适合于对象模型难以建立、搜索空间非常庞大的复杂问题的优化求解, 它可以在对领域知识有较少了解的情况下解决问题。本文将模拟退火算法与遗传算法相结合并加以改进, 然后用于聚类分析, 利用模拟退火算法较强的局部搜索能力和遗传算法较强的全局搜索能力, 有效、快速地解决了聚类问题。

参考文献:

[1] 史忠植. 知识发现[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.

[2] 王小平, 曹立明. 遗传算法——理论、应用与软件实现[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2002.

[3] 傅景广, 许刚, 王裕国. 基于遗传算法的聚类分析[J]. 计算机工程, 2004, 30(4): 122-124.

[4] Ali Kamrani, Wang Rong, Ricardo Gonzalez. A Genetic Algorithm Methodology for Data Mining and Intelligent Knowledge Acquisition [J]. Computers & Industrial Engineering, 2001, 40: 361-377.

[5] 高坚. 基于 C-均值和免疫遗传算法的聚类分析[J]. 计算机工程, 2003, 29(12): 65-66.

[6] Bandyopadhyay S, Maulik U. Genetic Clustering for Automatic Evolution of Clusters and Application to Image Classification[J]. Pattern Recognition, 2002, 35: 1197-1208.

[7] Richard J Roiger, Michael W Geatz. Data Mining a Tutorial-based Primer[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.

[8] 崔勇, 吴建平, 徐恪. 基于模拟退火的服务质量路由算法[J]. 软件学报, 2003, 14(5): 877-884.

作者简介:

武兆慧(1981-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为数据挖掘、遗传算法; 张桂娟(1981-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为进化计算; 刘希玉, 男, 教授, 博士生导师, 博士, 主要研究方向为进化计算、实体造型技术等。

(上接第 20 页)

[50] a S H, Bae S M, Park S C. Web Mining for Distance Education [C]. Proc. of IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology(ICMIT), 2000. 219-715.

[51] Zaiane O R, Xin M, Han J. Discovering Web Access Patterns and Trends by Applying OLAP and Data Mining Technology on Web Logs [C]. International Conference on Management of Innovation and Technology(ICIT), 2002. 219-715.

[52] Ochi Y, Yano Y, Hayashi T, *et al*. JUPITER: A Kanji Learning Environment Focusing on a Learner's Browsing[C]. Proc. of the 3rd Asia Pacific Conference on Computer Human Interaction, 1998. 446-451.

[53] McCalla G, Vassileva J, Bull S. Active Learner Modeling[C]. Proc. of the 15th International Conference on Intelligent Tutoring Systems, 2000. 53-62.

[54] Tiffany Y Tang, Gordon McCalla. Student Modeling for a Web-based Learning Environment: A Data Mining Approach American Association for Artificial Intelligence [EB/OL]. http://www.aaai.org, 2004-08-03.

[55] 莫赞, 冯珊, 唐超. 智能教学系统的发展与前瞻[J]. 计算机工程与应用, 2002, 38(6): 6-8.

[56] 范玉顺, 曹军威. 多代理系统理论、方法与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.

[57] 徐志伟, 冯百明, 李伟. 网格计算技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.

[58] Stewart Fraser, Steven Livingstone. C#XML 入门经典[M]. 毛尧飞, 崔伟. 北京: 清华大学出版社, 2003.

[59] Mark Graves. XML 数据库设计[M]. 尹志军, 等. 北京: 机械工业出版社, 2002.

[60] 马秀芳. 基于 LOM 的资源检索 Agent 系统研究 [DB/OL]. http://www.swnu.edu.cn, 2004-12-20.

[61] 李建国, 张小真. 计算机辅助教学[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1993.

[62] 邓志鸿, 唐世渭, 等. Ontology 研究综述[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2002, 3(5): 16-20.

[63] 杜小勇, 李曼, 王大治. 语义 Web 与本体研究综述[J]. 计算机应用, 2004, 24(10): 14-16, 20.

[64] Driscoll G O. The Essential Guide to Home Networking Technologies [M]. Prentice Hall PTR, 2001.

[65] Bray J. Bluetooth: Connect Without Cables[M]. Prentice Hall PTR, 2001.

作者简介:

李静(1980-), 女, 河南沈丘人, 硕士研究生, 主要研究方向为人工智能与计算机辅助教育; 周竹荣, 男, 副教授, 硕士生导师, 博士, 主要研究方向为人工智能与计算机辅助教育。