

文章编号:1001-9081(2007)09-2239-03

基于 AJAX 和自动推理技术构建交互式数学 Web 服务

曾振柄¹, 陈良育¹, 张 骏¹, 符红光²

(1. 华东师范大学软件学院, 上海 200062; 2. 中国科学院成都计算机应用研究所, 成都 610041)

(lychen@sei.ecnu.edu.cn)

摘要:数学辅助学习平台一直是数学教育和计算机领域的研究热点。传统设计方法在教学互动、智能教育和界面友好性等环节存在若干制约因素。集成领先的 AJAX 思想和成熟的自动推理算法, 提出新的数学 Web 服务系统设计方法, 辅以 MathML 数学表示语言等多项先进技术, 构建一个交互式数学 Web 服务学习平台。实际运行结果表明, 平台具有良好的表现形式和运行性能, 为用户提供一个良好的交互式学习环境。

关键词: AJAX; Web Service; 自动推理; 数学辅助学习; MathML

中图分类号: TP181 **文献标志码:** A

Interactive system of mathematical Web services based on AJAX and automated reasoning technologies

ZENG Zhen-bing¹, CHEN Liang-yu¹, ZHANG Jun¹, FU Hong-guang²

(1. Institute of Software Engineering, East China Normal University, Shanghai 200062, China;

2. Chengdu Institute of Computer Applications, Chinese Academy of Sciences, Chengdu Sichuan 610041, China)

Abstract: The aided educational system of mathematics is a hot and crucial research topic in mathematical education and computer science. In this paper we showed a method to build mathematics Web services through integrating the newly developed technology Asynchronous JavaScript And XML (AJAX) with automated reasoning tools like the symbolic algebra and dynamic geometry. We investigated some typical interactive learning scenarios and proposed a Perl format to describe the process. The scripts of this format can be automatically transformed into MathML format. Using the JavaScript commands embedded in the MathML files the Ajax engine enabled the users to interact with the server. The JavaScript also communicated with the automated reasoning programs in server and client machines. The experimental result shows this system can efficiently help students to learn mathematics in a straightforward and funny mode.

Key words: AJAX; Web service; automated reasoning; computer aided learning; MathML

0 引言

近年来, 基于 Web 服务技术设计开发计算机辅助学习系统的方法正逐渐成为研究的热点。Web 服务是一种部署在 Web 上的对象/组件, 它具备以下特征: 完好的封装性; 松散耦合; 使用协议的规范性高度可集成能力。Web 服务技术综合 XML (Extensible Markup Language)、SOAP (Simple Object Access Protocol)、WSDL (Web Services Description Language)、UDDI (Universal Description, Discovery and Integration) 等协议, 提供了一种标准方法来集成整个 Web 系统。在 Web 服务中, 各种协议负责不同的模块功能。XML 用来封装数据, SOAP 传输数据, WSDL 用来描述服务接口, UDDI 搜索当前可用的服务列表。计算机辅助学习系统自 20 世纪 90 年代以来, 一直是教育和计算机领域内的重点研究问题。计算机参与学习过程使得传统的教学模式发生巨大的变化。教学开始走出课堂, 不再受到时间、空间上的限制。不仅学生在课余时间可以使用学习系统进一步巩固知识, 而且广大的校外人员也可以远程登录系统进行学习, 扩展自身能力。这样的学习

方式对于知识普及和全民教育起到很好的作用。爱丁堡大学的 CALM^[1] 就是一个比较成功的计算机辅助学习系统。它内嵌一个灵活的评价机制, 并且可以在个人电脑或者网络上进行测验等教育项目。而巴茨大学的 MONET 系统^[2, 3] 是一个数学辅助学习系统。它基于一套自定义的服务协议, 并利用 OpenMath 语言来表示数学表达式。

传统的数学教育观认为数学概念学习和问题求解是 Web 数学学习系统的核心目标。在许多数学 Web 服务平台中, 符号计算软件 (如 Maple 和 Mathematica), 通常担任教师的角色^[2-6, 8]。R. Milner 提出一种对象模型, 通过符号计算程序和动态几何软件来产生数学知识内容。从 20 世纪 90 年代后期, 一些包含符号计算、动态几何和自动推理等模块的软件包, 已经被开发出来。这些软件包可以对问题提供机械化解法, 并具有一定的人机交互能力, 如几何专家^[9], 超级画板^[10], MathXP^[11] 等。值得一提的是, 目前也有很多非商业的自由软件可以用来开发数学方面的 Web 服务。

图 1 所示是一个典型的基于 Web 的数学教育系统^[12-14]。在此模型中, 教师使用 LaTeX 或 MathML 语言来编

收稿日期: 2007-03-30; 修回日期: 2007-05-28。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (10471044); 国家 973 计划项目 (2004CB318003)。

作者简介: 曾振柄 (1963-), 男, 甘肃皋兰人, 教授, 博士生导师, 博士, 主要研究方向: 计算机自动推理、人工智能; 陈良育 (1980-), 男, 福建仙游人, 博士研究生, 主要研究方向: 符号计算、计算机自动推理; 张骏 (1982-), 男, 上海人, 硕士研究生, 主要研究方向: 教育软件、软件工程; 符红光 (1965-), 男, 四川成都人, 教授, 博士生导师, 博士, 主要研究方向: 计算机自动推理、人工智能。

写数学课程材料(例子、定义和课程注释等)。学生的请求和答案通过 CGI, Applets 和 JavaScript 等技术进行发送。而后台的自动推理工具(如 Maple, NAG 等),负责计算处理请求。它们是通过 CORBA、DCOM 或 Java RMI 等中间件远程调用。

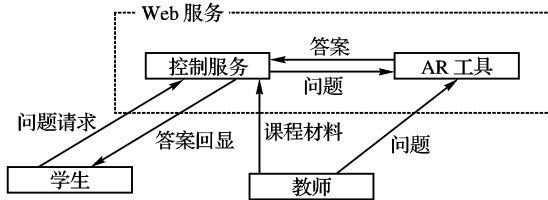


图1 基于 Web 数学教育学习系统

当前的 Web 服务模型对数学教育存在两个主要的问题。第一是缺乏一种统一数学描述语言。这种语言必须方便教师编写课程讲义;可以适用于输入各类不同层次的数学表达式,能够提高学习系统易用性和学生兴趣。第二是当前大部分数学网页都是沿用传统的开发模式,缺乏“界面友好”的人机交互能力。当操作者发送一个命令请求新信息时,服务器通常都是返回一个全新的页面。尽管这个新页面和旧页面有很多内容是相同的,但是操作者仍然需要较长的时间等待新页面的完全加载。而新技术 AJAX 可以改变这种低效的情况。AJAX 允许页面“安静地”向服务器发送请求,并获得数据来更新部分页面。而这些动作丝毫不影响操作者继续浏览页面。操作者无须较长时间等待新页面加载。这样操作流程使得操作者感觉非常贴心。

针对传统计算机辅助学习系统所存在的问题,结合新的 AJAX 技术和 MathML 语言,本文提出一种新的构建交互式数学学习系统的方法。

1 数学 Web 服务的典型场景和技术需求

我们通过讨论一个典型使用场景来分析交互式数学学习的系统流程和实现这些流程所需要的平台和技术。

一个六年级的学生使用交互式数学学习系统来掌握如何求解应用题的技能和方法。

学生:从学习系统的主界面上选择某一个特定类别的应用题目。

服务:从服务器的题库中选出这道题目,并显示在主界面上,见图2。同时附加显示一些按钮和箭头来辅助学生进行浏览和操作。

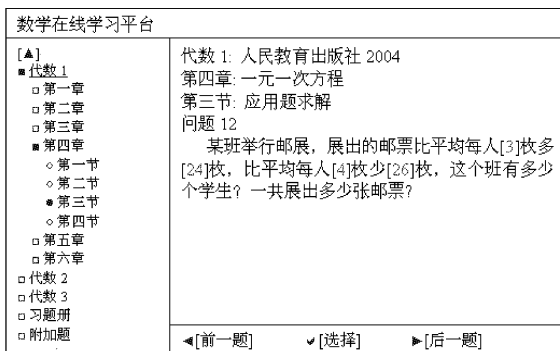


图2 问题选择和浏览主界面

学生:通过点击箭头按钮,学生可以浏览整个练习的内容。同时可以更改题目的内部数据和变量,最后进行提交操作。

服务:显示学生所提交的问题,并且给出不同的操作选

项。操作选项包括:继续修改问题,进入交互式解题过程,给出最终答案。

学生:可以点击“I”启动交互式解题过程。或者更改4个原始数据值后点击“I”启动交互式解题过程,或者点击“A”来浏览整个题目最终答案。

服务:检查学生输入的数据是否合理。如果不合理,需要一个提示框或者在主界面提醒修正。

学生:如果不改变题目的默认数据或者新数据没有问题,点击“I”可以启动交互式解题过程或者点击“A”查看问题的答案。如图3所示。

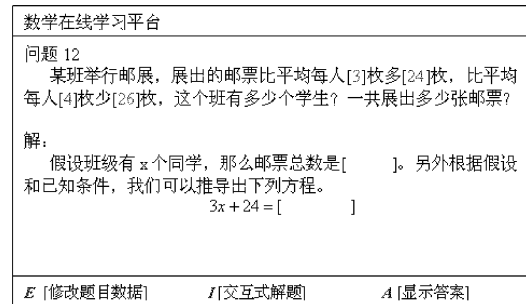


图3 交互式提示界面

服务:如果学生点击“I”启动交互式解题过程,那么界面将显示下一步的问题步骤,并列出两个输入框引导学生填入相应的数值。

学生:学生在界面上输入相应的数学表达式后,点击“I”检查是否输入正确,或者点击“A”查看本步骤的答案。输入的数学表达式可以用普通文本输入,系统将自动把表达式转化成 MathML 显示。

服务:将学生输入内容转为 MathML 显示。如果发现输入内容有误,则显示错误信息。如果输入正确,则显示下一个步骤交互内容,或者如果点击“A”直接查看问题的答案。

学生:输入方程 $3x + 24 = 4x - 26$ 的解,并点击“I”检查结果是否正确或者点击“A”查看本步骤的答案。

服务:如果学生输入正确,则继续显示下一个交互环节。如果输入错误,则显示具体的错误信息。如果学生点击“A”,则显示问题的正确答案。

学生:学生继续在页面上填入合适的数学表达式。可以点击 I 判断是否正确,或者点击“A”查看本次步骤的正确答案,直到系统完成整个交互式环节。

服务:如果学生输入完全正确,系统将显示交互式环节最后步骤,如图4所示。

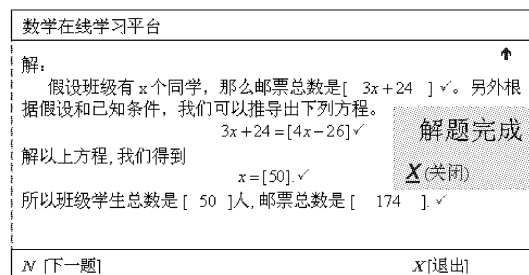


图4 解题完成界面

以上场景展示了一个交互式数学 Web 服务的3个重要方面:

1) 一个知识库元数据目录。学生可以通过一些约定数学词汇来浏览查看相关数学问题。

第 1 方面的实现意味着需要有经验的数学教师和软件设计者紧密合作,共同开发一个大规模的数学知识库。知识库可以针对不同的学习对象和学习内容进行分类。例如可以针对六年级的学生提供相应的学习内容,可以按照问题的难度分成不同的等级。不同层次的学生选择难易程度不同的题目,适应学习的需要。

2) 一个支持交互式的操作主界面。学生可以修改问题的参数,请求相关问题的答案或交互式流程,在特定的地方输入问题答案,动态绘画几何图形,并提交答案测试。

第 2 方面要求一个交互性强,界面友好的系统。在前面分析了 AJAX 在构建实时交互式系统的功能和优点。数学表达式和几何图片可以通过从服务器上检索下载并内嵌显示。界面每次刷新所需要的数据可以自动地“安静地”从服务器端下载下来。所有的这一切,操作者都不需要等待页面的刷新。

3) 一种易用的数学计算和表示语言。可以支持良好的人机交互的数学学习过程。

第 3 方面是整个系统的核心部分。数学运算(包括检查两个表达式是否相等,检验输入内容是否匹配预设的模式,求解方程,表达式计算和求值等)可以通过中间件来远程调用符号计算软件。MathML 在基于 Web 的应用程序中正确地显示数学内容^[15-17]。综合利用自动推理工具和 MathML 可以支持整个运算和表示过程。

作为附加功能,交互式的 Web 服务也需要支持国际化思想。学习平台需要多语言界面,以满足越来越多的双语学生的需要。在我们所开发的平台中,同时支持中文和英语两种语言。

2 原型实现

关于符号工具调用和 MathML 表示请参看文献[9-11, 15-17]。

图 5 展示实现过程中 AJAX 的具体作用。AJAX 的作用范围主要有以下 7 点:

- 1) 一个客户端事件触发;
- 2) XMLHttpRequest 对象被正确地实例化;
- 3) XMLHttpRequest 对象发起请求;
- 4) 请求通过 CORBA 送到 ValidateServlet 利用自动推理工具或符号计算软件处理;
- 5) ValidateServlet 返回一个 XML 文档,包含运算结果;
- 6) XMLHttpRequest 对象调用回调函数并处理相应结果;
- 7) HTML DOM 对象被更新。

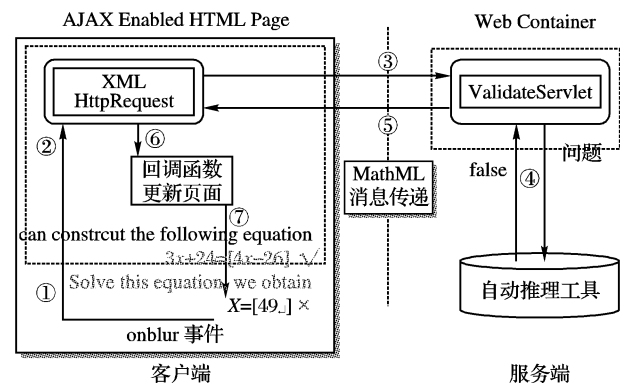


图 5 AJAX 工作流程

我们将通过代码段来详细解释每个流程:

第 1 步:JavaScript 函数是通过事件进行触发的。本例中,函数 validate() 被映射到 text 文本框的 onblur(失去焦点)事件。

第 2 步:函数 validate() 将创建一个 XMLHttpRequest 对象并且设置请求参数。请求需要 3 个参数:HTTP 模式(GET 或 POST)、目标地址和是否异步/同步标志。如果请求是异步的,那么需要指定一个回调函数。回调函数可以通过 statement req.onreadystatechange = callback 语句来定义。

第 3 步:XMLHttpRequest 对象发起请求。

第 4 步:使用 Java Servlet 其他的远程调用方法从符号计算工具(比如 OpenMaple)获得方程 $3x + 24 = 4x - 26$ 的解。

```
//调用符号计算工具,这里我们使用的是 MAPLE 数学工具 OpenMaple
public String MapleCaculate( String equal ) {
    String mapleArgs[ ];
    Engine engine;
    Algebraic a1;
    mapleArgs = new String[ 1 ];
    mapleArgs[ 0 ] = "java";
    try {
        engine = new Engine( mapleArgs,
            new EngineCallBacksDefault(), null, null );
        //调用 TransferEquals() 方法转成可处理方程式
        String equalMaple = TransferEquals( equal );
        a1 = engine. evaluate( "solve( " + equalMaple + ", x ); "). eval();
        return a1. toString();
    } catch ( MapleException e ) {
        e. printStackTrace();
        return null;
    }
}
```

第 5 步:ValidateServlet 对象返回一个 XML 文档包含计算结果。

第 6 步:XMLHttpRequest 对象调用回调函数并且处理结果。XMLHttpRequest 对象被配置以下规则:如果 XMLHttpRequest 的 readyState 参数值发生变化,那么 XMLHttpRequest 就需要调用回调函数。

第 7 步:更新 HTML DOM 对象。通过 document.getElementById() 方法获得页面元素的指针并利用 JavaScript 来修改界面元素的值。

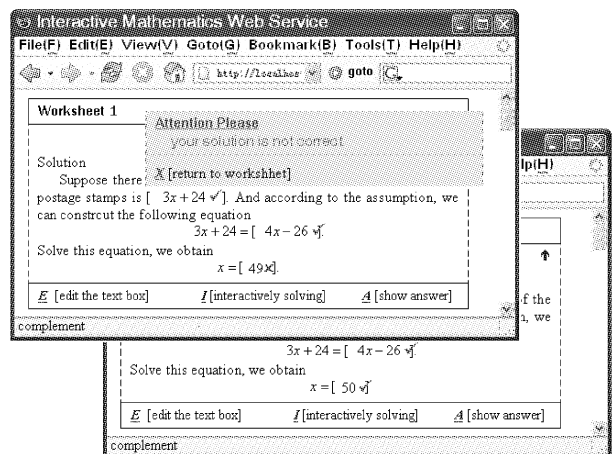


图 6 交互式学习系统

图 6 显示使用者在基于 AJAX 实现的交互式学习系统的使用界面。(下转第 2252 页)

5 结语

本文提出了一种分解向前算法 DFSVM, 算法复杂度比标准 SVM 和传统块算法低, 并由此提出了一种基于独立成分分析的降维支持向量机混合模型, ICA-DFSVM 的识别效率和计算消耗都优于传统神经网络, 对大样本学习有利, 因此 ICA-DFSVM 是一种理想的实际应用模型。

目前 DNA 序列正以每天超过 50 万个碱基对的速度加入到数据库中, 以 Genbank 为例, 其提交的 DNA 序列速度呈指数级增长, 大约每 14 个月就会增长一倍。所以在当前基因组信息爆炸的时代, 人类面临重大挑战, 众多序列等着人们去识别, 分类, 解析它的生命意义, 这是后基因组时代的任务。通过发展全新的生物信息学理论, 建立超大规模计算系统来分析这些数据, 从中获得有用的信息是基因组研究取得成果的决定性步骤。

参考文献:

- [1] RISTANIEMI T, JOUTSENSALO J. On the performance of blind source separation in CDMA downlink[C]// Proceedings of the First Workshop on Independent Component Analysis and Signal Separation (ICA'99). Aussois: [s. n.], 1999: 437 - 441.
- [2] SAGI B, NEMAT-NASSER S C, KERR R, *et al.* A biologically motivated solution to the cocktail party problem[J]. *Neural Computation*, 2001, 13(7): 1575 - 1602.
- [3] Yang H H, Amari S I. Adaptive online learning algorithms for blind sources separation: maximum entropy and minimum mutual information [J]. *Neural Computation*, 1997, 9(7): 1457 - 1482.
- [4] MARKUS S, FRITHJOF K, HABIB B. ICA of fMRI group study data [J]. *NeuroImage*, 2002, 16(3): 551 - 563.
- [5] BOSER B E, GUYON I M, VAPNIK V N. A training algorithm for optimal margin classifiers[C]// HAUSLER D, ed. Proceedings of the 5th Annual ACM Workshop on Computational Learning Theory. San Diego: ACM Press, 1992: 144 - 152.
- [6] 萧嵘, 王继成, 孙正兴, 等. 一种 SVM 增量学习算法 α -ISVM[J]. *软件学报*, 2001, 12(12): 1818 - 1824.
- [7] RUPING S. Incremental Learning with Support Vector Machines [C]// The First IEEE International Conference on Data Mining (ICDM). [S. l.]: IEEE Press, 2001: 641 - 642.
- [8] 奉国和, 黄榕波, 罗泽举, 等. 基于支持向量机的分解合作加权算法及其应用[J]. *计算机科学*, 2005, 32(4): 91 - 93.
- [9] HYVÄRINEN A. Fast and robust fixed-point algorithms for independent component analysis [J]. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 1999, 10(3): 626 - 634.
- [10] MURZIN A G, BRENNER S E, HUBBARD T, *et al.* SCOP: a structural classification of proteins database for the investigation of sequences and structures. *Journal of Molecular Biology*, 1995, 247: 536 - 540.
- [11] STEVE R G. Support vector machines for classification and regression, ISIS-1-98 [R]. Southampton: University of Southampton, 1998.

(上接第 2241 页)

3 结语

本文在详细分析一种特定的学习场景的基础上, 提出构建交互式数学 Web 服务平台的新方法。和传统的计算机辅助学习系统相比, 这种新方法在体系结构上增加了 AJAX 异步思想, 提高了学习系统的智能性, 友好性和趣味性。同时利用现有的符号计算软件和自动推理工具, 可以编写出功能强大、涵盖范围广泛的数学程序。在数学知识表示上, 结合当前的 MathML 标准, 使得教师和学生可以容易输入数学表达式, 降低使用门槛。在实际操作界面中, 实现多种中/英语言切换, 适合多语言教学和学习。实际运行结果验证了学习平台在可用性、智能性和维护性方面比传统的应用程序更具有优势。本文下一步的工作重点是: 继续扩充知识库和涵盖范围; 扩大平台的服务处理能力, 尽快将平台推向市场。

参考文献:

- [1] BEEVERS C. IT was twenty years ago today... [EB/OL]. [2006 - 12 - 10]. <http://mathstore.ac.uk/articles/mathcs-caa-series/jan2006/>.
- [2] AIRD M L, MEDINA W B, PADGET J. MONET: service discovery and composition for mathematical problems [C]// Proceedings of IEEE workshop on Agent-based Cluster and Grid Computing (CC-Grid 2003). [S. l.]: IEEE Press, 2003: 678 - 685.
- [3] PADGET J. MONET: Mathematical service discovery and composition [EB/OL]. [2006 - 12 - 10]. http://monet.nag.co.uk/cocon/monet/publicdocs/monet_talks.html.
- [4] BROUGHTON B, CHACKO E, LIM LL. Computer-aided teaching and testing [EB/OL]. [2006 - 08 - 10]. <http://www.sci.usq.edu.au/staff/spunde/delta99/Papers/broughtn.pdf>.
- [5] iScholar [EB/OL]. [2006 - 10 - 10]. <http://www.ischolar.ca/>.
- [6] FISHER D. Review of maple T. A. [J]. *MSOR Connections*, 2004, 4(4).
- [7] SureMath [EB/OL]. [2006 - 10 - 10]. <http://www.suremath.com/>.
- [8] MINER R. An object model for dynamic math [EB/OL]. [2006 - 10 - 10]. <http://www.mathmlconference.org/2002/presentations/miner/>.
- [9] 高小山, 张景中, 周咸青. 几何专家[M]. 台湾: 九章出版社, 1998.
- [10] 张景中. 超级画板自由行[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [11] 符红光, 曾振柄, 胡余峰, 等. 体验数学——MathXP[CD]. 成都: 四川电子音像出版社, 2002.
- [12] PETCU D, BONCHIS C, IZBASA C. Symbolic computations based on grid services [J]. *International Journal of Computers, Communications & Control*, 2006, 1(1): 33 - 39.
- [13] STROTMANN A, NGANGA W, CAPROTTI O. Multilingual access to mathematical exercise problems [EB/OL]. [2006 - 10 - 10]. <http://www.symbolicnet.org/conferences/iamc05/iamc05-snc.pdf>.
- [14] RAHKILA M. Agent-based method for self-study interactive Web-based education [EB/OL]. [2006 - 10 - 10]. <http://lib.tkk.fi/Lic/2006/urn006200.pdf>.
- [15] ALVAREZ-SOBREVIELA L. REDUCE - MathML interface [EB/OL]. [2006 - 10 - 10]. <http://www.zib.de/Symbolik/reduce/moredocs/mathml.pdf>.
- [16] YU P T, WENG Z M, ZENG Y X. Constructivism on the Web education - on the design of interactive math editing environment based on the MathML [EB/OL]. [2006 - 10 - 10]. <http://sun.tchcvs.tc.edu.tw/cai/pdf/w4.pdf>.
- [17] HTML math overview [EB/OL]. [2006 - 10 - 10]. <http://www.geom.uiuc.edu/~rminer/w3c/>.
- [18] WALL L, CHRISTIANSEN T, ORWANT J. Programming perl [M]. 3rd ed. [S. l.]: O'Reilly Media, 2000.
- [19] Free perl scripts [EB/OL]. [2006 - 10 - 10]. <http://www.any-browser.com/tools.html>.