

基于多层体系结构的网络教学系统

秦伟俊, 史元春, 相培峰

(清华大学 计算机科学与技术系, 普适计算教育部重点实验室, 北京 100084)

摘要: 为解决大规模网络教学应用中系统可集成性和教学资源与系统模块互操作性的问题, 基于多层体系结构的网络教学系统, 提出了规范化的接口设计、自描述结构化的数据表示方法、基于主题的发布/订阅通信机制, 以及异步的数据交换协调执行模型。系统已经用于清华大学继续教育学院和东南大学远程教育学院, 开设500多门课程, 支持3万人以上用户在线使用, 平均单条信息查询时间在10ms以内。实际应用表明: 系统在用户并发数量和数据批处理效率等指标上基本满足大规模远程网络教学的实用业务需求。

关键词: 网络教学; 多层体系结构; 可集成性; 互操作性; 数据交换

中图分类号: G 434

文献标识码: A

文章编号: 1000-0054(2006)07-1301-04

E-learning system based on multi-tier architecture

Q N W e i j u n , S H I Y u a n c h u n , X I A N G P e i f e n g

(Key Laboratory of Pervasive Computing, Ministry of Education,
Department of Computer Science and Technology,
Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: An electronic-learning system was developed using a multi-tier architecture to integrate educational applications, learning resources, and system modules. This paper describes the design rationale and practical solutions including uniform interface specifications, self-descriptive structured data models, a topic-based publish/subscribe communication mechanism, and an asynchronous data exchange/mediation execution model. The system is being used in the School of Continuing Education of Tsinghua University and the Southeast University Distance Education College. The system supports over 500 online curriculums and over 30 000 online learners. The average data query time is less than 10ms. Experience shows that the system design meets the demands of large-scale online learning and management in terms of the concurrent user capacity and batch data processing.

Key words: eLearning; multi-tier architecture; integration; scalability; data exchange

在网络教学系统的开发过程中需要解决教学应用系统的可集成性和教学资源与系统模块的互操作性等关键问题。

卡耐基-梅隆大学(Carnegie Mellon University, CMU)提出的针对基于服务和组件的网络教学系统的设计框架LSA(learning system architecture)和麻省理工学院(MIT)提出支持各种异构教学应用系统集成设计标准OKI(open knowledge initiative)等等。这类设计规范均给出高层抽象框架,但在实际使用过程中都存在自身一定的局限性,比如LSA给出基于服务和组件的系统设计体系结构,OKI目前只设计和维护核心的规范,但两者所覆盖的网络教学应用模式都有限。因而目前多数网络教学系统的设计者都是结合可参考的设计规范,现有的实现技术和应用需求等3个方面要素来设计和实现网络教学系统。

本文分析在设计和开发支持大规模网络教学管理应用的网络教学系统时所面临的实际问题,给出基于多层体系结构的网络教学系统Cubes,旨在解决教学应用系统的可集成性和教学资源与系统模块的互操作性问题,提出设计基本原理以及支撑平台设计的研究问题,分析支撑平台的数据交换服务对实现系统的可集成性和伸缩性所起到的作用,阐明数据交换服务在设计过程中采用的有针对性的解决方案,介绍Cubes在清华大学继续教育学院和东南大学远程教育学院的实用情况。

1 Cubes 的设计原理

在设计和开发支持大规模网络教学管理应用的

收稿日期: 2005-06-06

基金项目: 国家“十五”科技攻关重点项目(2001BA101A 08)

作者简介: 秦伟俊(1981-),男(汉),湖北,博士研究生。

通讯联系人: 史元春,教授, E-mail: shiyu@tsinghua.edu.cn

网络教学系统时需要解决两方面的问题。

一方面要解决网络教学系统中支撑平台的通用性与教学应用软件的特殊性的矛盾。教学应用软件一般是针对特定应用需求进行设计的,支撑平台提供的功能是基础公共服务,很难满足各种用户需求。因此,设计支撑平台需要考虑系统的可集成性,提供通用的可扩展的集成接口,使教学应用软件能按照集成规范集成到网络教学系统中,并且方便教学应用软件针对变化的应用需求进行修改和升级。

另一方面要解决网络教学系统中异构的教学应用子系统之间的互操作性问题。由于教学应用系统开发的投入成本高,而且采用不同的技术设计实现的。通过支撑平台来协调这些采用不同技术(例如C/C++、Java或Web服务)开发的教学应用系统是解决网络教学应用系统的互操作性的核心问题。

针对上述的问题,本文提出了基于多层体系结构的松散耦合的网络教学应用系统Cubes,指出Cubes系统的设计基本原理以及希望解决的问题。

1) Fielding 在文[1]中提出体系结构模式REST (representational state transfer), 是一种描述分布式系统里体系结构基本元素的抽象模式,指出设计分布式系统所遵循约束条件为C/S交互模式、无状态通信机制、缓存机制、统一接口设计、分层系统设计、以及Code on Demand设计模式。结合REST体系结构模式,Cubes指出建立面向大规模网络教学应用的分布式系统所采用的4点设计基本原理。

a) 多层体系结构: 相对于传统的Client/Server模式,多层体系结构的显著特点是增加封装业务逻辑、数据访问等功能的组件层,优点是有效提高系统并发处理能力,适应大规模复杂的应用需求,降低系统维护和更新的成本,增强系统的安全性等。

b) 无状态实体封装: 无状态实体封装是指在通信或数据请求的会话过程中,请求消息采用无状态实体封装,包含所有的必要信息,使得接受端只用解析消息就能理解请求内容,无需接受端驻留任何上下文信息。无状态实体封装的优点是增强系统的可见性和可靠性。

c) 缓存机制: 缓存机制能够重用数据,减少平均数据交互次数,从而提高网络性能和异构信息源之间的数据交换效率。

d) 统一接口: 从软件工程的观点来看,统一的模块接口设计能简化体系结构设计的复杂性,增强交互操作的可见性。

2) Cubes 的软件体系结构中将基础公共服务集成为支撑平台,在设计中关注如表1所示的4点研究问题^[2]。

表1 支撑平台设计的研究问题

研究问题	简要说明
接口规范	通用的规范化接口定义
数据管理	利用自描述结构化的元组表示数据
通信模型	发布/订阅通信模型
执行模型	异步的数据交换协调模型; 数据缓存机制; 统一的系统调用接口

2 系统体系结构

随着网络教学应用规模日益扩大,传统的Client/Server两层体系结构已经满足系统可扩展性的应用需求,转而多层体系结构应用广泛。在表2中给出两层体系结构与多层体系结构在开发周期、设计复杂度、代码重用性等方面的比较。

表2 两层体系结构与多层体系结构的比较

体系结构	开发周期	复杂度	代码重用	可伸缩性	可靠性	可管理性
两层体系结构	++	+	+	+	+	+
多层体系结构	+	++	++	++	++	++

Cubes采用松散耦合的多层体系结构,如图1所示。教学支撑平台提供全局认证、核心用户信息管理和数据交换等公共基础服务。教学应用系统层集成有基于CELTS (China's e-learning technology standards) 和SCORM (sharable content object reference model) 等网络教学标准的基于BBS (bulletin board system) 的提问答疑系统^[3]和实时交互虚拟教室系统^[4]等教学应用模块EAM (educational application module)。公共访问门户为不同的使用者提供定制服务和客户端工具。

EAM通过支撑平台和公共访问门户提供的接口以插件的形式集成到Cubes中,彼此之间没有直接的交互连接。支撑平台中数据交换服务在EAM之间起到数据传输与协调、消息转发、事件发布/订阅、数据缓存和备份等作用,是实现EAM模块无缝集成的关键模块。下文将展开讨论数据交换服务模块DEM (data exchange module) 的设计方法,包括采用统一的接口规范设计方法、基于自描述结构化元组的数据管理方案、基于主题的发布/订阅通信模型和异步的数据交换协调执行模型等方面。

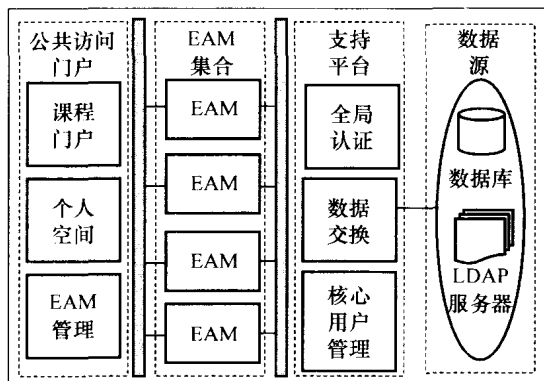


图1 Cubes 系统体系结构示意图

3 数据交换服务

3.1 结构设计

数据交换是指采用不同 Schema 描述的数据之间的交换精确性问题, 涉及数据交换语义学和查询机制等研究^[5]。数据交换服务为 EAM 提供数据传输、事件发布/订阅和数据格式转换等数据交换功能, 其结构设计见图 2。

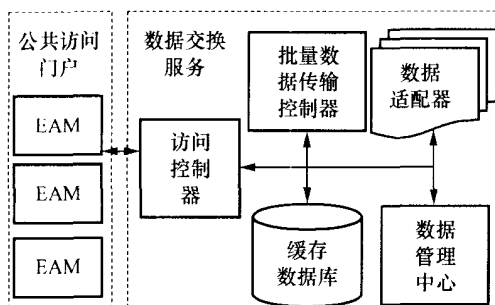


图2 DEM 结构示意图

3.2 接口规范

REST 体系架构模式指出模块的行为特征是由模块对外提供的接口和服务所决定, 而不是模块的内部实现方法, 采用通用的模块接口设计能简化系统的设计, 增强模块间的互操作性, 交互的可见性和系统的可集成性, 提高数据传输的效率^[1]。

接口规范定义了数据交换模块接口由“接口原语+ 自描述文档”组成, 如表 3 所示, 规范化的接口原语说明数据交换中请求发送、数据存储、数据查询和模块注册等原子操作; 自描述文档将传送的数据封装成带有自描述信息和标签的结构化文档。

表3 DEM 接口原语

接口原语	说明
SEND	发送数据交换请求
STORE	存储和备份交换数据信息
QUERY	从备份数据库中查询交换数据信息
REGISTER	声明 EAM 模块的注册信息, 保存 EAM 中交换数据的 Schema 信息

3.3 数据管理

数据管理采用基于数据对象元组 Tuple 的方式来查询、存储和交换数据信息。Tuple 定义了通用数据模型如下:

```
public abstract class Tuple {
    Tuple 的成员域和编程接口
    public Service index;
    public Tuple metaData metaData;
    public Tuple data;
    public final Object get(String name) {...}
    public final void set(String name, Object value) {...}
    .....
}
```

数据模型包含具有自描述性、变长的数据对象和域类型信息。采用通用的结构化数据模型, DEM 从备份数据库中查询交换数据的 Schema 信息后, 以“Tuple+ Schema”的方式对交换数据进行编码和传输。采用这种传输模式, 传输的交换数据具有自描述性, 接受端不用驻留交换数据的描述配置。

3.4 通信模型

网络教学的应用需求要求支撑平台与应用系统之间的通信模型具有高动态性和低耦合度的特性。点对点通信模式的弊端愈显突出, 发布/订阅通信模式应用日渐广泛。Eugster 等人在文[6]中从时间耦合度和空间耦合度两个维度将发布/订阅模型与其他几种通信模型进行比较, 如表 4 所示, 指出发布/订阅通信模型具有松散耦合的交互特性。

表4 不同通信模型比较

通信模型	时间耦合度	空间耦合度	接受端个数
Request/Reply	高	高	1
Message Passing	低	高	1
Shared Memory	高	低	n
Publish/Subscribe	低	低	n

DEM 的通信模型是基于主题的发布/订阅通信模型^[6], 利用JMS 技术实现, 具有低时间耦合度、低空间耦合度和低同步耦合度等特点。

3.5 执行模型

Cubes 中所有组件之间的都是采用基于事件消息的异步交互过程。Cubes 的执行过程采用异步的数据交换协调模型完成数据交换过程: 当发生数据传输请求时, DEM 先从备份数据库中查询, 若没有该数据, DEM 则从数据提供源目录中查找提供源地址, 并向提供源查询数据, 如图3所示。

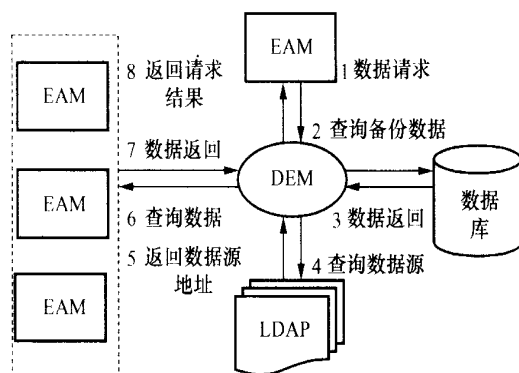


图3 DEM 执行流程

4 基于CEL TS 的标准化实现

解决网络教学系统互操作性问题的一个重要基础是教学资源的标准化, 即制定技术规范和实践指南来指导教学系统和教学资源的设计。标准规定了教学系统的抽象框架和模块的属性、接口和通信方式以及教学资源的格式和使用方法等, 从而保证资源的共享, 并提供一定程度的系统间的互操作性。CEL TS 是中国信息技术标准化技术委员会教育技术分技术委员会参考 IEEE 标准体系, 根据中国教育实际情况创建的远程教育标准体系。Cubes 系统是遵循了CEL TS 和SCORM 标准: 支撑平台的设计是参考CEL TS-1.1 标准中体系架构与参考模型规范, 针对通信模式、应用程序接口和调用协定等方面提出解决方案。教学应用系统的设计是遵循CEL TS 和SCORM 中关于教学资源、学习者和教育管理等方面的技术标准。在系统交付实际应用前, 通过了中国软件测评中心的CEL TS 一致性测试, 成为国内最早的标准化的网络教学支撑平台。

5 应用实例

目前Cubes 系统已经用于清华大学继续教育学院和东南大学远程教育学院。清华大学网络教学系

统采用3层B/S 运行模式, 基于Solaris 操作系统平台, 使用Apache 进行Web 发布, 使用Weblogic 作为应用中间件, 采用Oracle 作为后台数据库, 集成包括虚拟教室、课件点播、资源管理、结算系统、学习者管理、学习质量评估、作业发布、提问答疑和考试测验等9个基于CEL TS 和SCORM 标准的教学应用系统, 网上已开设500 多门的课程, 支持用户数在3 万人以上在线使用, 平均单条信息查询时间在10ms 以内。东南大学的试用点在数月的时间内集成教学管理功能模块, 开设12 门以上的精品课程在学校不同的校区间使用, 支持千人以上的用户同时在线使用。Cubes 还通过国家“十五”科技攻关重点项目“网络学院示范工程”的验收。

6 结论

实际应用表明, 采用本文提出的规范化接口设计、自描述结构化的数据表示方法、基于主题的发布/订阅通信模型、以及异步的数据交换协调执行模型等设计方法, 网络教学系统架构合理, 功能全面, 具备较好的系统可集成性和系统模块的互操作性, 在用户并发数量和数据批处理效率等指标上基本满足大规模远程网络教学的实用业务需求。

参考文献 (References)

- [1] Fielding R T. Architectural styles and the design of network-based software architectures [D]. Irvine, USA: University of California, Irvine, 2000
- [2] Grimm R, Davis J, Lemar E, et al. System support for pervasive applications [J]. *ACM Transactions on Computer Systems*, 2004, 22(4): 421-486
- [3] ZHANG Xinyu, LUO Nianlong, JIANG Dongxing, et al. Web-based collaborative learning focused on the study of interaction and human communication [C]. ICWL 2004. Berlin: Springer-Verlag, 2004: 113-119.
- [4] SHI Yuanchun, XIE Weikai, XU Guangyou. Smart remote classroom: creating a revolutionary real-time interactive distance learning system [C]. ICWL 2002. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2002: 130-141.
- [5] Fagin R, Kolaitis P G, Miller R J, et al. Data exchange: semantics and query answering [C]. ICDT '03. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2003: 207-224.
- [6] Eguster P T, Guerraoui R, Sventek J. Distributed asynchronous collections: abstractions for publish/subscribe interaction [C]. ECOOP 2000. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2000: 252-276.