

# 基于消息中间件的网络学习流程模型研究\*

江文, 杨贯中, 陈浩, 陈莉

(湖南大学 软件学院, 湖南 长沙 410082)

**摘要:** 网络学习流程是一个学习流程业务过程的全部或部分自动执行。通过分析现实世界学习流程业务过程提出了一套基于消息中间件, 符合教学活动特性和要求的、针对网络学习的学习流程控制模型, 并采用 Petri 网对其进行动态建模。详细论述了学习活动中各环节的相互协作关系, 并使其在 ELS 网络学习平台中得以具体实现。

**关键词:** 网络学习; 消息中间件; 消息机制; Petri 网; 网络学习流程控制

中图法分类号: TP391.7 文献标识码: A 文章编号: 1001-3695(2005)03-0064-04

## Research on E-Learning Process Model Based on Message-Oriented Middleware

JIANG Wen, YANG Guan-zhong, CHEN Hao, CHEN Li

(Software School, Hunan University, Changsha Hunan 410082, China)

**Abstract:** E-Learning process automatically executes the practical learning process entirely or partly. Through the analysis of the practical learning process in the real world, E-Learning process control model is put forward, which is based on message-oriented middleware and accords with the characteristics and demands of education activities. We can adopt dynamic modeling method for E-Learning process control model by the way of Petri net. In this paper, the collaboration relation of each part in learning activities is discussed in detail, which is carried out in ELS net learning platform.

**Key words:** E-Learning; Message-Oriented; Middleware; Message Mechanism; Petri Net; E-Learning Process Control

### 1 引言

随着信息技术的飞速发展和知识经济时代的到来, 终身学习已成为当今社会发展的必然趋势, 传统的教育模式已远远不能满足信息化时代的求学需求。E-Learning 作为一种以学员为中心的全新的远程教育模式, 它打破了传统教学模式的时空限制, 极大地拓展了网络学习的内涵和外延, 为人们创造出了更加自由、更加有效的数字化学习环境, 同时也使得学习更加自由轻松和个性化。

E-Learning 相对与传统的学习模式而言具有自适应性、自描述性、通用性和可重用性四个主要特点<sup>[1]</sup>。也就是说, E-Learning 能针对不同的学员定制不同的符合学员需要的学习计划, 并通过这种描述来指导和规范其后续的学习流程。同时, E-Learning 由于自身提供的教育资源是标准的, 因此可以很方便地与第三方的教学资源集成和交换, 从而实现教学资源的重用, 节约教育成本。

目前国内外在 E-Learning 应用研究方面取得了一些成果, 如美国 ADL(Advanced Distributed Learning Initiative) 制定了一套实现各教育资源跨平台共享的规范 SCORM(The Sharable Content Object Reference Model), 通过制定课程结构格式(Course Structure Format, CSF)、课程执行时的环境(Run Time

Environment, RTE) 以及元资料(Metadata) 的规则来实现课程的共享和远程学习<sup>[2]</sup>; Graz University of Technology 的 D. Helic 等人提出运用基于语义分析模型的虚拟讨论室工具对学习论坛中有价值的学习交流内容进行分类整理成学习资源, 以此丰富学习内容<sup>[3]</sup>; L. B. Sheremetov 等人提出运用 APRI(Action Perception Reflection Intention) 模型实现网络学习各模块的协作<sup>[4]</sup>; 上海电力学院的黄晓榕博士提出运用有色 Petri 网系统对网上教学活动进行形式化动态建模<sup>[5]</sup>, 等等。

这些研究从不同角度建立了 E-Learning 学习平台的构建理论模型和规范, 同时在课件的制作、存储、管理、发布以及学员的学习交流方面形成了一些比较成熟的技术。但是, 目前在针对学员学习流程控制方面缺乏一种高效、简洁的控制方法, 传统的处理模式如基于传统方法调用或同步分布式调用技术的控制由于效率低而使其应用价值较低。本文针对网络学习的特点, 提出一种运用消息中间件(Message-Oriented Middleware, MOM) 的消息机制来构建学习流程控制的模型, 该模型具有更好的安全性、高可靠性、可扩展性和协作能力。

### 2 消息中间件的体系结构

消息中间件是一种基于消息传递和消息队列的中间件。它能在客户与服务程序之间提供同步、异步和可靠的连接, 而且可以随时传送消息或存储转发。消息中间件能够在多个进程之间进行可靠的数据传送。在分布式环境中各进程间或各应用程序间实现松散耦合。

#### (1) 消息中间件体系结构

消息中间件主要由五大部分组成: 接口处理模块 (Interface Manager)、消息队列 (Message Queue)、队列管理器 (Message Queue Manager)、消息通道代理 (Message Channel Agency) 和安全管理 (Security Manager), 如图 1 所示。其中接口处理模块负责处理应用的服务请求, 根据应用请求的类型进行不同的处理, 它负责数据流的分割和组合, 分组的加解密以及数据和消息间的相互转换; 作为 MOM 核心部件的队列管理器, 负责创建和删除队列, 控制队列的行为和管理优先级; 消息通道代理是负责将消息可靠地传递给相应的消息队列; 安全管理模块负责对消息体进行加解密, 以此满足用户在安全方面的要求; 消息队列是一块存储缓冲区, 它负责存储各类消息, 队列发送消息的策略有先进先出和带优先权值的先进先出两种, 其触发机制和行为则是由队列管理器进行管理。

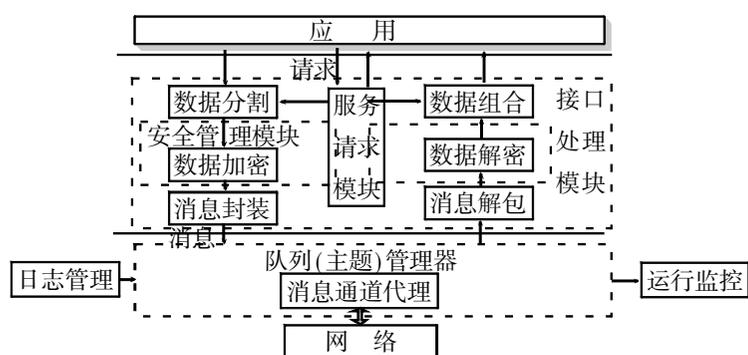


图 1 消息中间件体系结构图

消息中间件是一种异步处理模型, 它通过非阻塞调用机制来实现程序间或进程间异步交换信息。它的这种非阻塞调用机制相对于 RPC (Remote Procedure Call, 远程方法调用) 来说具如下优势:

提高了系统的运行效率

在异步方式调用过程中, 由于客户端不需要等待被调用方法的返回, 故大大提高了系统的运行效率。当有一些耗时而又不需立即获取结果的任务时, 我们可以将其置于“后台”, 从而大大减少服务器对客户的调用响应时间。

使系统更健壮

在异步非阻塞调用过程中如果发生异常则只会使发生异常的一端受到影响, 而另一端仍可继续处理后续流程。而 RPC 则很可能会发生不可预测的故障。

由于 MOM 是通过消息来驱动系统的运作, 因此可以构建松散耦合的分布式应用。

### (2) 消息中间件的消息模型

正如前面所讨论的, 消息中间件是通过收发消息来实现异步处理的。这意味着客户只需将消息发送到一条虚拟的通道 (Virtual Channel) 上, 其他客户通过订阅或监听该通道。当客户发送一条消息时, 它无须等待响应。该条消息可能最终被转发到一个或一群客户机上, 这些接收该消息的客户也无须为此作出回应。消息中间件目前支持两种消息模型: P2P (Point-to-Point) 和 Pub/Sub (Publish/Subscribe)。

#### P2P 模型

P2P 模型即点对点传输方式。在该模型中, 客户机发送消息时根据目的机器的地址将消息发送到特定的队列中, 而该消息的消费者再从该队列中取出。消息队列保留所有消息, 直到它们被消费或是过期。也就是说在 P2P 模型中每条消息仅有

一个消费者; 消息的生产者与消费者间并没有严格的时间从属关系, 一端发生故障不会影响另一端的正常运行。

#### Pub/Sub 模型

Pub/Sub 模型即发布/订阅模型。在该模型中消息的生产者和消费者不再是一一映射关系, 而是一个生产者对应多个消费者的一对多的关系。系统根据主题 (Topic) 将消息转发给它们的订阅者。也就是说 Pub/Sub 消息可以不被接收, 也可以被多个订阅者接收; 它存着消息的时间从属性, 即一个订阅者只能收到来自它所订主题的消息。

### 3 基于消息中间件的学习流程模型

通过对人类的学习流程的观察和客观分析, 可以得出人们获取知识的学习模式主要体现在教学相适应的原则。所谓教学相适应, 是指教师的教授过程与学习者的学习过程的相互适应。也就是说学习流程是由两个相适应的系统过程组成的。第一个系统过程是教师传授知识的过程, 可划分为: 备课——讲课——答疑辅导——批改作业——学习效果评估五个基本阶段; 第二个系统过程是学生的学习过程, 可划分为预习——听课——复习巩固——运用知识四个基本阶段。这两个系统过程, 体现了学习者认识规律从感知到理解到巩固再到运用的四个基本阶段。

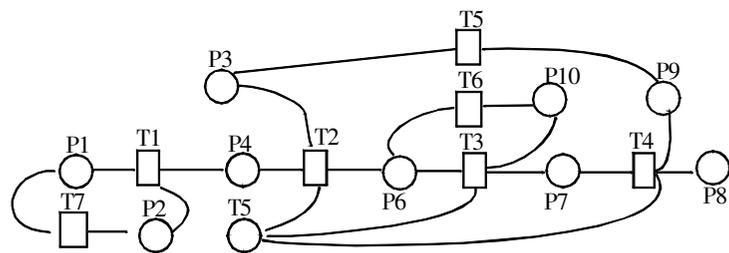
由上述可知, 人类的学习流程是一种非常复杂的活动, 其过程是一种非形式化、非流程化、非线性的活动。而基于计算机网络的 E-Learning 是不同于传统的教育模式。首先它是一种借助计算机网络开展教学活动的分布式教学环境, 也就是说它是一种计算机系统; 其次它是以学习者为中心的一种新型学习模式即个性化主导学习, 学习者是按自身需求或应企业的要求选择学习的课程。在整个学习流程中强化了学员的自我个性化学习, 而弱化了教师的教学活动。

我们知道计算机系统对在其上的处理要求具有严格的形式化和流程化, 因此必须将其活动行为进行形式化建模。通过深入分析教学活动行为, 可知教学活动是一种具有并发、异步、分布、并行、不确定性和随机性的信息处理过程。而作为一种系统的图形描述与分析工具的 Petri 网, 能够很好地对其进行动态建模。

#### (1) 基于事件驱动 Petri 网系统的 E-Learning 学习流程控制动态建模

Petri 网是德国 C. A. Petrid 在 1962 年他的博士论文中首先提出的。对于 Petri 网的基本理论和概念, 读者可以参阅有关的文献 [7]。通过对现实世界的学习流程的分析, 运用 Petri 网系统对 E-Learning 学习流程控制进行形式化动态建模。

定义 1  $(P, T, F, M_0)$  是一个 Petri 网系统, 它是对网上教育的动态建模。 的网系统结构图为图 2 所示。



其中, 中各组成元素定义如下:

库所(Place)元素集  $P$  和变迁(Transition)元素集  $T$  分别为

$$P = \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7, p_8, p_9, p_{10}\}$$

$$T = \{t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7\}$$

各库所和变迁元素在 E-Learning 学习活动中的定义如下:

$P_1$  为学习者学习初始状态, 即合法地登录到学习空间的状态;

$P_2$  为学习者的学习计划;

$P_3$  为学习者目标;

$T_1$  为学习者从学习计划中选取学习的课程;

$P_4$  包括两部分, 即选定本次学习的学习课程状态和课程的学习资源;

$P_5$  为学习者的学习进度表;

$T_2$  为提取本次学习的内容;

$P_6$  为学习者学习就绪状态;

$T_3$  为学习者学习选定内容;

$P_7$  包括两部分, 即学习者掌握所学知识和获取本阶段的作业;

$T_4$  为对学习者的学习效果进行评测和批改作业;

$P_8$  为学习者本课程学习结束并通过课程测试;

$P_9$  为学习者测试不通过状态和完成本阶段学习目标;

$T_5$  为评估学习效果和挖掘个性化学习环境;

$P_{10}$  为提问状态和学习交流状态;

$T_6$  为教师答疑;

$T_7$  为制定个人学习计划。

$(P, T, F)$  为有向网, 称为 的基网。

$M_0$  为 的初始标志。

针对上述 Petri 网模型而言, 状态就相当于学习者在流程中所处的一个状态, 而变迁是导致状态发生改变的事件, 也就是说学习者是由于操作对象而触发了事件, 这些被触发的事件又促使学习者状态的改变。而事件的触发又具有异步性、同步性、分布性、并行性、不确定性的特性, 针对其触发的特性, 引入消息中间件的消息机制来构造网络学习流程控制模型。

## (2) 基于消息中间件的 E-Learning 学习流程的控制模型

基于消息中间件的网络学习流程模型是指运用消息中间件收发消息来驱动学习流程中的各环节, 以此达到对网络学习流程的控制。也就是说该模型是通过收发不同主题、不同类型的消息的方式来驱动。该模型将消息分为三层: 课程学习域(Course Learning Domain)、主题(Topic)和消息(Message)。其定义如下:

### 定义 2 主题(Topic)

主题是消息中间件的一种一对多的映射关系, 它能实现将消息可靠转发给各订阅者。例如, 在学习流程中设定答疑和学习交流为一个消息主题, 那么有关本主题的消息就只能在订阅主题的消费者间进行传递。

### 定义 3 消息(Message)

消息是交流信息的载体, 在本模型中具有两类消息:

文本消息(Text Message)。它用于传递各类文本信息;

流程驱动消息(Flow Driver Message)。它用于承载控制

和驱动学习流程的消息。

### 定义 4 课程学习域(Course Learning Domain)

它是指将消息空间按课程划分成不同的区域, 消息的生产者与消费者是参与本课程教学活动的角色。课程学习域包含若干不同功能的主题和公共消息。课程学习域由五部分组成:

LOT(Learning Objective Topic)学习目标主题。它用于收发有关课程学习目标调整的驱动消息和文本消息。

ACT(Answer & Communion Topic)答疑与交流消息主题。主要是用于学习者之间或学习者与教师之间交流信息。

LET(Learning Evaluation Topic)学习效果评估消息主题。主要是用于驱动网络学习的学习效果评估功能, 以及发布评估后的一些信息。

LPT(Learning Progress Topic)学习进度消息主题。它用于驱动学习进度的调整功能。

P2P消息(Shall Message Queue)。它用于提供域内进行 P2P 交流的消息队列。

### 定义 5 网络学习平台开设的课程(Course)

它是一个有序集, 由教务管理人员根据学习需求来设置, 是一个四元组  $C: (d, L, T, R)$ , 其中

$d$  是课程的学习消息域;

$L$  是学习课程的一些约束, 如学习本课程所需的必要预备知识点等;

$T$  是课程各阶段的学习目标;

$R$  是课程的各种教学资源。

### 定义 6 学习者(Student)

它是一个有序集, 当用户以学员的角色注册到本平台时产生, 是一个三元组  $S(I, a_i)$ , 其中

$I$  是学员个性化的描述;

$a_i$  是学员学习能力描述; 学员的学习能力划分为四个等级:

$a_i: \{a_1, a_2, a_3, a_4\}$ ;

定义 5, 6 表明, 网络学习空间是  $N = C \times S$ ; 学习者的学习课程计划  $PA C$ , 学习者的学习空间是网络学习空间的一个子集。正如上述基于消息驱动的消息驱动的网络学习流程模型所述其学习流程包括: 制定学习计划、选择课程、提取学习内容、学习、修改学习进度、修改课程的学习目标、学习效果评估、答疑或学习交流和修正个性化学习空间。它们都是由所订阅的主题消息进行触发的, 也就是说各环节是通过产生不同主题消息进行相互协作的。它们的相互协作的算法步骤如下:

从学习计划中选择本次学习的课程  $C_i$ , 并加入本课程的学习消息域;

根据学习者的学习进度取出本次学习内容;

消费提取到的学习内容、疑难解答和交流信息;

学习者在学习的过程中可能会产生三类不同主题消息: 提问或学习交流、学习完毕、学习进度调整;

如是提问则触发 ;

如是学习完毕则触发 ;

如是学习进度调整则触发 ;

启动网络答疑平台;

对学习效果进行评估, 其评估同样会产生两类不同主题

的消息: 学习进度调整、学习效果报告并结束本阶段学习流程;

如果是学习进度调整则启动 ;

如果是学习效果报告则启动 ;

启动学习进度调整模块修改学员学习进度;

根据学员学习时记录的习惯和学习方式调整学员学习个性策略, 如根据测试结果和平时成绩调整其学习能力的等级。

基于上述分析, 各环节的触发准则为

准则 1: v m 若 m ACT 则 触发答疑功能;

准则 2: v m 若 m LET 则 触发学习评估功能;

准则 3: v m 若 m LPT 则 触发学习进度调整功能;

准则 4: v m 若 m LET 则 触发个性化分析中心。

通过上述对网络学习流程控制的动态建模, 可以看出该模型是运用消息中间件的消息机制来协调和驱动各子系统来完成教学活动的。也就是说该模型是以消息中间件为核心构建的一个可靠的、高效的、可扩展的学习流程控制模型。

### 4 学习流程控制的实现概述

基于上述分析, 基于消息中间件的网络学习系统主要是由: 个性化远程学习系统用户接口、学习流程驱动引擎、课件学习模块、答疑模块、学习评估模块、学习进度控制模块、个性化分析器、学习交流模块以及各类资源库组成。各模块的协作和信息的交互均是通过消息中间件的消息来触发和传递的。该系统的体系结构图如图 3 所示。

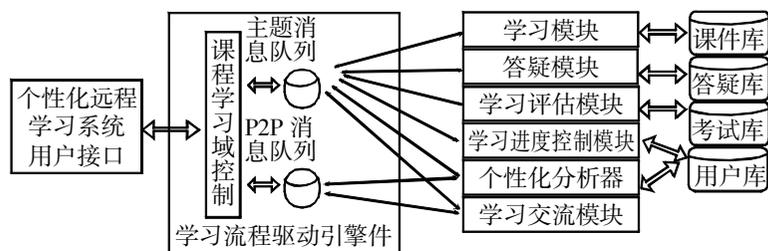


图 3 基于消息中间件的网络学习的体系结构图

鉴于上述对系统体系结构的描述, 表明系统主要由消息中间件的消息队列 (Message Queue)、流程控制消息主题 (Message Topic)、流程控制消息驱动 Bean (Message Driver Bean) 和实现具体功能的工具或模块组成。现以在线考试交卷为例介绍基于消息机制的处理流程的实现 (图 4):

学习者通过 Internet 浏览器进行在线考试。

答题完毕提交试卷由 OnlineExamServlet 程序接收学习者的答卷, OnlineExamServlet 调用 OnlineExamSessionBean 中的交卷方法。

OnlineExamSessionBean 中的交卷方法向 CourseDomainControlQueue 中发一条提交答卷的消息; 该会话 Bean 调用结束后返回客户端。至此, 客户端的在线考试交卷操作完成。

在后台服务器上, 课程控制消息 Bean (CourseDomainControlMDB) 在收到提交试卷的驱动消息后就会调用评卷工具 (Evaluate Paper EntityBean) 对学员的答案进行评分, 评分完成后, 向 Evaluate Topic 主题发送评分结果的消息。

这条评分结果消息分别触发订阅该主题的三个消息驱动 Bean。LearningMiningMDB 调用学习个性数据挖掘工具对现有学习个性化描述进行相应调整, 同时该分析器还会发送调

整学习目标的驱动消息以达到动态修正本课程学习目标的目的; LearningProgressMDB 调用学习进度修正模块 (LearningProgressEntityBean) 对该学员的本课程的学习进度进行相应的调整; SendGradeMDB 调用发送邮件工具发送学员的考试成绩单。至此, 该处理流程结束。

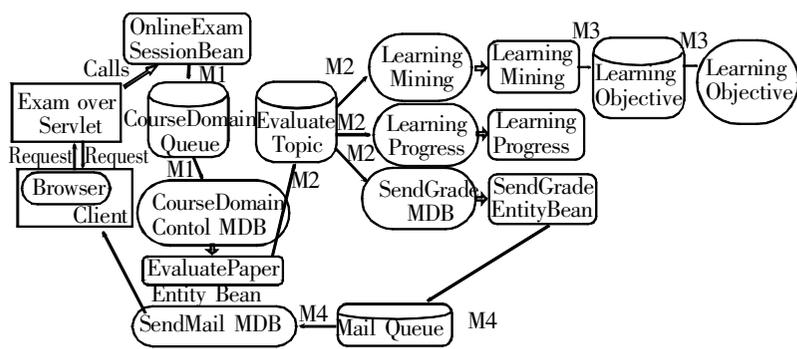


图 4 在线考试交卷处理流程

由以上可知, 基于该模型的 ELS 网络学习平台具有控制简单、灵活、高效、安全、可靠和可扩展等优点。

### 5 结束语

把网络应用于教育领域中, 适应了当今信息社会的要求, 使教育更好地为社会服务。它打破了学习的时空限制, 极大地提高了教育资源的利用率, 为提倡终身学习提供了坚强后盾。而网络学习系统作为一种分布式的计算机系统, 需要严格的形式化和流程化。为了有效地对网络学习流程进行动态建模, 本文运用 Petri 网对教学活动进行分析并结合消息中间件的消息机制, 构造了基于消息驱动的网络学习流程控制的动态模型。该模型对教学活动进行了严格的形式化和流程化的描述, 它反映了教学活动的基本规律、基本过程、基本特性。目前, 基于消息中间件的网络学习流程模型在笔者构建的网络学平台 (ELS) 中得到了具体的实现和应用。

#### 参考文献:

[ 1 ] assood Zarabian. The E-Learning Market: It ' s About the Learner, Not the Instructor! [ J/OL ] . http: // www. arocmag. com, 2003.

[ 2 ] Advanced Distributed Learning. Sharable Content Object Reference Model[ EB/OL ] . http: //www. adlnet. org, 2004.

[ 3 ] D Helic, H Maurer, N Scerbakov. Discussion Forums As Learning Resources in Web-based Education[ J ] . Advanced Technology for Learning, 2004, 1( 1 ) : 8-15.

[ 4 ] L B Sheremetov, C A Osuna-Gomez. A Framework For Corporate Collaborative WBT[ J ] . Advanced Technology for Learning, 2004, 1( 1 ) : 8-15, 44-53.

[ 5 ] 黄晓鲁. 网上教育形式化动态建模方法研究[ J ] . 计算机工程与应用, 2003, 31: 77-81.

[ 6 ] 查有梁. 教育建模[ M ] . 南宁: 广西教育出版社, 2001.

[ 7 ] 袁崇义. Petri 网原理[ M ] . 北京: 电子工业出版社, 1998.

[ 8 ] Chris Britton. IT Architectures and Middleware [ M ] . Addison-Wesley Pub Co., 2000.

[ 9 ] 王寿光, 颜钢锋, 蒋静坪. 网简化技术在 Petri 网反馈控制器设计中的应用[ J ] . 软件学报, 2003, 14( 6 ) : 1037-1042.

#### 作者简介:

江文(1975-), 男, 湖南邵阳人, 硕士研究生, 主要研究领域为计算网络与软件工程; 杨贯中(1963-), 男, 湖南长沙人, 教授, 主要研究领域为计算机网络通信技术、软件工程; 陈浩(1975-), 男, 湖南邵阳人, 硕士研究生, 主要研究领域为软件工程; 陈莉(1977-), 女, 湖南株洲人, 硕士研究生, 主要研究领域为软件工程。