维普资讯 http://www.cqvip.com

基于移动agent技术的协作信息中间件研究*)

Research on Cooperative Information System Oriented Middleware Based on Mobile Agent Technology

胡 健 刘一钫 刘锦德

(电子科技大学计算机学院 成都610054)

Abstract In this paper, a distributed cooperative information system oriented middleware——CISOM, is brought forward. The designing idea, architecture and implementing technology are discussed, and the performance of CISOM is also analyzed. The prospect of using CISOM in distance education is explored and a CISOM-based virtual university model is given and realized, which shows the function of this middleware and at the same time, the practical paradigm of mobile agent technology is given.

Keywords CIS, Middleware, Mobile agent, KQML, Asynchronous messaging, Distance education

1 引言

在开放式环境中进行分布式信息处理和协同设计,有关各方如何共享彼此的信息是一个非常重要的问题[1]。在设计这样的信息系统时,由于要考虑不同信息源的集成、安全性、网络带宽、信息的组织(数据库的设计)的要求,同时系统还必须有效地适应各信息源的动态变化,使得设计工作极具挑战性。面对这样的应用要求,传统的Client/Server计算模式难以胜任,而分布式对象技术、分布式人工智能技术和数据库技术的有机结合乃是解决这一挑战性难题的有效途径,也代表着目前技术的发展趋势[2]。

分布式协作信息系统中间件CISOM(Cooperative Information System Oriented Middleware)的设计,旨在提供一种有效的分布式信息共享解决方案,系统设计中采用了分布式对象技术(CORBA、RMI)、移动a-

*)本课题得到国防预研基金的资助。胡 健 博士生,主要研究方向:中间件技术、移动计算技术和分布式人工智能技术。刘锦德 教授,博士生导师,主要研究方向:开放系统和中间件技术,网络多媒体技术等。刘一钫 硕士生,主要研究方向:移动计算技术和远程教育。

性的可继承性,适合于多人合作开发。

(2)由于模板为半形式化形式,用户易于接受,且可读性好。

(3)描述的内容没有其它需求规格语言那么严格,易于掌握。

(4)模板的填写比较灵活,可按实际需要填写一些内容,不需填写的部分可以为空。

(5)模板是基于需求描述模型的,因而易于形式化,且可进行自动验证和检查。

(6)模板本身具有层次性,可以分层对模板进行完整性和一致性检查,从一定程度上避免状态空间指数爆炸问题。

我们已经完成了工具系统中状态图编辑、模板编辑和规则生成几个模块,目前正在开发自动检查和模拟执行部分。进一步工作将考虑建立起模型的程序设计框架和一些基本组件,在需求说明和代码生成与实现之间建立有机的联系。

参考文献

1 毋国庆,胡春丽,蔡持峰,何峰.面向嵌入式实时系统的需求模型.计算机工程与科学,1999(A1):83~88

2 Statecharts D H. A VISUAL FORMALISM FOR COMPLEX SYSTEMS. Science of Computer Programming, 1987(8):231~274

3 Harel D, Pnueli A. On the development of reactive systems. In:K. R. Apt. ed. ,Logics and Models of Concurrent Systems. Springer, New York, 1985. 477~498

4 Heimdahl M P E, Leveson N G. Completeness and Consistency in Hierarchical State-based Requirements. IEEE Trans. on software Eng. ,1996,22(6):363~377

5 Atlee J M, Gannon J State-based Model Checking of Event-driven System Requirements. IEEE Transactions on Software Engineering, 1993, 19(1)

6 Ravn A P, Richel H. Requirements Capture for Embedded Real-Time Systems. IMACS Symp. MCTS, 1991

维普资讯 http://www.cqvip.com

gent 技术、JDBC 技术、Java 的 Servlet 技术。整个系统的编码全部采用 Java，使得 CISOM 具有良好的平台无关性；充分的 Browser/Server 模式支持，使得 CISOM 能够很方便地支持基于 Web 的协同计算应用，如电子商务、远程教学、计算机支持的协同设计等应用；采用移动 agent 技术，使得 CISOM 具有传统的 Client/Server 计算模式所不具备的性能优势。

本文对 CISOM 的设计思想、系统组成和工作原理以及实现技术进行了探讨，并且对其性能进行了分析，同时以基于 CISOM 开发的远程教育信息系统为例，对其应用进行了说明。

2 CISOM 的设计思想

对协同计算的大量深入分析的结果表明，尽管面对的领域不同，解决的问题迥异，但是却存在许多共同的设计要素，这些要素是设计任何一个支持协作计算的系统都必须解决的问题，归纳如下：参加协作的各方如何共享信息和交换信息；如何保证信息交换的安全性；如何对异质环境下的计算实体进行集成；各协作方并行工作时如何保证系统的性能。进一步对这些问题进行归纳，使我们认识到这些问题的本质是如何安全有效地在各协作方之间共享信息的问题。这一结论促使我们对协作信息共享技术进行了深入研究，研究表明，将这一协同计算中必不可少的设计要素提取出来，用中间件(Middleware)的方式加以实现，既有理论指导意义，又有方便实践的价值。我们将这种中间件称为面向协作信息系统的中间件 CISOM。采用中间件的方式实现，具有一系列的优越性：

·可以大大简化上层协作支持系统的设计难度，使设计者可以将精力集中于所要进行的协同工作本身。

·便于实现系统的扩展和结构的动态变化。

·系统具有更大的灵活性，异质系统之间的协作变得容易。

·可以提供给系统更好的安全性和性能优化。

CISOM 的另一重要的设计思想是在系统设计中引入了软件 agent 的思想和相关技术，一组相互协作的 agent 构成了支持协同信息共享的中间件，这使得 CISOM 不同于一般概念上的中间件技术。各 agent 代表着参加交互的各方，同时通过 agent 之间的协商，开放系统环境中各异质实体的差异可以被屏蔽，并具有语义上的一致性。同时通过各 agent 之间的协作，可以将分布的信息资源融合为一个有机的整体，从而提供信息集成的有效解决办法。各 agent 还可以根据它们所代表的不同实体的意愿，结成相应的联盟，从而可以共享它们共同关心的有关信息，这对于有效地利用因特网上的信息资源提供了一种新的可能性。基于 agent 的协作信息系统原理如图1所示。

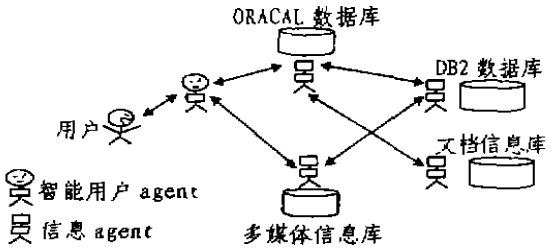

图1 协作信息系统示意图

构成 CISOM 的 agent 可以分为两类：一种为代表用户对信息访问请求的 agent，我们称之为智能用户 agent，另一类代表着不同的信息资源，并可以为其它 agent 提供信息访问服务。在具体实现中，我们对图1所示的模型进行了两点扩充：首先，为了赋予系统更大的灵活性，我们在系统中设计了一种中介 agent，它负责管理所有信息 agent 的相关信息，这样各 agent 通过与它交互便可以动态获取其它 agent 的属性信息(位置、功能等)，从而与其它 agent 进行交互，以获取所需要的信息。各信息 agent 的环境变化也可以通过中介 agent 通知其它 agent，其次，为了提高系统性能，特别是减轻并发操作对网络带宽的要求和减少网络延时，我们采用了移动 agent 技术，各 agent 可以移动到所要访问的信息资源所在的节点上，通过与代表它的信息 agent 交互而获取所需信息，然后再将信息返回给用户或存入本地信息库以备将来使用。

3 CISOM 系统组成

CISOM 由分布在不同信息节点上的相互协作的一组 agent 系统以及管理各 agent 系统信息的中介 agent 系统组成，如图2所示。

按信息查询的深度，可将整个工作过程分为以下五个步骤：

①用户通过 Web 浏览器向智能用户 agent 发出信息访问请求。

②智能用户 agent 请求本地信息查询服务 agent 完成本地信息查询。

③在完成本地信息查询后，可以根据用户请求提供协同信息查询服务。首先由协同信息查询 agent 向中介 agent 系统请求有关其它 agent 系统的属性信息。

④在获取其它 agent 系统的环境上下文信息后，协同信息查询 agent 便可将携带相关操作请求的移动 agent 派往其它信息节点，在代表它们的 agent 系统的环境上下文中请求本地信息查询 agent 完成有关操作，操作完成后再将结果一次返回。

⑤必要时，不同的协作信息系统可以通过各自的

维普资讯 http://www.cqvip.com

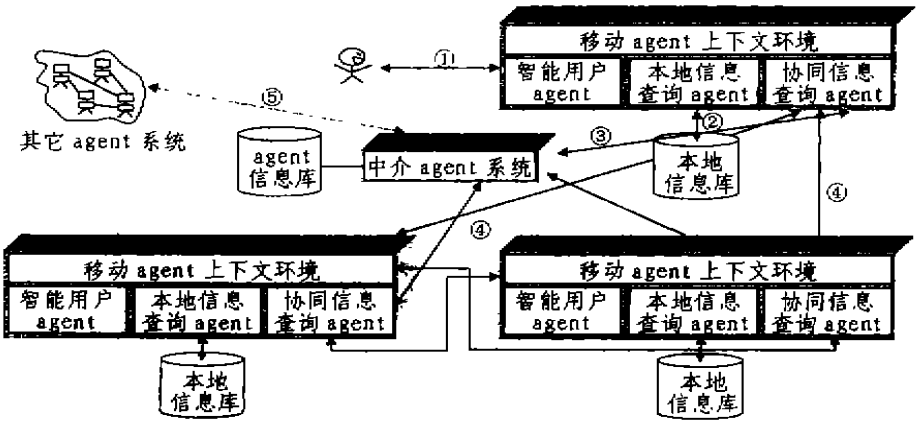

图2 CISOM 系统结构与原理示意

中介 agent 系统结成联盟，以进行范围更为广泛的信息共享。

在系统的具体实现中，为了满足平台无关性，我们采用了纯 Java 技术：采用 Java 的 JDBC 数据库技术，来完成对不同数据源的透明操作；采用了基于 Java 的移动 agent 技术[3,7]来实现有关 agent 的移动性和安全性要求；采用 Java 的 Servlet 技术，来为用户生成动态页面和实现智能用户 agent 的有关功能。agent 之间的通信，采用了与 KQML 语言兼容的语义表达形式[5]，利用移动 agent 系统的消息机制加以实现。

4 CISOM 性能分析

CISOM 作为分布式协同计算的支撑系统，其性能对整个协同计算应用系统的总体性能具有极为重要的影响，也是 CISOM 成败的关键，我们对此给予了必要的考虑。

首先，必须考虑 CISOM 各构件并发执行对系统性能的影响，建立有效的并发控制机制，以协调系统中并发的多个请求和服务。在 CISOM 系统中，并发控制目标在于，当多个请求出现时，对它们进行高效的并发处理，同时保证对重要请求能得到优先响应。

CISOM 系统的并发控制主要包括两个方面：一方面，每一个 agent 系统都可以采用异步方式发出多个服务请求，而不必等待到上一个请求结果返回后才发出下一个服务请求。由于 CISOM 之间的通信主要通过消息传递的方式实现，因此我们采用异步消息机制解决这个问题。另一方面，每一个 agent 系统都可以同时接受多个服务请求。通过设定消息的优先级，可以决定消息的响应优先次序。例如：对本地服务请求可以设定较高的优先级，以保证对本地请求的及时响应。对优先级很高，很急迫的请求，还可以采用非等待优先级，即在一定的负荷范围内，为多个非等待优先级请求，建立各自的服务线程、并发执行。当高优先级请求太多，超过系统负载预设值时，一些请求需在消息队列中等待或阻塞，待系统负载重新降低时，被阻塞的高优先级请求的服务线程再被激活。通过以上的并发控制机制，可以保证 CISOM 系统的并发执行效率。

此外，由于采用了移动 agent 技术，使得 CISOM 系统的执行效率得到很大提高，系统开销，特别是网络带宽资源的占用大大降低。移动 agent 方式和 Client/Server 方式的区别之一在于：在 C/S 方式中，客户方的请求和服务方的处理结果都要在网上传递，每次应答的信息都要在网上交互。而采用移动 agent 方式时，请求服务的客户方 agent 移动到服务方提供的 agent 上下文环境中，客户 agent 和服务方的所有应答都在此上下文环境进行。同时，客户 agent 可以对得到的信息在本地进行处理和反馈，中间结果和冗余信息不必在网络上传输，这样一方面可以减少网络开销，另一方面可以克服网络传输延时的影响。最后，客户 agent 把处理结果传回给客户方，它本身在服务方上下文环境中消亡，不必移回客户方。以下，我们对传统 C/S 分布式计算模式和我们所采用的移动 agent 计算模式的性能进行了比较。我们假设客户方的某服务请求，需要在客户方和服务方之间进行 N 次交互才能完成，于是得到：

C/S 方式完成服务所需要的时间为：

$$T_{C/S}=N*(T_{req}+T_{queue}+T_{proc}+T_{rspn})$$

移动 agent 方式完成服务所需要的时间为：

$$T_{agent}=N*(T_{queue}+T_{proc})+T_{req}+T_{rspn}$$

其中，T_{req} 为一次交互请求在网上传送的平均时间；T_{queue} 为一次交互请求在服务方队列中的平均等待时间；T_{proc} 为一次交互请求的平均处理时间；T_{rspn} 为一次交互结果在网上的平均传送时间。考虑在因特网上，网

维普资讯 http://www.cqvip.com

络带宽有限的情况，网络延时往往大于请求在服务器上的等待和处理时间，所以当完成客户方的服务请求需要客户方和服务方的交互次数越多，移动 agent 方式的优越性就越明显。

安全性是衡量 CISOM 性能的另一个重要标准，也是我们所要进一步完善的系统性能，有关讨论参见文[8]。

5 CISOM 应用实例

因特网上远程教育和传统教育最大的区别之一便是学习方式的巨大变革，主动式学习成为学习的主要模式，学生成为学习的主体和中心；教师的脚色由传统的以传授知识为主，变为以提供更好的学习材料和进行受疑解惑为主。这种新的教育模式使得学生可以根据自己的需要选择学习内容。但是，一个新的问题是，学生如何从全国，乃至全球丰富的教学资源中获取自己所需的学习材料。诚然，学生可以从与自己联系紧密的教育站点上获取信息，也可以使用一些网络信息查询工具来获取到一些信息，但是面对日新月异的网上教育资源，通过以上方法得到的信息不但有限，而且陈旧。针对远程教育对教学资源进行共享的迫切需要，我们利用 CISOM 的研究成果，开发了一个虚拟网上大学的模型，如图3所示。

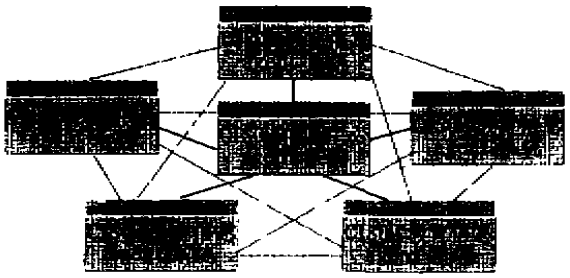

图3 基于 CISOM 的网上虚拟大学示意图

各教育信息站点通过配置 CISOM agent 系统，并将有关属性信息向充当信息中心的中介 agent 系统注册，而实现信息的协同共享。学员可以通过任何一个 CISOM 教育信息 agent 系统提供的智能用户界面访问到所有的教育信息。智能用户 agent 可以为用户提供高效的信息搜寻服务。针对基于 Web 远程教学模式的特点，CISOM 共享的信息以各教学资源的 URL 为主，返回的信息以热点(hot point)的形式显示在用户的 Web 页面上，并且用户可以有选择地将查询结果保存在本地信息库中。

就我国的教育系统的具体情况而言，以上模型可以直接用于各省的虚拟大学的组建和管理，全国可以设立国家级的 CISOM 信息中心，用于管理各省 CISOM 信息中心 agent 系统的信息，通过各省 CISOM 信息中心 agent 的交互，便可以在全国范围内实现教育资源的共享，进而组成中国网上虚拟大学，按同样的方法，可以进一步组建全球范围的虚拟大学，从而实现全球教育资源的高效共享。

6 进一步的工作

我们下一步的工作主要包括以下几个方面：

·对 agent 通信语言(ACL)如何更好地适应协同信息共享进行深入研究。

·对信息共享模式的进一步探索，除 CISOM 现有的基于主动查询的信息共享模式外，探索其它的有效模式。

·进一步完善系统的安全机制。

·CISOM 应用领域的进一步探索，将有利于其进一步改进和完善。

结束语 通过对协同计算的共性设计要素的分析，形成了开发一个支持协同计算的中间件的构想，开发出了一个分布式智能协作信息中间件 CISOM，一个基于 CISOM 的网上教育信息系统已初步开发成功，同时在对 CISOM 新的信息共享模式探索的同时，我们正在进行一个电子商务信息系统的研制。

参 考 文 献

1 John M, Michael P. Cooperative Information Systems. IEEE Expert, 1997(September/Octorber):28～31

2 Connolly J H, Edmonds E A. CSCW and Artificial Intelligence. Springer-Verlag, 1994

3 Lange D B, Oshima. Programming and Deploying Java™ Mobile Agents with Aglets. Addison-Wesley, 1998

4 Rodden T, Blair G S. Distributed systems support for computer supported cooperative work. Computer Communications, 1992, 15(8):527～538

5 Labrow Y, Finin T, et al. Agent communication languages: the current landscape. IEEE Intelligent System, 1999(March/April):45～52

6 Fong Joseph, Huang Shi-Ming. Architecture of a Universal Database: A Frame Model Approach. IJCIS, 1999, 8(1):47～82

7 胡健，刘锦德. 基于 CORBA 的移动 agent 技术研究. 计算机科学，2000，27(5)：30～34

8 胡健，刘锦德. 移动计算安全性. 计算机科学，2000，27(11)：8～12