

移动 Agent 与 Web 服务器集成框架研究^{*}

何炎祥 彭德巍 刘纪平

(武汉大学计算机学院软件工程国家重点实验室 武汉430072)

摘 要 Internet 最为广泛的应用就是由 Web 服务器提供的 WWW 服务,如果能将 Web 服务器构造为一个能够容纳 Agent 的平台,将会极大地推动移动 Agent 在 Internet 上的应用。在保留现有 Web 服务器的情况下,如何来支持和应用移动 Agent,这就涉及到移动 Agent 与 Web 服务器的集成问题。本文从应用的角度给出了一个基于中间件的集成框架,较好地解决了移动 Agent 与 Web 服务器的集成问题。

关键词 移动 Agent,Servlet,Web 服务器,中间件

A Research for Mobile Agent and Web Server Integrating Framework

HE Yan-Xiang PENG De-Wei LIU Ji-Ping

(College of Computer, State Key Laboratory for Software Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072)

Abstract WWW service provided by Web server is the most popular application in Internet, if we can construct Web server as a platform where mobile Agent can run, it will accelerate the application of mobile Agent in Internet extremely. How can we support mobile Agent while preserving the existing Web server? It refers to the integrating problem of mobile Agent and Web server. The paper describes a framework based on middleware and resolves the problem well.

Keywords Mobile Agent, Servlet, Web server, Middleware

1 引言

20世纪90年代初由 General Magic 公司在推出商业系统 Telescript 时提出了移动 Agent 的概念,移动 Agent 是一段独立的计算机程序,它可以自主地在异构的网络上按照一定的规程移动,寻找合适的计算资源、信息资源或软件资源,利用与这些资源同处一台主机或网络的优势,处理或使用这些资源,代表用户完成特定的任务^[1]。

移动 Agent 的研究越来越多地应用在各个领域中,Internet 就是其中一个。目前将移动 Agent 技术引入 Internet 的研究主要包括:

① 信息搜索:移动到不同的 Web 站点或分布式数据库中搜索信息,最后提供给用户。

② 电子商务:从各种商务网站中为用户寻找合适价格的商品,按用户的要求进行交易或者将结果返回给用户,由用户决定交易。

③ 监控:移动到 Internet 上的某个站点,监控用户感兴趣的信息,并将信息的改变及时通知用户。

④ 管理:移动到 Internet 上的某个站点,通过自身携带的信息用于站点的维护和更新。

Internet 最为广泛的应用就是由 Web 服务器提供的 WWW 服务,如果能将 Web 服务器构造为一个能够容纳 Agent 的平台,将会极大地推动移动 Agent 在 Internet 上的应用。现有的 Web 服务器已经比较成熟和稳定,但它们并不支持移动 Agent,如果重新开发,费时费力,且没有应用价值。那么在保留现有 Web 服务器的情况下,如何来支持和应用移动 Agent 呢?这就涉及到移动 Agent 与 Web 服务器的集成问

题,本文从应用的角度给出了一个基于中间件的集成框架,较好地解决了移动 Agent 与 Web 服务器的集成问题。

2 相关工作

目前国内外的学者就这个问题,也提出了一些解决办法。在文[2]中,Dharap 提出的方法是:建立一个移动 Agent 平台,支持自动浏览 Internet。这个平台可以根据移动 Agent 自身的参数来接收 Agent,进行本地 Web 服务器的查询,然后将 Agent 移动到另外的平台上。其目的仅仅是让 Agent 能够获取本地 Web 信息,而 Agent 本身不具备发布消息的能力。在文[3]中,提出了一种类似的方法,在该方法中领域专家实际上就是移动 Agent,在 Web 站点间移动,浏览所需的信息。文[4]通过在移动 Agent 平台 MOLE 上建立 Web 服务器来实现移动 Agent 与 WWW 的集成。在文[5]中,Roth 提出了一个移动 Agent 平台,通过该平台中的移动 Agent 来实现 Web 服务器的功能。但在该方法中,这个 Agent 是静态的,这实际上是等同于在一个 Agent 平台上建立 Web 服务器。在文[6]中,Fünfroeken 实现了移动 Agent 与 Web 服务器的集成,但该方法缺乏可扩展性,仅限于个别 Web 服务器。文[7]提出的解决方法是建立一个 Web 服务器,拓展它的功能,使它能够支持移动 Agent 的执行。在文[8,9]中,Marques 等人提出了一个基于组件的 M&M 框架,利用该框架来集成移动 Agent 和 Web 服务器。

这些方法主要是(1)建立一个支持 HTTP 协议的移动 Agent 平台;(2)建立一个支持移动 Agent 的 Web 服务器。从实现方法本身来看,都不失为可行的解决方法。但从应用角度来看,却存在很大的问题,因为 Web 服务器本身已经比较成

^{*} 基金项目:软件工程国家重点实验室开放基金资助(项目编号:20020208)。何炎祥 教授,博士生导师,计算机学院院长,现从事分布并行处理、Agent 技术,数据开采等方面的研究;彭德巍、刘纪平 博士生,现从事分布并行处理、Agent 技术方面的研究。

熟,而且应用十分广泛,对于用户来说,不会因为要增加移动 Agent 特性而去更换现有的 Web 服务器,因此,在考虑移动 Agent 与 Web 服务器集成时,必须把用户的因素考虑在内。

3 框架设计

本文提出了一个集成移动 Agent 和 Web 服务器的框架,如图1所示。

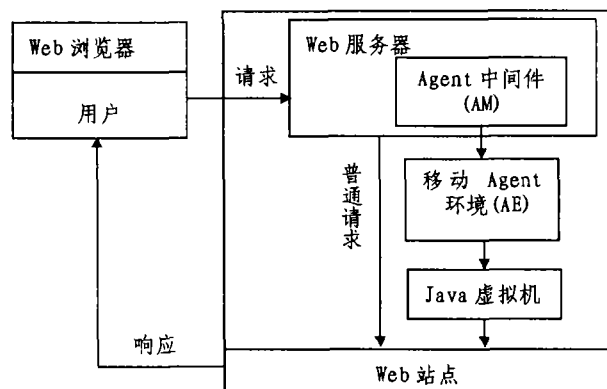


图1 移动 Agent 与 Web 服务器集成的框架设计图

3.1 模块说明

Web 服务器: 为客户端请求提供 Web 服务,将用户对 Agent 的请求传递给 Agent 中间件,它们交互的接口可以通过 CGI 或者 Servlet 来实现,所以 Web 服务器必须支持 Servlet 接口。目前大多数的 Web 服务器都支持 Servlet 接口。

Agent 中间件: 该模块是整个框架中最核心的模块,如图2所示。

该框架采用了 Java 的 Servlet 技术,为用户生成动态页面,并将用户请求传递给 Agent 中间件。其中的 Agent 分为三类:一类是代表用户对信息访问请求的 Agent,称为智能 Agent;第二类是代表着不同服务的服务 Agent,它可以为其他 Agent 提供服务支持。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,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。Agent 之间的通讯,采用了与 KQML 语言兼容的表达形式,利用移动 Agent 系统的消息机制加以实现。

智能 Agent 将用户的请求转化为 Agent 能够识别的命令,并自动为用户寻找相关的服务 Agent,通过它们为用户提供服务,最终将结果以动态页面的形式返回给用户。安全组件用于保护系统不受恶意移动 Agent 的破坏,一旦发现 Agent 试图访问非授权资源时,立刻终止该 Agent。由于采用了中间件方式,将移动 Agent 与用户分开,使用户摆脱了在传统移动 Agent 应用中客户端复杂的安装和配置。

移动 Agent 环境: 这一部分主要负责命名服务,Agent 移动,资源管理,Agent 执行等。

3.2 工作流程

整个框架的工作流程分为以下四步:

① 用户通过浏览器访问 Web 站点,提出请求。

② Web 服务器接受用户的请求,传给该站点上的 Servlet。Servlet 与 AM (Agent 中间件) 中的智能 Agent 进行交互。

③ 智能 Agent 根据用户请求的完成情况来决定是否启用移动 Agent。通过服务 Agent 来为移动 Agent 寻找提供相应服务的 Web 站点。

④ 移动 Agent 移动到相应的 Web 站点上执行任务,然后将结果返回,通过 Web 服务器将结果以页面的形式传送给用户。

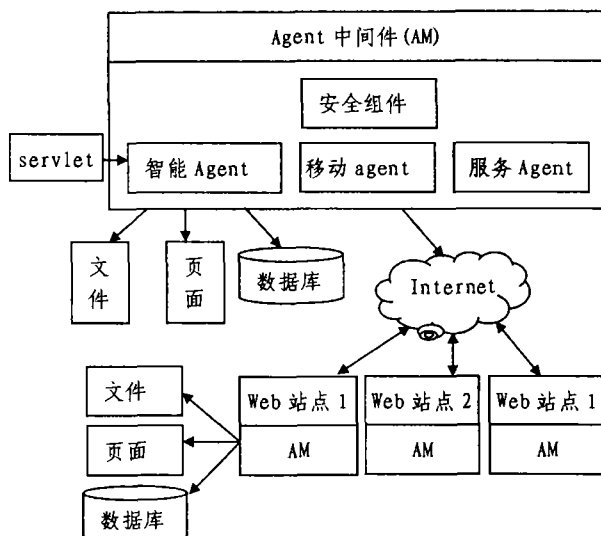


图2 Agent 中间件的框架

3.3 需要考虑的问题

在整个框架的设计过程中,有许多问题需要考虑。其中最主要的是:

安全性问题: 安全性问题的解决是移动 Agent 技术被广泛接受的前提。例如,在一个基于移动 Agent 的电子商务系统中,保证系统和代表各种利益的 Agent 的安全是进行正常商务活动的前提条件。如何建立一个高效的安全体系;如何保护主机不受恶意 Agent 攻击而不过多地限制移动 Agent 的访问权限;如何保护 Agent 不受恶意主机地攻击;如何区分 Agent 是善意还是恶意并避免恶意 Agent 像病毒一样在网络上传播,肆意攻击低层通信网络和其它系统,这些问题到目前为止还没有一个完美的解决方案,仍将是今后研究的关键问题。本文提出了一个安全组件,主要用安全套接字 (SSL) 支持外部安全机制,以提供保密性、完整性和认证功能。

可靠性: 当前所有移动 Agent 系统的容错机制都十分简单,这将严重影响移动 Agent 系统的性能,这也是制约移动 Agent 技术流行的重要原因之一。更高一级的容错机制应包括对用户屏蔽错误、及时发现和改进错误、确保错误发生前后系统和 Agent 的状态一致等。

4 应用

本文提出的框架具有良好的可扩展性,因此具有良好的应用前景。尤其是在电子商务和信息搜索领域。我们利用该框架设计了两个基于 Internet 的移动 Agent 原型系统。第一个是电子商务系统,为用户在多个电子商务平台中寻找合适价格的商品。第二个是信息搜索和过滤程序,用来获取 Web 站点提供的各种资源和信息。在此简单介绍一下这两个系统,然后以电子商务系统为例讲解如何利用本文提出的框架来开发基于 Internet 的移动 Agent 应用程序。

4.1 电子商务系统

用户通过 Web 浏览器发出购物请求,相应的 Web 服务器通过智能 Agent 在本地数据库进行查询,然后通过读取页

面中的相应链接,产生对应的移动 Agent,携带用户的购物请求移动到其他 Web 服务器上查询,然后返回结果,最后将所有结果以 Web 页面形式返回给用户。通过在 Web 服务器上安装 AM(Agent 中间件)和 AE(Agent 环境)构成一个电子商务平台,利用数据库存储商品信息。在设计原型系统中,数据库采用 Access,Agent 环境采用 IBM 的 Aglets,它是第一个采用 Java 开发的移动 Agent 系统。可以和基于 Java 的 Servlet 进行无缝集成。HttpServlet 类通过扩展 GenericServlet 基类执行 Servlet 接口,提供了处理 HTTP 协议的功能。利用 Aglet 开发包来产生移动 Agent。

4.2 信息搜索和过滤程序

用户通过 Web 浏览器发送搜索请求,Agent 中间件产生移动 Agent 并将该移动 Agent 移动到相应的 Web 站点上,获取其中可用的信息。只有那些被 Web 服务器标记为可用的文件和资源才能被获取,其它的文件和资源是不能获取的。这恰好体现了 AM 的安全性。

5 结论以及将来的工作

采用中间件的方式具有以下优越性:

- 可以大大降低开发应用程序的难度,使设计者得以将精力集中于所要开发应用上来。
- 便于实现系统的扩展和结构的动态变化,使得将来可以动态地增加、扩展服务,而不必重新修改整个系统。
- 可以加速移动 Agent 的应用,因为所有的 Agent 环境安装在服务器端,使用户摆脱了传统移动 Agent 应用中客户端复杂的安装和配置。
- 易于部署,不需要修改 Web 服务器,提高了可用性。

本文提出了一个集成移动 Agent 和 Web 服务器的框架模型,并借此设计了两个原型系统,其性能还有待更多的系统来检验。在 3.3 节中提出的问题还需要我们进一步努力解决。目前该模型离实用化和商业化还有一定的距离,需要我们进

一步完善。另外该模型尽管使用户摆脱了传统移动 Agent 系统复杂的安装和配置,但也带来了移动 Agent 无法直接和用户交互的问题。我们下一步的工作除了解决以上问题外,希望在这个框架的基础上建立一个与 Agent 环境无关的 Agent 中间件,实现异构 Agent 之间的互操作。

参考文献

- 1 何炎祥,陈萃萌. Agent 和多 Agent 系统的设计与应用. 武汉大学出版社,2001
- 2 Dharap C, Freeman M. Information Agents for Automated Browsing. In: Proc of the ACM CIKM '96, Rockville, USA, 1996
- 3 Theilmann W, Rothermel K. Domain Experts for Information Retrieval in the World Wide Web. In: Proc. 2nd Internet Workshop on Cooperative Informative Agents (CIA'98), 1998
- 4 Baumann J, Hohl F, Rothermel K, Strasser M. Mole - Concepts of a Mobile Agent System. in the World Wide Web Journal, 1998, 1 (4)
- 5 Oth V, Jalali M, Hartmann R, Oland C. An Application of Mobile Agents as Personal Assistants in Electronic Commerce. In: Proc. 5th Conf. on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi- Agents (PAAM '2000), Manchester, UK, April 2000
- 6 Fünfroeken S. How to Integrate Mobile Agents into Web Servers. In: Proc. IEEE ICE '97 Workshop on Collaborative Agents in Distributed Web Applications, Boston USA, June 1997
- 7 Neumann G. High-level Design and Architecture of an HTTP-Based Infrastructure for Web Applications. in the World Wide Web Journal, 2000, 3(1)
- 8 Marques P, Fonseca R, Simões P, Silva L, Silva J. A Component-Based Approach for Integrating Mobile Agent Into the Existing Web Infrastructure. In: Proc. of the 2002 Symposium on Applications and the Internet (SAINT'02)
- 9 Marques P, Simões P, Silva L, Boavida F, Gabriel J. Providing Applications with Mobile Agent Technology. In: internet Proc. 4th IEEE Intl. Conf. on Open Architectures and Network Programming (OpenArch '01), Anchorage, Alaska, April 2001. 2nd Internet Workshop on Cooperative Informative Agents (CIA'98), 1998
- 10 Aglets Software Development Kit. <http://www.trl.ibm.co.jp/aglets>
- 11 张云勇. 移动 agent 及其应用. 清华大学出版社, 2002

(上接第 31 页)

3.7) $i=i+1$
3.8) END.

可以看到,我们上面的结果就是 Liu^[1]的主要内容。由于我们采用了系统扩展的方法将允许节点失效的情况转化为普通的只考虑弧的容量的网络,使得我们可以直接利用已有文献的结果,从而使问题简化了。

4.3 可靠度的计算

由可靠度的计算公式,如果系统各个组元上的流的概率分布已知,系统的水平为 d 的最小上界或最大下界已求出,那么利用 inclusion-exclusion 等方法就能计算出系统的可靠度了。

例如,假设系统有 r 个 d -MPs: $X^1, X^2, \dots, X^r$ 。令 $B_i = \{X | X \geq X^i\}$, $i=1, 2, \dots, n+q$, 则

$$R_d = \Pr\{B_1 \cup B_2 \cup \dots \cup B_r\}$$

注意到, $\Pr\{Y \geq X\} = \Pr\{y_1 \geq x_1\} \times \Pr\{y_2 \geq x_2\} \times \dots \times \Pr\{y_{n+1} \geq x_{n+1}\}$ 。

结论 本文在随机流网络的可靠度问题的数学模型的基础上,利用扩展系统的方法,将一些已有的计算随机流网络的可靠度的算法推广到节点与弧的容量均有限定的情况。可以看到,MPs, MCs 是解决这类问题的简单而有效的方法。但是这些方法也有局限性,如上面提到的,算法的前提是系统的所有 MPs, MCs 已知。而求解系统的 MPs, MCs 是 NP-难的。

参考文献

- 1 Doulliez P, Jamoulle J. Transportation Networks with Random Arc Capacities. RAIRO, Recherche Operationnelle, (Operations Research), 1972, 3: 45~60
- 2 Evans J R. Maximum Flow in Probabilistic Graphs-the Discrete Case. Networks, 1976, 6: 161~183
- 3 Fishman G S. Monte Carlo Estimation of the Maximum Flow Distribution with Discrete Stochastic Arc Capacity Levels. Naval Research Logistics Quarterly, 1989, 36: 829~849
- 4 Clancy D P, Gross G, Wu F F. Probabilistic Flows for Reliability Evaluation of Multiarea Power System Interconnections. Electrical Power and Energy Systems, 1983, 5: 100~114
- 5 Aggarwal K K, Gupta J S, Misbra K B. A simple Method for Reliability Evaluation of a Communication System. IEEE Trans. Communications, 1975, COM-23: 563~566
- 6 Block H W, Savits T H. A Decomposition for Multistate Monotone Systems. J. Appl. Prob., 1982, 19: 391~402
- 7 Xue J. On Multistate System Analysis. IEEE Trans. Reliability, 1985, R-34: 329~337
- 8 Jane C C, Lin J S, Yuan J. Reliability Evaluation of a Limited-Flow Network in Terms of Minimal Cuts. IEEE Trans. Reliability, 1993, 42(3): 354~361
- 9 Lin Y K. On Reliability Evaluation of a Stochastic-Flow Network in Terms of Minimal Cuts. J. Chinese Institute of Industrial Engineers, 2001, 18(3): 49~54
- 10 Lin J S, Jane C C, Yuan J. On Reliability Evaluation of a Capacitated-Flow Network in Terms of Minimal Pathsets. Network, 1995, 25: 131~138
- 11 Lin Y K. A Simple Algorithm for Reliability Evaluation of a Stochastic-Flow Network with Node Failure. Computers & Operations Research, 2001, 28: 1277~1285
- 12 吴哲辉, 刘昌孝译, (美)陈惠开著. 网论-网络流. 北京: 人民邮电出版社, 1992