

网络管理环境下移动代理技术应用研究的现状、问题与展望

李冶文¹, 孟洛明^{1,2}, 齐峰¹

(1. 北京邮电大学交换技术与通信网国家实验室; 2. 北京邮电大学信息产业部网络管理重点实验室, 北京 100876)

摘要: 本文讨论了移动代理技术及其在网管环境下的应用, 分析了移动代理技术在网管环境下的应用背景, 对移动代理在网管环境下的应用按其实现的功能进行了分类、分析、比较和评估. 指出了目前在网管环境下应用移动代理技术存在的问题, 给出了在网管环境下开发移动代理应用的建议和一些未来的研究课题.

关键词: 网络管理; 移动代理

中图分类号: TN913.2 文献标识码: A 文章编号: 0372-2112(2002)04-0564-06

The Study and Perspective of Mobile Agent Applications in Network Management Environment

LI Yewen¹, MENG Luoming^{1,2}, QI Feng¹

(1. National Lab of Switching Technology and Telecommunications Networks, Beijing University of Posts and Telecommunication (BUPT), Beijing 100876, China;

2. Ministry of Information Industry's Key Lab of Networks Management, BUPT, Beijing 100876, China)

Abstract: The mobile agent technologies and their applications in network management environment (NME) were discussed. The mobile agent applications developed in NME were classified via the function the mobile agent completed. The background of the mobile agent applications in NME was analyzed. The problems existed in developing mobile agent applications in NME were pointed out. Some suggestions to develop mobile agent applications in NME were given. Related research works remaining to be resolved and future trend of mobile agent applications in NME were discussed.

Key words: network management; mobile agent

1 引言

网络管理系统是保证网络正常、经济、可靠运行的重要基础. 随着网络的迅猛发展, 管理网技术的相关研究也越来越得到广泛重视. 当前, 对管理网的研究主要集中在网络管理框架、网络管理研究方法论和网络管理接口三个方面. 其中的核心是网络管理接口的研究. 网络管理接口研究的内容包括接口通信协议、接口信息模型和接口测试三个方面. 目前, 在网管领域中被普遍接受的接口通信协议是基于 Q3 接口的 CMIP (Common Management Information Protocol)、基于 CORBA (Common Object Request Broker Architecture) 接口的 IIOP (Internet Inter ORB Protocol) 和基于 Internet/SNMP 框架结构的 SNMP (Simple Network Management Protocol). 对于接口信息模型, 与以上三种接口相对应的信息模型描述方法分别是 GDMO/ASN. 1 (Guidelines for the Definition of Managed Objects/Abstract Syntax Notation 1)、IDL/UML (Interface Definition Language/Unified Modeling Language) 和 SMI (Structure of Management Information)/ASN. 1. 以上几种技术目前在各种专业网和不同的网络环境中得到了广泛的应用并发挥了巨大的作用. 然而由于通信环境下网络异质性的急剧增加和网络技术本身的快速演变, 不可避免引发了网管新技术的不断出现、演变和竞争. 移动代理 (MA, Mobile Agent) 技术及其在网管环境下的应用^[1-4]与其它许多新技术一样正是在这种背景下产生并不断发展的.

近年来, 国内外大学、研究机构和一些企业纷纷投入巨大的人力和物力研究基于 MA 技术的网管系统, 不断推出各种 MA 平台和在此基础上的各种网管应用. 因为任何基于 MA 的网管应用都是建立在 MA 的基础之上, 所以对 MA 及其平台的研究也是网管工作者无法回避的问题. 本文的研究包括对 MA 及其平台技术介绍分析和 MA 技术在网管中的应用研究两大类. 重点在于按 MA 所起的作用对相关的网管应用进行归纳、分析和评估.

2 MA 概念及其相关技术简介

2.1 MA 概念

MA^[5]是软件代理^[6]的一种, 起源于 70 年代分布式人工智能技术. 基于 MA 的计算思想可以溯源到远程脚本程序发送和远端批处理^[7]. 一般来说, MA 定义为存在于软件环境中的软件实体, 它继承了一般代理的某些特点, 如代理性、自治性、主动性、反映性、合作性等. 同时还包含若干模型: 代理模型、生命周期模型、计算模型、安全模型、通信模型和导航模型. MA 能够在异构的网络中自主地迁移并与外界交互. 迁移的内容包括代码和运行状态, 后者又包括执行状态和数据状态. MA 的本质是计算能力的传递, 即将计算传入数据区, 而不是常规的将数据传入计算区. 容易与 MA 混淆的概念是移动代码 (MC, Mobile Code), 文献 [8] 给出了通用意义上的 MC 语义, 它包含基于 POP 模式的按需代码 (COD, Code on Demand)、

收稿日期: 2000-05-19; 修回日期: 2002-01-06

基金项目: 国家自然科学基金 (No. 90104023); 国家杰出青年科学基金 (No. 60025104); 教育部“跨世纪优秀人才培养计划”基金

基于 PUSH 模式的远程求值 (REV, Remote Evaluation) 和自治移动代理 (AMA, Autonomous Mobile Agent) 三种类型, AMA 属于一种 MC, 但与 COD 和 REV 最大的区别是它能自主决定迁移, 迁移次数不限且可与其它 MA 或应用通信以协同工作. MA 之间实现协同工作的关键因素之一是 Agent 通信机制^[9]. 代表性的通信机制有基于知识交换的 KQML (Knowledge Query and Manipulation) 和 FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) 组织提出的 FIPA ACL (Agent Communication Language). 这些问题由 MA 代理平台解决.

2.2 MA 平台简介

现在 AGENT 组织和其它机构^[10-11]都已推出各自的移动代理平台, 根据统计已达数十种^[12]. 已经推出的各种平台都有自己的特点, 但由于结构与实现有较大不同, 故平台面临不少问题, 如: 互通互操作性、可靠性^[13]、安全性^[14]、搜索定位^[15]、提供二次开发接口等. 尤其是互通互操作性, 它是 MA 能否推广的关键问题之一. 与网管中互通互操作解决方法类似, 只有走标准化的道路才能解决这个问题. 目前, 相关标准主要有 OMG 于 1998 年制定的 MASIF (Mobile Agent System Interoperability Facility) 标准^[16], 该标准包括了支持代理传输和管理的 CORBA IDL. 另一个是 FIPA 组织^[17]定义的规范. FIPA 规范侧重于研究智能代理. 以上两个标准目前也在开始互相融合.

2.3 MA 安全性问题

MA 具有很强的生命力, 它可以有如下几种表现: 可将自己存在一张磁盘上持续 (persistent) 自己的生命以防系统崩溃; 它能够在系统崩溃时移动到另一台机器上; 能在网络出问题时代寻找新的路由; 当 MA 从源头移动到目的地的途中, 其标识已变得模糊不清, 人们很难判断是否应当信任它. 当 MA 经过多个不同的环境后, MA 的开发者已不能预测这段代码将在何时何地运行, 发送者一般也不能访问 MA 的源代码; 未来可能没有一个人知道 MA 将会做什么, 由此引发了不可忽略的安全问题.

MA 的安全问题非常复杂, 主要有两类不安全因素^[18]. 一类是移动代理非法操作主机; 另一类是主机或其它移动代理非法操作移动代理. 目前, 对主机的保护主要采用了如下技术: 主机对移动代理鉴权、访问监测和控制、移动代理的代码验证、对移动代理访问权限的限制、设立审计日志等. 对移动代理采取的保护技术主要有加密、容错技术、对主机的鉴权等. 主机保护技术源于传统的信息堡垒模型, 其主要思想是将主机置为一个位于保护屏障后的封闭系统, 外界只能通过一组规范接口访问主机. 加密技术用来确保鉴权、数据完整性、通信、程序及用户的保密; 安全策略用来管理信息和资源; 访问权限用来限制用户及其程序对资源的访问; 审计日志用来跟踪系统活动.

目前移动代理系统的安全机制有许多尚待解决的问题. 如: 基于信息堡垒模型的主机保护机制与当前大多数的移动代理保护机制相矛盾; 当前的主机保护技术将每一个代理看作孤立的威胁, 因而难以抵御多个代理的合作攻击; 大多数移动代理系统是独立的实体, 它们不共享信息, 只能各自独立地

检测恶意的移动代理. 尽管目前还没有一个十全十美的安全机制, 但是它们的结合使用将会达到更好的效果.

3 网管环境下 MA 技术应用分析

移动代理在网管中的应用思想可以溯源到 1991 年由 Columbia 大学 Yemini 等提出的委托管理 (MbD: Management by Delegation)^[19] 的概念. 1995 年 Yemini 的博士 German S. Goldszmidt 在其博士论文^[20]中详尽阐述了基于 MbD 的分布式网管系统. 其主要思想是管理者将基于管理脚本语言的 MbD 委派到管理代理上执行管理任务. IETF 的分布式管理工作组 (DISMAN, Distributed Management Working Group) 对这个思想进行了标准化研究, 逐步形成了一个标准的委托管理脚本的管理信息库 (MIB, Management Information Base)^[21] 和一个 MIB 的执行环境标准^[22]. 但脚本 MIB 支持的是移动代码, 其能力受到限制. 这种方法所完成的功能完全可以使用 MA 来完成. 从趋势上看, 尤其随着 JAVA 的普及, 前者的思想被接纳和应用, 其实现已向后者演变并有更强的支持异质环境的能力^[23].

为便于分析, 本文根据网管环境下 MA 应用研究的特点, 将已有的 MA 应用研究成果分为: 基于 MA 的网管体系结构研究、移动代理平台与网管系统互通的增强性研究、网络性能管理、网络故障管理、网络业务管理和其它应用等几大类进行归纳、比较和分析.

3.1 基于 MA 的网管体系结构研究

网络管理体系结构^[24] 是用于定义一个网络管理系统的结构及系统成员间相互关系的一套规则. 它包括体系结构的概念、使用这些概念的规则和应用概念和规则设计特定类型网管系统的模型三部分. 为了适应网络不断演化, 网络管理体系结构要有高度的灵活性和可扩展性. 网管体系结构的研究对网管系统的开发有着指导意义. 在基于 MA 的网管应用中, 有一类就是基于 MA 的网管体系结构的研究. 本文首先分析了基于 MA 的网管体系结构相关研究成果并将其分类为: 继承性网管体系结构、全新性网管体系结构两类.

3.1.1 继承性 MA 网管体系结构研究

所谓继承性网管体系结构, 是指基于 MA 的网管体系结构, 保留了引入 MA 前的网管体系结构并引入了 MA 的相关部分. 目前, MA 的网管系统主要有 SNMP 网管系统, 基于 Q3 接口的 TMN 和基于 CORBA 接口的网管系统等.

对 SNMP 网管来说, 可以把 SNMP 中的管理系统、被管系统、SNMP 网管协议及其间关系看成是体系结构. 基于 MA 的 SNMP 网管体系结构即是在原基础上的增强. 英国 ESSEX 大学电子工程系通信网络研究组, 提出了使用移动代理实现分布式移动管理者 (MDM, Mobile Distributed Manager) 的框架系统^[25], 该系统可以根据预定策略动态派发 MDM 实现网管功能. MDM 类似于 SNMPV2 中的 PROXY AGENT, 但它克服了 PROXY AGENT 的静态缺陷, 它可以定制功能、根据网络具体情况克隆新的 MDM, MDM 完成任务后根据网络的变化可以结束自己的生命周期, 使用 MDM 可以增加网管系统的灵活性、容错性. 法国 INRIA-IRISA 实验室提出一种应用于 SNMP

网管环境下的分布式动态网管体系结构^[26]. 该体系结构将管理者部分分解为 Manager 和 Server 两部分, 其中 Server 是网管系统的核心部分, 包括数据库和后台数据收集层, Manager 包括 GUI 和高层应用. 原网管系统的代理部分保留不变. 体系结构中的三部分都提供了移动代理的运行环境, 从而使移动 MANAGER 成为可能. 与 SNMP 网管体系结构类似, 在以 Q3 或 CORBA 为接口的 TMN 网管体系结构中也有引入 MA 的相关研究. 韩国电子与通信研究院的交换与传输试验室, 提出了一种以 Q3 接口方式通信的基于 MA 的 ATM 网管体系结构^[27], 该体系结构遵从了 TMN 规范. 文献^[28]为解决因采用 CGI (Common Gateway Interface) 方式而带来的用户 GUI (Graphics User Interface) 接口的效率问题而引入 MA 并与 CORBA 兼容的网管体系结构. 该结构中的 MA 通过 IIOP 协议与网管的管理者通信, 这种方法实际上是 TMN 体系结构中 F 接口的一种基于 MA 的实现方式, 体系的体系结构遵从了 TMN 的体系结构.

总体上分析, 该类体系结构均建立在原有网管体系结构的基础上, 保留了原有网管系统的网管协议和信息模型, MA 作为功能增强部分形式存在. 事实上, 只要原有网管体系结构中的成员之间存在接口, 就会给 MA 的应用提供条件, 关键问题是引入 MA 应该是充分体现 MA 的特点并能体现出其应用优势.

3.1.2 全新 MA 网管体系结构的研究

纯 MA 体系结构目的是建立一种全新的网管体系结构, 如文献^[29]提出的一种采用了由承担不同管理任务的 MA 构成的全新的网管体系结构. 研究全新的基于 MA 的网管体系结构是一种积极的探索性研究, 目前处于研究阶段, 还有待大型原型系统验证.

3.2 与已有网管系统通信的移动代理平台增强性研究

大多数基于 MA 的网管系统都要与已有 (LS, Legacy System) 网管系统互通, 以便利用现有资源. 如何实现 MA 与已有网管系统的互通是研究的一类课题. 目前实现 MA 与 LS 通信的方法有两类: 一类是在移动代理平台中增加与 LS 通信的组件; 另一类是在 LS 运行环境中为 MA 提供网管协议的开发接口, 如 SNMP for JAVA 接口. 两种方式简要介绍分析如下.

3.2.1 MA 平台通信组件的增强性研究

由于 CORBA 技术的影响日益广泛, MA 平台首先较好地考虑了与 CORBA 系统的互通. 实现的方法主要是遵循 OMG 组织颁布的 MASIF 标准. IKV++ 公司开发的 Grasshopper 是首个兼容 MASIF 的 MA 平台. 其它 MA 平台也纷纷开始与 MASIF 兼容. 在使用 MA 较多的 SNMP 网管环境下, 虽然与 SNMP 的兼容没有像 MASIF 那样受到重视, 但也有一些 MA 平台增强了与 SNMP 网管系统互通的组件. SNMP 网管系统中的 AGENT 有几种演变的类型, 分别是典型意义上的 AGENT、兼容 DPI (Distributed Protocol Interface)^[30]与 AEP (Agent Extensibility Protocol) 的 AGENT、兼容 AgentX 的 AGENT^[31]. 它们在不同时期的设备上被不同程度的支持. 与此对应有不同的 MA 平台. 加拿大 Carleton 大学在 CIFO (Communications and Information Technology Ontario) 和 NSERC (Natural Science and Engineering Research

Council) 的支持下实施了 PMPP (Perpetuum Mobile Procura Project) 工程^[32], 该项目设计的 MA 平台 MCTools 利用 DPI 协议和其改进性协议 RDPI (Reverse Distributed Protocol Interface) 与 SNMP AGENT 互通^[33]. 该平台由于要求 AGENT 支持 DPI 协议, 其推广性受到限制. 欧洲的 Eureka 计划 (Σ! 1921) 实施了 JAMES 工程. 该工程主要是研究 MA 在网络管理中的应用. 该项目设计的 MA 平台 JAMES^[34, 35], 提供了包括与管理系统和代理系统在内的 LS 系统互通的各种 Service 组件. 该 MA 平台的功能性、适应性和可扩展性都较强. 在 MA 平台内提供与 SNMP 网管系统互通的组件的还有如法国 IRISA 试验室研究的 Astrolog/MAGENTA 平台^[36]和意大利研究的 MESIS^[37]等.

在 MA 平台内设计与 LS 系统互通的组件, 是比较理想的方式. 该方式的主要优点是在安全性、资源的有效利用和易于开发等方面都能得到保证.

3.2.2 为 MA 高层应用提供网管协议编程接口

另一种思想是将与 LS 系统互通的工作交给 MA 的高层应用完成. 方法是在 MA 的运行环境中提供网管系统的静态库函数, 如 SNMP for JAVA 的编程接口^[38]. 这种方法受到的限制是: 底层结构要求有接口库函数的支持环境, 这限制了代码的移动性; 对资源使用的控制完全交给应用, 安全性和资源有效利用的能力难以保证.

3.3 网络性能管理

MA 在网络性能管理这个研究领域内较为活跃, 本节首先分析一下基于 MA 实现网络性能管理的背景.

网络性能管理主要处理与服务质量有关的网络运行状态, 它的任务包括性能监视、性能分析和性能控制. 一般来说, 以 Manager/Agent 模式运行的网管系统需要采集大量的性能数据进行分析处理. 由于大数据量传送, 由此对 Manager/Agent 之间的连接质量提出了很高的要求; 同时, 由于 Agent 缺乏计算分析和自主决策的能力, 也引发了 Manager 侧的计算瓶颈等问题. 这导致了要求 Agent 侧具备过滤、计算、自治等功能的需求. 为满足这些需求, TMN 网管系统定义了对管理行为进行管理的管理对象类^[39], 包括完成事件上报控制功能的事件前向鉴别器 EFD (Event Forwarding Discriminator)、完成故障级别控制功能的告警级别分配表和完成数据采集控制功能的简单数据采集器 (Simple Scanner) 等. OSI 管理^[40]也定义了相应的服务和协议, 如提供阈值 (threshold) 定义的 Monitor Metric^[41]和提供多对象属性统计和简单计算的管理对象 Summarization^[42]. 另外, 在 SNMP 网管环境的 RMON^[43]也具备一定的过滤、统计和计算功能. 上述方法在实际运用中存在一些不足, 如其被定义的智能是静态的、预编译的, 而且其能力有限. 同时, 任何新增功能都需经过标准化的漫长过程. 为解决其静态缺陷, 文献^[44]提出了主动对象的概念 (Active Objects), 类似的思想作为 Command Sequencer^[45]被 OSI 标准化. 尽管如此, 传统方法提供的智能远远不能满足当前网管应用个性化及系统在灵活性和可扩展性方面的需求. 所有这些导致了 MA 技术在性能管理方面的研究异常活跃.

英国 Surrey 大学等在欧盟委员会 (Commission of the European Union) 的支持下, 实施下 ACTS MIAMI 工程^[46], 旨在检验

移动智能代理在网络管理中的应用并与常规技术进行对比。该项目采用的 MA 平台是遵循 MASIF 标准的 Grasshopper, 结果表明适当应用 MA 技术能大大缓解常规方法收集性能数据时所带来的问题。类似研究还有, 如文献[47]提出了一种利用 MA 在 AGENT 侧建立一个用于性能数据过滤计算的虚拟 MIB 并应用于 SNMP 网管系统的方案。文献[48]提出了一种利用 MA 在 MANAGER 侧建立被管网络虚拟 MIB, 并应用于 SNMP 网管系统的方案。文献[49]提出了利用 MA 在 SNMP 网管环境进行上报数据过滤的方案等。

分析上述利用 MA 进行性能管理的研究表明, MA 可以完成的与性能管理相关的应用是多种多样的, 算法也是灵活多变的, 总体说来效果比较好。其应用包括但不限于如数据的过滤、采集和计算等。另外, 为了更好地获取信息, 基于 MA 的网管应用都应能与 IS 系统共存并相互协调。从应用领域看, MA 应用比较活跃的领域是 SNMP 网管环境, 这与 SNMP 网管协议的一些缺陷有关。

3.4 网络故障管理

故障管理是对网络发生故障时所采取的系列活动, 包括管理参数的确定、故障指标管理、故障监视、测试定位和故障恢复等。故障管理追求的目标之一是实现智能的自治管理。在实现自治故障管理的目标上, 传统的方法如文献[50]提出了将人工智能技术引入网管的方案。该方案使用专家系统, 基于知识和规则进行告警信息的归类、过滤、定位、诊断等管理工作。文献[51]提出了一种将基于 JAVA 的智能系统与控制系统分离的方案。该方案的优点是可以进行规则的动态更新。文献[52]提出一种基于神经网络模式识别的故障诊断模式。以上方法都能不同程度地实现智能的故障管理, 但也有实现复杂、决策系统处于集中管理模式等缺点。基于 MA 的故障管理为解决这些问题提供了一个较好的可选择的手段。文献[53]提出了一种基于 MA 的自治故障管理系统。该方案采用了加拿大 Carleton 大学的 MA 平台 MCTools 和 Sandia 国家实验室开发的专家系统, 后者通过提供 shell 方式组成 MA 的智能行为。类似的研究还有如文献[54]实施的 PAMS(Proactive Application Management System)工程。这些基于 MA 的网管系统的特点之一是能够利用 MA 的移动特性对网络故障进行自动诊断, 较好地发挥了 MA 的特性。基于 MA 的故障管理面临的最大问题, 是嵌入了知识系统的 MA 运行环境占用了被管系统的较多资源。同时, 缺乏广泛支持它的网元设备。

3.5 基于 MA 的网络业务管理

网络管理的一个重要部分是业务管理。业务管理比较复杂, ITU-T 尚没有制定规范对其标准化。目前主要是 TMF 组织在进行业务管理方面的相关研究^[55]。目前的商用网管系统大多是实施网络管理层及其以下层的管理功能。尽管如此, 仍然有一些利用移动代理进行特定业务管理的尝试。如, 文献[56]研究了基于 MA 的工作流管理系统, 并在市话业务客户订单管理系统中得到应用。总体来说处于局部摸索阶段。

3.6 其它应用

由于 MA 技术的发展和其本身的特点, MA 在网管环境下还有很多灵活的新应用。如, 文献[57]提出了利用 MA 的移动

性特点, 设计发现 ATM 网络拓扑连接结构的搜索算法。文献[58]提出了使用 MA 进行网管系统软件模块动态更新升级的方案。其核心是将可以动态更新的模块分为 S Module 和 S Proxy 两部分, S Proxy 是 S Module 的外界交互模块, 在 S Proxy 的协助下, 利用 MA 动态更新 S Module 模块。文章给出了 SNMP 网管中实施加密算法动态更新的实例。文献[59]提出了运用 MA 和 SLP(Service Location Protocol)协议进行管理资源查找的构思。这些 MA 应用思路新颖、功能性较好。由于完成的功能单一, 往往较好地发挥了 MA 的特性, 同时系统性价比也较好。

4 评估与展望

总体上看, 目前 MA 在网管环境下的应用还处于研究阶段, 离大规模商用化还有一定的距离。从基于 MA 的研究成果看, 已有的研究成果过多涉及到了 MA 技术本身, 而基于 MA 的开发应用还有待于进一步深入研究。从已有的开发出来的应用看, 典型的基于 MA 的网管应用还是有限。MA 技术应用受到限制的原因是多方面的, 主要原因是安全性问题和互通性问题。就安全性问题而言, 尽管 MA 及其运行环境采用了各种安全措施, 但引入 MA 毕竟在原来系统上加入了安全的不确定因素, 这往往使安装 MA 平台的用户信心不足, 设备商支持的力度不大, 从而影响了 MA 技术的推广。互通互操作问题也影响了 MA 技术的推广, 尽管有 OMG 与 FIPA 等标准组织制定规范, 但整体上看尚需开发 MA 的开发商支持标准, 两大标准也有待于进一步融合。从工作定位的角度看, 这些问题往往是 MA 软件开发商完成。网管工作者更侧重于应用 MA 的特性开发网管新业务, 同时由应用需求再促进 MA 的相关软件进一步完善。

从基于 MA 的网管应用研究方向看, 网管系统的各个管理功能域和网管接口都为 MA 提供了发挥作用的可能性, 包括但不限于网管体系结构、网络故障管理、网络性能管理、网络业务管理等。目前, 我们正在开展几个基于 MA 的网管应用方向的研究。一个是 MA 在网管环境下的性能研究; 一个是基于 MA 构成自组织、自适应网管系统的研究; 另一个是基于 MA 的支持连接的网管系统研究。这些研究来源于网络管理质量的研究。目前的网管系统开发多注重于功能开发, 而忽视了网管系统的质量。网管系统质量研究是一个全新的研究方向, ITU-T 研究期(2001-2004)研究计划中的专题“电信管理网规范的方法学和质量管理的”将网络管理质量列为专题研究内容之一。在网络管理质量的研究中, 提出相应的指标体系是人们面临的一个挑战。目前我们提出的指标体系中包含了自组织、自适应和连接质量等指标, 而 MA 是作为一种提高网管系统质量的控制机制出现的。目前的网管系统无论是其接口基于 Q3 还是 CORBA 等, 其底层通信机制实际是基于 RPC(Remote Procedure Call)机制, 系统在工作期间对连接质量有很高的要求, 如只表达单一的以数据传输为基础的方法调用、需要多次交互完成功能、不能支持断开式交互等缺点。MA 为解决上述问题提供了可能。

目前, 尽管有许多基于 MA 的网管应用研究, 但尚没有一

个完备的可以量化的标准对开发出来的各类应用的质量进行评价.为了更好地开发基于 MA 的网管应用,本文提出了如下开发基于 MA 网管应用的参考建议,其内容为安全性、继承性、资源消耗、复杂性和可扩展性,具体含义如下,第一安全性是开发基于 MA 的网管应用需要首要考虑的问题.尽管大多数安全性机制都是由 MA 平台来考虑,但对引入了 MA 运行环境的网管系统来说,准备采用那些可靠的安全机制是必须认真考虑的;第二采用 MA 的网管系统面临大量的处于运行状态的已有网管系统(LS, Legacy System),能否最大限度地利用 LS 的资源,也即对已有资源的继承性高低,是考核系统性能的一个重要因素.继承性好意味着基于 MA 的网管应用能较好地与 LS 系统互通互操作;第三网管环境下运行移动代理必然要求在管理系统和被管系统相关的部分提供 MA 的运行环境.同时 MA 本身的传送也有一定的带宽需求,这些都是引入 MA 后额外的消耗资源.设计一个 MA 网管要认真考虑由此产生的系统效用、资源比.消耗资源类型包括本地资源消耗和网络资源消耗两种类型;第四从实现的角度看,基于移动代理的网管应用实现起来应该简单,容易实现、便于推广.当用户需求发生变化时,系统要具备平滑升级的能力,这就要求系统结构具备可扩展性.

5 结束语

本文讨论了网管环境下移动代理技术及其相关应用.分析了移动代理技术在网管环境下的应用背景.对基于移动代理的网管应用进行了分类、比较和评估和展望.对开发基于 MA 的网管应用提出了一些参考建议.

从实践经验看,基于 MA 的网管应用应与已有的网管系统妥善地融和并最大限度地利用现有资源.只有以适当的角色、在适当的地点,充分发挥 MA 的特性去完成适当的网管功能,这样开发的基于 MA 的网管应用才会更加务实有效.

参考文献:

- [1] Alex L G Hayzeldeden, John Bigham. Software Agents for Future Communications [M]. Berlin: Springer, 1999.
- [2] Andrzej Bieszczad, Bernard Pagurek, Tony White. Mobile agents for network management [J]. IEEE Communications Surveys, Fourth Quarter, 1998, 1(1).
- [3] T Magedanz. Mobile software agents: A new paradigm for telecommunication management [A]. Network Operations and Management Symposium [C]. NOMS96, 1996, 360- 369.
- [4] Matthew J Wren, Jairo A Gutierrez. Agent and web based technologies in network management [A]. Proc. of Global Telecommunications Conference [C], GLOBECOM' 99, 1999, 1877- 1881.
- [5] Vu Anh, Ahmed Karmouch. Mobile software Agents: An Overview [J]. IEEE Communications Magazine, 1998, 36(7): 26- 37.
- [6] A L G Hayzelden, et al. Communications systems driven by software agent technology [J]. Journal of Network and Management, 2000, 8(3): 321- 347.
- [7] Colin G Harrison, David M Chess, Aaron Kershenbaum. Mobile agents: Are they a good idea? [R]. IBM Research Division, 1995.
- [8] Andrzej Bieszczad, Bernard Pagurek. Network management application oriented taxonomy of mobile code [A]. Proc. of the IEEE/ IFIP Network Operations and Management Symposium NOMS' 98 [C]. New Orleans, 1998, 659- 669.
- [9] Yannis Labrou, Yun Peng. Mobile agents can benefit from standards efforts on inter agent communication [J]. IEEE Communications Magazine, 1998, 36(7): 50- 56.
- [10] The Agent Society [EB/OL]. <http://www.agent.org>
- [11] Agent Web [EB/OL]. <http://www.cs.umbc.edu/agents>.
- [12] Agent Development Tools [EB/OL]. <http://www.agentbuilder.com/AgentTools>.
- [13] S Bruce, D G Linton. Evaluating recovery protocols for mobile agents in network management applications [A]. Proc. Of the Seventh IFIP/ IEEE International Symposium Integrated Network Management [C]. Washington: 2001, 49- 62.
- [14] Paolo Bellavista, Antonio Corradi, Cesare Stefanelli. An open secure mobile agent framework for systems management [J]. Journal of Network and Systems Management, 1999, 7(3): 323- 339.
- [15] Weir Shyen E Chen, Churr Wu R Leng, Yaw Nan Lien. A novel mobile agent search algorithm [A]. Proc Of Mobile Agents First International Workshop, MA' 97 [C]. Berlin: MA, 1997, 128- 131.
- [16] Orbos/ 97 10 05. Mobile agent system interoperability facilities specification [S].
- [17] Foundation for Intelligent Physical Group [S].
- [18] 王柏. 分布式计算环境 [M]. 北京市: 北京邮电大学出版社, 2000.
- [19] Yemini Y, Goldszmidt G, Yemini S. Network management by delegation [A]. Proceedings of ISINM91 [C]. Integrated Management II. Holland: North Holland Publishiy, 1991.
- [20] Geman S Goldszmidt. Distributed management by delegation [D]. USA: Columbia University, 1996.
- [21] RFC2592. Definitions of Managed Objects for the Delegation of Management Scripts [S].
- [22] RFC2591. Definition of Managed Objects for Scheduling Management Operations [S].
- [23] Geman Goldszmidt, Yechiam Yemini. delegated agents for network management [J]. IEEE Communication Magazine, 1998, (3): 66- 70.
- [24] 邱雪松. 网络管理体系结构的研究 [D]. 北京: 北京邮电大学, 2000.
- [25] Damianos Gavalas, Dominic Greenwood, Mohammed Gharbari, Mike O' Mahony. Implementing a highly scalable and adaptive agent based management framework [A]. Proc. Of Global Telecommunications Conference, 2000 [C]. GLOBECOM ' 00, 2000, 1458- 1462.
- [26] Sahai, Christine Morin. Towards distributed and dynamical network management [A]. Network Operations and Management Symposium 1998(NOMS98) [C]. 1998, 455- 464.
- [27] Gwan Joong Kim, Young Sun Kim, Hyeong Ho Lee. A design of management system for ATM switches using mobile agent concept [A]. Proc. Of Global Telecommunications Conference, (GLOBECOM' 98) [C]. 1998, 1694- 1698.
- [28] Hongsong Ma, Sun Tech Tan. Dynamic mobile agent based distributed network management using internet technology and CORBA [A]. Systems, Man, and Cybernetics [C]. 1999, 101- 106.

- [29] 张鹏. 基于移动代理的网管系统研究[D]. 西安: 西安交通大学, 2001.
- [30] Version 2.0, RFC1592. The SNMP Distributed Protocol Interface [S].
- [31] RFC2257. Agent Extensibility Protocol Version 1 [S].
- [32] A Bieszczad. Advanced Network Management in the Network Management Perpetuum Mobile Procura Project [R]. SEC Technical Report SCE 97-07. 1997.
- [33] Pagurek B, Wang Y, White T. Integration of mobile agents with SNMP: Why and how [A]. Proc. Of Network Operations and Management Symposium [C]. NOMS 2000. 609– 622.
- [34] P Simoes, R Reis, L Silva, F Boavida. Enabling mobile agent technology for legacy network management frameworks [A]. Proceedings of 'Softcom' 99 [C]. 1999.
- [35] P Simoes, L Silva, F B Fernandes. Integrating SNMP into a mobile agent infrastructure [A]. Proceedings of the 10th IFIP/IEEE International Workshop on Distributed Systems [C]. 1999.
- [36] Sahai A, Morin C. Enabling a mobile network manager through mobile agents [A]. Proceedings of Mobile Agents, Second International Workshop MA' 98 [C]. Stuttgart, 1998.
- [37] Bellavista P, Corradi A, Stefanelli C. An integrated management environment for network resources and services [J]. Selected Areas in Communications, 2000, 18(5): 676– 685.
- [38] SCK. SNMP Construction Toolkits for JAVA [CP]. http://silver.he.net/~rgr/snmp_free_tools.htm.
- [39] ITU-T Rec. X.721. Information Technology-Open Systems Interconnection Structure of Management Information: Definition of Management Information [S].
- [40] ITU-T Rec. X.701. Information Technology-Open Systems Interconnection, System Management Overview [S].
- [41] ITU-T Rec. X.739. Information Technology-Open System Interconnection, System Management Functions Metric Objects and Attributes [S].
- [42] ITU-T Rec. X.739. Information Technology-Open System Interconnection, System Management Functions Summarization Function [S].
- [43] IETF RFC1271. Remote Network Monitoring (RMON) Management Information Base [S].
- [44] A Vassila, G Knight. Introducing active managed objects for effective and autonomous management in the TMN [A]. Bringing Telecommunications Services to People [C]-IS&N95. New York: Springer Verlag, 1995.
- [45] ISO/IEC DIS 10164-21. Information Technology-Open Systems Interconnection Command Sequencer for System Management [S].
- [46] Bohoris C, Pavlou G, Cruickshank H. Using mobile agents for network performance management [A]. Proc. Of Network Operations and Management Symposium [C]. Honolulu HI, 2000. 637– 652.
- [47] German Goldszmidt, Yechiam Yemini. Computing MIB views via delegated agents [J]. Proc. Of the IEEE Third International Workshop on Systems Management, 1998: 86– 95.
- [48] White T, Pagurek B, Bieszczad A, Sugar G, Tran X. Intelligent network modeling using mobile agents [A]. Proc. of Global Telecommunications Conference (GLOBECOM' 98) [C], 1998. 1082– 1087.
- [49] Damianos Gavalas, Dominic Greenwood, Mohammed Ghanbari, Mike O' Mahony. Advanced network monitoring applications based on mobile/intelligent technology [J]. Computer Communications Journal, special issue on "Mobile Agents for Telecommunication Applications", 2000, 23(8): 720– 730.
- [50] Goldman, J Hong, P. Integrated fault management in interconnected networks [A]. Integrated Network Management [C]. Holland: North Holland, 1989.
- [51] Hall C. Java Expert Systems Tools. Intelligent Software Strategies [Z]. Cutter Information Corp, 1997.
- [52] Denise W Gurer, Infan Khan. An artificial intelligence approach to network fault management [A]. SRI International [C]. Menlo Park, California, USA.
- [53] Mohamed El Darieby, Andrzej Bieszczad. Intelligent mobile agents: Towards network fault management automation [A]. Proc of the Sixth IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management (IM' 99) [C]. Boston: MA, 1999. 611– 622.
- [54] Hariri S, Kim Y. Design and analysis of a proactive application management system (PAMS) [A]. Proc. Of Network Operations and Management Symposium [C]. Honolulu: HI, 2000. 89– 101.
- [55] TMF (The TeleManagement Forum) GB909. Generic Requirements for Telecommunications Management Building Blocks [S].
- [56] 夏满民. 智能软件 Agent 在分布式信息管理中的应用 [D]. 北京: 北京邮电大学, 2000.
- [57] Sashi Lazar, Deepingder Sidhu, Sethurambalaji Kodeswaran, Rekuram Varadharaj. ATM network discovery using mobile agents [A]. Proc. of Local Computer Networks [C]. Lowell: MA, 1999. 98– 105.
- [58] N Feng, G Ao, T White, B Pagurek. Dynamic evolution of network management software by software hot swapping [A]. The Seventh IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management (IM' 01) [C]. Washington: IM 2001, 2001. 63– 76.
- [59] Michel Barbeau. Service discovery in a mobile agent API using SLP [A]. Proc. Of Global Telecommunications Conference, 1999 (GLOBECOM' 99) [C]. 1999. 391– 395.

作者简介:



李治文 男, 1966 年生于江西省萍乡市, 1988 年毕业于江西大学数学系, 获理学士学位, 1999 年获北京邮电大学计算机学院计算机应用硕士学位, 同年进入北京邮电大学交换技术与通信网国家重点实验室网络管理研究中心攻读博士学位, 专业为通信与信息系统, 研究方向为通信软件与网络管理。