

大规模信息网络智能管理的方法和技术的研究^{*}

The Study on the Intelligent Management Methods and Technologies for
Large-Scale Information Networks

庄力可¹ 杜军平² 涂序彦¹ 赵敏哲³

(北京科技大学信息工程学院 北京 100083)¹

(北京工商大学信息工程学院 北京 100037)² (新加坡 DONOVAN Pte Ltd)³

Abstract Starting from the analysis of system architecture and applying large-scale cybernetics, we explore the combination of CORBA, Web, Active Network with SNMP respectively based on the discussions of the status and shortcomings for large-scale information networks. We address the application of mobile Agent in SNMP and the mechanism of information exchange between agents. In order to tackle with the increasingly enlarged and sophisticated heterogeneous network environments, we present a design scheme for decreasing the distributed management layers and increasing the intelligence of managed objects. We realize a active network management model with a thin architecture.

Keywords SNMP, Large-scale cybernetics, Mobile Agent, Intelligent management

1 前言

Internet 的迅速发展和广泛应用,促使网络的结构程度日趋复杂,规模日益庞大,对大规模信息网络管理提出了更高的要求。这就要求我们不断地改进现有的网络管理方法和技术,在满足对规模日益扩大的网络及其设备运行状况监视的同时,还要提高网络管理的高效性和灵活性。当前的网络管理大都采用基于 SNMP 协议的传统集中式管理体系结构,网络管理应用程序在网管工作站 NMS(Network Management Station)上运行,网络监控的各个状态变量都存放在各个结点设备的信息管理库 MIB(Management Information Base)中,这些状态变量按轮询指令上传 NMS,由 NMS 对这些上传的数据进行统一处理。这种集中式的轮询机制使 SNMP 在大规模信息网络管理中的应用受到了限制。

近年来人工智能领域中 Agent 理论和技术的研究已日臻成熟,面向对象的分布式计算 CORBA 技术的研究也十分活跃,结点可编程的 Active Network 的概念在国外方兴未艾。这些新技术的涌现,为我们研究

大规模信息网络管理提供了新思路和新观念,特别是 Mobile Agent 以其特有的主动性能为大规模信息网络智能管理提供实现的手段和方法。然而在我们肯定 SNMP 管理模式中存在局限性的同时,必须面对目前已有的和正在生产的网络设备几乎都支持 SNMP 协议这个事实。因此,我们在实际应用中并不能脱离 SNMP 而去研究网络管理的新方法和模式。如果我们将人工智能领域中的新技术和概念融合进传统网络管理体系结构中去,对目前的大规模信息网络管理无疑是一种创新,尽管这些技术在实际应用中还需要做大量的工作,但在实现网络管理的灵活性和可扩展性方面,它们无疑已体现出了非常好的优势和前景。

本文我们将在探讨基于传统的 SNMP 协议的基础上,运用大系统控制理论,采用具有分散控制机制的 CORBA 技术,具有可移动性能的 Agent 技术,具有自治能力的 Active Network 技术,使大规模信息网络管理中的被管对象成为具有一定自主和自治能力的分散控制结点,从而改进了传统的网络管理策略和体系结构,实现了一种新型的智能化管理。

^{*} 本课题研究得到国家 863 高技术项目(863-511-944-019)“知识与全球制造环境下智能管理信息系统”以及 2001 年北京市教委科技发展基金“基于 Mobile Agent 的主动性网络管理策略的研究”的资助。庄力可 博士生,高级工程师,研究方向:计算机网络,人工智能,多媒体通讯。杜军平 博士生,副教授,研究方向:人工智能,计算机网络。涂序彦 教授,博士生导师,研究方向:人工智能及其应用,大系统控制论。赵敏哲 博士,IEEE 高级会员,新加坡 DONOVAN 公司 CTO,研究方向:CSCW,计算机网络与通讯。

2 网络管理与大系统控制论

2.1 网络管理的起源

网络管理起源于电信网络的管理。它最初是对电信网络状态信息进行收集,并对网络实施监视和控制。1930年至1940年,完全由人工对电信网进行管理与控制,如接线员实际上就起着调节、控制、监视和报告网络状况的作用。1960年至1970年,分组交换技术和大规模集成电路技术的出现,计算机技术与通信技术结合组成了现代的计算机网络。至此,一方面,通信网络为计算机之间的数据传输和交换提供了必要的手段;另一方面,计算机技术的发展促进了电信网络规模的扩大。80年代中后期至90年代末,随着Internet技术的广泛应用和高速发展,网络的异构程度和规模不断扩大,融合着计算机与通信技术的大规模信息网络在国民经济的发展中起着越来越重要的作用,网络管理呈现出多种协议和模式并存的状态,其中SNMP与CMIP成为至今为止Internet和电信两个领域的两个典型代表。

2.2 网络管理的定义

目前,对网络管理并没有统一的定义,不同的组织和机构对网络管理从不同的角度都有各自的定义和论述。

从其实现的手段和目标来看,我们通常将其概括成:用计算机、通信、控制及其它相关技术实现对电信、计算机网络中各种结点设备的状态监测、数据收集、状态控制、状态分析及其它各项技术指标的管理工作。

从其实现的功能来看,国际标准化组织ISO给出了OSI(Open System Interconnect)管理框架,它将网络管理功能划分为故障管理、配制管理、性能管理、计费管理、安全管理五个方面。

从大系统控制论^[1]的观点来看,网络管理以其结构复杂、功能综合、因素众多、规模庞大四个要素,构成了一个典型的大系统。网络本身是由各种网络设备通过网络电缆或其它各种媒体联接而成,网络中各个设备之间以及每个设备内部各组成部分之间存在相互作用的关系。而网络的异构化和不断扩展的特性,使得网络管理本身既存在许多不确定的因素,又涉及大量不完备信息的处理,即大系统控制论中的不确定性和不确定知性。按照大系统控制论,网络管理系统是对网络系统进行控制和管理的工具,而网络管理实际上是一个控制者与受控对象构成的广义控制模型。对目前已有的各种网络管理模型而言,只是控制和受控对象的定义、控制的方法、反馈的方式和形式不同而已,而且网络管理的基本方法,也必然是从被管设备中提取信息,并对这些信息进行处理。

2.3 大规模信息网络的体系结构分析

大系统控制论是系统科学与计算机科学结合,从控制论观点看来,大系统控制论研究各种不同领域的大系统控制的共同规律。大系统在结构分析上归纳出了三种基本的控制结构方案,即“集中控制结构”方案、“分散控制结构”方案、“递阶控制结构”方案,并从粒度^[2]变化的角度上阐述了这三种方案的特性及相互转化的条件与环境。这三种方案与目前正在研究的三种网络管理体系结构相对应:集中式体系结构、分布式体系结构、分层式体系结构。因此,对大系统控制论结构分析方法的研究,将使我们在网络管理领域中找到与各种体系结构相适应的最优管理方案。这不仅为采用新技术实现网络管理结构之间的转化提供了依据(如构建集中控制的分散机制、分层控制中的集中机制),而且对构建新型的网络管理体系结构具有普遍的指导意义。

3 SNMP与网络管理

SNMP是Simple Network Management Protocol的缩写,意为简单网络管理协议。SNMP是目前网络管理中应用最广泛的一个网管协议。SNMP由IETF(Internet Engineering Task Force)在1988年8月推出,它当时只是一个过渡性的网络管理协议,主要应用于基于TCP/IP协议的Internet网络管理,它的前身是SGMP(Simple Gateway Management Protocol),SNMP计划最终将由ISO建立的公共管理信息协议CMIP(Common Management Information Protocol)所取代。然而,SNMP在网络管理中实现起来简单,占用的资源少,很快得到工业界的广泛支持,它在1994,1998年先后推出两个改进版V2,V3,其功能的扩展性和安全性得到进一步的增强。随着各类计算机和通信产品对SNMP的广泛支持和应用,目前SNMP已发展成为网络管理中事实上的工业标准。

3.1 SNMP的组成要素

如同TCP/IP协议簇一样,SNMP实际上是一个基于TCP/IP网络管理规范的集合,包括管理协议本身、管理信息数据库的定义以及其它相关概念。SNMP由以下三个部分组成:管理信息结构SMI(Structure of Management Information),网络管理协议SNMP,管理信息库MIB。

SMI:定义了SNMP框架中所用的信息的组织、组成和标识。它是管理信息库中的对象和编码的基础。

MIB:定义了可以通过网络协议进行访问的管理对象的集合。使用一个层次型、结构化的形式,MIB定义了一个设备可获得的网络管理信息。

SNMP:是为网络管理服务而定义的应用协议,NMS与被管对象之间的通信就是通过SNMP网络管理协议连接的。

3.2 基于 SNMP 的网络管理体系结构

所有基于 SNMP 的网管体系的结构主要包括:网络管理中心 NMS、网络结点设备、管理信息库 MIB、管理代理 SNMP-Agent、管理协议 SNMP,如图 1 所示。

图 1 中管理应用程序 Management Application 在 NMS 上运行,它通过各 SNMP-Agent 对网络上的各种设备进行监测和控制,并对从各个结点上传的状态变量值进行运算,然后进行管理决策。SNMP-Agent 以静态程序代码的形式驻留在网络设备上。当 NMS 要执行某项任务时,SNMP-Agent 会按 NMS 的 Polling(轮询)指令,按一定的时间间隔将 MIB 中状态变量值上传。Device 是指连接在网络上(包括本地局域网 LAN 和广域网 WAN 各个网络结点)的主机、路由器、网桥、工作站等各种设备、设施和资源。NMS 通过访问这些设备的 MIB 来对它们的状态进行监控。SNMP-Agent 构成了用标准界面接口对外进行信息交换的实体,NMS 就是通过这些的 SNMP-Agent,按照指令从各个设备上收集信息。

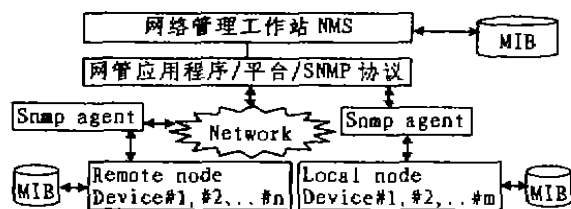


图 1 基于 SNMP 协议的网络管理体系结构

3.3 SNMP 的不足

尽管 IETF 在 SNMP 后续发布的 V2、V3 版中进行了大量的改进工作,然而随着网络规模的不断扩大,传统的 SNMP 体系结构已不能满足大规模信息网络管理的需要,其不足主要体现在三个方面:

互操作性上:基于 SNMP 的网络管理操作简单,易实现,使得各种网络设备生产厂家的产品都支持 SNMP 协议,但各个厂家生产设备时,在定义 MIB、选用的操作系统,以及使用管理程序的界面方面很难保持一致,这样在大规模的异构网络中,基于 SNMP 的网络管理在互操作性上有很大的局限性。

时效性上:SNMP 采用从 NMS 中心结点向其它各个网络结点轮询的机制,以获取各结点上设备的状态变量。这样网络规模越大,设备越多,所需轮询的结点就越多,随着轮询密度的增大,网络开销越大,很容易造成网络的堵塞和管理指令执行的延时,从而大大降低了网络管理的时效性。

主动性上:SNMP-Agent 自身只能被动接受 NMS 发出的轮询,然后去访问设备的 MIB,并按一定的时间间隔上传数据,但这些 SNMP-Agent 不具备主

动计算和管理的能力,它本身不能对结点数据进行分析处理,只能按 NMS 的指令被动地将所有的基础数据上传。

4 SNMP 与网络管理新技术的结合

4.1 基于 CORBA 技术与 SNMP 的网络管理

CORBA(Common Object Request Broker Architecture)是一种由 OMG(Object Management Group)定义的面向对象的通用体系结构。因此 CORBA 作为除 SNMP 与 CMIP 之外的第三种解决方案被提出。CORBA 提供了统一的资源命名、事件处理以及服务交换等机制。虽然它最初的提出是针对分布式对象计算,而并非针对网络管理任务,但是在很多方面它都适合于管理本地以及很大范围的网络。与现有的模型相比,CORBA 提供的功能比 SNMP 更强大,而且不像 CMIP 那么复杂。

无论是使用基于 CORBA 的管理方管理 SNMP 代理方,还是使用 SNMP 管理方管理基于 CORBA 的代理方,都需要进行 SNMP 协议模型到 CORBA 模型的转换,SNMP 对被管对象是采用变量的形式进行表示,而 CORBA 采用的是面向对象的方法,通过不同的接口的定义实现对对象的操作,因此,在将 CORBA 应用于 SNMP 管理中,主要解决 CORBA 与 SNMP 的转换,其核心问题是以变量为核心的 SNMP MIB 格式到以对象为核心的 CORBA IDL(Interface Definitional Language)之间的转换。

CORBA 与 SNMP 之间的转换^[4]包括两部分,一是 SNMP MIB 规范到 CORBA IDL 接口之间的转换,它定义如何将 MIB 变量转换为 IDL 接口以及如何实现相应的操作,二是 CORBA-SNMP 网关,其主要作用是根据采用的 SNMP MIB 和 CORBA IDL 之间的转换方法,将作用于 SNMP MIB 变量的方法调用转换为 SNMP 消息并发送给 SNMP 代理方。因此采用静态 SNMP 与 CORBA 之间转换,可以充分利用现有网管资源,并逐步向面向对象的网管进行迁移。

4.2 基于 Web 技术与 SNMP 的结合

将 WWW 技术应用于网络及设备管理的是一项新技术,该技术称之为基于 Web 的网络管理。Web 技术的应用将允许网管人员使用任何一种 Web 浏览器,在网络的任何一个结点上方便迅速地配置、控制网络设备。

基于 Web 的网络管理有两种基本模型^[5]:一种是基于 Proxy 的 Web,Web Server 被加入到网管工作站中,与专门的 CGI 一起构成 Proxy,由 Proxy 负责与 SNMP-Agent 之间的通信,用户通过 Web Server 使用 HTTP 协议访问 Proxy,Proxy 使用 SNMP 协议访问终端设备。该方案的优点是兼容了原有的网管协议与设备,并且又增加了基于 Web 的较为灵活先进的访问

方式。图 2 为基于 Proxy 的 Web 的网络管理模型。

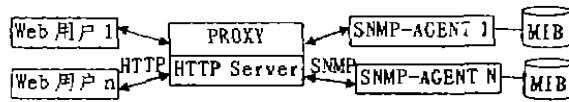


图 2 基于 Proxy 的 Web 的网络管理模型

另一种是嵌入式的 Web: 在这种方案中, Web Server 实际上嵌入到网络设备端中, 每一个设备都有自己的 Web 地址, 网管人员可以通过 Web 浏览器访问该设备地址来管理该设备, HTTP 即可视为管理协议。

采用第一种模型, 即用 Web 技术通过 Proxy 对网络设备进行访问和控制, 是解决目前大规模信息网络智能管理的一个有效途径。

4.3 移动 Agent 技术与 SNMP 网络管理的结合

为了克服传统的集中式管理中主动性上的不足, 我们引入 Agent 的概念, 用基于移动 Agent 的技术来实现网络管理^[2, 8, 9]。这种方法采用与传统管理模式相反的信息流程: 即管理信息和数据是由网络结点上移动 Agent 主动产生, 并主动向 NMS 传送, 同时这些 Agent 不是固定驻留在某个结点的设备上, 而是按照 Agent 特定的通信机制可以在网络结点上移动, 并在所移至的设备上执行管理功能, 从而大大减少网络传输的负载和网络带宽的开支。

这种将管理任务委托分派的机制, 从网络的拓扑结构上与 SNMPV2 中的 Proxy Agent 有相似之处, 但从数据的流向来看, 它们却有着本质的区别。前者是数据先从 NMS 结点流向远程设备的结点, 再由远端结点流向 NMS 结点。后者是数据直接从各个远程设备的结点流向 NMS 结点 (NMS 所在的结点也可以移动)。这种新型的管理策略取代了前者对 MIB 状态变量的轮询机制, 网络设备可以根据自身参数和变量的变化情况, 主动执行 Agent 的管理指令, 实现对网络设备的自主性管理, 同时由于它自身会自动产生新的管理代码, 因此可以对新增的网络设备实行在线管理, 这使网络管理的应用范围更广, 主动性更强, 管理方式更灵活。图 3 显示了基于移动 Agent 的网络管理体系结构。

4.4 Active Network 技术与 SNMP 网络管理的结合

主动网络技术^[3, 6, 7]的研究是国内外近几年才兴起的, 主动网络是一种新型的网络体系结构, 它支持多环境、多协议的网络管理模型, 它既支持 SNMP, 也支持 CMIP, 同时也支持其它专有的管理协议。它的主要特征是“主动性”, 其主动性主要表现在两个方面: 第一, 报文可以嵌入程序代码, 可以在报文经过的主动结点上执行, 主动结点可以改变报文的报头和内容; 第二, 主动网络中的一些中间结点可以对接受到的报文

进行特定的计算, 从而改变了传统网络存储/转发的计算模式, 使得中间结点增加了计算的能力, 主动网络技术包括主动网络、可编程结点和移动 Agent, 这些技术都支持在网络中应用分布计算资源的计算模型, 因而可实现对网络的新型分布控制和管理。虽然以上技术在网络中是用来解决不同问题的, 但它们在网络管理方面可交叉应用。利用主动网络, 用户不但可以完成传统网络的数据传送功能, 而且可以传送程序代码以供中间结点或远程主机在本地执行。因此主动网络技术非常适合于应用到分布式网络管理中来。

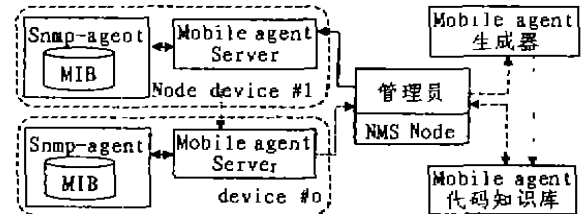


图 3 基于移动 Agent 的网络管理体系结构

结论 本文在讨论基于 SNMP 传统的网络管理模式的基础上, 首次从大系统控制论结构分析的角度出发, 探讨采用具有分散控制机制的 CORBA 和 Web 技术与 SNMP 的结合, 阐述了具有自适应能力和具有自治能力的移动 Agent 和 Active Network 技术在 SNMP 中的应用。并针对日益扩大的异构网络, 提出减少分层管理的层次, 提高最小粒度被管对象的智能化水平, 在传统的网络协议上构建一个结构扁平化主动网络管理模型。今后, 本课题将在以下几个方面作进一步的研究工作: 在实现和构建 SNMP-Agent 通信模块时, 移动 Agent 与静态 Agent 之间的通信机制安全性问题的研究; 基于 SNMP 管理中 Active Network 技术、结点可编程性的实现技术研究。

参考文献

- 1 涂序彦. 大系统控制论 国防工业出版社, 1994
- 2 庄力可, 杜军平, 涂序彦, 赵敏哲. 基于 Mobile Agent 技术的分布网络管理体系结构研究. 计算机工程, 2001(5)
- 3 Zhuang Like, et al. Make Internet Active through Intelligent Agents. Zhao Minzhe, LI Minshu, Zhuang Like, Singapore, CSCWD2000, HongKong
- 4 段永强, 李平. 基于 CORBA 和代理技术的软件重用. 小型计算机系统, 2000(8)
- 5 谢双一, 薛进. 一种进行 Web 网络管理技术策略 计算机应用研究, 2000(2)
- 6 Raz D, Shavit Y. An Active Network Approach to Efficient Network Management. In: 1st Int'l. Wkg. Conf Active Networks Berlin, Germany, June/July 1999
- 7 Tennenhouse D, Smith J, Sincoske W, et al. A survey of active network research IEEE Communications Magazine, 1997, 35(1)
- 8 Breugst M, Magedanz T. Mobile Agents-enabling technology for active intelligent Network implementation. IEEE Network, 1998, 12(3)
- 9 Bieszczad A, White T. Mobile Agents for network management. IEEE Communication Surveys, 1(1)