

基于移动智体的大规模网络管理方法(SMANM)的研究与实现

庄力可 张长水

(清华大学信息科学与技术学院 北京 100084)

The Study and Implementation of Large-Scale Network Management Methods (SMANM) Based on the Mobile Agent

ZHUANG Li-Ke ZHANG Chang-Shui

(School of Information Science and Technology, Tsinghua University, Beijing 100084)

Abstract Facing the limitation of activity and efficiency for centralized network management, we propose the network management method (SMANM) based on mobile agent and build up the intelligent network management platform based on SMANM (SMANMP). Example analysis and simulation experiment show that this method can greatly reduce the bandwidth consumption of large-scale information network, increase the network management efficiency and activity service ability.

Keywords Mobile agent, Middleware, Management platform, Large-scale management

1 大规模网络中基于 SNMP 传统的网络管理方法

目前,网络管理绝大部分采用集中式管理方法。在集中管理方法中,主要遵循两种协议:国际标准化组织(ISO)为网络管理制订的公共管理信息协议 CMIP(Common Management Information Protocol)和 IETF 为网络管理制订的简单网络管理协议 SNMP(Simple Network Management Protocol)。CMIP 是基于 OSI 7 层开放互连模型的协议,主要用于遵循 OSI 网络体系结构的网络,具有完善的安全认证机制,功能强大,但复杂性高,实现难度大,从而妨碍了它的广泛应用,它主要运用在电讯网络管理领域;SNMP 则是基于 TCP/IP 的网络管理协议,简单、易操作,尽管早期的版本在安全认证制度等方面还存在许多缺陷,但管理开销低、容易实现,使它得到了广泛的应用,事实上已成为目前网络管理的标准。因此,本文的讨论和研究中的集中式网络管理是指基于 SNMP 协议的管理方法。

基于 SNMP 协议的大规模网络管理体系结构

所有基于 SNMP 的网管体系,结构基本相同,构成要件主要包括:网络管理中心 NMS(Network Management Station)、网络设备 DEVICE、管理信息库 MIB(Management Information Base)、管理代理 SNMP-agent、管理协议 SNMP,其结构如图 1 所示。图中管理应用程序 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,并对从各个节点上传的状态变量值和其它数据进行运算、分析,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,执行某项任务时,按 NMS 的 Polling 指令,将 MIB 中状态变量值上传,它本身并没有决策管理的能力。DEVICE 是指连接在网络上的各种设备、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。MIB 是一个对网络设备状态变量进行描述的数据库,一些相关的对象定义在 MIB 模块中,这些模块称之为管理信息结构 SMI(Structure of Management Informa-

tion),用 OSI ASN.1 的标准符号子集对其进行特定的描述。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 SNMP-agent 按照管理员的指令从各个设备上收集信息。SNMP 协议定义了 4 种形式的操作:Get 操作、Get Next 操作、Set 操作、Trap 操作,并利用 SNMP 协议的 4 种操作为 SNMP-agent 与 NMS 之间 SNMP 与 MIB 交换信息提供简捷的方法。然而,SNMP 集中管理方法的局限性也是十分明显的,主要体现在:一是在互操作性上,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,在大规模的异构网络中,基于 SNMP 的网络管理方法在互操作性上有很大的局限性。二是在时效性上,SNMP 网络节点轮询的机制使在网络规模越大、设备越多的情况下,随着轮询密度的增大,网络开销越大,易造成网络的堵塞和管理指令执行的延时,从而降低网络管理的时效性。三是在主动性能上,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,不具备主动计算和管理的能力,它本身不能对节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。四是在可靠性能上,按照大系统控制论,系统控制集中程度越高、规模越大,可靠性能越差。基于

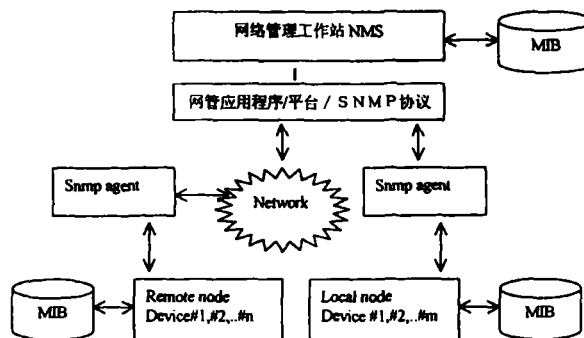


图 1 基于 SNMP 协议的集中式管理体系结构

庄力可 博士后,高级工程师,研究方向:计算机网络,人工智能,信息处理。张长水 教授,博导。

SNMP 协议的网络管理属于典型的集中式控制系统,控制中心 MNS 或者 MNS 与网络节点间的链路出现故障时,就势必造成全局网络的管理失控。

2 构建基于移动智体的网络管理平台(SMANMP)

本文从 IIPP(Intelligent Information Pulling& Pushing)的思想得到的启示,提出用基于移动智体的技术来实现主动网络管理。这种方法采用 IIPP 的策略,即管理数据是由网络节点上移动智体主动产生,并主动向 NMS“推”送,同时这些智体不是固定驻留在某个节点的设备上,而是可以在网络节点上移动,并在所移至的设备上执行管理功能,从而减少网络传输的负载和网络带宽的开支。

这种管理机制,从网络的拓扑结构上与 SNMPV2 中的 Proxy 有相似之处,但从信息推送的流向来看,它们却有着本质的区别:前者是信息先从 NMS 节点“推”向远程设备的节点,再从远端节点拉回 NMS 节点;后者是信息直接从各个远程设备的节点“推”向 NMS 节点(NMS 所在的节点也可以移

动)。这种新型管理机制取代了前者对 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智体的管理指令,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,所以可以对新增的网络设备实行在线管理,使网络管理的应用范围更广、主动性更强、管理方式更灵活。为了实现基于移动智体的网络的管理方法,本文选用了由 SUN 公司提供的 AGENT 底层开发平台来开发和管理移动智体,并采用 JAVA 语言开发移动智体,实现对智体的产生、执行、通讯和迁移等。

图 2 是本文构建的基于移动智体的网络管理平台(SMANMP)的网络管理体系结构图。该平台由移动智体生成器、移动智体代码知识库和 NMS 组成。本文开发的移动智体用来提高网络管理的效率,并解决传统集中式网络管理方法中存在的带宽问题。在这个开发过程中,本文针对网络管理中下面两个方面的问题进行了具体的研究:

- (1)网络设备状态信息的获取。
- (2)通过用户自定义的健康函数对节点设备进行管理。

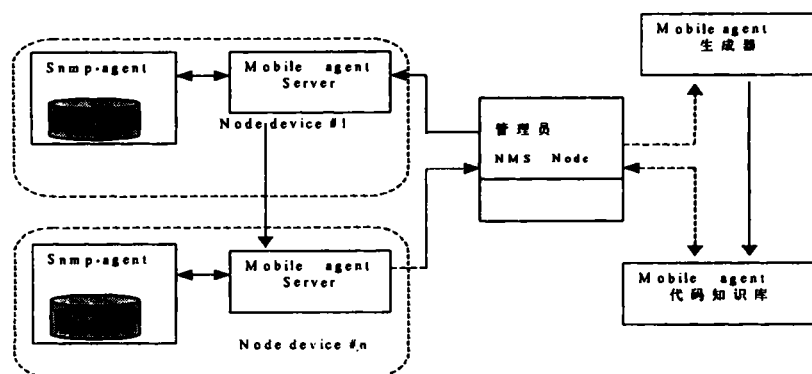


图 2 基于移动智体的 SMANMP 体系结构

2.1 SMANMP 移动智体的设计原则

在研发过程中,首先确定在 SMANMP 平台上设立移动智体的原则,然后对不同的智体进行定义,最后由这些不同的智体组合完成上述两个研究方面的网络管理业务。在 SMANMP 平台上,移动智体是按网络节点上管理需求的不同进行个性化设立和使用,这种原则对节点设备进行管理的效率高、灵活性强,比 SNMP 的集中式管理有明显的优势,使智体具有自主管理、主动交换信息、按需移动的特性。

而在 IEFT 推出 SNMP 协议时,由于当时网络设备自身计算能力的局限性,制约了对 SNMP-agent 独立管理功能的设立,只能将它设成一个简单的信息传递或事件通告的实体。随着计算机芯片技术的高速发展,网络设备 CPU 的处理能力和内存容量都大幅度提高,为移动智体的实际应用提供了技术保障。现在人们可以不再用静态规划的方式来设定这些管理实体,并让所有的设备都执行统一管理程序。特别在大规模的异构网络中,不同设备所需要的网管程序不同,网管程序执行的密度也不同,如果还采用轮询的方式,让所有节点上的设备都运行统一的管理程序,就会造成资源的大量浪费。采用个性化设立和使用智体的原则,不仅增强网络管理的灵活性,而且维护简单、所占网络资源少。

2.2 网络管理中移动智体的分类

本文在基于 JAVA 的环境上根据智体生产、执行、通讯、移动的过程,按照其不同的功能,将参与网络管理的移动智体

分成 4 类:信息交换智体、信息管理智体、信息监控智体、信息校验智体。其中,每种网络管理智体所要执行的任务都非常简单,但它们结合在一起就可以完成十分复杂的管理工作。下面分别描述这 4 种智体功能及工作过程。在设计网络管理智体之前,先引入健康函数的概念。

在网络管理中,由节点设备 MIB 中的各类变量组成的具有特定功能的函数表达式称之为该节点的健康函数。健康函数是用来判别节点设备的状态是否正常,网络用户可以通过自定义不同的健康函数,评估节点设备某项性能指标。仿真实际中,丢包率的健康函数 $E(t)$ 由 MIB 库中 5 个变量组成,是一个判别网络设备节点端口丢包率的健康函数。 $E(t)$ 可以表示为:

$$E(t) = \frac{(ipOutDiscards + ipOutNoroutes + ipFragfails) \times 100}{ipOutRequests + ipForwDatagrams}$$

检测网络节点端口性能的 IP 吞吐量、UDP 吞吐量都可以设定为端口的健康函数:

$$I(t) = \frac{ipInRecieves + ipOutRequests + ipForwDatagrams}{systemUpTime}$$

$$U(t) = \frac{(udpIndatagrams + udpNoports + udpInErrors + udpOutDatagrams)}{sysUpTime}$$

信息监控智体 对由用户预先定义的健康函数进行运算的智体。根据节点设备中的特性,用户功能由 MIB 的变量建

立一组健康函数,信息监控智体驻留在这些节点上。运算这些健康函数,记录下运算值。如果运算结果超过了用户定义的阈值,信息监控智体会自动向 NMS 发送信息。图 3 给出了信息监控智体的工作过程:用户先自定义健康函数 $F1$ 、 $F2$,并完成对节点阈值的设定。信息监控智体在 #0 节点生成后,分别

按需要迁移到网络中的 #1、#2、#3、#4。在节点 #1、#4 上,agent 计算后的结果小于初始设定的阈值,则不向 NMS 发回信息。当到 #2、#3 节点时,计算结果大于阈值,则 agent 向 NMS 或用户指定的节点发回信息。

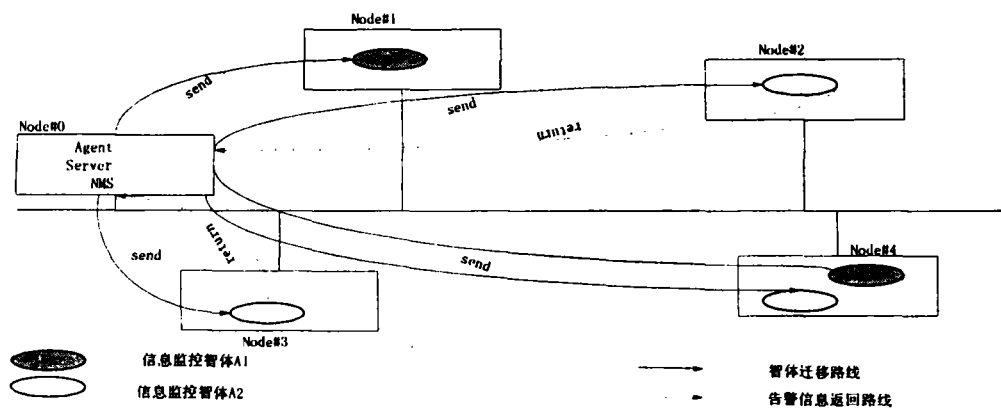


图 3 信息监控智体的工作过程

信息交换智体 在网络节点设备上移动的过程中负责与其它智体进行信息交换的智体称之为信息交换智体。信息交换智体在工作过程中要预先设定好需要和它进行信息交换的智体和服务以及它们交换信息的次数。这种方式的效率

比直接到 MIB 中去检索状态变量值的方法高得多。同时,由于信息监控智体可在不同的网络节点上完成健康函数的运算,因此它可以直接在信息监控智体上收集信息,从而快速高效地掌握网络运行的基本状况。其工作过程见图 4。

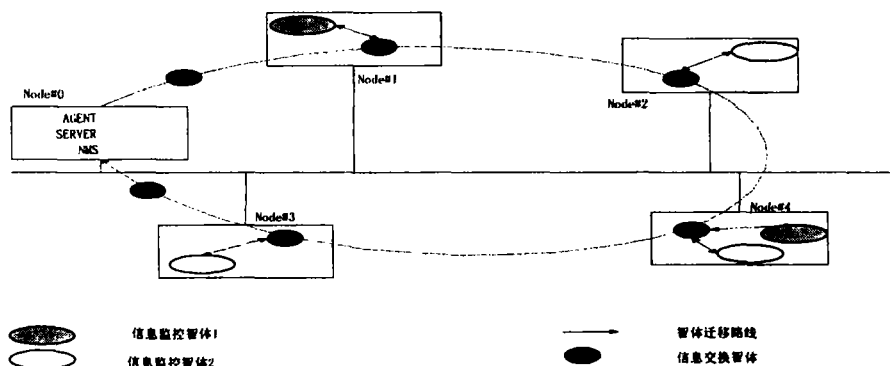


图 4 信息交换智体的工作过程

信息浏览智体 可以从节点设备的 MIB 库读取变量,同时根据和其它智体进行信息交换的结果对节点设备进行管理的智体称之为信息浏览智体。信息浏览智体在工作过程中要通过 MAP 特定的监控程序对话框来设定。根据业务设备的情况,它既可以完成传统的轮询任务,收集网络设备访问服务器的信息,也可以在节点充当移动的 PROXY,代管节点设备。例如,可以用管理智体来检查系统设备配置、健康函数运算时,访问节点并相关地收集信息,以供管理决策。

信息校验智体 这类智体本身并不直接参加网络管理工作。它在系统设备配置、控制函数运算、软件升级时,访问节点并收集相关信息,评估并校验 agent 在访问时系统的一些特定性能和属性,以供管理决策。例如,检查软件的版本,检查磁盘的有效空间。

2.3 移动智体的网络管理过程

采用基于移动智体技术的分布式网络管理方法与 SNMP 的分布式网络管理方法明显不同。SNMP 的管理进程是由 NMS 先发起的,而基于移动智体的管理进程由节点处的设备执行,这些智体本身具有数据运算能力和管理功能,并可

以从一个节点移到另一个节点上。另外,智体可以根据设备当前的状态,主动替 NMS 做出管理决策,既减少了各个节点与 NMS 间的数据交换,又提高了进程处理的分散程度。在大规模的异构网络管理中,或者在低带宽、网际间互连可靠性能差的情况下,移动智体这种属性的优势更加明显。它克服了在集中式管理中为执行一个单独的管理进程需要 NMS 与节点设备之间多次交换信息,并造成管理延迟和低可靠性的缺陷。

在基于移动智体的管理方法中,根据管理功能的不同需要,在 NMS 上或在客户端的节点上创建不同类型的管理智体(如本文中定义的信息交换智体、信息浏览智体、信息监控智体和信息校验智体等),并将其动态驻留在本地节点上或发往其它节点,使其能单独在节点上完成特定的管理功能,又能和其它智体组合在一起完成复杂的管理功能。基于移动智体的管理方法也具有像 Proxy agent 的分层管理的机制,当智体发送到某个局域网 LAN 时,可以代理整个 LAN 中设备的管理工作。同时,由于在 LAN 中有足够的带宽,因此即使智体的大小会有所增加,也不会造成网络拥塞,对网络性能也没有太多的影响。这种智体执行完任务后,会将结果通告 NMS,

不需要带着它所有的代码回到它原来的节点上去'。

下面以对网络管理中执行某项管理功能时的流量负载分析,来比较集中式与基于智体分布式管理的不同特性,并以此对两种机制进行评价。

3 实验评估与分析

3.1 实验设定条件

- (1) 在一个有 N 个节点的广域网中,节点设备为 N ;
- (2) MP 是一个监控网络中各个设备状态的管理进程,这个进程可以以静态方式或动态方式执行;
- (3) MIB 状态是节点设备的信息管理库;
- (4) 在 MP 中存在一个由 MIB 中 M 个变量构成的健康函数 $F1$, $F1$ 的运算值反映被监控设备某种特定的状态。如果这个函数的值或者它的变化率低于某个阈值 D , 则 MP 管理进程会自动执行另一个健康函数 $F2$ 。这个过程可以用下列程序进行描述:

```

If  $F1(t) < D$  or  $\text{error}(F1(t), F1(t-1), T) < D$  then
    execute  $F2$ 
end if
  
```

其中, $F1$ 表示由 M 个变量构成的健康函数; t 表示某一时刻; $F1(t)$ 表示该函数在某时刻的值; $\text{ERROR}()$ 表示求变化率的函数; D 是由管理员设定的阈值。

3.2 集中式管理方法的流量分析

用传统的集中式管理方法执行上面的程序,由于阈值 D 和 ERROR 函数是由管理员按不同需要动态设立的,不能预先设立在各个设备标准 MIB 库中。而函数运算是在 NMS 上执行的,所需的 MIB 中基本变量值都需通过网络由各个节点传回 NMS。这种采用轮询机制进行 MIB 变量检索的方法,轮询密度越高,数据交换量越大,网络负荷越重。

这种集中式管理所产生的流量表达式为:

$$V = N \times M \times S / \Delta T$$

其中: V 表示执行该进程所形成的网络流量总数, N 表示网络轮询的设备总数; M 是计算函数 $F1$ 所需在 MIB 库中基本变量的个数; S 表示按 SNMP 协议每从 MIB 库中检索出一个变量值平均流量的大小(100~300 字节); ΔT 表示轮询的时间间隔。

在这个表达式中暂不考虑由执行 $F2$ 所形成的流量。 N 的变化决定了网络设备增减: N 值增大,表示网络规模扩大; M 取值决定健康函数和网络管理的复杂程度; ΔT 的取值决定 $F1$ 求值运算的精度和所需的时间: 求值精度高,则容易造成网络拥塞而影响网络管理的性能。

3.3 基于移动智体方法的流量分析

如果采用基于移动智体的主动网络管理方法,则可以减少绝大部分网络流量。根据上一节所述智体管理的方法,这个网络管理进程的执行过程可以采用另一种方式进行描述。

健康函数 $F1$ 的计算通过设定一个特定信息监控智体来完成,函数所需的变量值或参数值可以用信息浏览智体直接从节点设备上获取,网络流量仅取决于智体代码的大小(用 JAVA 实现的监控智体的代码仅占 2~4k 字节)与 $F1$ 计算结果的大小。智体在执行任务之初移动至远端节点的设备后,其代码就不需再传回到初始的节点上,这样网络设备数量 N 和 $F1$ 中基本变量的数量 M 与网络的流量已没有直接的关系。 ΔT 的取值只影响管理执行的速度,与流量没有关系。同样, $F2$ 的执行所需的数据,也只需从本地节点获取相关信息和数据,使网络管理的时效性和灵活性能大为提高。

通过上述分析表明, N 的大小确定了网络的规模,健康函数 F 的变量数 M 确定了网络管理任务的复杂程度。下面我们通过实验来检验上述分析结果。

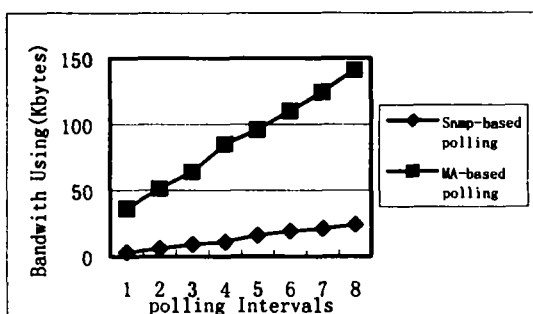


图 5(a) 仿真对比实验 1
 $N=10, M=2, S=150$;

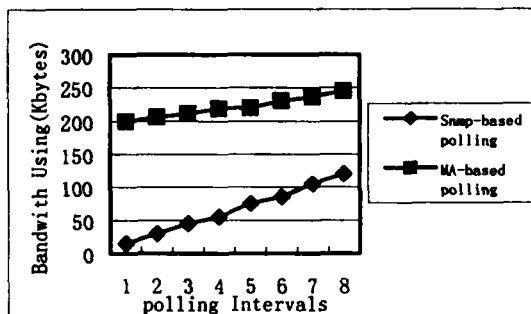


图 5(b) 仿真对比实验 2
 $N=50, M=2, S=150$

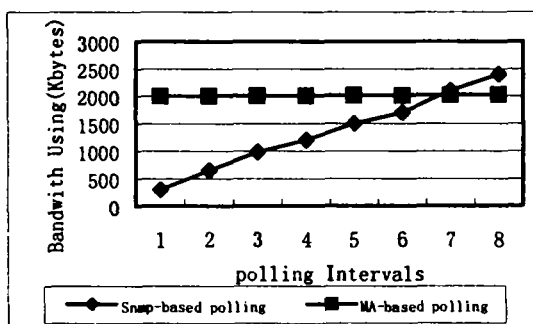


图 5(c) 仿真对比实验 3
 $N=1000, M=2, S=150$;

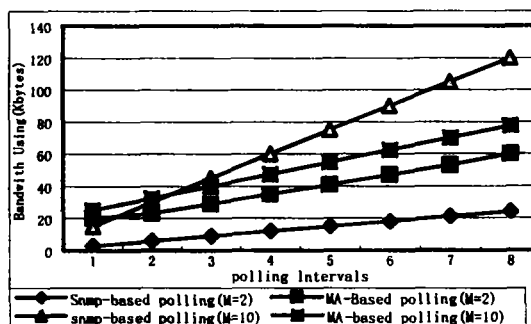


图 5(d) 仿真对比实验 4
 $N=10, M=2, S=150; N=10, M=10, S=150$

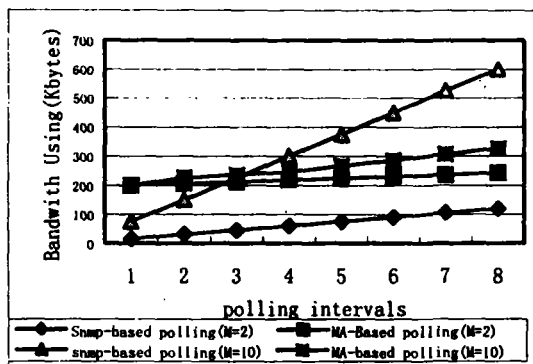


图 5(e) 仿真对比实验 5

$N=50, M=2, S=150; N=50, M=10, S=150$

3.4 仿真实验

为了检验上述定性分析的结果,我们进行了仿真实验。实验目的是检测在网络规模不同、健康函数变量不同的情况下,基于传统 SNMP 集中式管理(在图 5 中简称 Snmp-based)与基于移动智体的管理(在图 5 中简称 MA-based)的带宽消耗情况。

3.5 实验结论

①在网络规模较小($N=10$),且管理任务复杂程度低时($M=2$),MA-based 管理方法与 SNMP-based 管理方法相比并不占优,在网络管理过程中消耗带宽远大于基于传统 SNMP 的轮询机制。

②网络规模增大($N=50$),且管理任务复杂程度增大时($M=10$),MA-based 管理机制与 SNMP-based 管理方法相比仍不占优,在网络管理过程中消耗带宽也大于基于传统 SNMP 的轮询机制。

③在网络规模较大时($N=1000$),且管理任务复杂程度高时($M=10$),MA-based 管理机制与 SNMP-based 管理方法相比明显占优,在网络管理过程中消耗带宽远小于传统的轮询机制。

结束语 本文提出了基于移动智体的主动网络管理方法,并建立了实现该方法的移动智体中间件管理平台 SMANMP;在该平台上建立了移动智体的分类原则,实现了移动机制,并将参与管理网络的移动智体分为 4 大类:信息浏览智体、信息交换智体、信息监控智体、信息校验智体。实例分析和仿真实验的结果表明:该方法可有效地减少大规模信息网络的带宽消耗,提高网络管理的效率。课题组下一步将对

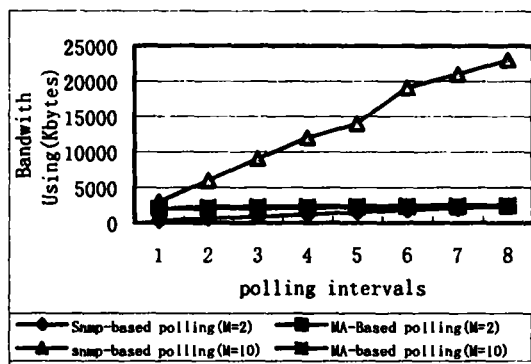


图 5(f) 仿真对比实验 6

$N=1000, M=2, S=150; N=1000, M=10, S=150$

Agent 在大规模异构网中的分类原则进行细化,并对 Agent 的移动机制和社会行为进行研究。

参考文献

- 1 Fester O. Formal description of managed object behavior-A rule based approach. In: Proc. of the Integrated Network Management, III. 1993. 45~58
- 2 Cheikhrouhou M, Conti P, Oliveria R T, Labetoulle J. Intelligent agents in network management, a state of the art. Networking and Information Systems, 1998, 1(1): 9~38
- 3 Albayrak S, Garijo F J, et al. In: Proc. of the Second Intl. Workshop on Intelligent Agents for Telecommunications Applications, IATA'98, no. 1699 in Lecture Notes in Artificial Intelligence, (Berlin), Springer, June 1998
- 4 Wooldridge M, Jennings N R. Intelligent agents: Theory and practice. Knowledge Engineering Review, 1995, 10(2): 115~152
- 5 Cheikhrouhou. BDI-oriented agents for network management. In: Proc. of Globecom'99, (Rio de Janeiro, Brazil), IEEE, Dec. 1999
- 6 Muralidharan B. Multiprotocol management agents: a Look at an implmentation and the issues to consider. IEEE Journal on selected areas in communications, 1993, 11: 1336~1345
- 7 Greenwood G D. Using mobile agents for distributed network performance management. In: Proc. of the Third Intl. Workshop on Intelligent Agents for Telecommunication Applications (IATA'99)
- 8 Baldi M, Gai S. Exploiting code mobility in decentralised and flex network managmentment. In: Proc. of the First Intl. Workshop on Mobile Agent, 1997