

一种基于移动代理的网络管理系统及性能分析*

张普含, 孙玉芳

(中国科学院 软件研究所,北京 100080)

E-mail: phzhang@sonata.iscas.ac.cn

http://www.ios.ac.cn

摘要: 当前所用的网络管理系统大都属于集中式管理模式,因此,在性能、可扩展性、灵活性等方面具有很大的局限性.基于移动代理的网络管理是针对这些不足而提出的具有潜力的解决方案之一,但是要精确地判定在什么条件下移动代理比传统的客户/服务器模式更有效是比较困难的.为此,提出了一个定量模型,从理论上分析和比较了两种结构的流量和响应时间,并就移动代理和 SNMP(simple network management protocol)的性能进行了模拟实验比较.理论和实验结果都表明,当被管理的网络设备数在一定范围内时,移动代理的性能比 SNMP 的性能要好;对于移动代理访问固定数量的设备后再返回到网络管理器这种方案,移动代理的性能有较大的提高.

关键词: 移动代理;网络管理;SNMP(simple network management protocol);性能;流量;响应时间

中图法分类号: TP393 **文献标识码:** A

1 网络管理系统

现有的网络管理主要分为两大类^[1]:基于 SNMP(simple network management protocol)协议的管理和基于 CMIP(common management information protocol)协议的管理.这两种协议提供的都是基于 client/server 结构的集中式管理模式.两种协议的结构是相似的,但 CMIP 比 SNMP 更复杂一些.SNMP 主要应用于数据网络的管理,而 CMIP 主要应用于电信网络管理.我们以 SNMP 为例,简要介绍集中式网络管理系统的结构.

1.1 基于SNMP的网络管理系统

SNMP 包括 4 个组成部分(如图 1 所示):

- (1) Manager: SNMP 管理器.
- (2) SNMP Agent: 分布在网络管理设备上的代理.
- (3) SNMP 协议: Manager 同 SNMP Agent 之间通信的协议.
- (4) MIB(management information base): 描述被管理对象状态的管理信息库.

管理器(manager)是一组软件程序,执行管理活动.管理者以轮询的方式从代理处取得网络结点的状态数据;接收代理发来的 Trap.管理者在 C/S 结构中处于 Client 的地位.

代理(agent)是一个软件,在被管理的网络设备中运行,代理收集所代表对象的状态数据.代理在 C/S 结构中处于 Server 的地位.

管理信息库 MIB(management information base)是一个面向对象的数据库,包含着网络管理数据的定义.MIB 由一个个叫 MIB 对象的信息单元组成,MIB 对象记录了管理设备的管理信息,每个对象用来代表一个网络资源.代理通过 MIB 来表示所代表的对象各个方面的参数.MIB 由一组变量构成,每个变量表示管理对象属性

* 收稿日期: 2001-06-14; 修改日期: 2001-12-27

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(69983009)

作者简介: 张普含(1970 -),男,山东单县人,博士,主要研究领域为计算机网络,移动代理;孙玉芳(1947 -),男,江苏张家港人,研究员,博士生导师,主要研究领域为中文信息处理,操作系统,大型数据库,网络工程.

的一个方面.

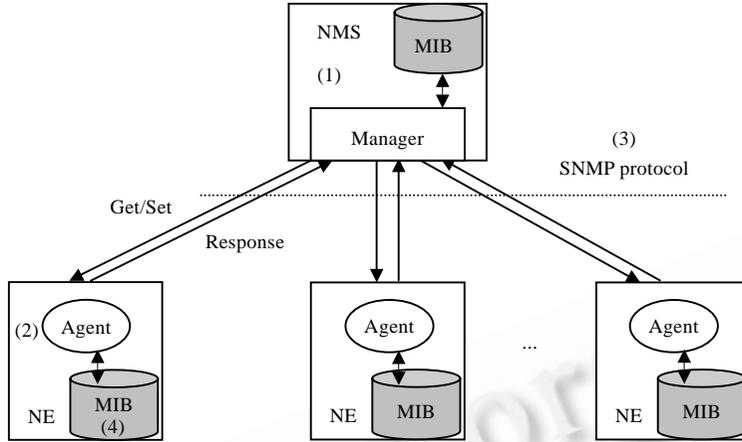


Fig.1 SNMP-Based network management system architecture
 图 1 基于 SNMP 的网络管理系统结构

在这种结构中,所有与管理有关的计算,比如统计、分析等,都是由网络管理工作站 NMS(network management station)完成的,所有的原始数据都要传送到 NMS 上进行处理,因此这种集中式结构在大流量网络中效率非常低,主要有以下不足:

- (1) 可扩展性差.NMS 负责所有网管信息的处理,当网络扩大时,会大大增加 NMS 的数据流量,有可能成为系统的“瓶颈”.
- (2) 占用带宽.NMS 只是盲目地收集所有原始数据,实际的处理往往只用到部分数据,从而造成带宽的浪费.
- (3) 灵活性不强.Agent 的功能在安装之后是固定的,不能按照系统状态和管理策略变化进行调整.

针对这些不足,人们提出了几种解决方案,如 SNMPv2^[2]、RMON(remote monitoring)^[3]、基于主动网络(active networks)^[4]的管理、基于 CORBA^[5]的管理、基于 Web 的管理^[6]等等.但是这些方案都不能很好地适应网络及其应用的多样性和易变性.为此,人们提出了基于移动代理 MA(mobile agent)^[7]的网络管理方案.

1.2 基于移动代理的网络管理系统

移动代理是一个具有自治特性的程序,它可以在自己的控制下中断运行,携带代码和状态从网络中的一个结点到达另一个结点,并能继续执行.移动代理还具有自学习能力,能够根据环境的变化作出相应的调整,从而更好地完成预定的任务.

移动代理是人工智能和分布式系统的研究热点之一,而移动代理在网络管理中的应用又是移动代理应用中很重要也很有效的应用之一.它们可以移动到存有数据的地方,利用预先赋予它们的智能性,选取使用者感兴趣的信息,并作相应的处理.这样就不需要传输大量的原始数据和中间临时数据,从而节省了带宽.

基于移动代理的网络管理体系结构如图 2 所示,主要包括 3 部分:

- (1) NMS:网络管理工作站,其功能与基于 SNMP 的工作站相似.
- (2) NE(network element):被管理网络设备.为了能在其上运行 MA,必须有移动代理系统 MAS(mobile agent system).
- (3) MA:移动代理,具有本地处理

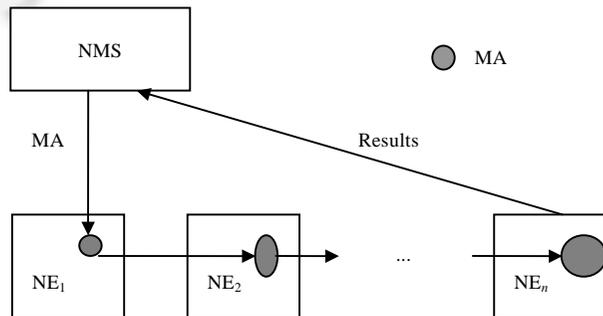


Fig.2 Mobile agent-based network management system architecture
 图 2 基于移动代理的网络管理系统结构

能力和移动性,可以处理数据并传送到其他 NE 和 NMS 上.

其算法如下:

- (1) NMS 产生一个移动代理 MA,其内部包含了所需要的网管功能.然后,将此 MA 发送到第 1 个被管理的设备 NE 上;
- (2) MA 在 NE 上运行,调用本地的资源,根据预先设置的网管功能,执行相应的操作;
- (3) 将处理后的结果数据和 MA 的现有状态保存在 MA 中;
- (4) 判断这个 NE 是不是最后一个未处理过的 NE,如果不是,MA 将自己传送到下一个 NE,然后转到(2),如果是最后一个未处理过的 NE,则转到(5);
- (5) MA 处理完最后一个 NE 之后,将所有 NE 上的响应消息传送到 NMS,由 NMS 进一步处理.

由此可见,基于移动代理的网络管理系统具有以下优点:

- (1) 减少流量.因为代理在本地已将大量的原始数据和中间数据处理完毕,只需将一些重要的中间数据和最后结果传送到 NMS 即可,因此大大减少了 NMS 的流量.
- (2) 增强了可扩展性.由于通向 NMS 的流量大幅度减少,因此在增加被管理设备时,并不会使 NMS 的流量增加很大.
- (3) 增强了灵活性.当需要一个新的功能时,NMS 只需将一个具有完成新功能的新代理传送到被管理设置上代替旧的代理即可.

2 系统性能的理论分析

综上所述,我们只是定性地阐述了基于 MA 的网络管理系统与传统的 CS 结构的网络管理系统相比的优越

性,为了更精确地比较两种结构的性能,我们首先从理论上对两种结构的性能作进一步的定量分析,然后用实验进行测试.

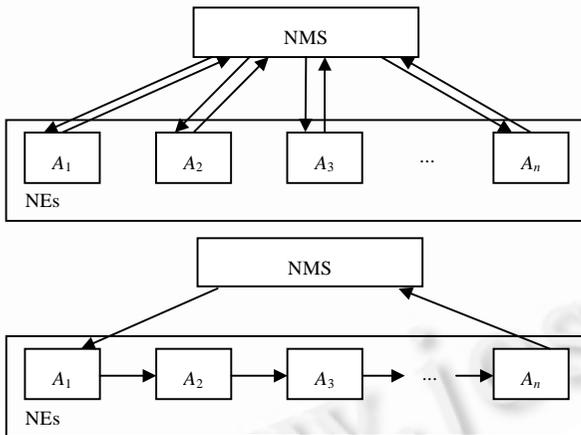


Fig.3 Network management system architecture based on mobile agent vs. SNMP

图3 SNMP 结构与 MA 结构的比较

为了清楚起见,我们将 SNMP 和 MA 结构作比较,如图 3 所示.在 SNMP 结构中,当 NMS 需要执行一个特定的服务时,比如查询每个 NE 上的 icmpInErrors 变量值时,就要向每一个 NE 发送一系列服务请求(request),当 NE 完成查询之后,将结果发送到 NMS.在 MA 结构中,MA 知道如何在 NE 上查询,当在第 1 个 NE 上完成服务之后,会带着结果到第 2 个 NE 上继续执行,直到最后一个 NE.当最后一个 NE 上的服务完成之后,将所有的结果一并传送到 NMS 上.

我们通过分析两种结构中 NMS 的流量(traffic)和获取 SNMP 变量时的响应时间(response time)来比较两种结构的性能.

2.1 流量分析

NMS 的流量是指 NMS 在网络层与所有 NE 交换的数据字节数^[8].如果在应用层传送的数据量为 X,由于在网络上传输时要进行数据包装,则在网络上传送的数据量就为 $X' = \alpha(X) + \beta(X)X$. $\alpha(X)$ 表示在面向连接方式中建立连接时交换的控制信息, $\beta(X)$ 由数据包的封装格式决定.为了简单起见,我们在下面的叙述中简化为 $X' = (\alpha(X)/X + \beta(X))X = \mu(X)X = \mu X$. 我们称 μ 为加权函数,在这里,我们用 N 表示被管理的网络设备的数量,为了描述管理任务的复杂性,我们用 Q 表示该任务需要对 MIB 查询的次数.

2.1.1 基于 SNMP 的网络管理系统流量

在 SNMP 结构中,当 NMS 需要请求 NE 完成一项任务(task)时,NMS 就向 NE 上的 SNMP agent 发送请求(request).我们假定第 q 条请求消息的大小为 R_q ,为了完成该请求任务,这 Q 条请求消息必须全部发送到所有 N 个被管理设备 NE 上.设备 n 收到第 q 个请求时,会作出响应,向 NMS 发送大小为 \tilde{R}_{qn} 的响应消息.因此 NMS 的流量 T_S 就可以表示为

$$T_S = \sum_{n=1}^N \sum_{q=1}^Q (\mu_S R_q + \tilde{\mu}_S \tilde{R}_{qn}), \quad (1)$$

其中 μ_S 表示对请求信息 R_q 封装时的加权函数, $\tilde{\mu}_S$ 表示对响应信息 \tilde{R}_{qn} 封装时的加权函数.

2.1.2 基于 MA 的网络管理系统流量

NMS 向第 1 个 NE 发送一个 MA,这个 MA 依次访问每一个 NE,并在本地得到响应消息,然后带着响应消息传送到下一个 NE,直到最后一个 NE 为止,最后将所有响应消息传送到 NMS.我们这里假设 MA 在本地对原始响应信息不作语义压缩(semantic compression)的处理,如果考虑这一点,MA 结构的流量将更小.我们用 C_{MA} 表示移动代理的初始大小,则 NMS 的流量 T_{MA} 可以表示为

$$T_{MA} = \mu_{MA} C_{MA} + \tilde{\mu}_{MA} \sum_{n=1}^N \sum_{q=1}^Q \tilde{R}_{qn}, \quad (2)$$

前一部分表示 NMS 向第 1 个 NE 发送一个 MA,后一部分表示最后一个 NE 上的 MA 将所有的响应消息发送到 NMS.

2.1.3 流量的分析比较

我们分析并比较一下在什么情况下哪个流量更大.如果流量大,就说明占用带宽较大,效率相对较低.

设 $T_S \geq T_{MA}$,则

$$\sum_{n=1}^N \sum_{q=1}^Q (\mu_S R_q + \tilde{\mu}_S \tilde{R}_{qn}) \geq \mu_{MA} C_{MA} + \tilde{\mu}_{MA} \sum_{n=1}^N \sum_{q=1}^Q \tilde{R}_{qn}.$$

为了简单起见,我们用请求消息的平均大小 \bar{R} 代替 R_q ,用响应消息的平均大小 $\bar{\tilde{R}}$ 代替 \tilde{R}_{qn} ,则式(1)和式(2)可以分别表示为

$$T_S = NQ\mu_S\bar{R} + NQ\tilde{\mu}_S\bar{\tilde{R}}, \quad (1')$$

$$T_{MA} = \mu_{MA}C_{MA} + NQ\tilde{\mu}_{MA}\bar{\tilde{R}}. \quad (2')$$

因此,上述不等式可以表示为

$$NQ\mu_S\bar{R} + NQ\tilde{\mu}_S\bar{\tilde{R}} \geq \mu_{MA}C_{MA} + NQ\tilde{\mu}_{MA}\bar{\tilde{R}}. \quad (3)$$

我们知道,对于一个数据包,头数据(header)一般来说是固定的,因此一条消息被分割的数据包越长,数据包所占的比例越小,相应的加权函数也就越小.由于 MA 是一次性将所有结果传送到 NMS,它可以将多条响应消息合成一个合适的数据包,因此我们可以认为 $\tilde{\mu}_S \geq \tilde{\mu}_{MA}$.

记 $\Delta_{S,MA} = Q\tilde{\mu}_S\bar{\tilde{R}} - Q\tilde{\mu}_{MA}\bar{\tilde{R}}$,则 $\Delta_{S,MA} \geq 0$,则式(3)可以写成

$$NQ\mu_S\bar{R} + N\Delta_{S,MA} \geq \mu_{MA}C_{MA}.$$

由此我们可以看出,当被管理的网络设备数 N 越过一定数值时,上式成立,这时 SNMP 结构的 NMS 流量大于 MA 结构的流量.

假设只管理一个网络设备,也就是 $N=1$ 时,式(3)简化为

$$Q\mu_S\bar{R} + Q\tilde{\mu}_S\bar{\tilde{R}} \geq \mu_{MA}C_{MA} + Q\tilde{\mu}_{MA}\bar{\tilde{R}}.$$

因为传送给 NMS 的响应消息是相等的,因此这时有 $\tilde{\mu}_S \approx \tilde{\mu}_{MA}$.

因此,上式为 $Q\mu_S\bar{R} \geq \mu_{MA}C_{MA}$.由于 MA 要代替 NMS 完成相应的任务,所以 MA 中一定包含所有请求消息 $Q\bar{R}$,加上 MA 中代码的大小,所以 MA 的大小 = $Q\bar{R}$ + 代码大小.因此上式是不可能成立的,也就是说,当只管理一个 NE 时,SNMP 结构中 NMS 的流量一定小于 MA 结构中的流量.我们也可以直观想象出来.当只有一个 NE

时,SNMP 结构中 NMS 只发送所需要的请求,接收相应的响应消息,而 MA 结构中要发送同样请求的同时,还要有 MA 的代码,NMS 收到的是同样的响应消息.

综上所述,当所管理的 NE 较少时,SNMP 结构中 NMS 的流量较小,随着所管理的 NE 数的增加,SNMP 结构中 NMS 的流量增加得更快,当 NE 数超过一定数值时,就会大于 MA 结构中 NMS 的流量.

2.1.4 移动代理的初始大小对流量的影响

由式(2')可以看出, T_{MA} 与设备数 N 可以近似为线性关系,而移动代理的初始大小 C_{MA} 只影响发送到第 1 个 NE 时的流量 $\mu_{MA}C_{MA}$. 因此,移动代理的初始大小对流量随着 N 的变化规律没有影响.

2.2 响应时间分析

NMS 的响应时间(response time)是指从发出请求到接收到所有结果之间的时间.在 SNMP 结构中,响应时间是指从 NMS 向第 1 个 NE 发出请求到最后一个 NE 完成响应之间的时间.在 MA 结构中的响应时间是指从向第 1 个 NE 发送 MA 之后,包括 MA 在 NE 之间的传输,到在最后一个 NE 上完成响应把结果发送到 NMS 的时间.在这里,我们不考虑处理的时间,只考虑传输占用的时间.设 NMS 与 NE 之间的传输速率为 v_m ,NE 与 NE 之间的传输速率为 v_e . 因此,SNMP 结构中响应时间为

$$t_S = \frac{T_S}{v_m}. \quad (4)$$

将式(1')代入式(4),得到

$$t_S = \frac{NQ\mu_S\bar{R} + NQ\tilde{\mu}_S\bar{\tilde{R}}}{v_m}. \quad (4')$$

用 T'_{MA} 表示 NE 之间的所有流量,用 $T_{MA,n}$ 表示 MA 结构中从第 $n-1$ 个 NE 传送到第 n 个 NE 的响应消息流量.当 $n=1$ 时,只有一个 NE 是没有 NE 之间的流量的,所以 $T_{MA,1} = 0$, 当 $n>1$ 时,从第 $n-1$ 个 NE 传送到第 n 个 NE 的响应消息是前 $n-1$ 个 NE 的所有响应消息之和,为

$$T_{MA,n} = \mu_{MA} \sum_{m=1}^{n-1} \sum_{q=1}^Q \bar{\tilde{R}}_{qm},$$

用平均值可以表示为 $T_{MA,n} = \mu_{MA} \sum_{m=1}^{n-1} \sum_{q=1}^Q \bar{\tilde{R}}$, 因此

$$T'_{MA} = (N-1)\mu_{MA}C_{MA} + \sum_{n=2}^N T_{MA,n} = (N-1)\mu_{MA}C_{MA} + \mu_{MA}Q \sum_{n=2}^N \sum_{m=1}^{n-1} \bar{\tilde{R}}.$$

因为 $\sum_{n=2}^N \sum_{m=1}^{n-1} \bar{\tilde{R}} = \frac{N^2 - N}{2} \bar{\tilde{R}}$, 与 N^2 同阶,记作 $O(N^2)\bar{\tilde{R}}$, 由此,上式可以写成

$$T'_{MA} = (N-1)\mu_{MA}C_{MA} + \mu_{MA}Q\bar{\tilde{R}} * O(N^2).$$

响应时间:

$$t_{MA} = \frac{\mu_{MA}C_{MA} + NQ\tilde{\mu}_{MA}\bar{\tilde{R}}}{v_m} + \frac{(N-1)\mu_{MA}C_{MA} + \mu_{MA}Q\bar{\tilde{R}} * O(N^2)}{v_e}. \quad (5)$$

2.2.1 响应时间的分析和比较

我们分析并比较两种结构的响应时间.响应时间小的结构说明反应快、效率高.

设 $t_S \geq t_{MA}$, 将式(4)和式(5)代入此式得到

$$\frac{NQ\mu_S\bar{R} + NQ\tilde{\mu}_S\bar{\tilde{R}}}{v_m} \geq \frac{\mu_{MA}C_{MA} + NQ\tilde{\mu}_{MA}\bar{\tilde{R}}}{v_m} + \frac{(N-1)\mu_{MA}C_{MA} + \mu_{MA}Q\bar{\tilde{R}} * O(N^2)}{v_e},$$

$$\frac{NQ\mu_S\bar{R} + NA_{S,MA}}{v_m} - \frac{(N-1)\mu_{MA}C_{MA} + \mu_{MA}Q\bar{\tilde{R}} * O(N^2)}{v_e} \geq \frac{\mu_{MA}C_{MA}}{v_m}. \quad (6)$$

由上式可以看出,当被管理设备数 N 增大时,其他变量都是不变的.当 N 越过一定数值时,随着 N 的增

大, $\frac{(N-1)\mu_{MA}C_{MA} + \mu_{MA}\bar{Q}\bar{R} * O(N^2)}{v_e}$ 一定比 $\frac{NQ\mu_S\bar{R} + N\Delta_{S,MA}}{v_m}$ 增加得更快,因此当 N 增大到一定的数值时,一定有式(6)不成立,也就是说 $\exists M$ (M 为正整数),当 $N > M$ 时,必有 $t_S < t_{MA}$, 因此,当被管理的设备增大到一定数量时,MA 结构的响应时间会更长。

由以上分析可以看出, t_S 与 N 近似为线性关系,而 t_{MA} 近似为 N 的二次函数。

当 $n=1$ 时, $T_{MA,1} = 0$, 所以 $t_S = \frac{T_S}{v_m}, t_{MA} = \frac{T_{MA}}{v_m}$. 我们在流量分析中可知,当 $n=1$ 时, $T_S < T_{MA}$, 因此 $t_S < t_{MA}$. 也就是说,当只有一个 NE 时,MA 结构的响应时间大于 SNMP 结构的响应时间。

综上所述,当只有一个被管理设备时,MA 结构的响应比 SNMP 结构慢,随着被管理数量 N 的增大,有可能使 MA 结构的响应时间更小,但当 N 越过一定数值时,MA 结构的响应时间就会比 SNMP 结构的响应时间长。

2.2.2 移动代理初始大小对响应时间的影响

由式(5)可以推出

$$t_{MA} = \mu_{MA}C_{MA} \left(\frac{1}{v_m} + \frac{N-1}{v_e} \right) + \frac{NQ\tilde{\mu}_{MA}\bar{R}}{v_m} + \frac{\mu_{MA}\bar{Q}\bar{R} * O(N^2)}{v_e}.$$

由上式可以看出,移动代理的初始大小 C_{MA} 越大,随着 N 的增大就使 t_{MA} 增大得越快.对于同一个 N 点,也就是管理同样数量的 NE 时, C_{MA} 越大,响应时间 t_{MA} 越大.这是因为 C_{MA} 越大,在 NE 之间移动的数据量就越大,因此所用的时间也就越多。

由以上分析可知,在 MA 结构中,当从第 n 个结点传送到第 $n+1$ 个结点时,是带着前 n 个 NE 上的所有响应消息的,这样就会使 NE 之间的流量增大.设想一下,如果我们将查询一定数量的 NE 后的结果传送到 NMS 上,然后重新开始下一个 NE,这样就不需要带着所有的结果送到下一个 NE 上.设 $N = rK$,每处理完 K 个 NE 后,将这 K 个结果一并送到 NMS,然后重新从下一个开始.这时 NMS 的流量为

$$T_{MA-K} = \mu_{MA}C_{MA} + r\tilde{\mu}_{MA} \sum_{k=1}^K \sum_{q=1}^Q \tilde{R}_{qm} = \mu_{MA}C_{MA} + rKQ\tilde{\mu}_{MA}\bar{R} = \mu_{MA}C_{MA} + NQ\tilde{\mu}_{MA}\bar{R}.$$

由式(2')可知 $T_{MA-K} = T_{MA}$,也就是说 NMS 的流量并不随 K 的变化而变化.但与 NMS 交换的次数变化了.从第 2.1.3 节可知,相同数据量传输次数越多,其加权函数就越大,因此实际中应有 $T_{MA-K} \leq T_{MA-K+1}$.

NE 之间的数据传输量为

$$T_{MA}'' = (N-1)\mu_{MA}C_{MA} + \mu_{MA}r \sum_{k=2}^K \sum_{m=1}^{k-1} \sum_{q=1}^Q \tilde{R}_{qm}.$$

显然 $T_{MA}'' \leq T_{MA}'$,因为当处理完第 K 个 NE 时就不再带着前 K 个结果了,而在 T_{MA}' 中却是一直带着,直到最后送到 NMS 为止.MA 在 NE 之间传输的数据量减少,从而使 NE 之间的传输时间变小.但因为与 NMS 交换次数的增加,从而会使与 NMS 之间的交换时间变长.因此并不是 K 越大或越小就好,但总体来说,理论上存在一个合适的 K ,使 MA 结构的响应时间相对最小。

3 实验及分析

我们对两种结构的流量和响应时间进行了理论上的分析和比较,下面我们用实验测试这两种结构下的流量和响应时间.在实验中,流量用 NMS 传送和接收到的所有 NE 上的字节数表示.响应时间用从 NMS 向第 1 个 NE 发出请求到所有的 NE 响应完毕之间的时间表示。

我们用网络模拟器^[9]来测试两种结构的性能.模拟一个有 310 个结点的局域网.这里不考虑应用层上的处理时间,这里用的移动代理系统是 IBM 的 Aglet^[10],它采用的是 ATP(agent transfer protocol)^[10]传输协议,因此我们把 ATP 和 IP 的头数据考虑在内.最大的传输单位 MTU(maximum transmission unit)为 1500 bytes.这对于 SNMP 的消息来说已经足够大了.因此不需要分片(fragmentation),一个变量的每一条请求/响应都被分装在一个独立的数据包里.网络的速率为 2 Mbps,网络的等待时间(latency)为 4ms.MA 按照事先设置好的路线(itinerary)

访问所有的被管理设备,MA 的初始大小为 6.5Kbytes.任务是读取每个 NE 上的变量 icmpInErrors 的值,此变量表示具有特定错误的 ICMP 消息的数量,比如 ICMP 检验和出错、长度错误等等.

我们分别就以下情况进行实验:(1) 两种结构的流量和响应时间的比较,MA 的大小对流量和响应时间的影响;(2) MA 访问固定数量 NE 对流量和响应时间的影响.

3.1 两种结构的流量和响应时间比较

如图 4 所示为 SNMP 结构和 MA 结构下的 NMS 的流量比较.由图 4 可以看出,当被管理的 NE 数 N 较少时,完成同样的一项任务,SNMP 与 NMS 交换的数据流量较少.随着 NE 数量的增加,SNMP 结构中流量增加得相对较快.在本实验中,当设备数增加到 74 个时,两者的流量基本相同.

对响应时间的实验比较如图 5 所示.由图 5 可以看出,当 N 越过一定数值时,MA 的响应时间比 SNMP 的响应时间要长,然后随着 N 的继续增大,MA 的响应时间增加得更快.这是因为当 N 增大时,MA 本身因为附着着前面 NE 的响应结果,因此要传输的数据量更大,所以响应时间会更慢.SNMP 的响应时间与 N 是接近于线性关系.在本实验中,当设备数增加到 260 时,两者的响应时间大致相当.

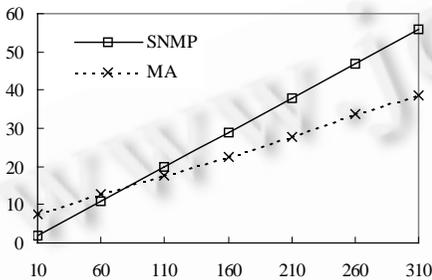


Fig.4 Comparison of NMS traffic
图 4 NMS 的流量比较

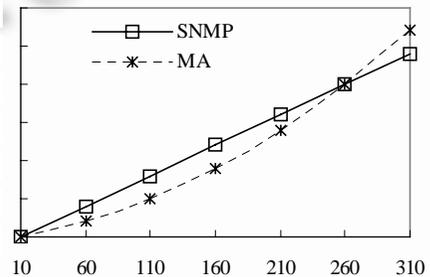


Fig.5 Response time for the SNMP and mobile agent
图 5 NMS 的响应时间比较

3.2 MA初始大小对流量和响应时间的影响

MA 的初始大小对 NMS 的流量影响的结果如图 6 所示.我们分别模拟了 MA 初始大小为 3k,6k,9k 的情况.由图 6 可以看出,MA 的初始大小直接影响了 NMS 的流量,但随着 N 变化的规律并没有改变.这是因为 NMS 只向第 1 个 NE 发送一个 MA.

如图 7 所示为 MA 的初始大小不同时对响应时间的影响.由图 7 可以看出,MA 的初始大小越大,随着被管理设备的增加而使响应时间增加得更快,这是因为 MA 要经过每一个 NE,并要在每一个 NE 上运行.

以上的实验验证了我们对两种结构性能的理论分析.基于移动代理的网络管理系统的优越性不仅体现在对性能的影响上,它本身所具有的自治性、智能性和移动性是 SNMP 所无法相比的.

3.3 MA访问固定数量NE对流量和响应时间的影响

我们上面的实验已表明,MA 结构的响应时间随着 N 的增加更快地增加,这是因为 MA 携带的消息量在移动中会随着被访问 NE 数量的增加而增加,从而使 NE 之间的传输量增大,传输时间变长.我们设想,如果当 MA 携带的消息量到达一定数量时就将所带的响应消息发送到 NMS,会对流量和响应时间有什么影响呢?我们在第 2.2.2 节已进行了理论分析.下面我们用实验进行测试.

如图 8 所示为访问不同固定数量的 NE 时 NMS 流量的变化.我们可以看出,每次访问的 NE 数增加,会使 NMS 的流量变小,尤其在数量较少时,会随着被访问的固定数 K 的增加而迅速变小.这是因为 K 越大,发送到 NMS 的次数越少,所以发送到 NMS 的数据包中的控制信息就相对较少,所以 NMS 的流量就越小.

如图 9 所示为对响应时间的影响.当 K 较小时,随着 K 的增大,响应时间会大幅下降,到达一点之后,会随着 K 的增大而慢慢增大.在本实验中,当 $K=160$ 时,响应时间最小,为 2.21 秒.

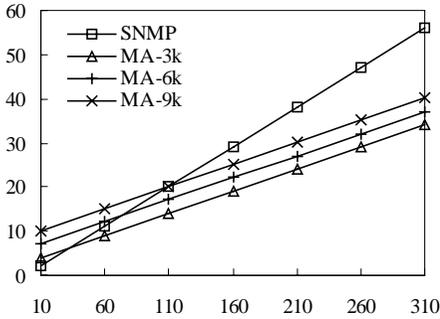


Fig.6 Number of bytes for the SNMP and different mobile agent sizes
图 6 MA 初始大小对流量的影响

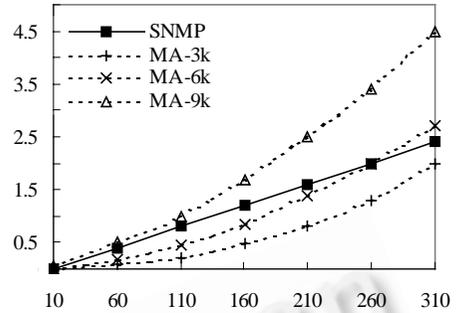


Fig.7 Response time for the SNMP and different mobile agent sizes
图 7 MA 初始大小对响应时间的影响

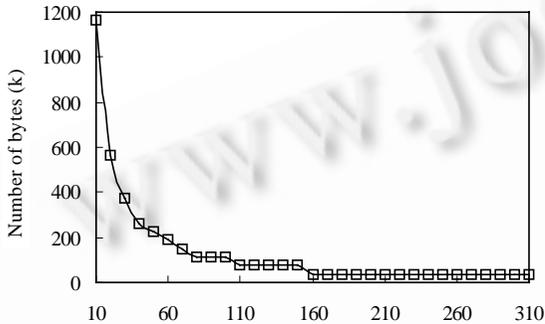


Fig.8 Number of bytes when returning to the management station after visiting fixed number of NEs
图 8 MA 访问固定数量的 NE 对流量的影响

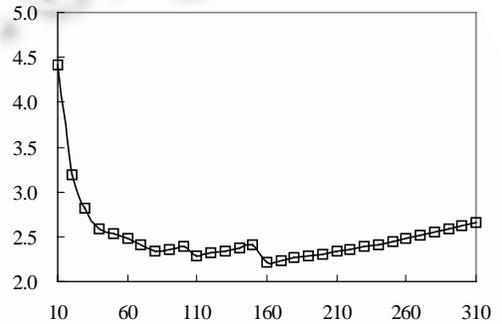


Fig.9 Response time when returning to the management station after visiting fixed number of NEs
图 9 MA 访问固定数量的 NE 对响应时间的影响

4 结束语

本文从理论上对基于移动代理的和传统的基于 SNMP 的网络管理系统的流量和响应时间进行了理论分析和比较,并在模拟实验中得到了验证.理论分析和实验结果都表明:当被管理的网络设备较多时,完成同样的一项任务,MA 比 SNMP 的流量小;当被管理的网络设备数在一定范围内时,MA 的响应时间较少;为了减少响应时间,可以让 MA 访问一定数量的 NE 之后回到 NMS,我们就此进行了分析和实验.

本文只是考虑到主要因素,从而分析了两种结构的性能.在实际的复杂的网络环境中,影响性能的因素很多.如果我们能根据具体的环境,增强 MA 的自适应能力和处理策略,将会使基于 MA 的网络管理系统有更大的灵活性和智能性,这是 SNMP 所不具备的.

References:

- [1] Jones, K. Internet's SNMP and ISO's CMIP Protocols for Network Management. International Journal of Network Management, 1994. 130~137.
- [2] Stallings, W. SNMP, SNMPv2, and CMIP. The practical guide to network-management standards. Addison Wesley, 1993.
- [3] Waldbusser, S. Remote network monitoring management information base. RFC 1757, 1995.
- [4] Tennenhouse, D., Smith, J., Sincoskie, W., et al. A survey of active network research. IEEE Communications Magazine, 1997, 35(1):80~86.
- [5] OMG. The Common Object Request Broker Architecture and Specification. 1995.

- [6] Wellens, C., Auerbach, K. Towards useful management. *The Simple Times*, 1996,4(3):1~6.
- [7] Bieszcad, A., Pagurek, B., White, T. Mobile agents for network management. *IEEE Communications Surveys*, 1998,1(1):2~9.
- [8] Baldi, M., Picco, G.P. Evaluating the tradeoffs of mobile code design paradigms in network management applications. In: Kemmerer, R., Futatsugi, K., eds. *Proceedings of the 20th International Conference on Software Engineering (ICSE'98)*. ACM Press, 1998. 146~155.
- [9] Fall, K., Varadhan, K. NS notes and documentation. Technical Rapport, The VINT Project, 1999.
- [10] Aglet. <http://www.trl.ibm.co.jp/aglets/>.

Evaluating the Performance of a Network Management System Based on Mobile Agents*

ZHANG Pu-han, SUN Yu-fang

(*Institute of Software, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China*)

E-mail: phzhang@sonata.iscas.ac.cn

<http://www.ios.ac.cn>

Abstract: Currently, most network management systems are centralized and therefore, the management systems present severe limitations as far as performance, scalability, and flexibility are concerned. A potential approach to the problem is to equip the management system with MA (mobile agent) capabilities. But it is difficult to identify precisely under which conditions design exploiting mobile agent is preferable over a traditional one. In this paper, a quantitative model is presented to analyze the performance (traffic, response time) of mobile agent design paradigm against the traditional client-server architecture for network management. The mobile agent performance is compared with SNMP (simple network management protocol) one in several simulations. Analysis and simulations results show that the mobile agent performs better than the SNMP when the number of managed network elements exceeds a value related to the overhead of several retrievals of the SNMP. Moreover, a significant improvement of the mobile agent performance is obtained when the agent returns to the management station, after visiting a fixed number of nodes.

Key words: mobile agent; network management; SNMP (simple network management protocol); performance; traffic; response time

* Received June 14, 2001; accepted December 27, 2001

Supported by the National Natural Science Foundation of China under Grant No.69983009