

基于移动代理的网络管理系统的响应时间分析

张普含, 孙玉芳

(中国科学院软件所, 北京 100080)

摘 要: 针对基于移动代理的网络管理系统的响应时间, 提出了一个定量模型, 从理论上详细分析了影响响应时间的主要因素, 并就被管理的设备数, 不同任务, 与网络管理器的连接速率, 设备之间的连接速率等对响应时间的影响进行了模拟实验. 为了减小响应时间, 提出并分析了访问固定数量设备的方法. 结果表明, 不同的任务对响应时间的影响较大, 而与网络管理器连接的速率对响应时间的影响则较小, 当访问一固定数量的设备时, 会使相对应的响应时间最小.

关键词: 移动代理; 网络管理; 响应时间

中图分类号: TP393.07

文献标识码: A

文章编号: 0372-2112 (2002) 10-1421-04

Evaluating Response Time of a Network Management System Based on Mobile Agents

ZHANG Pu-han, SUN Yu-fang

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

Abstract: In order to reduce the response time for mobile agent-based network management system, we present a quantitative model to analyze the major factors that effect the response time. Various experiments are carried out in order to evaluate the effect on management response time: number of managed network elements, data rate between network elements and manager, data rate between network elements and task to be performed. Results show that the mobile agent is more influenced by the task to be performed and is less sensitive to the bandwidth of the bottleneck link that connects the management station to the remote LAN. Moreover, a significant improvement of the response time for mobile agent is obtained when the mobile agent sends data to the management station after visiting a fixed number of nodes.

Key words: mobile agent; network management; response time

1 引言

现有的网络管理系统主要分为两大类^[1]: 基于简单网络管理协议 (SNMP: Simple Network Management Protocol) 的管理和基于公用管理信息协议 (CMIP: Common Management Information Protocol) 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. 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 上处理, 因此这种集中式结构在大流量网络中效率非常低, 在性能、可扩展性、灵活性等方面具有很大的局限性. 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. 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. 移动代理可以移到存有数据的地方, 利用预先赋与它们的智能性, 选取使用者感兴趣的信息, 并做相应的处理. 这样就不需要传输大量的原始数据和中间临时数据. 但是要精确地判定在什么条件下基于移动代理的网络管理系统的性能更好是比较困难的. 系统的响应时间是体现性能的一个很重要的参数, 为此, 本文提出了一个定量模型, 从理论上分析了影响响应时间的主要因素, 并就此进行了模拟实验.

2 基于移动代理的网络管理系统

基于移动代理的网络管理系统的结构如图 1 所示. 主要包括三部分:

- (1) NMS (Network Management Station): 网络管理工作站;
- (2) NE (Network Element): 被管理的网络设备. 为了能在其上运行 MA, 必须有移动代理系统 MAS (Mobile Agent System);
- (3) MA (Mobile Agent): 移动代理, 具有本地处理能力和移

收稿日期: 2001-06-12; 修回日期: 2001-09-21

基金项目: 国家自然科学基金 (No. 69983009)

动性,可以处理数据并传送到别的 NE 和 NMS 上.

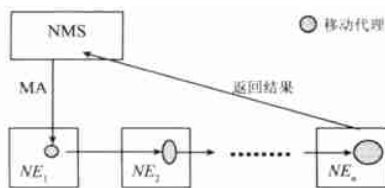


图1 基于MA的网络管理系统结构

其算法为:

- (1) NMS 产生一个 MA, 其内部包含了所需要的网管功能. 然后将此 MA 发送到第一个被管理设备 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 是不是最后一个没处理过的 NE, 如果不是, MA 将自己传送到下一个 NE, 然后转到 (2). 如果是最后一个没处理过的 NE, 转到 (5);
- (5) MA 处理完最后一个 NE 后, 将所有 NE 上的响应消息传送到 NMS, 由 NMS 进一步处理.

3 对响应时间的理论分析

系统的响应时间 (Response Time)^[8] 是指从 NMS 发出请求到接收到所有响应消息之间的时间. 也就是指从 NMS 向第一个 NE 发送 MA, 包括 MA 在 NE 之间的传输, 到在最后一个 NE 上完成响应把响应消息传送到 NMS 之间的时间. 在这里, 不考虑处理的时间, 只考虑传输占用的时间. 响应时间决定于要传输的数据流量和传输速度. 因此首先分析系统的数据流量.

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 $X = (X) + (X)X$. (X) 表示在面向连接方式中建立连接时交换的控制信息, (X) 决定于数据包的封装格式. 为了简单起见, 在下面的叙述中简化为 $X = (\frac{(X)}{X} + (X))X = \mu(X)X = \mu X$. 称 μ 为加权函数, 在这里, N 表示被管理的网络设备的数量, 为简单起见, 用 R 表示每个 NE 上 MA 完成任务后需要送到 NMS 的平均响应消息量. 系统的数据流量分两部分, 一部分是与 NMS 交换的流量, 用 T_M 表示, 一部分是 NE 之间的流量, 用 T_E 表示.

T_M 又包含两部分, 一部分是 NMS 向第一个 NE 发送的一个 MA, 另一部分是 MA 在最后一个 NE 上发送到 NMS 的所有响应消息. 用 C_{MA} 表示移动代理的初始大小, μ_{MA} 表示对 MA 封装时的加权函数, μ_R 表示对响应消息 R 封装时的加权函数. 则 NMS 的流量 T_M 可以表示为:

$$T_M = \mu_{MA} C_{MA} + N \mu_R R \quad (1)$$

用 $T_{E,n}$ 表示从第 $n-1$ 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 之间的数据流量的, 所以 $T_{E,1}=0$, 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

$$T_{E,n} = \mu_{MA} \sum_{m=1}^{n-1} R = (n-1) \mu_{MA} R$$

因此 NE 之间的流量 T_E 为:

$$T_E = (N-1) \mu_{MA} C_{MA} + \sum_{n=2}^N T_{E,n} = (N-1) \mu_{MA} C_{MA} + \frac{N^2 - N}{2} \mu_{MA} R \quad (2)$$

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 , 则系统的响应时间为:

$$t_{MA} = \frac{T_M}{v_m} + \frac{T_E}{v_e} = \frac{\mu_{MA} C_{MA} + N \mu_R R}{v_m} + \frac{(N-1) \mu_{MA} C_{MA} + \frac{N^2 - N}{2} \mu_{MA} R}{v_e} \quad (3)$$

由上式可以看出, 影响响应时间 t_{MA} 的主要参数有: 被管理的网络设备数 N , 连接 NMS 的速率 v_m , NE 之间的传输速率 v_e , 每一个 NE 上完成任务后需要发送到 NMS 的平均响应消息量 R , 还有 MA 的初始大小 C_{MA} . 我们分别就各个主要参数对响应时间的影响进行分析和模拟实验.

4 实验及分析

用网络模拟器^[9]来模拟测试系统的响应时间. 模拟一个有 300 个结点的以太网. 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, 因此把 ATP 和 IP 的头数据考虑在内. 其结构如图 2 所示. 被管理的网络设备 NE 在同一个局域网中. 下面分别对影响响应时间的主要因素进行实验和分析.

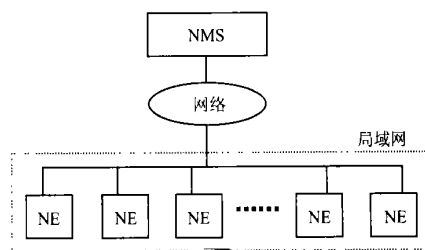


图2 实验网络管理系统结构

4.1 被管理的设备数对响应时间的影响

由式(3)可以看出, 响应时间 t_{MA} 是被管理设备数 N 的二次函数. 这里的设备数 N 为 300, 任务的响应消息量 R 为 69bytes, 连接 NMS 的速率 v_m 和 NE 之间的传输速率 v_e 都为 2Mbps, 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 C_{MA} 为 6.5 Kbytes. 设备数 N 对响应时间的影响如图 3 所示. 由图 3 可以看出, 当 N 超过一定数值时, 随着 N 的增大, 响应时间增

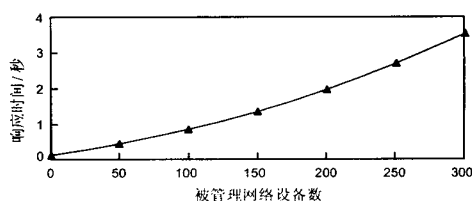


图3 被管理设备数对响应时间的影响

加的更快.

4.2 连接 NMS 的速率对响应时间的影响

与 NMS 的连接是网络管理中的“瓶颈”连接 (bottleneck link), 此连接的速率 v_m 究竟对系统的响应时间有什么影响呢? 我们就此进行分析测试. 由式 (3) 可以看出, v_m 对响应时间 t_{MA} 的影响决定于 NMS 的数据交换量 $\mu_{MA} C_{MA} + N\mu_R R$, 当任务对应的响应消息量 R 较小时, 则 v_m 对 t_{MA} 影响也较小.

本实验中, $N = 300$, $R = 69\text{bytes}$, $v_e = 2\text{Mbps}$, $C_{MA} = 6.5\text{Kbytes}$, 分别测试了 v_m 的三组值: $v_1 = 0.064\text{M}$, $v_2 = 2\text{M}$, $v_3 = 8\text{M}$. 测试结果如图 4 所示. 由图可以看出, v_m 越小, 对应的响应时间越长. v_2 和 v_3 对响应时间的影响曲线几乎是相同的, 这说明响应时间受 v_m 的影响并不大. 这一点非常重要, 因为 v_m 值正是系统的瓶颈, 它对响应时间的影响较小, 正说明基于 MA 的网络管理系统比传统的网管系统更具有可扩展性.

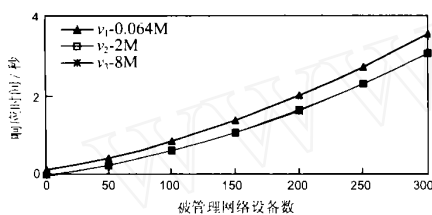


图 4 连接 NMS 的速率对响应时间的影响

4.3 NE 之间的速率对响应时间的影响

由式 (3) 可以看出, NE 之前的速率 v_e 对 t_{MA} 的影响决定于 NE 之间的数据传输量 $(N-1)\mu_{MA} C_{MA} + \frac{N^2-N}{2}\mu_{MA} R$. 本实验中, $N = 300$, $R = 69\text{bytes}$, $v_m = 2\text{Mbps}$, $C_{MA} = 6.5\text{Kbytes}$, 分别测试了 v_e 的三个值, $v_1 = 1\text{M}$, $v_2 = 2\text{M}$, $v_3 = 8\text{M}$. 测试结果如图 5 所示.

由图 5 可以看出, v_e 对响应时间的影响比较大, 而且随着 N 的增大而增大. v_e 越小, 响应时间越长.

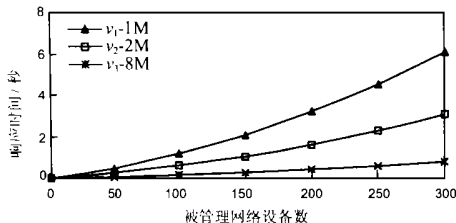


图 5 NE 之间的速率对响应时间的影响

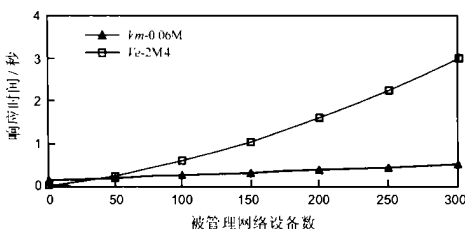


图 6 与 NMS 的交换时间和 NE 的传输时间比较

4.4 与 NMS 的交换时间和 NE 之间的传输时间比较

与 NMS 的交换时间和 NE 之间的传输时间比较如图 6 所示. 本实验中, $N = 300$, $R = 69\text{bytes}$, $v_m = 0.064\text{Mbps}$, $v_e = 2\text{Mbps}$, $C_{MA} = 6.5\text{KB}$. 由图可以看出, 与 NMS 的交换时间相对于 NE 之间的传输时间比较小, 而且随着设备数的增加两者的差别更大. 因此 NE 之间的传输时间在响应时间中占的比重比较大.

4.5 任务对响应时间的影响

不同的任务对 t_{MA} 的影响如图 7 所示. 本实验中, $N = 300$, $v_m = 2\text{Mbps}$, $v_e = 2\text{Mbps}$, $C_{MA} = 6.5\text{KB}$. 我们分别就三个任务进行了测试, 对应的响应消息量分别为: 69bytes , 138bytes , 207bytes . 由图 7 可以看出, 不同的任务对 t_{MA} 的影响比较大, 而且随着 N 的增大很快地增大. 例如, 当被管理的设备数从 150 增加到 250 时, 对于任务 t_1 , 响应时间从 1.053855 秒增加到 2.273925 秒, 而对于任务 t_3 则从 1.991565 秒增加到 4.871775 秒.

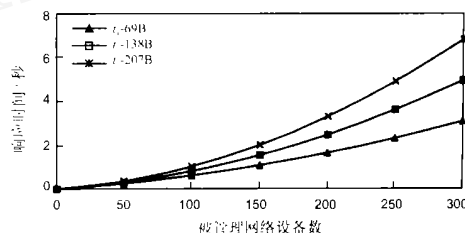


图 7 任务对响应时间的影响

4.6 访问固定数量的设备对响应时间的影响

由 4.4 节我们知道, MA 在 NE 之间的传输时间在响应时间中占的比重比较大, 因此如果能减小 NE 之间的传输时间就能相应地减少系统的响应时间. 我们知道, 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, 将这个结果一并送到 NMS, 然后重新从下一个开始.

这时与 NMS 交换的数据流量为

$$T_{M,K} = \mu_{MA} C_{MA} + r \sum_{k=1}^K \mu_R R = \mu_{MA} C_{MA} + rK\mu_R R = \mu_{MA} C_{MA} + N\mu_R R$$

但并不能说 $T_{M,K} = T_M$, 因为与 NMS 的交换的次数增加了, 就会使数据包数增加, 从而使加权函数 μ_R 增大. 因此有 $T_{M,K} > T_M$.

NE 之间的数据传输量为:

$$T_{E,K} = (N-1)\mu_{MA} C_{MA} + r \sum_{k=2}^K \sum_{m=1}^{k-1} \mu_{MA} R = (N-1)\mu_{MA} C_{MA} + \frac{N(K-1)}{2} \mu_{MA} R$$

很明显, $T_{E,K} < T_{E,K+1} < T_E$ 因为当处理完 K 个 NE 后将结果送到 NMS, 总是比再处理一个 NE 后再送到 NMS 时的 NE 之间的传输量小. 总体来说, 从理论上存在一个数值 K , 使系统的响应时间相对最小.

响应时间为

$$t_{MA, K} = \frac{T_M \cdot K}{v_m} + \frac{T_E \cdot K}{v_e} = \frac{\mu_{MA} C_{MA} + N \mu_R R}{v_m} + \frac{(N-1) \mu_{MA} C_{MA} + \frac{N(K-1)}{2} \mu_{MA} R}{v_e} \quad (4)$$

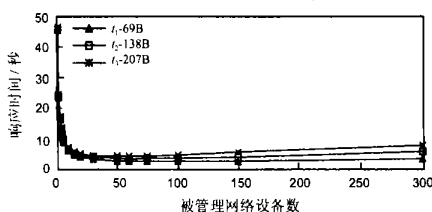


图 8 访问固定数设备对响应时间的影响

文中对此进行了模拟实验. 本实验中, $N = 300$, $R = 69\text{bytes}$, $v_m = 2\text{Mbps}$, $v_e = 2\text{Mbps}$, $C_{MA} = 6.5\text{KB}$, 测试数据如表 1 所示, 其对应的曲线如图 8 所示. 由图可以看出, 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. 就任务 t_1 而言, 当每次访问 75 个 NE 时, 对应的响应时间最小为 2.72949 秒, 与一次性访问所有的 300 个 NE 对应的响应时间 3.63489 秒相比, 减少了 26%. 同样地, 对于任务 t_2 , 在每次访问 60 个时响应时间最小为 3.56163, 相对于全访问时的 5.95743 减少了 40%, 对于任务 t_3 , 在每次访问 50 个时响应时间最小为 4.35372, 相对于全访问时的 8.27997 减少了 47%.

表 1 访问不同固定数设备对应的响应时间

| 每次访问的设备数 | 任务 $t_1(s)$ | 任务 $t_2(s)$ | 任务 $t_3(s)$ |
|----------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 45.50685 | 45.9726 | 46.43835 |
| 2 | 23.57556 | 24.04752 | 24.51948 |
| 3 | 16.26927 | 16.74744 | 17.22561 |
| 4 | 12.61923 | 13.10361 | 13.58799 |
| 5 | 10.43169 | 10.92228 | 11.41287 |
| 6 | 8.9754 | 9.4722 | 9.969 |
| 10 | 6.07524 | 6.59688 | 7.11852 |
| 15 | 4.64379 | 5.19648 | 5.74917 |
| 20 | 3.94359 | 4.52733 | 5.11107 |
| 30 | 3.27444 | 3.92028 | 4.56612 |
| 50 | 2.81364 | 3.58368 | 4.35372 |
| 60 | 2.72949 | 3.56163 | 4.39377 |
| 75 | 2.67639 | 3.60168 | 4.52697 |
| 100 | 2.68539 | 3.76593 | 4.84647 |
| 150 | 2.84964 | 4.24068 | 5.63172 |
| 300 | 3.63489 | 5.95743 | 8.27997 |

5 结束语

本文从理论上对基于移动代理的网络管理系统的响应时间进行了分析和比较, 并在模拟实验中得到了验证. 结果表明基于移动代理的网络管理系统的响应时间受任务的影响比较

大, 管理的设备数越多, 受影响越大. 而对连接 NMS 的速率并不敏感, 这是因为与 NMS 交换的数据量小, 因此基于移动代理的网络管理系统具有很好的可扩展性. 采用访问固定数量的设备的方案会减少响应时间.

本文只是考虑到主要因素分析了响应时间的影响. 在实际复杂的网络环境中, 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, 这是传统的集中式管理模式所无法比拟的.

参考文献:

- [1] Jones, K. Internet's SNMP and ISO's CMIP protocols for network management [J]. International Journal of Network Management, 1994, (9): 130 - 137.
- [2] Stallings, W. SNMP, SNMPv2, CMIP. The Practical Guide to Network Management Standards [S].
- [3] RFC 1757. Remote Network Monitoring Management Information Base [S].
- [4] Tennenhouse, D, Smith, J, Sincoskie, W, Wetherall, D, Minden, G. A survey of active network research [J]. IEEE Communications Magazine, 1997, 35(1): 80 - 86.
- [5] OMG. The Common Object Request Broker Architecture and Specification [S].
- [6] Wellens, C, Auerbach, K. Towards Useful Management [J]. The Simple Times, 1996, 4(3): 1 - 6.
- [7] Bieszcad, A, Pagurek, B, White, T. Mobile agents for network management [J]. 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 [A]. In Proceedings of the 20th International Conference on Software Engineering (ICSE '98) [C]. Japan: ICSE, 1998.
- [9] Fall, K, Varadhan, K. NS Notes and Documentation [R]. Report technique, The VINT Project, 1999.
- [10] Aglet, <http://www.trl.ibm.co.jp/aglets/>

作者简介:



张普含 男, 1970 年生于山东单县, 1992 年毕业于北京师范大学计算机专业, 获学士学位, 1997 年毕业于中国科学院高能所计算机网络专业, 获硕士学位, 现为博士生, 主要研究领域为计算机网络和移动代理; Email: phzhang@sonata.iscas.ac.cn

孙玉芳 男, 1947 年生于江苏张家港, 研究员, 博士生导师, 主要研究领域为操作系统, 中文信息处理, 大型数据库与网络工程.