

Modelo Analítico para Avaliar Plataformas Cliente/Servidor e Agentes Móveis Aplicado à Gerência de Redes

Juliana Amaral Arantes, Carlos Becker Westphall, Ricardo Felipe Custódio

{juliana, westphal}@lrg.ufsc.br, custodio@inf.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Curso de Pós Graduação em Ciências da Computação - CPGCC
Laboratório de Redes e Gerência – LRG
Caixa Postal: 476 CEP: 88040-970 Florianópolis – SC
Fone: (048) 331-9498 Ramal: 228 Fax: (048) 331-9770

Resumo

O constante crescimento das redes de computadores e da diversidade de topologias interconectadas vem dificultando cada vez mais uma gerência eficiente destas redes. A gerência centralizada, modelo mais adotado atualmente, tem se mostrado inflexível e ineficiente diante deste crescimento. Por outro lado, a mobilidade de código tem sido considerada uma possível solução para este problema. Neste contexto, este trabalho propõe um modelo analítico para avaliar o desempenho de agentes móveis (AM) em comparação com o modelo de gerência tradicional e centralizado (SNMP), em uma topologia genérica de rede. O modelo matemático proposto é aplicado em diversas topologias e configurações de rede para identificar sob quais condições cada técnica de gerência, AM e SNMP, é mais eficiente.

Abstract

The constant growth of computer networks and the variety of topologies being interconnected are making the efficient management of these networks a hard task. Centralized management, currently the most used model, is becoming inflexible and inefficient in view of this growth. On the other hand, code mobility is being considered as a possible solution to this problem. In this context, the present work proposes an analytical model to evaluate the performance of Mobile Agents (MA) compared with the traditional and centralized management model (SNMP) in a generic network topology. The proposed mathematical model is applied in some network topologies and configurations in order to identify under which situations each management technique, MA and SNMP, is more efficient.

Palavras Chaves: Gerência de redes, SNMP, agentes móveis, avaliação de desempenho

1. Introdução

A grande maioria das aplicações de gerência de redes utilizadas atualmente adotam os modelos centralizados de gerenciamento SNMP (*Simple Network Management Protocol*) ou CMIP (*Common Management Information Protocol*), baseados na arquitetura Cliente/Servidor. Mas, o constante crescimento das redes, e conseqüentemente da quantidade de informações a ser processada e trafegada pela rede, tem comprometido a eficiência destes modelos centralizados de gerenciamento. Além disso, a expansão das redes trouxe a tona os problemas de escalabilidade desta arquitetura centralizada.

A necessidade da descentralização ou distribuição da gerência de rede já foi amplamente reconhecida pela comunidade de gerência de redes e várias soluções vêm sendo propostas. As versões mais recentes das arquiteturas de gerenciamento já agregam características de distribuição, como por exemplo os *proxy agents* e o RMON da IETF. Entretanto, estas soluções ainda não apresentam o grau de descentralização e flexibilidade necessários à gerência de grandes redes [10][11][17]. Além disso, várias arquiteturas de gerenciamento distribuído e paradigmas de gerência que visam a descentralização vêm sendo estudados e propostos.

A mobilidade de código está sendo considerada como uma solução para descentralizar e otimizar a gerência das redes, uma vez que ela oferece um nível de flexibilidade necessário para lidar com os problemas advindos do gerenciamento centralizado e com a complexidade intrínseca das grandes redes. De acordo com [2], a mobilidade de código permite que se alcance uma gerência mais eficiente uma vez que a idéia é que as funções de gerenciamento devem se deslocar para os dados, ao invés de mover os dados para as funções, favorecendo ganhos em performance e flexibilidade. Várias características dos agentes móveis, tais como redução do tráfego na rede, superação da latência, compressão semântica, flexibilidade, autonomia e tolerância a falhas, os potencializam como uma solução efetiva para a descentralização da atividade de gerência.

O paradigma de agentes móveis vêm sendo amplamente discutido e vários trabalhos apontam as vantagens de sua utilização em diversos tipos de aplicações, dentre as quais a gerência de redes de computadores e telecomunicações. As pesquisas da utilização de agentes como forma de descentralização da atividade de gerência começaram com o paradigma de gerência por delegação [1][2][3][4]. Em [13] é apresentada uma avaliação de vários paradigmas de código móvel (Código sob Demanda, *Remote Evaluation* e Agentes Móveis) em comparação com a arquitetura Cliente/Servidor no domínio da gerência de rede. O desempenho de agentes móveis na descentralização da atividade de gerência vem sendo tema de diversas pesquisas [6][7][8][9][10][11]. Alguns trabalhos comparam efetivamente o paradigma de agentes móveis com o SNMP. Em [10], o autor realiza uma comparação de desempenho de agentes móveis e SNMP na gerência de redes locais e redes com topologia semelhante a Internet, através de implementação e simulações. Em [11] foi proposto um modelo analítico com o intuito de comparar o desempenho das duas técnicas em redes hierárquicas e com os roteadores cascadeados.

Dentro deste contexto, este trabalho objetiva avaliar o desempenho dos agentes móveis enquanto técnica de gerência de redes em comparação com o SNMP, modelo de gerência tradicional e centralizado, em uma topologia genérica de rede. E, o mais importante, visa prover uma maneira simples de identificar a melhor técnica a ser utilizada em cada situação, ou seja, em cada topologia e configuração de rede. A sua organização é descrita a seguir. Na 2ª seção é proposto um modelo analítico para a avaliação de desempenho da aplicação de agentes móveis e SNMP na gerência de redes. A seção 3 mostra efetivamente a comparação das duas técnicas, através da aplicação do modelo matemático proposto em alguns estudos de casos. Em seguida, na 4ª seção, são apontadas algumas possíveis evoluções do modelo analítico. Finalmente, as conclusões são apresentadas na seção 5.

2. Modelo Analítico para Avaliação de Desempenho das Técnicas de Gerenciamento de Rede com Agentes Móveis e SNMP

Os métodos de gerência centralizados, como o SNMP, podem comprometer o desempenho da atividade de gerência com o crescimento e aumento da complexidade da rede alvo do gerenciamento. Por outro lado, os agentes móveis foram apresentados como uma

possível alternativa para a descentralização da gerência de redes. Neste contexto, este trabalho propõe e valida um modelo matemático que pode ser utilizado para avaliar e comparar o desempenho das duas técnicas de gerenciamento de redes, paradigma de agentes móveis e SNMP, em qualquer topologia e configuração de rede.

A métrica considerada na avaliação de desempenho foi o tempo de resposta resultante de uma operação de gerência em diversos recursos distribuídos por um ou mais segmentos da rede. Esta operação de gerência consiste da obtenção de variáveis SNMP da MIB de cada elemento gerenciado. Com a utilização desta métrica o trabalho mantém a homogeneidade com [10][11][17], que também avaliaram o tempo de resposta, facilitando uma comparação efetiva dos resultados obtidos.

Assim, o modelo matemático proposto visa calcular o tempo necessário para a realização de uma determinada tarefa de gerência por cada uma das técnicas em uma topologia genérica de rede. Através do modelo pretende-se identificar as topologias e os limiares onde cada técnica apresenta melhor desempenho na atividade de gerência. Para tanto, posteriormente, o modelo será empregado em estudos de caso.

É importante salientar que o modelo analítico assume que os enlaces e nós da rede não possuem carga e não têm perda. Além disso, o tempo de processamento na camada de aplicação e os detalhes do protocolo SNMP, como segmentação de pacotes e protocolo de transporte, não são considerados. Em acréscimo, o modelo também não computa o tempo referente à plataforma do agente móvel.

No caso de uma rede com roteamento dinâmico, o modelo proposto deve ser aplicado uma vez para cada possível configuração de roteamento, uma vez que este modelo não considera o algoritmo de roteamento.

O modelo considera o tempo médio de processamentos em cada elemento de rede a ser gerenciado, que é o tempo necessário ao agente SNMP contido no NE (*Network Element*) para buscar uma dada variável na MIB (*Management Information Base*) correspondente. Este tempo é diferente para as duas técnicas, já que no caso do agente móvel existe a comunicação deste com o agente SNMP do elemento de rede, que por sua vez busca a variável na MIB correspondente. No caso do SNMP existe apenas a comunicação do agente SNMP com a MIB.

As variáveis, que definem a topologia e a configuração da rede, utilizadas em toda a dedução matemática são descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Variáveis do modelo matemático

Variável	Descrição	Unidade
L_i	Latência da rede i	Segundos
B_i	Largura de banda da rede i	Mbps
E_i	Nº de NE da rede i	Inteiro
Q_i	Nº total de sub-redes da rede i	Inteiro
$SQ_i[1..Q_i]$	Identificadores das sub-redes da rede i	Vetor de inteiros
NI_i	Nível do roteamento de ida da NMS para a rede i	Inteiro
$SI_i[0..N_i]$	Identificadores dos segmentos de ida da NMS até a rede i	Vetor de inteiros
NV_i	Nível do roteamento de volta da rede i para a NMS	Inteiro
$SV_i[0..N_i]$	Identificadores dos segmentos de volta da rede i para a NMS	Vetor de inteiros
K	Tamanho inicial do código do AM	Bits
P	Tamanho do pedido/requisição (PDU <i>GetRequest</i>)	Bits
R	Tamanho da resposta (PDU <i>GetResponse</i>)	Bits
TMIBSNMP	Tempo médio de acesso a MIB para o SNMP por NE	Segundos
TMIBAM	Tempo médio de acesso a MIB para o AM por NE	Segundos

Cada segmento de rede tem um identificador com a finalidade de identificar seus parâmetros ou variáveis, representado pelo “i” na Tabela 1. Cada rede ou segmento de rede tem um parâmetro que indica a quantidade de sub-redes (Q_i). Neste caso, entende-se por sub-rede os segmentos que estão interconectados um nível abaixo da rede “i”, ou seja, via um roteador. O vetor SQ_i contém os identificadores das sub-redes da rede i.

A grande maioria das WANs atuais, incluindo a Internet, adotam um roteamento dinâmico muitas vezes com rotas diferentes de entrada e saída ou requisição e resposta. Para atender a este tipo de rede cada segmento possui duas variáveis, NI_i e NV_i , que representam respectivamente o nível do roteamento de ida da NMS (*Network Management Station*) para a rede i e o nível de roteamento de volta da rede i para a NMS. O nível corresponde à quantidade de roteadores percorridos da estação de gerenciamento até a rede i em questão nas requisições, ou da rede i até a NMS nas respostas. O vetor SI_i contém os identificadores dos segmentos que devem ser percorridos pela requisição da NMS até se atingir a rede i. Já o vetor SV_i contém os identificadores dos segmentos que devem ser percorridos pela resposta da rede i até a NMS.

Os tamanhos do pedido e da resposta dizem respeito respectivamente ao tamanho das PDUs *GetRequest* e *GetResponse* do SNMP. Estas PDUs indicam a tarefa de gerência a ser executada, ou seja, identificam a variável a ser obtida das MIBs dos elementos de rede.

2.1 Modelo Analítico para o SNMP

Para realizar uma operação de gerência através do SNMP em um elemento de rede, a estação gerenciadora envia uma requisição (PDU *GetRequest*) ao agente SNMP do elemento a ser gerenciado que consulta a MIB e retorna o valor da variável requisitada (PDU *GetResponse*) à NMS. Este processo está ilustrado na Figura 1.

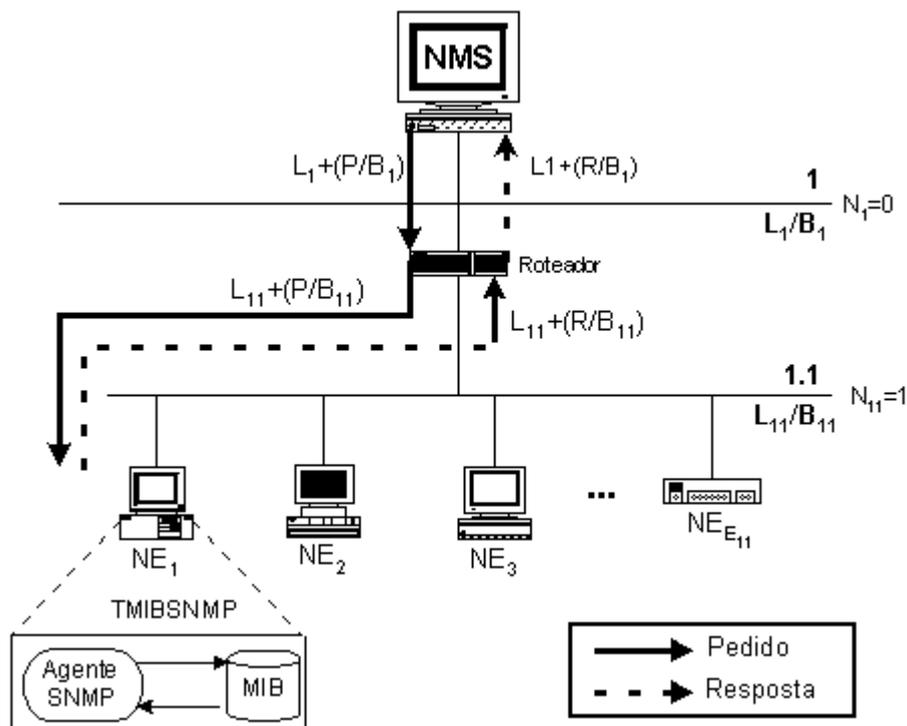


Figura 1 - Modelo de gerência SNMP

O tempo de resposta resultante de uma operação de gerência em um NE é função dos tempos necessários para a realização das seguintes tarefas:

1. Requisição trafegar pela rede até o NE;
2. Requisição ser processada no NE; e
3. Resposta trafegar de volta até a NMS.

Os tempos de tráfego das informações (tarefas 1 e 3) são dados pela soma da latência (L) de todos os seguimentos por onde trafega o pacote SNMP somado à divisão do tamanho da informação transitada (P e R) pela largura de banda (B) do segmento. O tempo de processamento no NE (tarefa 2) é o tempo médio de acesso a MIB no SNMP (TSNMPMIB). Assim, o tempo necessário para gerenciar o recurso NE_1 (T_{NE1}), ilustrado na Figura 1, é dado por:

$$T_{NE1} = \underbrace{L_1 + \frac{P}{B_1} + L_{11} + \frac{P}{B_{11}}}_{\text{Tarefa 1}} + \underbrace{TMIBSNMP}_{\text{Tarefa 2}} + \underbrace{L_1 + \frac{R}{B_1} + L_{11} + \frac{R}{B_{11}}}_{\text{Tarefa 3}} \quad (1)$$

Não podemos simplificar os termos referentes às tarefa 1 e 3 para não restringir o modelo. Neste caso, o roteamento de entrada e saída é o mesmo, tanto na requisição quanto na resposta os pacotes trafegam pelos mesmos segmentos da rede, e portanto a equação poderia ser simplificada. No caso de existirem diferentes rotas para entrada e saída isto não aconteceria.

O tempo necessário para gerenciar cada recurso de um mesmo segmento de rede é o mesmo, uma vez que o modelo considera o tempo médio de processamento nos elementos de rede. Então, para obtermos o tempo de resposta proveniente do gerenciamento de todos os recursos de um mesmo segmento de rede basta multiplicar o tempo de gerenciamento de um recurso pela quantidade total de recursos do segmento. Desta maneira, o tempo de gerenciamento dos recursos do segmento de rede 1.1 é dado por:

$$T_{11} = E_{11} \times \left(L_1 + \frac{P}{B_1} + L_{11} + \frac{P}{B_{11}} + TMIBSNMP + L_1 + \frac{R}{B_1} + L_{11} + \frac{R}{B_{11}} \right) \quad (2)$$

No caso de um segmento genérico i , os níveis de roteamento de entrada e saída do segmento (NI_i / NV_i) são utilizados para obter a quantidade de sub-redes (segmentos de rede) por onde o pacote SNMP trafegou da NMS até o segmento em questão e do segmento até a NMS. Os identificadores dos segmentos (SI_i / SV_i) são utilizados para obter a latência e a largura de banda de cada segmento. Assim, generalizando a Equação 2 para um segmento de rede genérico i , temos:

$$TSNMPSEG_i = E_i \times (TIDA_i + TMIBSNMP + TVOLTA_i) \quad (3)$$

Onde:

✓ $TIDA_i$ é o tempo da requisição trafegar pela rede da NMS até o NE (Tarefa 1 descrita anteriormente), e é dado por:

$$TIDA_i = \sum_{u=0}^{NI_i} \left(L_{SI_i[u]} + \frac{P}{B_{SI_i[u]}} \right) \quad (4)$$

✓ $TVOLTA_i$ é o tempo da resposta trafegar de volta do NE até a NMS (Tarefa 3 descrita anteriormente), e é dado por:

$$TVOLTA_i = \sum_{u=0}^{NV_i} \left(L_{SV_i[u]} + \frac{R}{B_{SV_i[u]}} \right) \quad (5)$$

Finalmente, o tempo gasto por uma operação de gerência SNMP em uma rede corresponde à soma dos tempos necessários para executar esta operação em cada um dos elementos a serem gerenciados, em cada um dos segmentos da rede, e é dado por:

$$\text{TSNMP}_i = \underbrace{\text{TSNMPSEG}_i}_{\text{Tempo de gerência dos NEs da rede } i} + \underbrace{\left(\sum_{u=1}^{Q_i} \text{TSNMPSEG}_{SQ_i[u]} \right)}_{\text{Tempo de gerência de cada sub-rede da rede } i} \quad (6)$$

A equação 6 utiliza a quantidade de sub-redes da rede i , dada por Q_i , e os identificadores de cada uma destas sub-redes, dados pelo vetor SQ_i , para calcular o tempo referente à execução da operação de gerência em cada uma destas sub-redes.

2.2 Modelo Analítico para o Paradigma de Agentes Móveis

O esquema de gerenciamento com agentes móveis é ilustrado na Figura 2. Para realizar uma operação de gerência no paradigma de agentes móveis, a NMS envia o agente para o primeiro recurso a ser gerenciado, este agente percorre cada um dos recursos em um ou mais segmentos da rede e retorna a estação gerenciadora. Em cada um dos recursos o agente móvel interage com o agente local do recurso que por sua vez consulta a MIB correspondente.

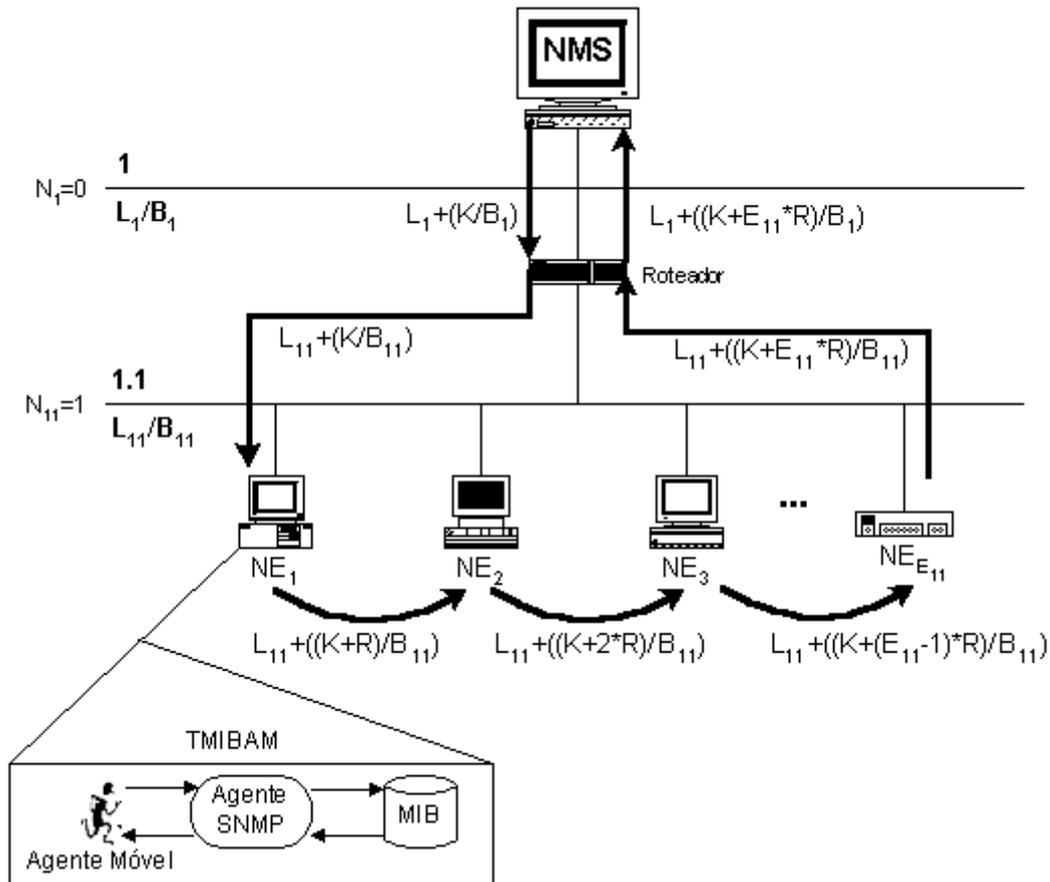


Figura 2 - Modelo de gerência com o paradigma de agentes móveis

O tempo total gasto para realizar a mesma operação de gerenciamento através do paradigma de agentes móveis é dado pela soma dos tempos necessários a execução das seguintes tarefas:

1. AM percorre a rede local da NMS, caso haja elementos a serem gerenciados, e envia os dados (respostas) para a NMS; e
2. AM percorre cada sub-rede. A tarefa 2 é executada tantas vezes quanto for a quantidade de sub-redes, e é assim subdividida:
 - 2.1. AM migra para a sub-rede;
 - 2.2. AM percorre todas as sub-redes da sub-rede em questão, caso existam;
 - 2.3. AM percorre a sub-rede em questão; e
 - 2.4. AM volta para sub-rede imediatamente superior.

Isto é, o agente móvel se desloca para a última sub-rede e vai “subindo” os níveis da rede até chegar à NMS.

Assim, o tempo total gasto pelo AM, de acordo com as tarefas descritas, é dado pela equação (7) abaixo:

$$TAM_i = \underbrace{L_i + \frac{K}{B_i}}_{1^\circ \text{ NE da rede}} + \underbrace{\left(\sum_{u=2}^{E_i} \frac{K + (u-1) \times R}{B_i} \right) + E_i \times TMIBAM + E_i \times L_i}_{\text{Percorre toda a rede}} + \underbrace{\frac{R \times E_i}{B_i}}_{\text{Dados NMS}} + \underbrace{\left(\sum_{u=1}^{Q_i} TAMSEG_{i_u} \right)}_{\text{Tempos das sub-redes}} \quad (7)$$

TAREFA 1
TAREFA 2

O agente móvel tem sempre definido o itinerário a ser percorrido para a realização das tarefas descritas no seu código. Neste caso, como a tarefa a ser executada consiste na gerência de todos os NEs de todos os segmentos da rede, o itinerário corresponde à rede local da NMS e todas as suas sub-redes.

O tempo gasto na gerência de uma sub-rede j da rede i é dado por:

$$TAMSEG_{i_j} = \underbrace{T_IDA_{i_j}}_{\text{Tarefa 2.1}} + \underbrace{\left(\sum_{u=1}^{Q_j} TAMSEG_{SQ_i[j]_u} \right)}_{\text{Tarefa 2.2}} + \underbrace{T_PERCORRE_{i_j}}_{\text{Tarefa 2.3}} + \underbrace{T_VOLTA_{i_j}}_{\text{Tarefa 2.4}} \quad (8)$$

Desta forma, o tempo de um segmento ou sub-rede j é dado pela soma dos seguintes tempos:

- ✓ Tempo de ida do agente móvel do segmento i para sua sub-rede j

$$T_IDA_{i_j} = L_i + \frac{K + RACI_{i_j}}{B_i} + L_{SQ_i[j]} + \frac{K + RACI_{i_j}}{B_{SQ_i[j]}} \quad (9)$$

Onde $RACI_{i_j}$ retorna as respostas acumuladas pelo AM na ida para o segmento e será definida adiante, pela Equação 12.

✓ Tempo gasto para percorrer todos os NE do segmento j da rede i

$$T_PERCORRE_{ij} = \left(\sum_{u=2}^{ESQ_i[j]} \frac{K + RAC_{ij} + (u-1) \times R}{B_{SQ_i[j]}} \right) + (ESQ_i[j] - 1) \times L_{SQ_i[j]} + \quad (10)$$

$$ESQ_i[j] \times TMIBAM$$

Onde RAC_{ij} retorna as respostas acumuladas pelo AM no momento de percorrer o segmento e será definida adiante, pela Equação 14.

✓ Tempo de volta do AM do último recurso do segmento j para o segmento imediatamente anterior (i)

$$T_VOLTA_{ij} = L_{SQ_i[j]} + \frac{K + R \times ESQ_i[j] + RAC_{ij}}{B_{SQ_i[j]}} + L_i + \frac{K + R \times E_i + RAC_{ij}}{B_i} \quad (11)$$

As funções que acumulam as respostas obtidas pelo AM (RAC_i e RAC) são muito importantes, já que quando o agente está se deslocando ou percorrendo um segmento ele já carrega junto com seu código todas as respostas acumuladas das visitas aos NEs dos segmentos já percorridos. Estas funções são definidas a seguir.

A função RAC_{ij} retorna as respostas acumuladas, em octetos, pelo agente móvel quando este se desloca da rede i para sua sub-rede j. Neste momento o AM já percorreu todas as sub-redes de i anteriores a j, e a função é dada por:

$$RAC_{ij} = R \times \left(\sum_{z=1}^{Q_i-j} QTNE_{SQ_i[z]} \right) \quad (12)$$

Onde $QTNE_i$ retorna a quantidade de NEs da rede i e de todas as suas sub-redes, sendo definida como:

$$QTNE_i = E_i + \left(\sum_{z=1}^{Q_i} QTNE_{SQ_i[w]} \right) \quad (13)$$

A função RAC_{ij} retorna as respostas acumuladas em octetos pelo agente móvel, quando este percorre a sub-rede j da rede i. Neste momento o AM já percorreu todas as sub-redes de i anteriores a j e também todas as sub-redes do segmento j. Assim temos:

$$RAC_{ij} = RAC_{ij} + \left(\sum_{z=1}^{QSQ_i[j]} QTNE_{SQ(SQ_i[j])[z]} \right) \quad (14)$$

Onde RAC_i e $QTNE$ são definidas nas Equações 12 e 13, respectivamente.

3. Comparação de Desempenho de Agentes Móveis e SNMP através de Estudos de Caso

Com a finalidade de comparar efetivamente as duas técnicas de gerência de redes, SNMP e agentes móveis, o modelo matemático proposto anteriormente foi aplicado em alguns estudos de caso com diferentes topologias de rede. Para tanto, os parâmetros de configuração de várias topologias de rede são empregadas diretamente nas equações do modelo analítico gerando gráficos onde o comportamento das técnicas pode ser observado e analisado. Nesta etapa do trabalho foram utilizados os softwares matemáticos MAPLE e MATLAB.

3.1 Estudo de Caso 1 - Gerência Remota de uma LAN

Na topologia utilizada neste estudo de caso, ilustrada na Figura 3, os elementos de rede estão distribuídos em uma rede local *Ethernet* (segmento 1.1) com largura de banda igual a 10Mbps e latência de 10 μ s. Esta rede é gerenciada remotamente pela NMS que se encontra em outro segmento da rede (segmento 1) conhecido como enlace de gargalo. Este enlace é também conhecido como de alto custo por apresentar uma maior latência e uma menor largura de banda em comparação com a rede local.

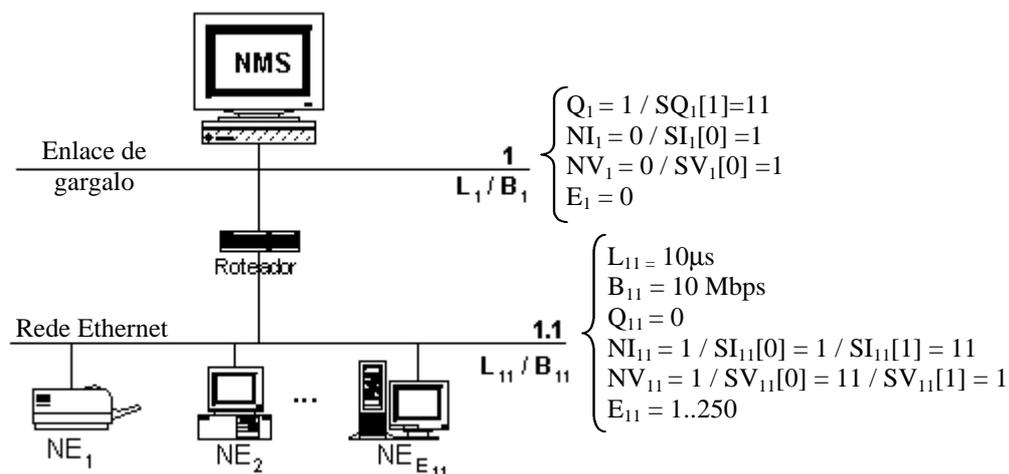


Figura 3 - Gerência remota de uma LAN

A quantidade de elementos de rede a serem gerenciados (E_{11}) foi variada de 1 até 250. Foram analisados os efeitos das seguintes variáveis no gerenciamento: latência e largura de banda no enlace de gargalo e tarefa a ser executada (tamanho das PDUs *GetRequest* e *GetResponse* da variável a ser consultada na MIB). Assim, em cada um dos experimentos realizados, uma das variáveis acima teve seu valor variado e pôde ter seu efeito avaliado.

1. Latência no enlace de gargalo: A Figura 4 mostra os parâmetros utilizados no experimento, bem como o gráfico resultante. Podemos observar que o comportamento do agente móvel não sofre interferência da latência do enlace de gargalo, diferentemente do que ocorre com o SNMP. O SNMP é fortemente influenciado pela latência já que para cada recurso gerenciado o pacote SNMP trafega duas vezes pelo enlace de gargalo. Já no caso do agente móvel este enlace só é percorrido pelo agente duas vezes ao longo de todo o processo de gerência, independente da quantidade de recursos a serem gerenciados. Dentre os valores utilizados no experimento, apenas no caso da latência de 1ms o agente móvel apresentou um desempenho um pouco abaixo do SNMP quando a quantidade de NE é superior a 50. Isso pode ser facilmente explicado já que como o valor da latência do enlace é muito baixo, a quantidade de vezes que os pacotes trafegam pelo enlace não compromete o tempo de

resposta. Neste caso a diferença no tempo de resposta só é visível a medida que aumentam os recursos a serem gerenciados, já que quanto mais recursos visitados, maior será o agente móvel no momento de retornar a NMS passando pelo enlace. Assim, a discrepância entre os tempos de resposta das duas técnicas para diferentes enlaces aumenta proporcionalmente ao número de elementos gerenciados.

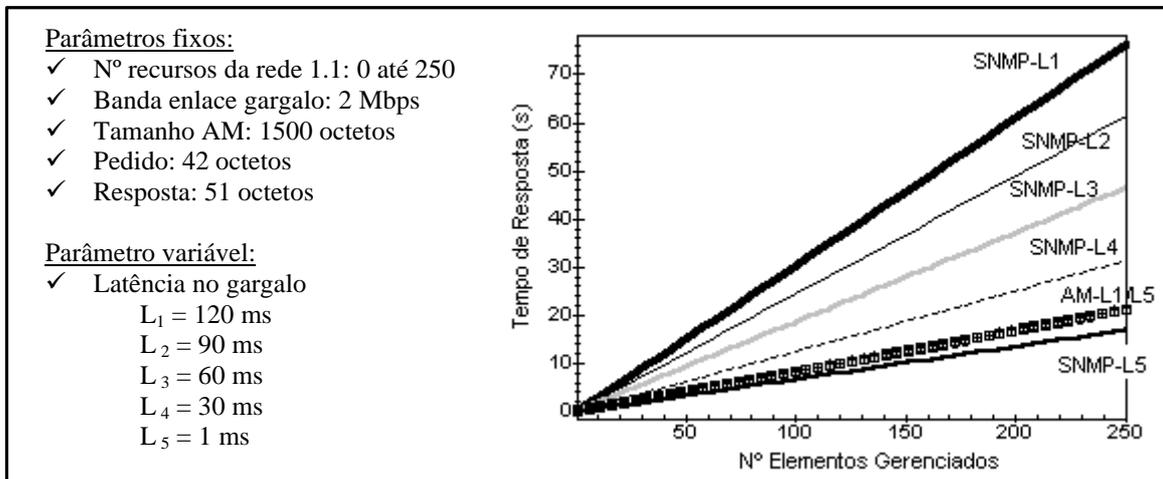


Figura 4 – Tempo de Resposta para Diferentes Latências do Enlace de Gargalo

2. Banda no enlace de gargalo: O resultado deste experimento, juntamente com o valor dos parâmetros utilizados, é apresentado na Figura 5.

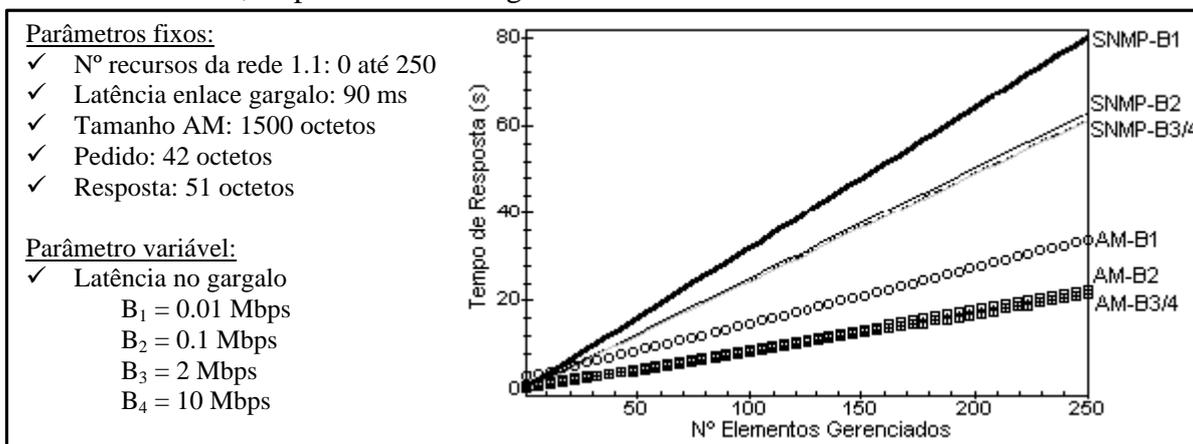


Figura 5 – Tempo de Resposta para Diferentes Larguras de Banda do Enlace de Gargalo

Analisando o gráfico acima podemos observar que os tempos tanto para o SNMP quanto para o AM são bem maiores quando o enlace apresenta uma pequena largura de banda (B_1). Os demais valores praticamente não interferem nos tempos de ambas as técnicas. Isso ocorre porque uma pequena largura de banda compromete o tráfego tanto dos pacotes SNMP quanto do agente móvel. O AM possui invariavelmente um desempenho melhor que o SNMP, quanto maior a quantidade de elementos gerenciados, novamente pelo fato de trafegar menos vezes pelo enlace de gargalo.

3. Tarefa a ser executada: A Figura 6 ilustra os parâmetros e o gráfico resultante da execução de diferentes tarefas de gerência. Entenda-se por tarefa a variável da MIB a ser obtida. A partir de uma análise do gráfico conclui-se que o tempo de resposta do SNMP é insensível quanto a variação da tarefa. Isso se deve ao fato do SNMP gerenciar cada recurso isoladamente, ou seja, a variação da quantidade de octetos que trafega no enlace de gargalo é muito pequena para alterar significativamente o tempo de resposta. Já no caso do AM, a

variação do tempo de resposta é pequena na configuração testada, mas já é possível de ser visualizada para uma quantidade maior de recursos. A tendência é que essa diferença aumente principalmente com o aumento do tamanho da resposta podendo, dependendo da configuração, demandar um tempo de resposta superior ao tempo do SNMP.

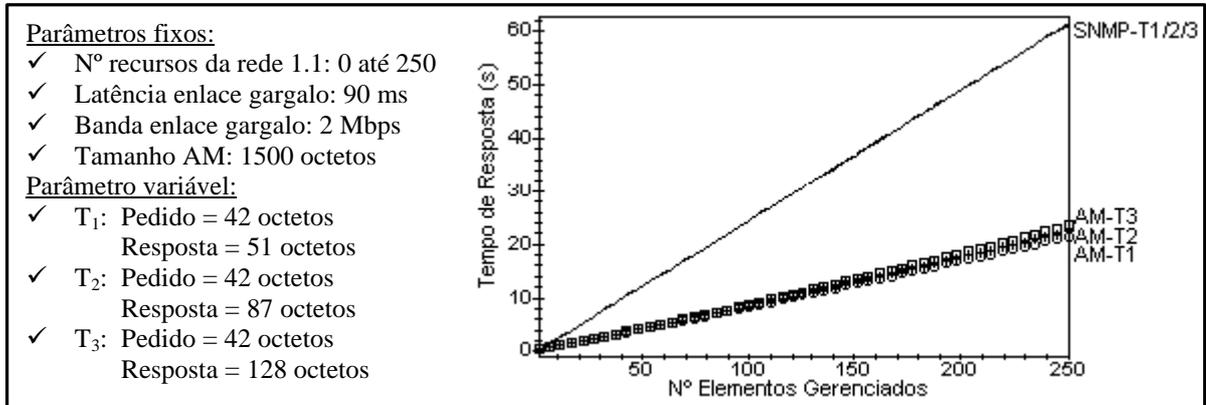


Figura 6 – Tempo de Resposta para Diferentes Tarefas

Com base em todos os experimentos realizados neste tipo de topologia de rede, conclui-se que a latência do enlace de gargalo, a tarefa de gerência a ser executada e a quantidade de recursos a serem gerenciados são fatores importantes que devem ser analisados na escolha do esquema de gerenciamento. A utilização de AM é mais interessante para enlaces de gargalo com latência muito alta, uma vez que esta latência afeta diretamente o desempenho do SNMP e não interfere no desempenho do agente móvel. Quando a tarefa a ser executada demandar uma grande quantidade de octetos de pergunta e principalmente de resposta, o SNMP é mais vantajoso. E quanto maior a quantidade de elementos a serem gerenciados, melhor será o desempenho de AM comparado ao SNMP, exceto no caso de tarefas grandes.

3.2 Estudo de Caso 2 – Gerência de uma Rede Local

Neste estudo de caso será analisada a gerência de uma rede local onde a estação gerenciadora faz parte da própria rede local, como mostra a topologia ilustrada na Figura 7. Esta topologia é um caso específico da topologia apresentada no Estudo de Caso 1, com a banda do enlace de gargalo tendendo a ∞ e a latência deste enlace tendendo a zero.

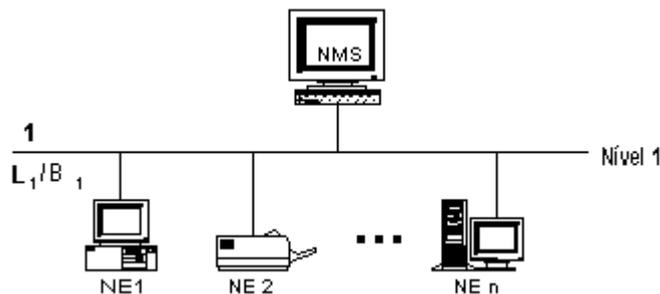


Figura 7 – Gerência de uma Rede Local

Os efeitos da variação das mesmas variáveis foi analisado em dois modelos de rede local, *Ethernet* e *FastEthernet*, com uma banda passante de 10Mbps e 100Mbps respectivamente. Diante dos experimentos realizados, é possível concluir que para uma topologia onde a NMS está inserida na própria rede a ser gerenciada, o uso do SNMP na atividade de gerência é mais eficiente, em termos de tempo de resposta, do que o uso de agente móvel. Isto ocorre, pois as redes locais têm uma latência muito baixa e uma largura de

banda bastante alta, favorecendo o desempenho do SNMP. Em todos os efeitos da variação das variáveis estudados neste caso o tempo de resposta do SNMP foi consideravelmente menor do que o tempo do agente móvel.

3.3 Estudo de Caso 3 – Gerência de uma Rede com Topologia Genérica

A topologia da rede utilizada neste estudo de caso está ilustrada na Figura 8. Aqui a finalidade é analisar o desempenho de agentes móveis e SNMP na gerência inter-redes. Foi considerada uma largura de banda de 2 Mbps e uma latência de 60 ms em cada um dos segmentos da rede. A quantidade de elementos de rede de cada um dos segmentos foi variada de 1 a 50.

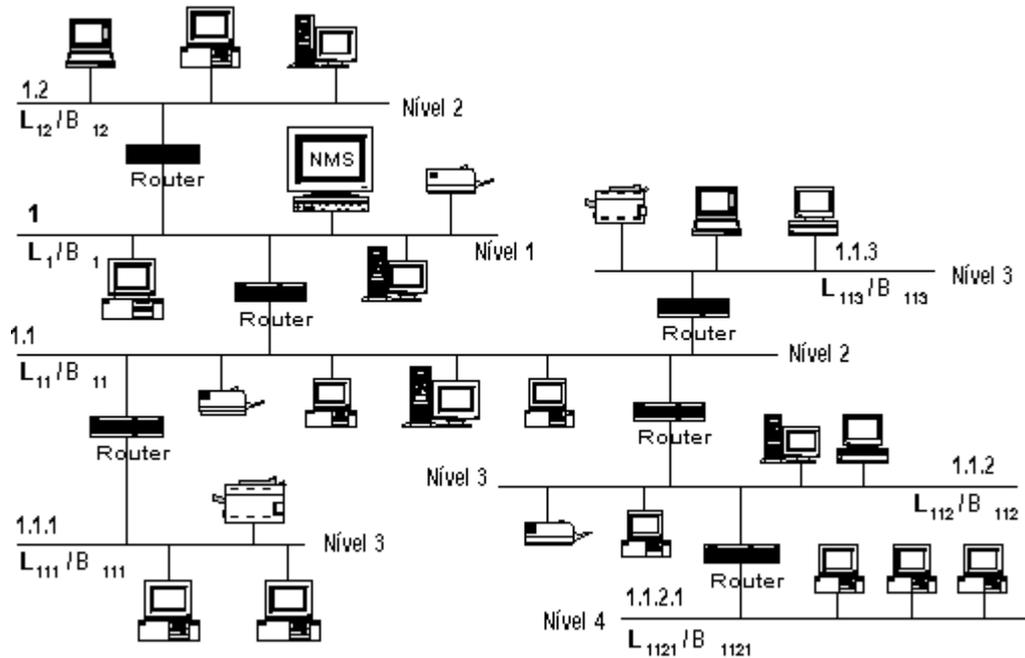


Figura 8 – Topologia da Rede Testada

Analisando a variação da tarefa de gerência podemos verificar o mesmo comportamento observado no estudo de caso 1, como pode ser observado na Figura 9.

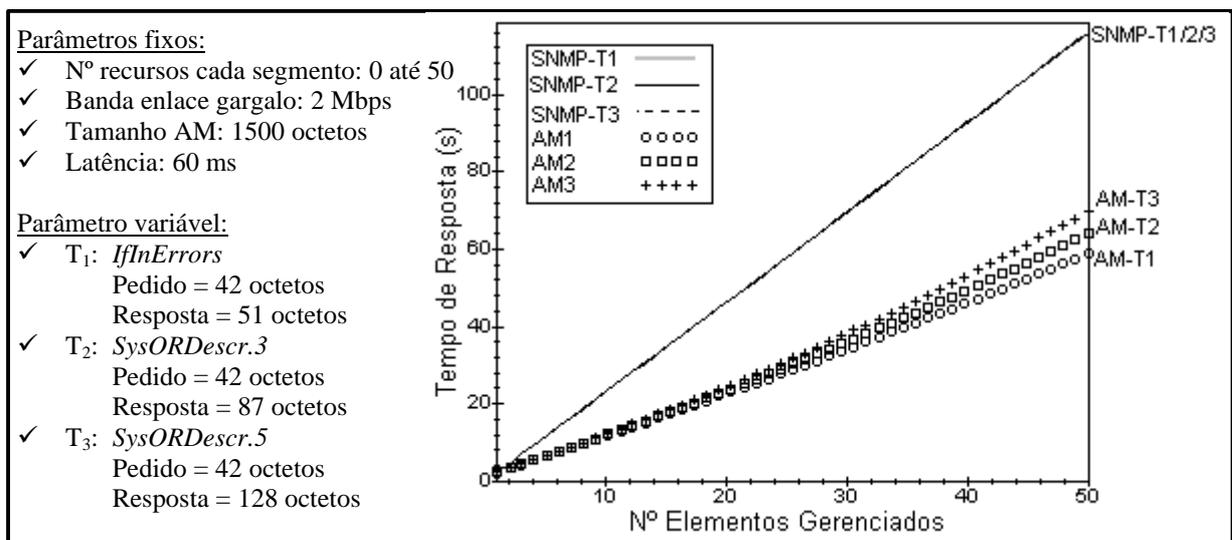


Figura 9 – Tempo de Resposta para Diferentes Tarefas de Gerência

O tempo de resposta do SNMP não é alterado, já que a variação do número de octetos trocados entre a NMS e cada NE é bem pequena. Já o comportamento do agente móvel é bastante influenciado, uma vez que o aumento da quantidade de octetos trocados gera um aumento do código do agente móvel. Outro fator observado foi que o tempo de resposta do agente móvel cresce mais rapidamente, quando comparado ao tempo do SNMP, com o aumento do número de elementos gerenciados. Este fato pode ser observado no gráfico da Figura 10. Neste gráfico, a quantidade de NEs de cada segmento da rede foi variada de 1 até 200.

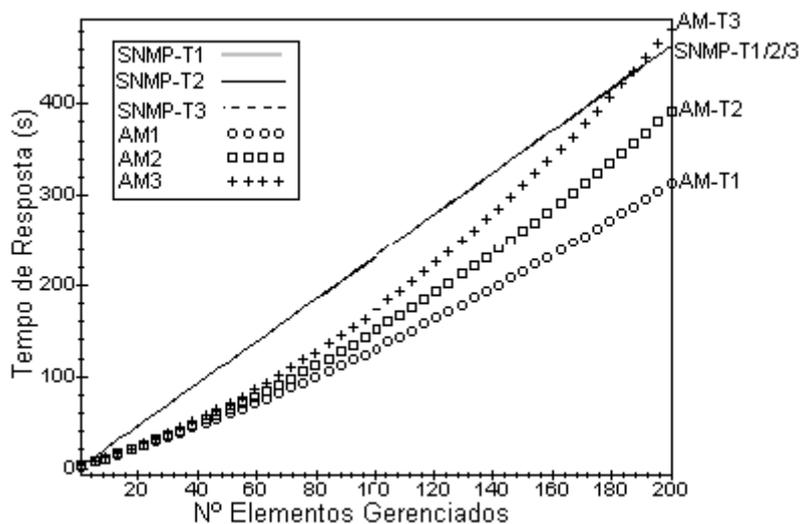


Figura 10 – Tempos para diferentes tarefas de gerência

O tempo de resposta do AM cresce mais rapidamente porque o tamanho do AM aumenta proporcionalmente com a quantidade de nós visitados, fazendo com que o tráfego do agente pela rede seja dificultado. Isso pode ser solucionado fazendo com que o agente móvel retorne a estação gerenciadora após visitar um determinado número de nós para descarregar os dados. Ou ainda, o agente móvel pode enviar estes dados coletados para a NMS sem a necessidade de retornar.

Diante dos resultados obtidos nesta topologia de rede, é importante analisar a quantidade de elementos gerenciados e a quantidade de octetos demandada pela tarefa de gerência antes de optar por uma das técnicas. Estes dois fatores têm uma grande influência no desempenho do agente móvel. Além disso, no caso de existirem enlaces de gargalo, tanto a largura de banda quanto a latência deste enlace devem ser cuidadosamente analisados, uma vez que estes fatores afetam diretamente o comportamento dos paradigmas.

4. Evoluções do Modelo Matemático Proposto

Existem algumas possíveis evoluções, descritas a seguir, que podem ser aplicadas ao modelo proposto para torná-lo mais próximo da realidade e, conseqüentemente, mais facilmente aplicável a algumas topologias e configurações de redes mais complexas.

A possibilidade de diferentes roteamentos de requisição e resposta para cada segmento da rede está prevista no modelo matemático. Já o roteamento dinâmico não é previsto porque depende do algoritmo de roteamento empregado. Contudo, o modelo proposto pode ser utilizado em redes com este esquema de roteamento, devendo ser aplicado uma vez para cada possível configuração de roteamento. Desta maneira, o modelo mostrará o desempenho de cada técnica de gerência em cada esquema de roteamento. É como se em cada possível

esquema fosse tirada uma fotografia da rede, e a configuração visualizada nesta fotografia fosse aplicada no modelo.

O modelo analítico, a princípio, não leva em conta o tempo referente à plataforma de agentes móveis utilizada. Mas, este tempo pode ser facilmente computado se ele for incluído no tempo de acesso à MIB para o AM. Nos estudos de caso apresentados a tarefa de gerência executada é simples consistindo apenas de uma consulta a MIB. Neste caso, o único processamento que ocorre no NE é a efetiva consulta a MIB, e no caso do AM as operações da plataforma, como o recebimento e envio do agente. Já o processamento na NMS é exatamente o mesmo para as duas técnicas. No caso de tarefas de gerência mais complexas, que necessitam de uma consulta a várias variáveis da MIB que atendem a uma determinada condição, existe um maior processamento nos elementos de rede e um menor processamento na estação gerenciadora no paradigma de AM, comparado ao SNMP. Isso ocorre porque no caso do AM o filtro da consulta é processado nos NEs, enquanto no caso do SNMP todas as variáveis são enviadas para a NMS que processa o filtro. Esta situação pode ser facilmente retratada no modelo analítico, considerando que o parâmetro referente ao tempo de acesso a MIB para o AM irá, na verdade, computar todo o tempo de busca na MIB e o tempo de processamento das informações. Em acréscimo, o tempo referente ao processamento na NMS, tanto para o AM quanto para o SNMP, deve ser simplesmente somado ao tempo de resposta final de cada técnica. Assim, podemos afirmar que o modelo analítico pode ser utilizado para calcular o tempo necessário para executar qualquer atividade de gerência.

5. Conclusão e Trabalhos Futuros

Este trabalho propôs um modelo analítico com o intuito de avaliar o desempenho de Agentes Móveis e SNMP, através da métrica tempo de resposta. Esta avaliação foi executada a partir da aplicação do modelo matemático proposto em diversas topologias de rede, como foi apresentado nos estudos de caso.

Comparando os resultados obtidos através da aplicação do modelo analítico com a simulação apresentada em [10] e a implementação proposta em [18], podemos afirmar que o modelo matemático representa bem tanto a simulação quanto a implementação. O comportamento apresentado pelo SNMP e pelo agente móvel foi o mesmo, mas com variações nos tempos de resposta. Estas diferenças se devem ao fato do modelo não considerar o tempo relativo à plataforma do agente móvel e detalhes do protocolo SNMP.

A avaliação de desempenho mostrou que a melhor técnica de gerência a ser empregada depende da topologia da rede em questão e de variáveis como a latência da rede, a quantidade de recursos a serem gerenciados e a tarefa de gerência a ser executada. Podemos dizer que este resultado era esperado, já que este fato já tinha sido constatado em outros trabalhos [10][11][13][20].

A maior contribuição deste trabalho é a possibilidade da utilização do modelo analítico para determinar a opção de gerência mais eficiente, entre SNMP e agente móveis, para qualquer topologia de rede e para qualquer operação de gerência. Assim, podemos dizer que o objetivo inicial foi atingido e o modelo analítico pode ser utilizado para verificar o desempenho de agentes móveis e SNMP na gerência de uma topologia genérica de rede.

O modelo analítico pode ser empregado ainda em uma implementação que aponte a melhor opção de gerenciamento dinamicamente e em tempo real. Assim, poderia ser implementado um sistema de gerenciamento híbrido, que possibilitasse a utilização de SNMP e de AM para executar as operações de gerência. Neste caso, o modelo seria utilizado para verificar a técnica mais eficiente para executar uma dada tarefa de gerência de acordo com os

parâmetros atuais da rede e o sistema de gerenciamento poderia optar pela opção mais vantajosa em tempo real.

Existem várias possibilidades de evolução do trabalho. Novas variáveis, como carga e perda nos nós e segmentos e tempos referentes a particularidades do protocolo SNMP, como segmentação de pacotes e protocolo de transporte, podem ser incluídas no modelo analítico para que ele retrate mais fielmente a realidade. A eficiência dos agentes móveis pode ser prejudicada pelo seu tamanho crescente, principalmente quando o agente coleta um volume grande de informações. A possível solução para este problema seria forçar o retorno do AM para descarregar os dados na NMS depois de visitar um número determinado de recursos, ou simplesmente enviar os dados coletados depois deste número de visitas. O modelo analítico pode ser adaptado para estas possibilidades, podendo ainda determinar qual seria a quantidade ideal de recursos a serem visitados antes da descarga dos dados. O modelo analítico proposto pode ser estendido ainda para outras métricas, como por exemplo quantidade de informação trafegada na rede. A partir desta informação seria possível identificar a sobrecarga de informações de gerenciamento que cada técnica introduz na rede. Outra possibilidade de evolução do trabalho seria a implementação do modelo analítico para que ele possa ser uma ferramenta prática de apoio à decisão do gerente da rede, ou até mesmo de um sistema de gerenciamento com suporte a agentes móveis e SNMP, como foi citado anteriormente. O modelo analítico pode ainda ser adaptado para a utilização em aplicações em outras áreas, além da gerência de redes. Assim, o modelo analítico poderia ser utilizado para testar a viabilidade da utilização de agentes móveis em aplicações que utilizem comunicação em rede como, por exemplo, banco de dados, comércio eletrônico e pesquisas na web.

6. Bibliografia

- [1] YEMINI, Y.; SILVA, S. Towards programmable networks. IFIP/IEEE International Workshop on Distributed Systems: Operations and Management. Proceedings. Itália, outubro 1996.
- [2] GOLDSZMIDT, G.; YEMINI, Y. Distributed management by delegation. 15TH International Conference on Distributed Computing. Proceedings. Junho 1995
- [3] YEMINI, Y.; GOLDSZMIDT, G.; YEMINI, S. Network management by delegation. Second International Symposium on Integrated Network Management. Proceedings. EUA, abril 1991.
- [4] GOLDSZMIDT, G.; YEMINI, Y. Delegated Agents for Network Management. IEEE Communications Magazine 36/3, páginas 66-70. Março 1998.
- [5] RUBINSTEIN, M.; DUARTE, O. Evaluating the Performance of Mobile Agents in Network Management. IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECON). Rio de Janeiro, dezembro de 1999.
- [6] BOHORIS, C.; PAVLOU, G.; CRUICKSHANK, H. Using Mobile Agents for Network Performance Management. IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium (NOMS). Honolulu, Havaí, abril 2000.
- [7] SAHAI, A.; Morin, C. Enabling a Mobile Network Management (MNM) through Mobile Agents. Second International Workshop on Mobile Agents. Stuttgart, Alemanha, setembro 1998.
- [8] ZAPF, M.; HERRMANN, K.; GEIHS, K. Decentralizes SNMP Management with Mobile Agents. Sixth IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management (IM). Boston, EUA, maio 1999.
- [9] LIOTTA, A.; KNIGHT, G.; PAVLOU, G. On the Performance and Scalability of Decentralized Monitoring using Mobile Agents. 10th IFIP/IEEE International Workshop

on Distributed Systems: Operations and Management (DSOM). Zurich, Suíça, outubro 1999.

- [10] RUBINSTEIN, M. G. Avaliação do Desempenho de Agentes Móveis no Gerenciamento de Rede. Tese de Doutorado. Programa de Engenharia Elétrica da COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, março 2001.
- [11] COSTA, T. Avaliação Analítica do Uso de Agentes Móveis na Gerência de Redes. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, outubro 1999.
- [12] YEMINI, Y. The OSI network management model. IEEE Communications, páginas 20-29. Maio 1993.
- [13] BALDI, M.; PICCO, G. P. Evaluating the Tradeoffs of Mobile Code Design Paradigm in Network Management Applications. 20TH International Conference on Software Engineering (ICSE). Japão, abril de 1998.
- [14] LANGE, D.; OSHIMA, M. Seven Good Reasons for Mobile Agent. Communications of the ACM - Vol. 42, n.º 3. Março 1999.
- [15] CASE, J.; McCLOGHRIE, K.; ROSE, M. et al. Structure of management information for version 2 of the simple network management protocol. RFC 1902, janeiro 1996.
- [16] STALLINGS, W. SNMP, SNMPv2, SNMPv3, and RMON 1 and 2. Addison-Wesley, 1999. ISBN 0201485346.
- [17] RIVALTA, P. C. Mobile Agent Management. Dissertação de Mestrado. Faculty of Engineering, Department of Systems and Computer Engineering, Carleton University, Ottawa, Ontario, Canada. Outubro 2000.
- [18] FIORESE, A. Avaliação de Desempenho do uso de Agentes Móveis na Gerência de Redes utilizando Técnicas de Medidas. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, novembro 2001.
- [19] ARANTES, J. A. Modelo Analítico para Avaliar Plataformas Cliente/Servidor e Agentes Móveis Aplicado à Gerência de Redes. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, novembro 2001.
- [20] GRAY, R. S.; KOTZ, D.; PETERSON, R. A.; BARTON, J.; CHACON, D.; GERKEN, P.; HOFMANN, M.; BRADSHAW, J.; BREEDY, M.; JEFFERS, R.; SURI, N. Mobile-Agent versus Client/Server Performance: Scalability in an Information-Retrieval Task. Fifth IEEE International Conference on Mobile Agents. Atlanta, Georgia, USA, dezembro 2001.