

# Distribuição da Gerência na Rede

Cleber Garcia Weissheimer<sup>1</sup>

Liane Rockenbach Tarouco<sup>2</sup>

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Instituto de Informática

Pós-graduação em Ciência da Computação

Caixa Postal 15061

CEP 91501-970 Porto Alegre, RS, Brasil

Tel.: (051)336-8399 Fax: (051)336-5576

## Resumo

A distribuição das funções de gerenciamento é requisito para a gerência eficiente de redes de computadores grandes e complexas. Nesse artigo são apresentadas as abordagens relativas à distribuição da gerência definidas nos modelos OSI e INTERNET, bem como na proposta de servidores elásticos. Por fim, é apresentado um modelo que permite a distribuição dos objetos gerenciados na rede e a delegação de funções de monitoração entre gerentes de níveis diferentes, que foi desenvolvido como parte da dissertação de mestrado "Um Modelo Organizacional Heterogêneo de Gerência de Redes".

## 1 Introdução

Com o crescimento das redes de computadores, em tamanho e complexidade, sistemas de gerência baseados em um único gerente responsável por

---

<sup>1</sup>Mestrando do CPGCC/UFRGS; Gerência de rede; Modelo OSI: ISODE/ QUIPU/ OSIMIS; SNMP. E-mail: Cleber@penta.cesup.ufrgs.br

<sup>2</sup>Professora UFRGS/CPGCC;E-mail: Liane@penta.cesup.ufrgs.br

todas as funções de gerenciamento são inapropriados, devido ao volume das informações que devem ser tratadas e que podem pertencer a localizações geograficamente distantes do gerente.

Desta forma, evidencia-se a necessidade da distribuição da gerência na rede, através da divisão das responsabilidades gerenciais entre gerentes locais que controlem domínios distintos e da expansão das funcionalidades dos agentes. Cada gerente local de um domínio pode prover acesso a um gerente responsável (pessoa que interage com o sistema de gerenciamento) local e/ou ser automatizado para executar funções delegadas por um gerente de mais alto nível, geralmente denominado de Centro de Operações da Rede (NOC - Network Operation Center). O NOC é responsável por gerenciar os aspectos inter-domínios, tal como um enlace que envolva vários domínios, ou aspectos específicos de um domínio, devido à inexistência de um gerente local.

Os tipos mais básicos de tarefas de gerenciamento de uma rede são: monitoração e controle. A monitoração consiste na observação periódica de objetos gerenciados importantes para a política de gerenciamento. A partir da monitoração, o gerente tem conhecimento do estado da rede e, desta forma, pode efetuar operações de controle sobre a mesma. A distribuição das funções de monitoração é mais preemente em relação as funções de controle, pois a monitoração consome mais recursos da rede, bem como a atenção do gerente, pois através dela é que se obtém o estado da rede em relação ao tempo, enquanto que as funções de controle são invocadas em menor número, geralmente com objetivos de alteração de configuração e erradicação de problemas.

Os modelos de gerência desenvolvidos diferenciam-se nos aspectos organizacionais envolvendo a disposição dos gerentes na rede, bem como no grau da distribuição das funções de gerência. Desta forma, nos capítulos 2,3 e 4 são apresentados os aspectos relativos à distribuição dos modelos OSI e INTER-NET; e da proposta dos servidores elásticos. Na capítulo 5 é apresentado um modelo de distribuição de gerenciamento sendo elaborado.

## 2 Modelo OSI

O modelo OSI [BRI 93] possibilita a delegação das funções de monitoração aos agentes, através da definição de um ambiente orientado a objetos que in-

incorpora tais procedimentos e da abordagem orientada a notificações assíncronas do modelo. Contudo as funções de controle ainda ficam relegadas ao gerente, pois o conhecimento relativo à tomada de decisões gerenciais não se adapta para ser codificado em classes de objeto, ao contrário do conhecimento referente à monitoração, que é mais simples, geralmente estático e periódico.

Tal modelo gera agentes mais complexos de serem desenvolvidos, consumindo mais recursos dos elementos de rede, enquanto que economiza o uso da rede, devido a minimização dos pedidos de informações (pollings) necessários para obter dados sobre os objetos gerenciados, livrando o gerente para tarefas mais "inteligentes".

Além da definição de um agente mais funcional, o modelo OSI introduz o conceito de hierarquia de gerentes, através da possibilidade de um mesmo processo de aplicação funcionar como gerente e agente, sendo denominado de gerente intermediário. Desta forma é possível ao NOC delegar tarefas para gerentes intermediários responsáveis por certos domínios da rede. A comunicação entre gerentes é realizada pelo acesso a objetos da MIB que possuem as informações que devem ser compartilhadas ou funcionalidades que devem ser delegadas entre os gerentes.

As funcionalidades que podem ser delegadas a um agente ou a um gerente intermediário são exemplificadas nas funções de gerenciamento definidas pelo ISO, que fornecem serviços padronizados para as cinco áreas funcionais de gerenciamento OSI: configuração da rede, falhas dos componentes, níveis de desempenho, segurança de acesso e contabilização do uso dos recursos. Tais funções são relativas, principalmente, à monitoração remota, como a monitoração de um atributo de um objeto que representa a utilização de um recurso, ou ao controle de algum mecanismo necessário para o gerenciamento, como o registro de logs.

Abaixo são exemplificadas algumas das funções de gerenciamento [BRI 93]:

- função de gerenciamento de objeto: especifica três tipos de notificações relativas à criação de objeto, remoção de objeto e mudança de valor de atributo. Nesse caso o gerente não precisaria ficar realizando *pollings* para a verificação de tais condições, e sim, o objeto emitiria as notificações. Para tal, a classe do objeto monitorado deve importar as definições das notificações. Em tempo de execução, se o gerente quiser receber somente determinados tipos de notificações, por exemplo

relativas à criação de objetos, pode usar o objeto *eventForwardingDiscriminator* definido na função de controle de relatórios, que repassa somente tipos de notificações configurados no objeto;

- função de relatório de alarmes: define notificações genéricas de alarme referentes à falhas, fornecendo informações tais como o tipo da falha, causa provável e índice de gravidade. Os tipos de falhas variam desde problemas de comunicação, como perda de sinal, até alarmes cobrindo problemas ambientais, como umidade alta. Tal função possibilita grande autonomia aos elementos gerenciados, que notificarão de forma assíncrona o gerente na ocorrência de uma falha. Nesse caso, o gerente somente precisará verificar periodicamente a conectividade com o agente, e iniciar procedimentos de recuperação de falhas no recebimento de uma notificação. As classes de objetos que necessitam se auto-gerenciar, devem importar a definição padrão da notificação de alarme. Também é definida uma estrutura de registro relativo ao alarme para ser armazenado em um log no próprio agente do elemento gerenciado. O mecanismo de registro de informações em um log é definido na função de controle de log, que define um objeto que seleciona as notificações que devem ser armazenadas localmente sobre forma de um objeto que representa um registro de log;
- função de monitoração de carga de trabalho: define objetos métricos que realizam a monitoração de atributos de outros objetos dos tipos COUNTER e GAUGE, que podem representar a utilização de um recurso, a taxa de requisição de um recurso ou a taxa de rejeição de acesso a um recurso. O objeto métrico pode enviar notificações quando o atributo monitorado atinge valores-limite pré-determinados. Além da análise pura do valor amostrado, são definidos também objetos que usam a média e a variância dos valores do atributo monitorado para a comparação com os valores-limite. Tal função permite a análise de desempenho de recursos gerenciados, sem a necessidade de consultas periódicas por parte do gerente.



### 3 Modelo INTERNET

O modelo inicial de gerência INTERNET [ROS 92] concentra as funções de controle e monitoração em um único gerente responsável pelo acesso aos diversos agentes da rede. Os agentes são simples fornecedores das variáveis da MIB (Management Information Base), enquanto que o gerente, através do mecanismo de *polling*, monitora a rede, efetuando, quando necessário, operações de controle. Não é definido nenhum mecanismo para a comunicação entre gerentes. Tal abordagem objetiva a simplificação dos agentes, permitindo o rápido desenvolvimento destes e a minimização dos recursos usados nos elementos de rede. Contudo o gerente é sobrecarregado com todas as funções, gerando grande tráfego na rede e degradando o tempo de resposta aos eventos da rede.

Com intuito de pover a monitoração remota em um ambiente de gerenciamento INTERNET, foi definida a MIB RMON (Remote Network Monitoring) [WALc 91]. Tal MIB permite que funções de monitoração sejam realizadas através da captura dos pacotes que transitam por uma subrede (por enquanto, do tipo ethernet) sem a interferência constante do gerente. A RMON é composta por nove grupos: Statistics, History, Alarm, Host, Host-TopN, Matrix, Filter, Packet Capture e Event. O grupo Statistics mantém estatísticas das interfaces do agente, por exemplo, o número de colisões. History armazena amostras das informações colhidas no grupo Statistics. O grupo Alarm fornece mecanismos usados para a monitoração de variáveis de gerenciamento do tipo *integer*, com valores-limites configurados que podem disparar eventos ao serem atingidos pelo valor monitorado. O Host contém informações referentes aos nodos da subrede, como o número de pacotes enviados por cada nodo. O grupo Host-TopN classifica as informações obtidas pelo grupo Host, gerando, por exemplo, os nodos que mais transmitiram pacotes. O Matrix possui informações referente a comunicação entre dois nodos da subrede. O Filter provê mecanismos de filtros para os pacotes recebidos da subrede, que podem disparar um evento ou um processo de armazenamento de pacotes capturados. O grupo Packet-Capture é usado para o armazenamento de pacotes. O Event controla a geração e notificação dos eventos definidos, por exemplo, um relativo a um alarme especificado no grupo Alarm.

Com o crescimento da rede INTERNET [WALb 93], foi proposta uma adaptação do modelo de gerência original baseado no protocolo SNMP (Sim-

ple Network Management Protocol). Tal proposta, denominada de SNMP 2.0, aumenta as funcionalidades dos agentes, através da flexibilização na geração de notificações assíncronas e da capacidade de um processo assumir ambas as funcionalidades de gerente e agente, permitindo a comunicação entre gerentes de níveis diferentes.

O SNMP 2.0 adiciona dois tipos novos de operações no protocolo, `GetBulkRequest` e `InformRequest`, que permitem um aumento das funcionalidades dos agentes e gerentes intermediários. A `GetBulkRequest` otimiza a recuperação de um volume considerável de variáveis, principalmente em relação à recuperação de entradas de tabelas. Por exemplo, para a recuperação de 10 entradas de uma tabela é necessário o envio de 10 operações `GetNextRequest` no SNMP original, e com a versão 2.0, somente um `GetBulkRequest` é suficiente. A `InformRequest` permite um gerente enviar de forma assíncrona uma notificação de algum evento, sendo análogo ao `TRAP`, contudo é um serviço confirmado.

Dentro do contexto do SNMP 2.0 foi definido uma MIB [WALa 93], denominada de M2M, que suporta a distribuição de funções de monitoração entre os gerentes da rede. Tal monitoração é baseada em amostras realizadas em variáveis do tipo `COUNTER`, `GAUGE` e `TIMETICKS` de agentes. Os valores de tais atributos são comparados com valores-limites configurados, e caso sejam atingidos, um `InformRequest` ou um `TRAP` é enviado pelo gerente que implementa a MIB M2M a outro gerente.

A MIB é especificada a partir dos conceitos de alarme, evento e notificação. O alarme é uma condição configurada que é verificada periodicamente. Se um alarme for detectado, é disparado o evento associado, que por sua vez, pode gerar uma notificação para um gerente especificado. Tal MIB é análoga aos grupos `Alarm` e `Event` da RMON.

## 4 Gerência via Servidores Elásticos

A abordagem de gerência via servidores elásticos [GOLa 93] [GOLb 93] é realizada através da distribuição de programas independentes que encapsulam funções de controle e monitoração de objetos gerenciados.

O termo elástico se refere a capacidade do servidor de alterar dinamicamente a sua funcionalidade, através da execução e remoção dos programas

delegados. Um servidor elástico pode atuar como um agente ou como um gerente intermediário, sendo que cada programa delegado pode ser armazenado até que o gerente responsável invoque um comando de execução. As instâncias dos programas podem ser suspensas, reiniciadas ou finalizadas. Tais funções são realizadas através do protocolo de delegação.

Uma instância de um programa de gerenciamento pode se comunicar com o gerente criador, com outros programas, invocar funções de bibliotecas disponíveis no ambiente e acessar os objetos gerenciados. O acesso aos objetos gerenciados são realizados pelos Pontos de Controle de Observação, que representam uma interface genérica de acesso, desta forma escondendo os detalhes de implementação. Tal interface pode acessar diretamente os recursos gerenciados, possibilitar uma conversão de protocolo, por exemplo para o acesso à redes CMIP ou SNMP, e ainda possibilitar o acesso a outros servidores elásticos, através do protocolo de delegação. No último caso, evidencia-se a capacidade da definição de um gerenciamento composto por vários gerentes.

Abaixo é mostrado um trecho de um programa de gerenciamento codificado em um subconjunto da linguagem C referente à monitoração de um enlace de comunicação e procedimentos de tratamento de possíveis erros:

```
if (( link.control.stat > normal.stat) and (link.q.length > normal.q)) {
    link.test();
    if (link.failure) {
        recover (link.failure.type);
        notify (manager, link.failure.params);
    }
}
```

A primeira condição testada representa uma indicação de problemas de um enlace. Caso esse seja detectado, é invocado um teste. Se o resultado desse apresentar algum erro, é disparado um procedimento que tenta solucionar o problema, sendo após enviado ao gerente os parâmetros que representam os resultados do procedimento de recuperação.

No caso do uso de um servidor elástico, tais procedimentos são executados de forma autônoma em relação ao gerente. Se o modelo de gerência OSI fosse usado, as duas condições que representam o indício de problemas, deveriam ser periodicamente requisitadas através do serviço M-GET. Ou o agente poderia ser configurado para enviar em tais condições uma notificação, contudo

seria necessário uma para cada condição, pois o modelo OSI não permite notificações compostas. Para executar o teste, seria necessário a invocação de um M-ACTION. Após, para verificação do resultado do teste, outro M-GET necessitaria ser enviado. Caso a função de recuperação de problemas ser necessária, o gerente invocaria a ação de recuperação de problemas com um M-ACTION e, por fim, outro M-GET seria enviado para recuperar os resultados.

Tal exemplo demonstra que a abordagem via servidor elástico minimiza o tráfego na rede, bem como toma ações de forma mais rápida em relação aos eventos da rede. O servidor elástico é configurado somente para as funções realmente necessárias para cada momento dentro da política de gerenciamento da rede, ao contrário de agentes OSI ou INTERNET que podem permanecer atualizando objetos da MIB que não estão sendo usados.

## 5 Modelo de Distribuição Proposto

O Modelo é fundamentado em uma hierarquia de gerentes, sendo o de mais alto nível denominado de Centro de Operações da Rede (NOC), e os restantes de Gerentes Intermediários (GI). O NOC é o ponto de acesso do gerente (pessoa que interage com o sistema de gerenciamento) ao modelo, enquanto que os GIs são processos automatizados que não necessitam de intervenção humana.

Cada GI tem associado a si um domínio de agentes. Tal domínio representa uma coleção de objetos gerenciados agrupados de acordo com as necessidades gerenciais, por exemplo, como critérios relativos à topologia ou à funcionalidade dos nodos componentes.

A finalidade do GI é estritamente o fornecimento de serviços para o NOC, sendo independente de um possível gerente local. O GI oferece os seguintes serviços:

- visão global dos objetos gerenciados de todos agentes do seu domínio através da unificação do espaço de nomeação. Desta forma uma única operação do NOC pode acessar objetos de dois ou mais agentes;
- definição dinâmica dos agentes que compõem o seu domínio;



- conversão do protocolo de gerência e estrutura informacional associada quando for necessário. No caso é suportado um gateway CMIP/SNMP;
- tratamento das funções de gerência delegadas pelo NOC.

A comunicação entre o NOC e os GIs, bem como entre GIs de níveis distintos, é realizada através do CMIS, enquanto que dentro dos domínios pode-se usar tanto CMIS como SNMP, ou ainda, ambos protocolos.

O CMIS é usado entre o NOC e o GI devido aos seguintes fatores:

- tornar o modelo de gerência OSI a estrutura principal, vislumbrando uma possível adoção total dos padrões ISO/CCITT, e, ao mesmo tempo, permitir o uso do SNMP dentro dos domínios. Tal mecanismo permite uma transição paulatina do modelo INTERNET para o modelo OSI;
- devido as funcionalidades necessárias para a comunicação entre o NOC e os GIs, tais como a criação e remoção de objetos de forma dinâmica, seleção de vários objetos em uma única operação e uso de notificações assíncronas. O modelo OSI fornece tais características de forma robusta, ao contrário do modelo INTERNET.

Na figura 1 é ilustrado um exemplo do modelo com uma hierarquia de gerentes de três níveis. O domínio A usa CMIS (Common Management Information Service), enquanto que os domínios B e C usam SNMP.

Cada GI possui uma Hierarquia de Nomeação Virtual (HNV) associada. Tal HNV é formada por objetos locais e remotos. Os objetos locais são implementados localmente no GI, tais como os objetos que representam os agentes do domínio, enquanto que os objetos implementados nos agentes são remotos. Contudo, para efeito de visualização do gerente, todos os objetos (locais e remotos) estão dispostos sob uma mesma hierarquia de nomeação. Como o modelo suporta tanto agentes SNMP e agentes CMIP, são definidas duas classes (agentS e AgentC) para representar os agentes para um GI. Tais classes possuem basicamente atributos que representam os seus nomes, endereços de acesso, as MIBs contidas nos agentes e notificações que avisam se o processo do agente está disponível (em tempo de criação ou se o agente estava inacessível) ou indisponível (em tempo de criação do objeto ou no acesso ao agente).

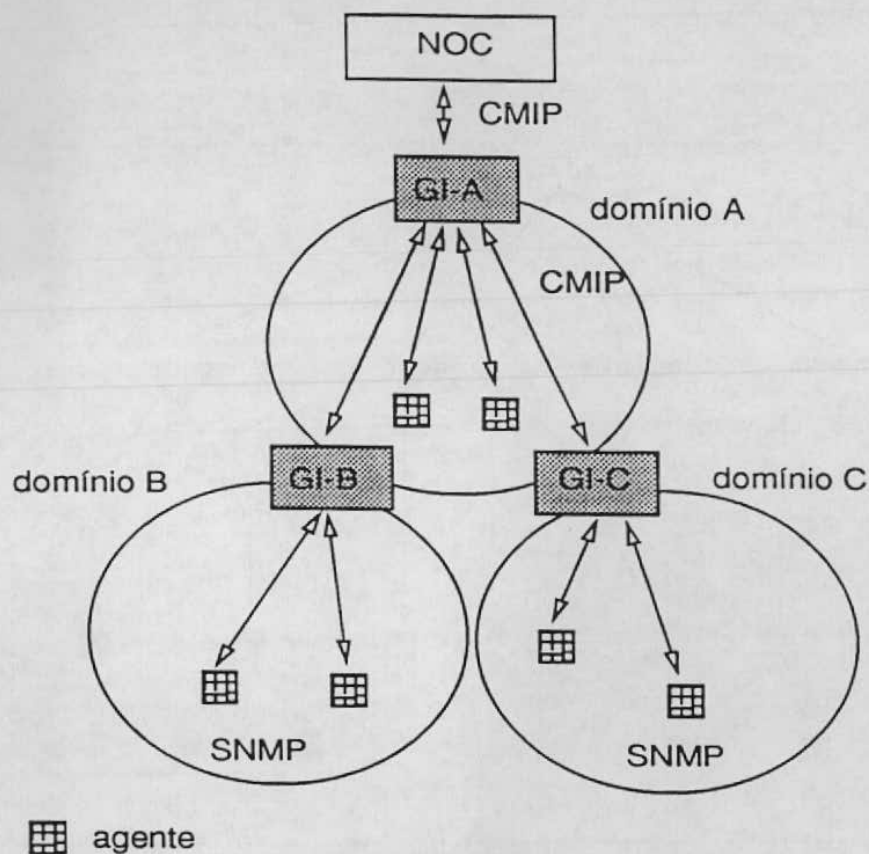


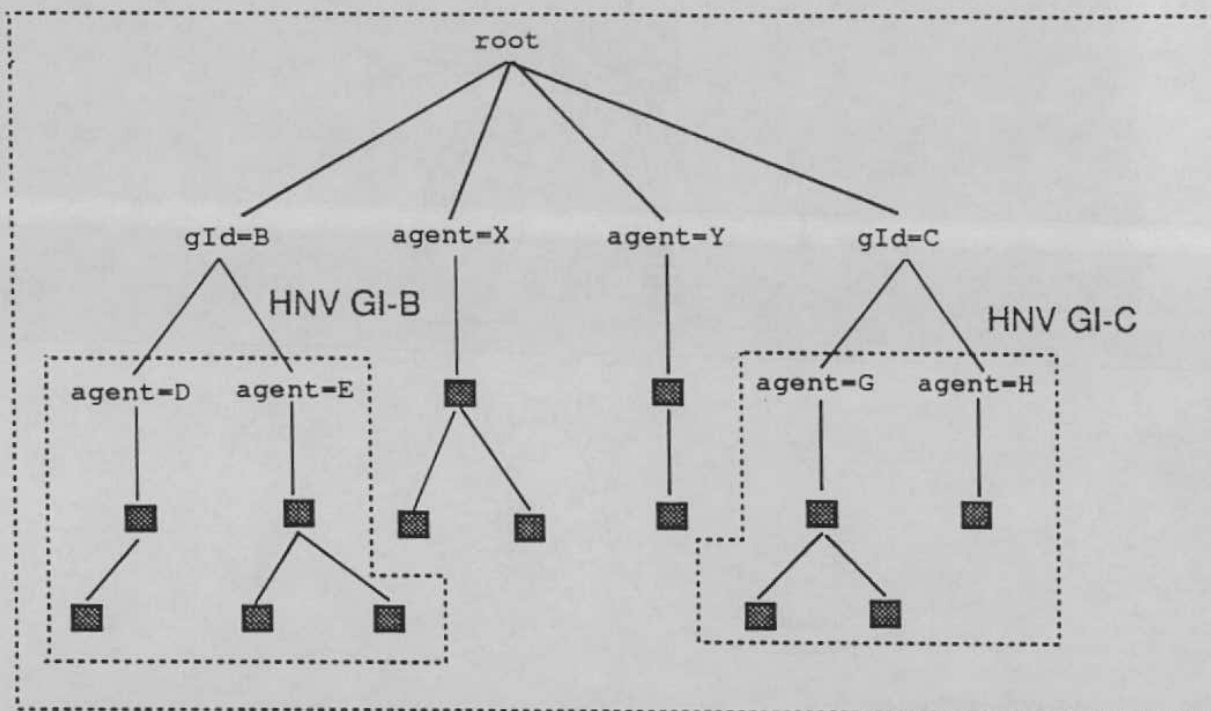
Figura 1: Modelo com uma hierarquia de GIs

Para a formação de uma hierarquia de gerentes, a HNV de um GI pode conter um objeto que represente um GI subordinado. Para tal foi especificada a classe `intermediateManager` para representar um GI. Tal classe possui basicamente os atributos que representam o nome do GI, o endereço de acesso, os agentes contidos no domínio do GI e notificações que avisam se o processo do GI está disponível ou indisponível, similar às notificações das classes que representam as agentes.

Em relação à figura 1, a HNV do GI-A ficaria como mostrado na figura 2. Cada nodo da hierarquia de nomeação representa um objeto gerenciado, sendo mostrado o respectivo Nome Distinto Relativo (NDR). No caso das classes dos agentes, o NDR é `agent`, enquanto que o NDR da classe que representa o GI é `gId`. A HNV do GI-A engloba as HNVs dos GIs subordinados, desta forma formando a Hierarquia de Nomeação Distribuída (HND), que é

visualizada pelo gerente.

### HNV GI-A



■ objetos gerenciados implementados nos agentes

HNV: Hierarquia de Nomeação Virtual

Figura 2: Hierarquia de Nomeação Virtual com GIs subordinados

À medida que uma requisição CMIS referenciando um objeto remoto é recebida por um GI, o primeiro NDR é extraído do Nome Distinto (ND) do objeto para a requisição ser repassada para o GI ou o agente que contém o objeto. Se o NDR for relativo à classe `agentS` ou à `agentC`, a requisição é repassada para um agente, caso o NDR seja relativo à classe `intermediate-Manager`, a requisição é repassada para um GI subordinado.

Desta forma, se for definido  $N$  níveis na hierarquia de GIs, uma requisição do NOC poderá passar por um até  $N$  GIs para atingir o GI ou o agente que implementa o objeto gerenciado requisitado. A resposta CMIS deve voltar pelo mesmo caminho percorrido de GIs até chegar ao NOC. Assim é conseguido a unificação de todos os objetos sob o mesmo espaço de nomeação, constituindo a HND.

Para o repasse correto das respostas CMIS, cada GI, ao encaminhar uma requisição a um GI subordinado ou a um agente, deve reter as seguintes informações:

- número da invocação da operação remota recebida e repassada associada à operação CMIS que é usada pelo ROSE (Remote Operation Service Element). Desta forma as respostas recebidas podem ser relacionadas com cada requisição invocada;
- o NDR que deve ser adicionado ao ND do objeto da resposta CMIS;
- o GI superior para ser enviado a resposta CMIS. Para GIs imediatamente subordinados ao NOC, as respostas são diretamente enviadas para este.

Se uma requisição CMIS recebida por um GI possuir o objeto base especificado como root e o escopo um dos seguintes valores: wholeSubtree (seleciona todos os objetos da sub-árvore a partir do objeto base), NTHlevel (seleciona os objetos do N nível a partir do objeto base) e baseToNTH (seleciona os objetos a partir do objeto base até o N nível da hierarquia), a requisição será atendida de forma distribuída pelos GIs e/ou agentes que implementam os objetos gerenciados. Para tal, o repasse da requisição é realizada da seguinte forma.

- conserva-se o objeto base como root;
- no caso do tipo do escopo ser do NTHlevel ou baseToNTH, o nível associado da hierarquia de nomeação virtual é diminuído de um. Se o escopo for wholeSubtree, não é realizada nenhuma alteração;
- uma cópia da requisição CMIS alterada é enviada a cada agente e/ou GI subordinado que possua objetos selecionados pelo escopo;
- as respectivas respostas dos agentes são modificadas no parâmetro Nome Distinto do objeto, pois o GI tem que considerar a classe agentS ou agentC na hierarquia de nomeação virtual, adicionando o NDR (agent=nome) do respectivo objeto que representa o agente. As respostas alteradas são repassadas ao NOC ou ao GI superior usando-se o mecanismo de LINKED REPLAY, que permite o envio de várias PDUs



Data Unit) referentes às respostas de uma única requisição CMIS que use escopo.

As notificações emitidas por um GI podem ser enviadas diretamente para o NOC, sem o repasse através da hierarquia de gerentes intermediários. Desta forma o ND do objeto que gerou a notificação deve ser construído em relação à HND para ser reconhecido pelo NOC. Para tal cada GI é configurado com o seu respectivo ND na hierarquia de nomeação distribuída que representa o particular GI e este é usado para compor o ND do objeto. Por exemplo, em relação a figura 2 os nomes dos GI-A, GI-B e GI-C são, respectivamente,  $gId=A$ ,  $gId=A@gId=B$  e  $gId=A@gId=C$ . O GI que recebe a notificação de um agente, ou o próprio GI que contém o objeto emissor da notificação, forma o ND completo. Por exemplo, considerando novamente a figura 2, se um agente do domínio B envia uma notificação com o ND (objeto=X) ao GI-B, é adicionado o nome do GI-B no ND do objeto emissor, resultado no seguinte ND:  $gId=A@gId=B@objeto=X$ . Os parâmetros restantes da notificação não são modificados.

A seleção e o repasse das notificações, bem como seu armazenamento em registros de log, são controlados através de objetos das classes definidas pelas respectivas funções de Controle de Relatório de Eventos e Controle de Logs, especificados pelos padrões ISO [BRI 93].

## 5.1 Centro de Operações da Rede

O Centro de Operações da Rede (NOC) é o ponto de acesso do gerente ao Modelo Organizacional Heterogêneo. O NOC fornece uma visão integrada, pois permite o gerenciamento de qualquer nodo independentemente do modelo de rede usado (OSI ou INTERNET), e unificada, pois possibilita a visualização de todas as informações de gerência de acordo unicamente com o modelo informacional OSI. Todos os objetos gerenciados, que englobam os objetos das classes definidas para o modelo (`classeS`, `classeC` e `intermediateManager`) e os objetos implementados nos agentes, são visualizados pelo gerente sob o mesmo espaço de nomeação, a Hierarquia de Nomeação Distribuída. Para tal os objetos dos GIs diretamente subordinados ao NOC são implementados localmente, usando-se a classe `intermediateManager`. Em relação à figura 2, o NOC implementaria localmente os objetos referentes aos  $gId=B$  e  $gId=C$ .

Tais objetos são usados no repasse das requisições CMIS invocadas pelo gerente para o GI ou o agente onde está implementado o objeto referenciado pelo Nome Distinto (ND) em relação à HND.

Para cada requisição efetuada pelo gerente, o NOC analisa o primeiro NDR do ND do objeto referenciado para o repasse para o GI que contém em sua HNV tal objeto.

Através da HND é possível ao gerente acessar, com uma única requisição CMIS, objetos de vários agentes ou GIs. Pois pode-se especificar qualquer objeto como o objeto base da requisição e definir um escopo com abrangência de objetos que pertencem a mais de um agente ou GI.

Para requisições que usem escopo com o objeto base igual ao root da HND, o NOC deve repassar uma cópia da requisição a cada GI selecionado, que estão imediatamente subordinados. Tal procedimento é similar ao repasse realizado pelos GIs, isto é, se o escopo for `nTHLevel` ou `baseToNTHLevel`, o número do nível da HND associado é diminuído de um para o repasse e, caso e escopo for `wholeSubtree`, não é realizado nenhuma alteração.

Para o gerenciamento de uma rede é possível a existência de mais de um NOC acessando a mesma hierarquia de gerentes ou ainda outra distinta. Cada NOC pode ser responsável por uma área de gerência, tais como falhas e desempenho. No caso de NOCs possuindo hierarquias de gerentes distintas, os NDs dos objetos podem ser diferentes, devido aos nomes dos GIs usados.

A seguir são exemplificadas algumas das requisições possíveis de serem realizadas com o Modelo Organizacional Heterogêneo:

- definição de um domínio composto por somente computadores servidores de correio eletrônico. Desta forma é possível especificar uma monitoração remota, isto é, não executada pelo NOC, e sim, pelo GI usado no domínio, para monitorar periodicamente todas as interfaces dos servidores. Para tal seria usada a MIB `MONMIB`, comentada no próximo capítulo. Quando uma interface se tornar inoperante, o NOC é avisado com uma notificação que possui, como estrutura de informação, o ND do objeto que representa a respectiva interface;
- alterações de todas as rotas IP dos computadores de um domínio, por exemplo representando os gateways de várias subredes, que contiverem como o atributo `ipRouteNextHop` igual ao endereço `143.54.1.20`, trocando-o para o endereço `143.54.1.10`. Tais operações são realizadas

através de uma única requisição usando, como objeto base, o ND do objeto que representa o GI do domínio na HND;

- retornar o número de conexões TCP abertas em todos os agentes SNMP usados no modelo. Tal operação é realizada através de uma única requisição, sendo especificado como objeto base, o root da HND, e como o escopo, wholeSubtree.

## 5.2 Distribuição das Funções de Monitoração

A distribuição da gerência no modelo proposto é concernente às tarefas de monitoração dos objetos gerenciados. Para tal é definida uma MIB que incorpora os processos relativos à monitoração de tipos de eventos genéricos em relação aos objetos gerenciados. A MIB, denominada de MONMIB, é implementada no GI, que atua como um agente perante ao NOC ou a um GI superior.

A monitoração da rede é a tarefa que demanda mais recursos do sistema de gerência, bem como da rede de computadores, pois através desta que o NOC mantém atualizado o seu conhecimento do estado da rede. Contudo tais funções são adequadas para a automatização, devido à sua natureza estática e periódica. Exposto tais fatores, a distribuição da monitoração na rede é premente para redes complexas, evitando que o NOC se sobrecarregue com tais procedimentos.

A delegação da monitoração pelo NOC para o GI mais "perto" do agente, permite a economia do uso da rede, bem como a liberação do NOC para tarefas restritas ao processo de tomada de decisões gerenciais.

A MONMIB é composta pelas seguintes classes:

- MonScope: seleciona um conjunto de objetos da hierarquia de nomeação virtual do GI através da especificação de um escopo. Todos os objetos selecionados são testados com a condição de um filtro. O evento monitorado é relativo ao teste verdadeiro da condição associada ao filtro sobre um objeto;
- MonCounter: testa um atributo do tipo COUNTER de um objeto da hierarquia de nomeação virtual do GI. O tipo COUNTER é um contador inteiro, que pode representar, por exemplo, o número de pacotes

enviados ou o número de erros detectados de um protocolo. O evento monitorado é relativo à ultrapassagem do valor amostrado sobre um valor-limite definido;

- MonGauge: testa um atributo do tipo GAUGE de um objeto da hierarquia de nomeação virtual do GI. O tipo GAUGE é um inteiro que pode ser incrementado ou decrementado, sendo usado para representar, por exemplo, o número de conexões abertas de um protocolo. O evento monitorado é detectado quando o valor amostrado atinge um limite-superior ou um limite-inferior definidos;
- MonExist: monitora a existência e/ou inexistência de um determinado objeto na hierarquia de nomeação virtual do GI;
- MonCmp: monitora a igualdade e/ou desigualdade de um determinado atributo de um objeto da hierarquia de nomeação virtual do GI;
- MonOP: define uma operação aritmética que usa um ou mais atributos de objetos da hierarquia de nomeação virtual do GI como operandos. O evento associado é relativo à avaliação verdadeira da operação lógica que usa o resultado da operação aritmética.

Todas classes citadas anteriormente são derivadas da classe Monitoring, que possuem as propriedades genéricas das classes da MONMIB. A seguir são comentados os atributos, as ações e notificações de tal classe: o atributo id representa o nome do objeto de monitoração, o period o tempo inicial e final da monitoração, freq determina o intervalo em segundos da amostragem, e admState e opState o estado administrativo e operacional do objeto. As ações start e finish, iniciam e finalizam as atividades de um objeto de monitoração, enquanto que as notificações startPeriod e finishPeriod, sinalizam o início e final da monitoração.

Com intuito de exemplificar o uso das classes da MONMIB, é apresentada na próxima sessão a classe MonOp.

### 5.2.1 Classe MonOp

A classe MonOp possibilita a definição de uma operação aritmética que use, como operandos, atributos de objetos da hierarquia de nomeação do GI. O



valor referente ao resultado da operação, em cada amostragem realizada, é testado com uma operação lógica definida que, caso seja verdadeira, um evento é gerado.

A definição de índices calculados a partir de valores de atributos de objetos é um importante mecanismo para sumarização de informações de gerência, pois permite que um grande volume de dados seja transformado em um único indicador que é representado como o resultado da operação.

Pode-se especificar o número de amostragens consecutivas que validam a operação lógica definida, necessário para a geração de um evento.

A classe MonOp é definida abaixo:

```
MonOp MANAGED OBJECT CLASS
  DERIVED FROM Monitoring;
  CHARACTERIZED BY
    ATTRIBUTE
      opArit GET-REPLACE,
      opLogic GET-REPLACE,
      nFreq GET-REPLACE,
      nFreqIdle GET-REPLACE,
      lastValue GET;
    NOTIFICATIONS
      monOp,
      monInst;
  REGISTERED AS { monmib.2.7 }
```

O atributo opArit possui a definição da operação aritmética. O opLogic contém a operação lógica em relação ao resultado da operação aritmética. Já o nFreq define o número de amostras consecutivas que a operação lógica deve ser verdadeira para a geração de um evento.

O nFreqIdle representa o número de amostras que o objeto ficará inativo após a geração de um evento. O atributo lastValue representa o último resultado da avaliação da operação aritmética.

Um objeto de monitoração da classe MonOp, após gerar um evento, fica nFreqIdle amostras sem avaliar a operação aritmética, e por conseguinte a operação lógica, desta forma fornecendo um mecanismo para a contenção da geração de eventos redundantes.

Um exemplo da utilização de um objeto da classe MonOp seria a monitoração da taxa de conexões TCP requisitadas mas não estabelecidas. Para

tal é definida a seguinte operação matemática:

$$taxa = \frac{tcpAttemptFails}{tcpActiveOpens + tcpPassiveOpens}$$

Os atributos usados são da classe derivada do grupo TCP da MIB II [McC 91]. O atributo `tcpAttemptFails` representa o número de vezes que o segmento de pedido de requisição de conexão foi enviado ou recebido, mas após a conexão incipiente voltou ao estado CLOSED. `tcpActiveOpens` representa o número de vezes que um pedido de conexão foi enviado, resultado no estabelecimento da mesma, enquanto que o `tcpPassiveOpens` representa o número de vezes que um pedido de conexão foi recebido e que resultou no estabelecimento da mesma.

O objeto de monitoração poderia ser criado com os seguintes parâmetros referentes à um M-CREATE:

```

classe: MonOp
ND do objeto: gId=X@id=taxaConnectionsX
atributos: period = --
           freq = 18000
           admState = 1 (unlocked)
           opArit = {tcp / gId=X@agent=X@tcpId=0 / tcpActiveOpens}
                  {tcp / gId=X@agent=X@tcpId=0 / tcpPassiveOpens}
                  add
                  {tcp / gId=X@agent=X@tcpId=0 / tcpAttemptFails}
                  div
           opLogic = greater 0.8
           nFreq = 1
           nFreqIdle = 0

```

A ação `start`, invocada pelo gerente, dispara a monitoração. A cada período de 30 minutos é avaliada a operação aritmética com os valores dos atributos amostrados. Caso o resultado dessa seja maior que 0.8, um evento é gerado, sendo que após a monitoração é finalizada.

## 6 CONCLUSÃO

Devido ao crescimento das redes de computadores, mecanismos que permitam a distribuição da gerência se tornarão cada vez mais necessários. Nesse

caminho, o modelo de gerência OSI tem fornecido funcionalidades para a distribuição de funções de monitoração, bem como a versão 2.0 do SNMP. A proposta dos servidores elásticos, possuindo a desvantagem de ser uma solução proprietária, permite a distribuição das funções de monitoração e de controle, baseada em um modelo de gerência radicalmente diferente dos propostos como padrões.

O modelo proposto nesse artigo é baseado no modelo OSI de gerência, onde procurou-se usufruir das suas funcionalidades, tais como a possibilidade da definição de uma hierarquia de nomeação contendo objetos remotos e o uso do mecanismo de escopo e filtro. A distribuição dos objetos gerenciados é inovadora, pois permite uma única requisição oriúnda do NOC acessar concorrentemente vários gerentes intermediários e/ou agentes. A localização dos objetos gerenciados, que em um sistema típico deve ser armazenado no gerente, é distribuída e armazenada na própria hierarquia de nomeação distribuída, usando um mecanismo semelhante a distribuição proposta pelo serviço X.500.

A MONMIB proposta é composta por funções básicas de monitoração em um ambiente orientado a objetos. Tais objetos de monitoração não necessitam ser implementados nos agentes que possuem os objetos gerenciados, e sim, podem ser implementados em gerentes intermediários que possuem certa capacidade de processamento e se encontram relativamente próximos aos agentes, de modo a não degradar a rede.

Atualmente o modelo proposto está em implementação na UFRGS, sendo composto inicialmente por um NOC, um GI e vários agentes SNMP. Na implementação estão sendo usados os softwares de domínio público ISODE [ROSb 90], OSIMIS [PAV 91] e 4BSD SNMP [ROS 92].

## Referências

- [BRI 93] BRISA - Sociedade Brasileira para a Interconexão de Sistemas Abertos. **Gerenciamento de Redes**. Editora McGraw-Hill. São Paulo, 1993. 363 p.
- [GOLa 93] GOLDSZMIDT, German. **Distributed System Management via Elastic Servers**. Computer Science Department,

- Columbia University. Los Angeles, 1993. (Research Report). 27 p.
- [GOLb 93] GOLDSZMIDT, German; YEMINI, Yeachiam. **Elastic Servers**. Computer Science Department, Columbia University. Los Angeles, 1993. (Research Report).
- [McC 91] McCLOGHIRE, Keith; ROSE, Marshall. **Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based INTERNETs: MIB II**. 1991. 70 p. (RFC 1213).
- [PAV 91] PAVLOU, George; KNIGHT, Graham; WALTON, Simon. Experience of Implementing OSI Management Facilities. **IN:INTEGRATED NETWORK MANAGEMENT II - IFIP**. Washington, 1991. p. 259-270.
- [ROSB 90] ROSE, Marshall T. **The Open Book: A Practical Perspective on OSI**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1990. 651p.
- [ROS 92] ROSE, Marshall T. **The Simple Book: an introduction to management of TCP/IP- based INTERNET**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1991.
- [WALa 93] WALDBUSSER, Steven; Rose, Marshall. **Manager to Manager MIB**. Mar, 1993. 35 p. (Draft Internet).
- [WALb 93] WALDBUSSER, Steven et al. **Protocol Operations for Version 2 of the Simple Network Management Protocol (SNMPV2)**. Abril, 1993. 32 p. (RFC 1448).
- [WALc 91] WALDBUSSER, Steven. **Remote Network Monitoring Management Information Base**. November, 1991. (RFC 1271).