Especificação de um Protocolo para Gerenciamento Hierárquico em Ambiente TMN

Marcial Porto Fernandez [1] **Aloysio de Castro P. Pedroza** [1,2]
E-mail : marcial@gta.ufrj.br **E-mail : aloysio@gta.ufrj.br**

[1]Grupo de Teleinformática e Automação (GTA)
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
COPPE/PEE - Programa de Engenharia Elétrica
C.P. 68504 - CEP 21945-970 - Rio de Janeiro - RJ - Brasil
Tel: (021) 260-5010 Fax: (021) 290-6626
[2] Departamento de Eletrônica / EE-UFRJ

RESUMO

Este artigo apresenta um estudo de problemas e uma proposta para um sistema de gerenciamento para grandes redes de comunicação ATM. Mostra que as arquiteturas tradicionais, como SNMP/CMIP, não são adequadas para essas redes e apresenta uma proposta tentando solucionar os problemas advindos dessa inadequação. Propõe um protocolo de gerenciamento hierárquico que será especificado em uma linguagem de descrição formal. É apresentado um exemplo a ser desenvolvido para testar o protocolo.

ABSTRACT

This paper presents a study and a proposal of a large management systems in a large ATM communication network. It is showed that traditional architecture, such as SNMP/CMIP, will not be suitable and it is presented a proposal to solve this problems. We suggest a hierarchical management protocol that will be specified in a formal description language. Will be presented a example to be developed in order to test the protocol.

Palavras Chave : Gerenciamento de Redes, Sistemas Distribuídos, Especificação Formal, ATM, TMN

1. Introdução

Os sistemas de gerenciamento de redes de comunicação utilizam uma mesma filosofia: um elemento central principal deve reunir informações e realizar comandos de controle do sistema, e os demais elementos adquirem estas informações e executam as ordens. Por isso, os elementos típicos de um sistema de gerenciamento recebem as denominações de *gerente*, que centraliza informações e determina ações, e *agentes*, que coletam informações e executam as determinações do gerente.

A arquitetura é simples e atende à maioria dos sistemas existentes, mas começa a apresentar deficiências quando há um aumento da quantidade de elementos a serem gerenciados. A adição de elementos agentes aumenta a necessidade de processamento no gerente, bem como o tráfego de dados nos canais de comunicação que chegam a ele. Este é o caso do gerenciamento de redes telefônicas, onde a quantidade de dispositivos gerenciados pode chegar a vários milhões.

O presente trabalho tem por objetivo propor uma arquitetura de gerenciamento hierárquico para grandes redes de telecomunicação. Esta proposta restringe o gerenciamento a pequenos grupos, mas permite a sincronização das ações de gerenciamento em todo o sistema. A arquitetura TMN (Telecommunications Management Network) é utilizada para concentrar todas as informações de gerenciamento e realizar o controle nos elementos gerenciados.

Apresentamos também diversos conceitos, coligidos da literatura sobre o assunto, propostos para a organização de um sistema com vários gerentes, tais como definição de diretrizes, a delegação de gerenciamento e a MetaMIB. Estes conceitos permitem uma arquitetura flexível e escalonável, adequada portanto às grandes redes de telecomunicações, como uma rede ATM a nível global, por exemplo, integrando as redes telefônicas, de radiodifusão e de transmissão de dados.

A seção 2 apresenta resumidamente uma visão dos sistemas de gerenciamento existentes como o SNMP, o CMIP e o TMN. A seção 3 apresenta os problemas para gerenciamento de grandes redes de comunicação e mostra algumas idéias para tentar resolvê-los. A seção 4 apresenta a especificação do sistema proposto (SGH), suas primitivas e protocolo correspondente.

2. Arquitetura de Gerenciamento

2.1 Gerenciamento de Redes de Computadores e Telecomunicações

A Rede Arpanet, que se tornou a Internet quando atingiu uma dimensão mundial, obrigou a especificação de um sistema para gerenciar diversos dispositivos. Como a normalização OSI ainda estava no início, em 1991 foi proposto o sistema de gerenciamento SNMP (Simple Network Management Protocol), [RFC1157] que deveria funcionar temporariamente até ser definido o padrão OSI [ISO9596]. Como o SNMP alcançou uma abrangência muito grande, foi necessário incluir melhorias, fazendo surgir o SNMPv2 [RFC1441], em 1994. Algumas melhorias implementadas foram o sistema de segurança (criptografia e autenticação), a sincronização entre vários gerentes (não permitir que dois gerentes escrevam em um agente) e a implementação do informe confirmado (os traps do SNMPv1 não tem confirmação) [Black95].

Os sistemas de gerenciamento para redes de computadores SNMP e CMIP usam uma arquitetura plana, mostrada na Figura 1, por isso a interação se restringe à troca de mensagem entre dois dispositivos, gerente e agente. Nesta arquitetura, o elemento chamado gerente centraliza todas as informações, processa, armazena, interpreta e fornece a ordem para execução de ações corretivas. O outro elemento, chamado agente, realiza uma função localizada e que, dependendo do sistema, pode executar a coleta de informações, processamento e armazenamento. Como se vê, apesar dos vários graus de funcionalidade, toda tomada de decisão é realizada no gerente [Sloman95].

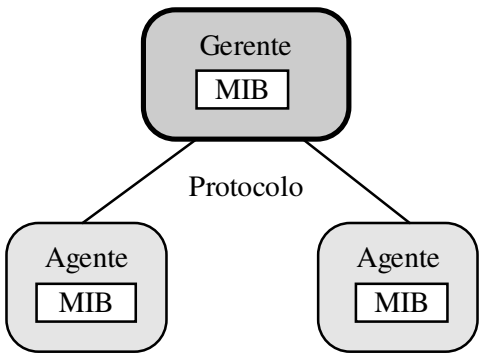

Figura 1 - Arquitetura de um sistema de gerenciamento

Em 1992, foram publicadas pelo ITU (International Telecommunication Union) as normas do TMN (Telecommunication Management Network), que propuseram um sistema de gerenciamento para redes de comunicação. O TMN foi estruturado sobre os conceitos OSI (Open Systems Interconnection) e de técnicas de programação orientada a objetos. Suas funções de gerenciamento foram organizadas em cinco grupos, conforme as áreas funcionais da OSI, [Spind96]:

1. Gerenciamento de Desempenho: o gerenciamento de desempenho trata do monitoramento da eficiência dos equipamentos de comunicação, como tráfego e parâmetros de qualidade de

serviço (QoS). Suas funções são verificar o estado das tentativas de conexões (sucesso ou falha), monitorar o tráfego de dados e detectar possíveis congestionamentos, sem atingir os limites definidos no gerenciamento de falhas.

2. Gerenciamento de Falhas (Alarmes): o gerenciamento de falhas trata apenas do estado dos dispositivos de comunicação. Determina os parâmetros e dá informações de alarmes, corrige falhas e executa rotinas de teste.
3. Gerenciamento de Configuração: o gerenciamento de configuração trata de todos os procedimentos necessários para colocar o equipamento em operação, exceto a sua instalação física. Determinar a operação ou não de dispositivos, acerta o relógio interno, inicia, atualiza e faz back-up dos dados armazenados.
4. Gerenciamento de Contabilidade: o gerenciamento de contabilidade trata de quantificar a utilização dos usuários com o objetivo de cobrança dos serviços. Faz a contabilidade de uso e seu armazenamento e determina as de classes de tarifação.
5. Gerenciamento de Segurança: o gerenciamento de segurança trata do controle de acesso de usuários à rede de comunicação. Identifica usuários (para permitir o acesso e efetuar contabilidade), informa acessos, detecta intrusos e tentativas de acesso não autorizado.

3. Gerenciamento de Grandes Redes de Telecomunicações

3.1 Problemas de Gerenciamento de uma rede de grandes dimensões

O principal problema de uma grande rede é não poder ser gerenciada apenas por um gerente. Mesmo que seja admitido o aumento da capacidade de processamento dos novos equipamentos, sempre teremos um limite, ora por causa do processamento, ora por causa da velocidade do canal de comunicação. Assim o sistema deve ser flexível, escalonável, podendo a sua capacidade ser aumentada de acordo com as necessidades.

A solução seria implementar um sistema distribuído, com vários gerentes, e que cada um deles pudesse gerenciar um grupo de agentes. Mas é importante atentar para o fato de que a existência de vários gerentes pode provocar um problema de autoridade. Por isso, cada um deve saber o que pode controlar e a quem deve se reportar, de forma que o sistema fique coerente e não haja conflito de instruções entre gerentes diferentes. Em um sistema grande não se pode também vincular rigidamente um agente a um gerente, pois, no caso de um gerente ficar inoperante, deve-se ter a possibilidade de outro gerente assumir o controle.

Uma arquitetura hierárquica é a mais adequada neste caso, mas ela não deve ser rígida no que concerne às relações entre agentes e gerentes, nem provocar muito retardo na transmissão de informações (por exemplo, uma medida corretiva deve ser tomada pelo gerente imediatamente superior e não deve demorar muito para chegar até ele).

O sistema deve ser flexível também quanto à possibilidade de acrescentar elementos gerenciados dinamicamente, a medida que sejam ativados, assim como retirá-los caso sejam desligados.

Uma informação importante para o gerenciamento é a hora local, para registrar, por exemplo, o momento em que o equipamento sofreu alguma ocorrência. Por isso, é necessário uma sincronização dos relógios no sistema e, dependendo da precisão requerida para ele, a conferência da hora local deve ser mais ou menos freqüente.

Um sistema hierárquico deve também respeitar a responsabilidade e autoridade das empresas que operam os sistemas de telecomunicação. Como é comum haver diversas empresas operando as telecomunicações em uma região, uma para ligações dentro do mesmo estado, outra para ligações dentro do país e outra para ligações internacionais, é necessário respeitar a autoridade sobre a área de atuação. Por exemplo a empresa nacional não pode controlar um canal dentro do estado, pois este é de responsabilidade da empresa estadual. Porém a empresa nacional pode

definir regras para os canais de comunicação da empresa estadual que são utilizados para comunicação nacional, de forma a garantir a qualidade de serviço.

3.2 Estrutura geral para um grande Sistema de Gerenciamento

O modelo de arquitetura hierárquica é apresentado a seguir com três níveis hierárquicos. Não há, entretanto, qualquer restrição ou diferenças significativas em relação a modelos com mais níveis. Consideremos que a rede seja constituída por comutadores, elementos típicos de uma rede ATM, e linhas de comunicação.

O primeiro nível hierárquico é representado na Figura 2, onde três comutadores estão interligados e gerenciados por um gerente M1, que controla os parâmetros de comunicação do sistema. Para este gerente toda a rede é vista desta forma e os controles referem-se exclusivamente à comunicação entre S1, S2 e S3.

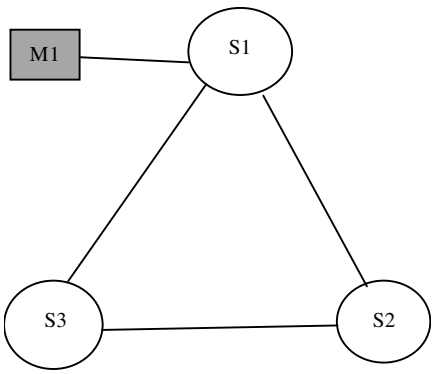

Figura 2 - Primeiro nível hierárquico do modelo de rede

Cada comutador mostrado acima pode ser na realidade uma subrede com seus diversos componentes. Um exemplo para a subrede S2 é mostrado na Figura 3. O gerente desta camada é MS2 e enxerga apenas essa rede da Figura 3. As conexões externas são vistas como uma conexão em aberto, mas que apresenta características reais, determinadas pelo nível hierárquico superior. Para permitir uma coerência de gerenciamento, são determinados parâmetros pelo gerente hierarquicamente superior, que deverão ser obedecidos pelo gerente MS2.

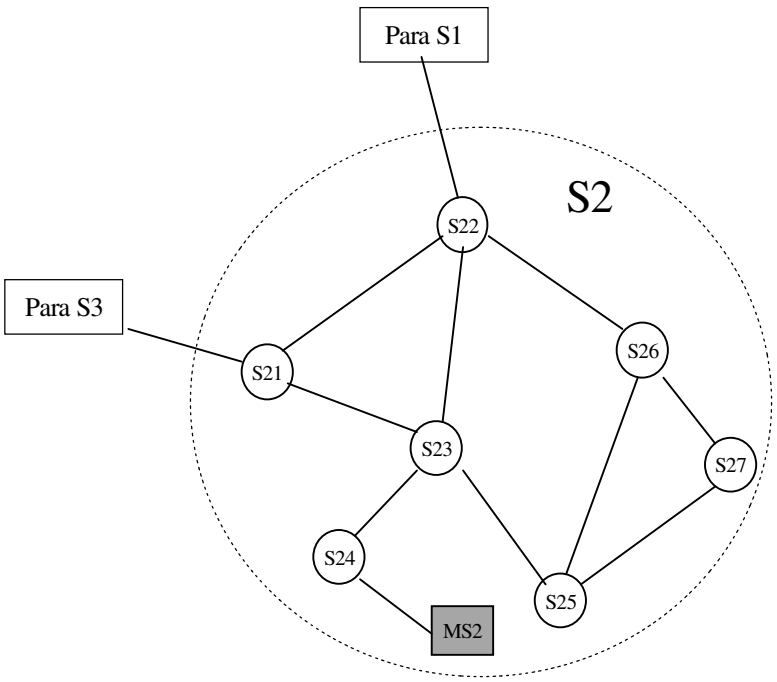

Figura 3 - Segundo nível hierárquico do modelo

Observe-se que a conexão entre S1 e S3 é, na realidade, duas conexões com S21 e S22. O gerente MS2 deve reservar uma banda nessas linhas de comunicação para garantir a comunicação entre S1 e S3, enquanto a banda restante pode ser utilizada por qualquer dispositivos de S2. Havendo alguma falha de comunicação dentro deste nível, deverá ser solucionada pelo gerente MS2. Uma falha na rede hierarquicamente superior será resolvida pelo gerente de nível superior, que determinará ações de controle a serem obedecidas por MS2, assim como também por S21 e S22.

A Figura 4 mostra mais um nível abaixo da hierarquia, agora já com a representação de terminais do usuário. O controle é análogo ao anterior. Assim considera-se que, em um determinado nível cada símbolo de comutador pode ser um equipamento fisicamente instalado ou uma abstração de comutador, na realidade uma sub-rede. O gerente enxerga apenas comutadores, sem se preocupar se é físico ou abstração, e efetua o controle como se ele fosse simplesmente um equipamento.

Um gerente de nível intermediário apresenta dois tipos de comportamento, um como gerente, controlando diversos equipamentos, e outro como agente, reportando informações de um comutador virtual para um gerente hierarquicamente superior.

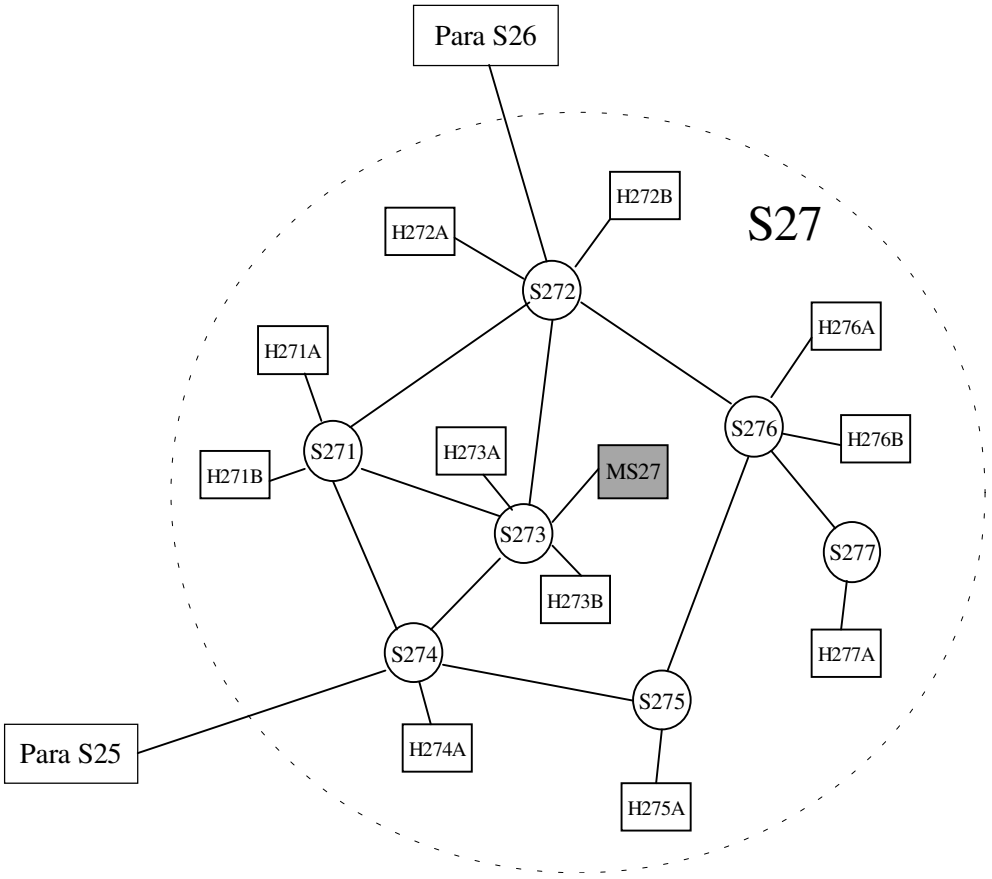

Figura 4 - Terceiro nível hierárquico do modelo

3.3 Propostas para um Sistema de Gerenciamento de Grande Porte

Nesta seção reunimos várias propostas encontradas na literatura que visam à implementação de um grande sistema de gerenciamento. No primeiro item apresentamos várias propostas para gerenciamento hierárquico no ambiente Internet, comentamos as idéias utilizadas em nosso trabalho e os motivos porque outras foram preteridas.

No segundo item apresentamos os vários conceitos de gerenciamento distribuído que forneceram subsídios teóricos formais ao nosso trabalho.

3.3.1 Propostas de Sistemas de Gerenciamento Hierárquico

3.3.1.1 Manager-to-Manager MIB

A primeira proposta de sistema com mais de um gerente, foi implementada no padrão Internet e foi chamada Manager-to-Manager MIB, especificado em [RFC1451]. Essa MIB replica os dados de gerenciamento, como alarme, eventos e notificação em outro gerente, e o gerente realiza uma sincronização da base de dados evitando, por exemplo, que dois gerentes escrevam no mesmo agente informações diferentes. Esse sistema é implementado apenas na versão 2 do SNMP.

O objetivo principal desta proposta é o de permitir que gerentes instalados remotamente, e com linhas de comunicação lenta, sejam gerenciados sem degradar a eficiência deste canal de dados. O sistema Manager-to-Manager não é apropriado para gerenciar grandes redes pois não reduz o processamento de informações para o gerente principal, apenas diminui a quantidade de dados transmitidos entre os gerentes. A função de monitoração, neste caso, apenas testa valores dentro de certos limites inferiores e superiores. Nenhum cálculo mais complexo necessário para tomar decisão é realizado neste caso [Siegl95]. Finalmente, esta proposta não tem capacidade para realizar controle hierárquico completo, pois implementa, no máximo, mais um nível intermediário entre o gerente e agente.

3.3.1.2 Gerenciamento Hierárquico - Sub Manager

O Sub Manager é uma proposta da University of Technology TU-Wien, Viena Áustria [Siegl95]. A idéia é estender o conceito da Manager-to-Manager MIB, aumentando a funcionalidade e permitindo mais níveis hierárquicos. Sua aplicação, no entanto, é restrita ao ambiente Internet, pois usa o SNMPv1 e SNMPv2.

A idéia básica é criar um dispositivo entre o gerente e agente chamado Sub-Manager. Esse dispositivo é constituído por um controle e três tabelas: uma chamada SubMgrEntry, que armazena os dados de entrada vindos dos agentes; uma outra chamada SubMgrOps, com a lista de procedimentos (como um script de funções de gerenciamento); e outra chamada SubMgrValue, com os resultados do cálculo de SubMgrEntry pelos procedimentos de SubMgrOps.

Os dados coletados nos agentes são armazenados em SubMgrEntry através dos mecanismos do SNMPv1 ou SNMPv2. Esses dados são processados conforme os procedimentos em SubMgrOps e armazenados em SubMgrValue. A comunicação entre o SubManager e o Gerente principal, assim como o padrão Manager-to-Manager utiliza o protocolo SNMPv2, e os dados que são informados para o Gerente principal estão armazenados em subMgrValue.

Os procedimentos armazenados em SubMgrOps poderão ser alterados dinamicamente através de uma ferramenta chamada NMP (Network Management Procedures). O sistema é bastante complexo, incluindo recursos de estampa de tempo e tempo de pesquisa (pooling), para garantir a sincronização dos dados.

3.3.1.3 Gerenciamento Hierárquico - Meta MIB

Uma proposta para representar a configuração física no ambiente Internet, considerando conceitos de gerenciamento hierárquico e descentralizado é uso da Meta-MIB. Essa proposta é utilizada no Projeto WILMA e é descrita em [Schal95]. A idéia é definir três novas MIBs :

- Tabela de Componentes : especificando o tipo de equipamento em cada endereço IP, como computador, roteador, modem, etc.

- Tabela de Conexões : especificando todas as conexões de equipamentos, por exemplo, roteador1 com modem3, estação4 com Hub2.
- Tabela de Agentes : especificando o estado em um nível maior de abstração tomando como base informações dos agentes. Por exemplo, o estado de uma linha de comunicação é a combinação do estado de dois roteadores e dois modems.

Dessas tabelas a que mais nos interessa é a Tabela de Agentes, pois permite a representação de vários níveis hierárquicos dentro de um sistema de gerenciamento.

3.3.2 Conceitos de Sistemas de Gerenciamento Distribuído

3.3.2.1 Gerência de Domínios

A Gerência de Domínios é uma proposta do Imperial College - Londres e é apresentada em [Sloman93]. Antes de defini-lo, e para melhor fazê-lo depois, veremos os conceitos de Objeto Gerenciado, Objeto Gerenciador e Objeto Composto.

O objeto gerenciado é definido como uma entidade que dispõe de recursos para gerenciamento . De uma forma geral, podemos representar o objeto gerenciado como mostrado abaixo, na Figura 5. O elemento principal é o núcleo de gerenciamento, que é composto pelo software de controle e as tabelas de dados (MIBs). Este núcleo interage com o meio exterior através das seguintes interfaces :

- Interface de comunicação com o dispositivo hierárquico superior, que será um gerente ao qual este objeto está relacionado.
- Interface de comunicação com o dispositivo hierárquico inferior, que será um gerente ou agente que este objeto gerencia.
- Interface com o recurso local, específica com o hardware e o software locais do equipamento, que realiza a coleta de informações de gerenciamento.

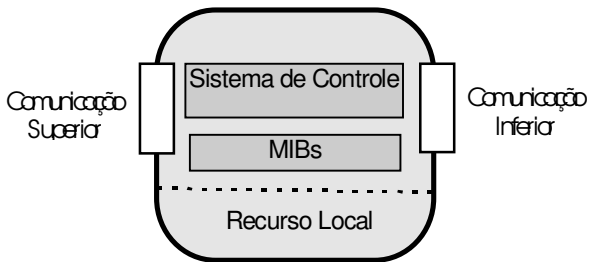

Figura 5 - Modelo de um objeto gerenciado

Em um grande sistema de gerenciamento, é difícil controlar e visualizar todos os elementos conectados à rede. Qualquer gerente, sistema ou operador humano, deve agrupar vários objetos gerenciados em um único objeto, para que ele possa ser tratado.

O objeto composto é definido como um conjunto de objetos gerenciados com um ou mais objetos gerenciadores (gerente), responsáveis por gerenciar os objetos pertencentes a este conjunto. O objeto composto é considerado como um único objeto gerenciado que encapsula todos os objetos internos. Um exemplo de objeto gerenciado composto é mostrado na Figura 6.

No exemplo, temos um objeto composto formado por um objeto gerenciador e dois objetos gerenciados. O objeto gerenciador centraliza a interface com os objetos gerenciados, que por sua vez, poderão fazer interface com o nível hierárquico inferior (comunica-se com outro objeto gerenciador). A conexão de objetos gerenciados compostos forma uma árvore hierárquica com relações de responsabilidade e autoridade rígidas entre os objetos.

O objeto gerenciador consolida todos as informações colhidas pelos objetos gerenciados e representa todo o conjunto de informações colhidas como um único objeto. Assim, a situação de todos os sub-objetos coletados pelo objeto gerenciado é um indicativo global (linhas cheias). Se um dispositivo hierarquicamente superior necessitar de alguma informação específica de um objeto gerenciado, solicita diretamente ao objeto que guarda as tabelas de estado (linha tracejada).

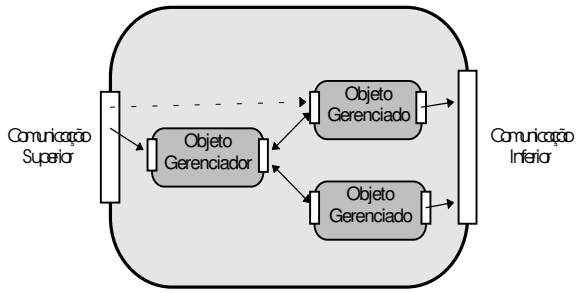

Figura 6 - Modelo de um domínio

O Domínio de Gerenciamento [Sloman93] é um grupo de objetos gerenciados com uma única interface. Um domínio é um objeto gerenciado que contém as informações de gerenciamento de todos os objetos pertencentes àquele grupo. Assim como um domínio pode ser por si só um objeto gerenciado, também pode ser membro de outro domínio.

O objeto gerenciado pode manter uma relação direta com um domínio, no qual dizemos que ele é um membro direto, e o domínio relativo a ele é chamado domínio pai. Quando existe um domínio ligado a um domínio pai chamamos subdomínio. Membros de um subdomínio são chamados de membros indiretos em relação ao domínio pai ou filhos do domínio pai.

3.3.2.2 Diretriz de Gerenciamento

A Diretriz de Gerenciamento também é uma proposta do Imperial College - Londres e é apresentada em [Sloman93]. O gerenciamento de sistemas distribuídos envolve as funções de monitorar as atividades, tomar decisões sobre gerenciamento e executar ações de controle para modificar o comportamento do sistema. Pela própria filosofia deste sistema, o gerente deve ter autonomia para decidir as ações que devem ser tomadas, sem precisar receber uma ordem explícita de um gerente superior. Estas decisões, no entanto, dentro do sistema distribuído, com vários objetos executando a função de gerência, precisam de uma diretriz que oriente sua realização.

Diretriz é uma informação que influencia o comportamento de um objeto, isto é, que diz como deve ser a sua interação com os demais objetos do sistema. Toda diretriz tem um sujeito, no qual o objetivo deve atuar, e um alvo, que é o comportamento desejado. Em alguns casos o alvo ou o sujeito poderão ser implícitos, como, por exemplo, uma diretriz que determina que toda senha deve ter mais de oito caracteres, tem como sujeito implícito qualquer usuário que cria ou troca a senha.

Um sistema de gerenciamento, com um número muito grande de objetos, não pode ter uma diretriz para cada objeto individualmente. Assim, é necessário definir vários domínios agrupando diversos objetos com funções semelhantes aos quais uma mesma diretriz se aplica. Um objeto pode ser o sujeito ou o alvo de muitas diretrizes diferentes, o que pode provocar conflito entre diretrizes no objeto, e deve ser tratado por uma outra diretriz específica para tratar de conflito.

A diretriz de gerenciamento especifica também o relacionamento entre objetos gerenciadores e objetos gerenciados. O domínio pode especificar um conjunto de objetos gerenciadores e gerenciados no qual uma diretriz é aplicada.

As diretrizes podem ser divididas em dois grupos: Diretriz de Autorização, que determina aos objetos gerenciadores as funções que lhes são ou não permitidas de realizar nos objetos

gerenciados; e Diretriz de Obrigação, que define o que o objeto gerenciador é ou não obrigado a realizar. Uma diretriz de autorização pode ser positiva, permitindo executar uma ação, ou negativa, proibindo uma determinada ação. Já uma diretriz de obrigação determina simplesmente uma ação que deve ser realizada. Quando um objeto recebe uma diretriz de autorização negativa para uma determinada ação e recebe uma diretriz de obrigação para executar esta mesma ação, ocorre naturalmente um conflito de diretrizes que provocará problemas no sistema [Moff93].

O gerenciador humano então julgará se a diretriz é adequada ou não e se deve implementá-la ou não, e poderá resolver eventuais conflitos entre diretrizes.

A especificação de diretrizes por um gerente humano inicia-se no nível mais elevado de abstração e vai sendo refinada a cada nível que desce. Como exemplo, podemos considerar um sistema de controle de uma caldeira. No nível mais elevado de abstração, o sistema deve manter a caldeira em estado seguro. Um nível abaixo, essa diretriz significa que a temperatura interna não deve ultrapassar, por exemplo, 750° C. Ao atingir essa temperatura, uma medida corretiva deve ser tomada, que pode ser fechar uma determinada válvula. Observe que uma diretriz não especifica necessariamente o que fazer para uma determinada situação, mas ela determina para o nível inferior os parâmetros de decisão.

A diretriz não é simplesmente um valor que deve ser atendido. Em um sistema heterogêneo, constituído por diversos equipamentos de diversos fabricantes, essas diretrizes poderão tomar valores distintos em função das características particulares de cada objeto gerenciado.

Uma outra proposta de gerenciamento de diretrizes, foi feita na Universidade de Munique [Wies94]. A idéia básica é semelhante, apenas complementa a proposta anterior, classificando as diretrizes segundo diversos critérios. Mostramos a seguir alguns deles:

- Tempo de vida : Especifica a duração de uma determinada diretriz, que pode ser curta, média ou longa.
- Modo de disparo : Como a diretriz é ativada, se disparada periodicamente, assincronamente ou se permanece constantemente ativa.
- Atividade : Determina o comportamento diante de um problema que pode ser apenas monitorá-lo, tentar contorná-lo o problema ou executar uma ação corretiva no objeto problemático.
- Modo : Determina o tipo de diretriz, que pode ser obrigação, permissão ou proibição.
- Geográfico : Se tem alcance apenas em uma sala, andar, prédio, rua, bairro, cidade, país, etc.
- Área funcional : É a função em que atua a diretriz, isto é, desempenho, falha, configuração, contabilidade e segurança.

3.3.2.3 Delegação de Gerenciamento

A delegação do gerenciamento [Golds95] especifica um modelo de sistema de gerenciamento flexível, isto é, um sistema adequado para controlar uma rede que se modifica ao longo do tempo. A idéia é que um gerente, ao detectar que está sobrecarregado para gerenciar um conjunto de objetos, possa delegar o gerenciamento de alguns objetos a outro gerente.

A outra possibilidade de delegação é quando um dispositivo gerente sofre paralisação e um outro dispositivo deve assumir o controle desse grupo de objetos gerenciados. Neste caso, um outro gerente de qualquer nível hierárquico superior assume o controle dos objetos, e tem todos os poderes sobre eles, inclusive de delegá-los a outro gerente.

Uma opção mais complexa foi proposta pelo Projeto DOMINO, que, além da autoridade de poder, especifica também a autoridade de delegação [Moffe91]. O sistema pode impor restrições semelhante às organizações humanas, onde um chefe pode delegar a chefia a um subordinado, mas este não pode delegá-la para outra pessoa sem o consentimento do chefe, por exemplo.

A delegação de gerenciamento é importante para o caso de um centro comercial na cidade que demanda mais serviço de telecomunicações durante o dia. Parte dos gerentes responsáveis por gerenciar bairros residenciais próximos poderia auxiliar no controle deste centro comercial durante o período de maior necessidade.

4. Especificação de um Sistema de Gerenciamento Hierárquico (SGH)

Nesta seção, detalharemos um sistema de gerenciamento capaz de controlar e monitorar uma grande quantidade de dispositivos utilizando um arquitetura hierárquica. A concepção de um gerente que admite uma estrutura de funcionamento hierárquica pressupõe para ele dois comportamentos distintos: um como gerente (em relação aos diversos agentes sob seu controle) e outro como agente (em relação ao gerente que o controla).

A Figura 7 mostra esquematicamente a disposição dos diversos módulos. Todos eles estão localizados na camada Aplicação do modelo OSI. As camadas inferiores, de Física até Apresentação, estão representadas genericamente na figura como Meio de Comunicação. Acima delas está a camada que oferece o serviço CMISE, e que se comunica com outros dispositivos através do protocolo CMIP.

O módulo TMN executa as funções de coleta de informações dos gerentes e as consolida em suas tabelas de dados de gerenciamento (MIBs). Este módulo implementa o comportamento de gerente, e atende às necessidades para gerenciamento de uma rede de telecomunicações.

A camada de nível mais elevada foi chamada de Plataforma de Gerenciamento e consiste em um sistema de ambiente gráfico, que oferece as informações de gerenciamento para o operador de redes. A plataforma sugerida para utilização é a OSIMIS, que além de oferecer todos os recursos necessários, é uma plataforma acadêmica, com maior facilidade de se obter documentação e informações do sistema.

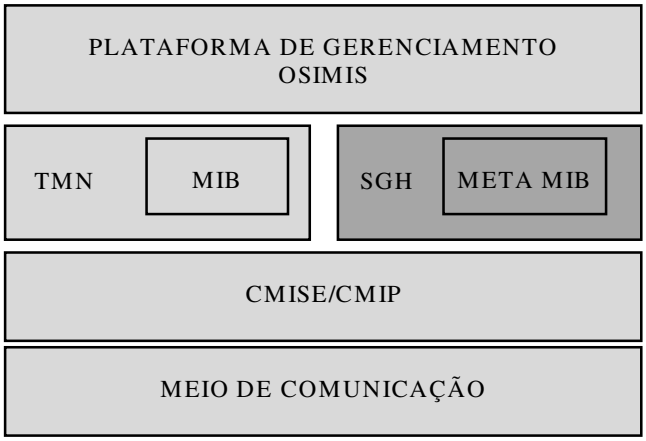

Figura 7 - Arquitetura do Sistema de Gerenciamento

O módulo SGH (Sistema de Gerenciamento Hierárquico), que é a proposta deste trabalho, executa as funções de gerência de domínio, gerência de diretrizes e gerência de delegação. Ele assume o comportamento de agente, fornecendo informações (reports) e recebendo informações de gerenciamento do gerente um nível acima, utilizando os dados consolidados na Meta-MIB.

A Meta-MIB apresenta para o gerente acima a imagem da rede gerenciada, segundo a visão do nível superior. O SGH é responsável também por ler as informações das MIBs TMN e convertê-las para a Meta-MIB. Esta conversão é bastante simples. Na Figura 2, por exemplo, se a conexão com a rede superior, representada pela porta 1 do comutador hipotético S2, é realizada pela porta 3 do comutador S21 da Figura 3, essa conversão é apenas a cópia dos parâmetros da porta 3 do comutador S21 para a posição 1 da Meta-MIB, que representa o comutador hipotético S2.

O uso do protocolo CMIP em detrimento do SNMP é justificado pelos seguintes motivos:

- O ITU-T recomenda esse protocolo para ser utilizado no sistema TMN, e como o SGH se propõe a ser um complemento dele, a escolha do CMIP é natural.
- Um sistema flexível, permitindo vários níveis hierárquicos, torna-se mais fácil de ser implementado com técnicas de programação orientada a objetos (OOD - Object Oriented Design), e o CMIP foi concebido tendo em vista essa técnica.

A forma de se implementar essa arquitetura hierárquica é a criação de um módulo SGH. Este possui primitivas de controle e uma estrutura de dados, uma delas chamada Meta-MIB, que consolida o modelo de rede para o nível superior. Esta Meta-MIB tem uma estrutura idêntica à uma MIB de Agente, o que permite ao gerente assumir o papel de agente em relação ao gerente um nível acima.

O comportamento do SGH deve ser:

- Para o módulo TMN, o SGH deve ser como um sistema de gerenciamento, solicitando informações das MIBs do TMN. Esta correlação deve ser fornecida pelo SGH.
- Em relação ao gerente do nível hierarquicamente acima, o SGH deve se comportar como um agente, fornecendo as informações consolidadas.

4.1 Estrutura do SGH (Sistema de Gerenciamento Hierárquico)

A estrutura do SGH, seguindo o modelo OSI, é mostrada a seguir na Figura 8. A relação com a camada inferior é realizada através das primitivas do serviço CMISE. Para a camada superior são oferecidos as primitivas do serviço SGH.

Esta estrutura é composta por uma estrutura de dados com todos os parâmetros necessários, como tabela de gerentes, tabela de agentes, tabela de diretrizes e a Meta-MIB, que serão descritas na seção 4.2. A estrutura de controle realiza a manipulação de dados nas tabelas e implementa as primitivas do protocolo SGH utilizando o serviço CMISE. Este protocolo é descrito na seção 4.3.

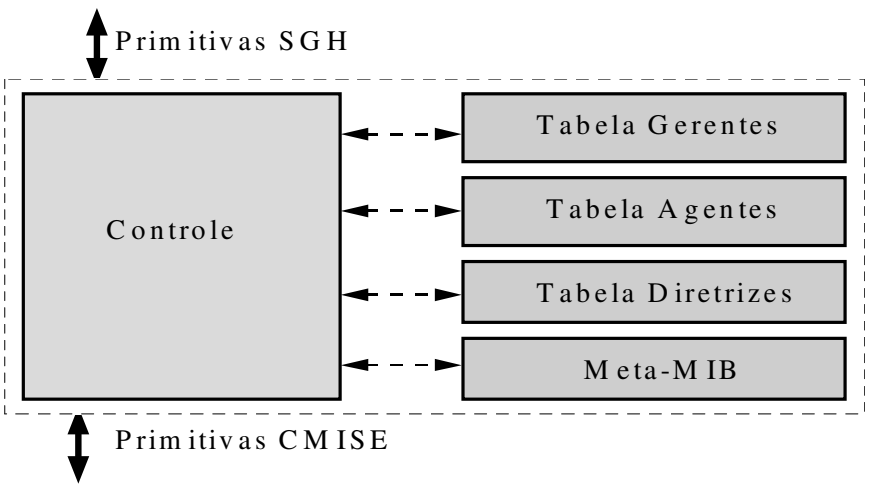

Figura 8 - Estrutura do SGH

4.2 Estrutura de Dados do SGH

Apresentamos a seguir, de forma genérica, as estruturas de dados usadas no sistema SGH.

4.2.1 Tabela de Gerentes e Agentes

A Tabela de Gerentes é uma lista com o endereço dos dispositivos gerentes de nível hierárquico superior, em ordem prioritária de conexão. Se o primeiro gerente não responder (estiver fora de operação, por exemplo) deve-se tentar contato com o segundo gerente da tabela.

A Tabela de Agentes determina todos os objetos gerenciados por um determinado gerente. Através dessa lista, poderão ser realizadas as funções de delegação.

4.2.2 Tabela de Diretrizes

Para definir as diretrizes que são monitoradas, avaliamos as MIBs propostas pelo ATM Fórum [ATM93]. A partir delas, podemos indicar algumas diretrizes :

- Quantidade de Canais :
    1. Quantidade de Canais VPI disponíveis em cada porta do comutador
    2. Quantidade de Canais VCI disponíveis em cada porta do comutador
- Parâmetros de QoS e policiamento (Leaky Bucket) [Tanen96] :
    3. PCR : Taxa de pico
    4. SCR : Taxa média
    5. MCR : Taxa mínima
    6. CDVT : Jitter máximo (variação do atraso de chegada das células)
    7. CLD : Taxa máxima de perda de células.
    8. CDT : Tempo máximo de viagem
    9. CDV : Variação do tempo de viagem
    10. CER : Fração máxima de células com erro
    11. SECBR : Fração máxima de células com erro irrecuperável
    12. CMR : Fração máxima de células para destino errado.

4.2.3 Meta MIB

A Meta-MIB deverá armazenar as informações de um dispositivo (comutador) hipotético para o nível hierárquico superior. A definição e tratamento desta MIB não é escopo do presente trabalho.

4.3 Especificação das Primitivas do SGH

4.3.1 Especificação genérica das primitivas do SGH por função

Apresentamos inicialmente a proposta de um conjunto de primitivas para o sistema SGH, organizadas conforme as funções exercidas. Estas primitivas foram selecionadas a partir de sugestões encontradas na literatura sobre o assunto.

4.3.1.1 Primitivas de Gerência de Domínio

As primitivas de gerência de domínio foram definidas através das sugestões indicadas em [Sloman93], estão relacionadas a seguir:

- Criar um novo domínio.
- Apagar um domínio.

- Inserir objetos em um domínio.
- Retirar objetos de um domínio.
- Relacionar os objetos pertencentes a um domínio.

Essas primitivas permitem a manipulação de gerentes e agentes pertencentes ao conjunto de objetos gerenciados de um determinado gerente. Um exemplo seria a inclusão de um objeto novo ou a retirada de um objeto não mais utilizado.

4.3.1.2 Primitivas de Gerência de Diretrizes

As primitivas de gerência de diretrizes foram definidas também através das sugestões indicadas em [Sloman93], e são as seguintes:

- Criar objeto de diretriz (atribuir diretriz a um domínio).
- Apagar objeto de diretriz (retirar diretriz de um domínio).
- Ler atributos (diretriz) de um domínio.
- Escrever atributos (diretriz) em um domínio.

Essas primitivas permitem o tratamento e manipulação de um determinado gerente. Por exemplo, ler as diretrizes do gerente ou escrever diretrizes em um agente.

4.3.1.3 Primitivas de Delegação

As primitivas de delegação foram definidas tomando como base os conceitos apresentados em [Golds95] e [Moff91] e são as seguintes:

- Solicita autorização para delegar objetos gerenciados.
- Delega objetos para outro gerente.
- Elimina objetos que foram delegados para outro gerente.

Estas primitivas executam a função de delegação de objetos gerenciados em determinado gerente. Um exemplo seria a delegação do gerenciamento sobre algum agente para outro gerente.

4.3.2 Especificação detalhada das primitivas do SGH

A Tabela 1 detalha as primitivas propostas para o sistema SGH. As variáveis referenciadas nesta tabela encontram-se destacadas na tabela 2.

Tabela 1 - Especificação das Primitivas do SGH

Nome da Primitiva	Especificação
ManagerInit	Nome : Inicia Tabela de Gerentes Pai Parâmetros : **Manager** Função : Envia mensagem para **Manager** e recebe **TableM**
ManagerRead	Nome : Lê tabela **TableM** Parâmetro : Nenhum Função : Lê toda a tabela **TableM** para testar a autorização de envio de resposta e montar a tabela **TableM** para os Agentes (gerentes Filhos)
AgentRead	Nome : Lê tabela **TableA** Parâmetro : Nenhum Função : Lê toda a tabela **TableA** para verificar a existência de uma Agente (ou Gerente Filho)

AgentElimin	Nome : Retira Agente (ou Gerente Filho) Parâmetro : **Agent** Função : Retira **Agent** da tabela **TableA**.
AgentCreate	Nome : Cria Agente (Gerente Filho) Parâmetro : **Agent** Função : Inclui **Agent** na tabela **TableA**
DelegAsk	Nome : Solicita autorização de delegação Parâmetros : **Manager** ou **Agent** Função : Solicita ao **Manager** ou **Agent** autorização para delegar.
DelegAct	Nome : Passa controle de um agente para outro gerente ou agente Parâmetros : **Agent**, **Manager** Função : Passa gerência de **Agent** para **Manager**
PolicyMRead	Nome : Lê Diretrizes definidas pelo gerente Parâmetros : **PolicyType** Função : Lê **TablePolicy** e informa diretriz de **PolicyType**
PolicyARead	Nome : Lê Diretrizes do Agente (ou Gerente Filho) Parâmetros : **Agent**, **PolicyType** Função : Lê **TablePolicy** do **Agent** e informa diretriz de **PolicyType**.
PolicyAChange	Nome : Altera Diretriz do Agente (ou Gerente Filho) Parâmetro : **Agent**, **PolicyType**, **Valor** Função : Altera Diretriz **PolicyType** do **Agent**
PolicyMLoad	Nome : Atualiza Diretrizes com Gerente Parâmetros : **Manager** Função : Pede **Manager** para atualizar Diretrizes locais

Tabela 2 - Descrição das Variáveis do SGH

Variáveis	Descrição da Variável
Manager	Nome do gerente, a quem deve se reportar
Agent	Nome do agente que é controlado ou o gerente um nível abaixo
TableM	Tabela de gerentes, em ordem seqüencial de submissão
TableA	Tabela de agentes
TablePolicy	Tabela de diretrizes
PolicyType	Tipo de diretriz

Este conjunto de primitivas oferece todos os recursos para que uma plataforma de gerenciamento possa estruturar um sistema hierárquico. A título de ilustração, vejamos o seguinte exemplo de delegação de gerenciamento. Um gerente que precisa delegar um agente, por qualquer razão, deve inicialmente escolher um gerente da **TableM** a quem delegar; para isso, lê a tabela de gerentes através da primitiva **ManagerRead**. Escolhido o gerente, ele deve solicitar uma autorização de delegação através da primitiva **DelegAsk**. No caso de receber uma resposta positiva, realiza a delegação com a primitiva **DelegAct**, mas se a resposta for negativa, solicita nova autorização executando **DelegAsk** para outro gerente da **TableM**.

4.3.3 Especificação do Protocolo do SGH

O protocolo de comunicação do SGH implementa o serviço definido pelo conjunto de primitivas propostas para o SGH utilizando o serviço CMISE. A especificação apresentada com o modelo de Rede de Petri analisa a parte de controle do protocolo. A manipulação de dados não foi explicitada.

As primitivas ManagerRead, AgentRead, AgentElimin, AgentCreate e PolicyMRead executam apenas funções de leitura e escrita em tabelas locais, não existindo protocolo para elas. Por este motivo, o modelo correspondente é trivial e não será apresentado.

A primitiva ManagerInit é mostrada na Figura 9. Esta primitiva é implementada com dois ciclos de mensagem M-Get, uma para TableM e outra para TablePolicy. Inicialmente é realizada a associação da comunicação, utilizando a primitiva A-Associate do ACSE. O encerramento é realizado com a primitiva A-Release.

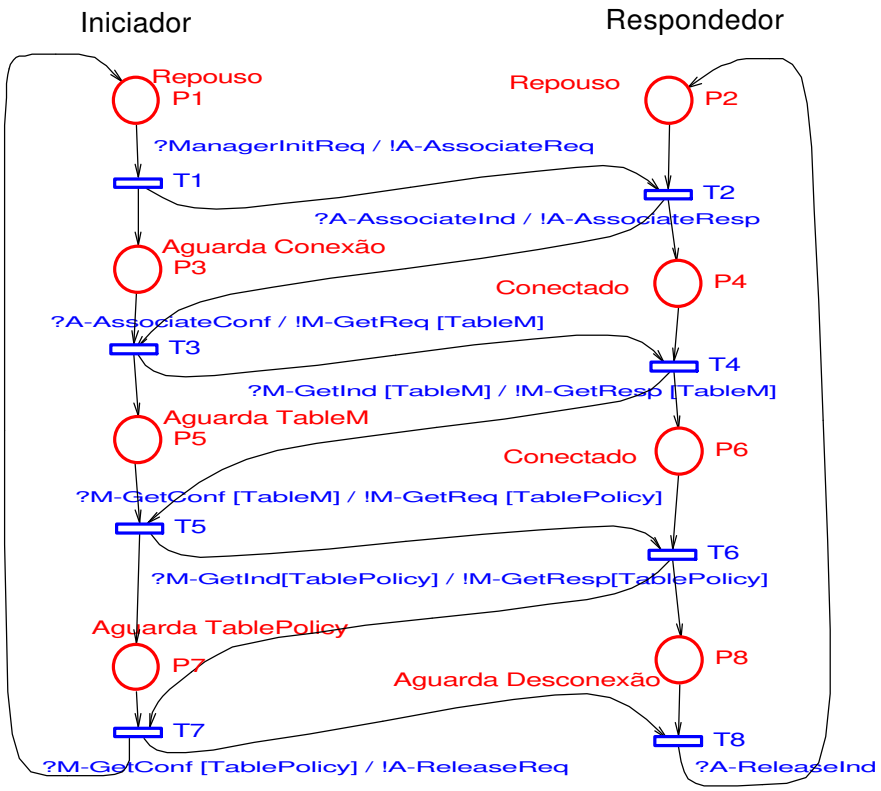

Figura 9 - Modelo da primitiva ManagerInit

As primitivas DelegAsk, DelegAct e PolicyAChange são representadas pela rede mostrada na Figura 10. Inicialmente é realizada a associação da comunicação, utilizando a primitiva A-Associate do ACSE. O envio de informações para o respondedor é realizado através da primitiva M-Set. O controle de todas estas primitivas é semelhante, apenas as tabelas e o nome da primitiva são diferentes. O encerramento é realizado com a primitiva A-Release.

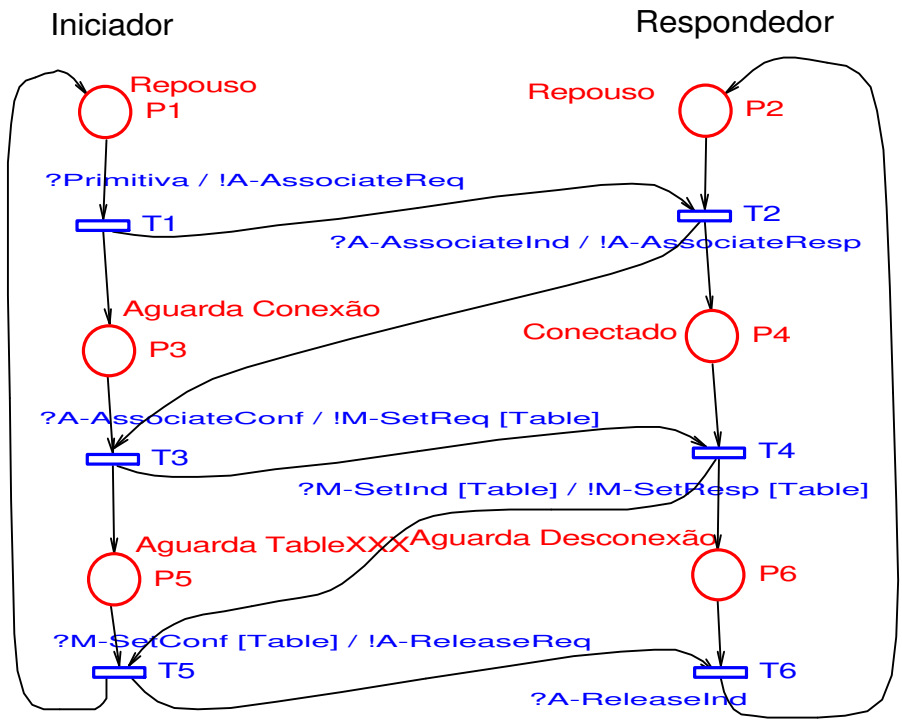

Figura 10 - Modelo das primitivas SET

As primitivas PolicyARead e PolicyMLoad são representadas pela rede mostrada na Figura 11. Inicialmente é realizada a associação da comunicação, utilizando a primitiva A-Associate do ACSE. A busca de informações no respondedor é realizada através da primitiva M-Get. O controle de todas essas primitivas é semelhante, apenas as tabelas e o nome da primitiva são diferentes. O encerramento é realizado com a primitiva A-Release.

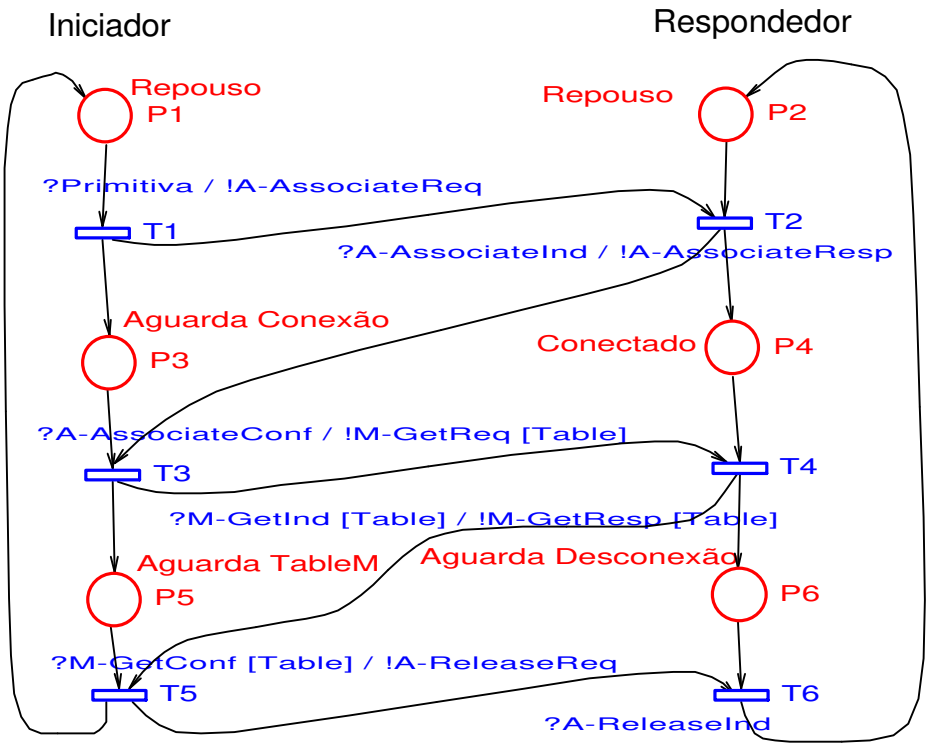

Figura 11 - Modelo das primitivas GET

Os modelos apresentados estão simplificados, não mostrando situações de falha ou erro. Foram feitos assim para permitir maior clareza de leitura. Para um modelo completo, deve-se considerar que, em cada estado, quando há uma mensagem de erro de conexão ou transmissão, informada pela camada CMISE/CMIP, ou mensagem M-CANCEL-GET ou A-ABORT, originadas pelo iniciador da comunicação, existe uma transição para o estado de Repouso.

A próxima etapa de desenvolvimento do trabalho será a de especificar o protocolo em linguagem de descrição formal Estelle. A linguagem Estelle apresenta todos os recursos necessários à especificação do protocolo além de possuir ferramentas de simulação para verificar seu funcionamento.

4.4 Estudo de Caso

O sistema de gerenciamento hierárquico proposto neste trabalho será testado em simulação com o uso de um estudo de caso apresentado na Figura 12. Com este modelo, pode-se realizar os testes relacionados abaixo:

- Ativação de um novo gerente (de qualquer camada), assim como a atualização das suas tabelas.
- Mudança na Tabela de Diretrizes e a verificação de coerência.
- Delegação de gerenciamento, isto é, um gerente passa para outro o controle de alguns objetos gerenciados.
- Simulação de falha em um gerente, provocando que os gerentes um nível abaixo procurem se reorganizar na nova rede, procurando um novo gerente e atualizando parâmetros.

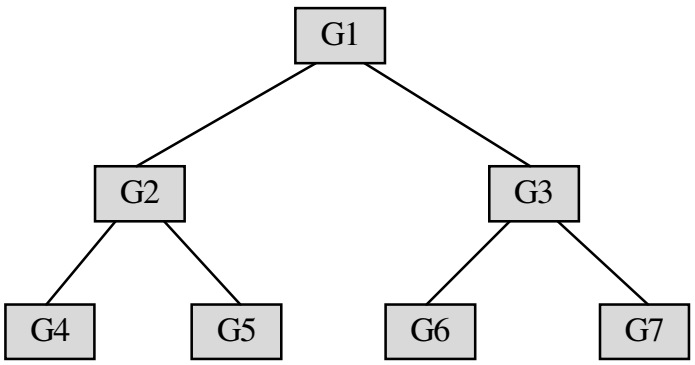

Figura 12 - Proposta de Estudo de Caso

Embora simples, o modelo considerado permite destacar todas as interações entre gerentes possíveis, possibilitando uma verificação exaustiva do protocolo. Podemos observar que os gerentes G2 e G3 tem comportamento de gerente e agente.

5. Comentários

Este artigo apresentou uma proposta de um sistema de gerenciamento hierárquico apropriado para grandes redes de telecomunicações. Analisamos várias propostas encontradas na literatura e aproveitamos os conceitos para fazer um sistema flexível. Esta flexibilidade, que advém em grande parte da forma independente com que o SGH opera nos diversos elementos da rede, não provocou, no entanto, perda de controle. O sistema dispõe também de recursos para manter coerente e sem conflitos no seu conjunto.

O protocolo SGH proposto não apenas pode controlar qualquer quantidade de dispositivos, como também pode adequar-se dinamicamente a qualquer alteração na quantidade de objetos gerenciados. Além disso, a possibilidade de delegação de gerenciamento confere ao sistema como um todo grande estabilidade e tolerância a falhas.

O sistema SGH oferece também recursos de segurança. Como cada gerente enxerga apenas a camada inferior e, os critérios para troca de gerente são definidos rigidamente, então a capacidade de acesso de cada gerente pode ser limitada em qualquer nível. Além disso, o uso de técnicas de criptografia, disponíveis no protocolo CMIP, garante segurança de acesso ao gerenciamento da rede.

O uso de uma linguagem de especificação formal facilita o trabalho de codificação, assim como simulações com seqüências de teste. A especificação formal é a maneira adequada para descrever esse sistema em um alto nível de abstração, podendo futuramente ser convertido para código de uma linguagem de programação.

Este trabalho produzirá uma aplicação consistente com o modelo TMN e a plataforma proposta oferecerá uma base de desenvolvimento para um sistema de gerenciamento hierárquico completo. Finalmente, podemos dizer que o protocolo em desenvolvimento oferecerá subsídios para outros trabalhos na área de gerenciamento.

6. Referências

[ATM93] ATM Interface Configuration Parameters Group. *ATM Interface MIB Definitions*. ATM Forum. USA, mar 1993.

[Black95] BLACK, Uyless D. *Network Management Standards - SNMP, CMIP, TMN, MIBs and Object Libraries - 2nd Edition*. McGraw-Hill.USA, 1995.

[Fossa96] FOSSA, Halldor, SLOMAN, Morris. Implementing Interactive Configuration Management for Distributed Systems. *IEEE Transactions on Communications*. USA, v. 15, n.8, p. 44-51, jan. 1996.

[Golds95] GOLDSZMIDT, German, YEMINI, Yechiam. Distributed management by delegation. *Proceedings of 15th International Conference on Distributed Computing Systems*. New York, jun. 1995.

[ISO9596] International Standards Organization ISO. *9596 Information Technology, Open System Interconnection - Common Management Information Protocol - Part 1: Specification*. ISO/IEC. Suíça, maio 1990.

[Lehm94] LEHMAN Jr, Erny, PEDROZA, Aloysio. Especificação e verificação do Protocolo CMIP para gerenciamento de redes. *12° Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores SBRC 94*. Curitiba, maio 1994.

[Meyer95] MEYER, Kraig, GOLDSZMIDT, German, YEMINI, Yechiam. Decentralizing control and intelligence in network management. *Proceedings of 4th International Symposium on Integrated Network Management*. Santa Barbara, mai. 1995.

[Moff91] MOFFETT, Jonathan D, SLOMAN, Morris S. Delegation of authority. *IFIP 2nd International Symposium on Integrated Network Management*. Washington DC, p. 595-606, 1-5 abril 1991.

[Moff93] MOFFETT, Jonathan, SLOMAN, Morris. Policy hierarchies for distributed systems management. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*. USA, v. 11, n.9, p. 1404-1414, dez. 1993.

[RFC1157] CASE, Jeffrey D., FEDOR, Mark S., SCHOFFSTALL, Martin L., at al. *A simple network management protocol (SNMP). RFC 1157*. USA, maio 1990.

[RFC1271] WALDBUSSER, S.. *Remote Network Monitoring Management Information Base*. *RFC 1271*. USA, nov. 1991.

[RFC1441] CASE, Jeffrey D., McCLOGHRIE, Keith, ROSE, Marshall T., at al. *Introduction to version 2 of the Internet-standard Network Management Framework*. *RFC 1441*. USA, abril 1993.

[RFC1451] CASE, J., Mc CLOGHRIE, K., ROSE, M., et al. *Manager-to-Manager Management Information Base. RFC 1451*. USA, abr. 1993.

[Schal95] SCHALLER, Nikolaus H. A concept for hierarchical, decentralized management of the physical configuration in the Internet. *Proceedings of KiVS'95*. Chemnitz, 20-24 fev. 1995.

[Siegl95] SIEGL, Manfred R., TRAUSMUTH, Georg. Hierarchical Network Management - A Concept and its Prototype in SNMPv2. *Doctoral Thesis of University of Technology TU-Wien*. Austria, mai. 1995.

[Sloman93] SLOMAN, Morris, MAGEE, K., TWIDLE, K., at al. An arquitecture for managing distributed systems. *Proceedings of 4th IEEE Workshop on Future Trends of Distributed Computing Systems*. Lisboa, p. 40-46, 22-24 set. 1993.

[Sloman95] SLOMAN, Morris. Management issues for distributed service. *Proceedings of IEEE 2nd International Workshop on Services in Distributed and Networked Environment*. Canada, p. 52-59, 5-6 jun. 1995.

[Spind96] SPINDOLA, Marcelo, PEDROZA, Aloysio. Especificação formal de uma plataforma de gerenciamento TMN para redes ATM. *14° Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores SBRC 96*. Fortaleza, p. 273-291, maio. 1996.

[Tanen96] TANENBAUM, Andrew S.. *Computer Networks - 3rd Edition*. Prentice Hall.USA, p. 460-474, 1996.

[Wies94] WIES, Rene. Policy Definition and Classification: Aspects, Criteria and Examples. *Proceedings of the IFIP/IEEE International Workshop on Distributed Systems: Operation and Management*. Toulouse-France, 10-12 outubro 1994.