PROTOCOLO PARA GERENCIAMENTO HIERÁRQUICO DE REDES DE TELECOMUNICAÇÕES (TMN)

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

Os sistemas de gerenciamento de redes de computadores geralmente apresentam um único gerente e vários agentes. A gerência de redes de telecomunicações, pela sua dimensão e complexidade, exige maiores capacidades do sistema de gerenciamento, impossíveis de se realizar com apenas um gerente. O TMN, norma ITU que padroniza um sistema para telecomunicação, já prevê o uso de vários gerentes organizados em uma arquitetura hierárquica. Este trabalho apresenta um estudo dos problemas de gerenciamento de grandes redes de telecomunicações e faz uma proposta de protocolo para um Sistema de Gerenciamento Hierárquico (SGH), apropriado para gerenciar redes desse porte. Este protocolo oferece recursos não definidos na norma TMN, mas que se mostraram úteis para o gerenciamento de grandes redes. O protocolo SGH é especificado através da linguagem de descrição formal Estelle e suas funcionalidades são verificadas utilizando-se um modelo de testes.

ABSTRACT

A computers network management system presents one manager and several agents. The management of telecommunications networks, for its dimension and complexity, demands larger computer resources and management system capacities, impossible to be done with just one manager. The TMN standard, that intends to standardize systems offering those resources, already foresees the use of several managers organized in a hierarchical architecture. This work presents a study of the problems to manage a great telecommunications network and it makes a protocol proposal for a System of Hierarchical Management (SGH), adapted for to manage a great networks. This protocol offers resources that is not defined in the TMN standards, but that are valuable tools for manage a great network. The protocol SGH is specified using the formal description language Estelle and its functionality are verified using a test model .

Palavras Chaves: Gerenciamento de Redes, Protocolo, TMN

1. Introdução

Os sistemas de gerenciamento de redes de comunicação utilizam uma mesma filosofia: um elemento principal deve reunir informações e realizar comandos de controle do sistema, enquanto os demais elementos adquirem estas informações e executam as ordens. O elemento principal é denominado *gerente* e os elementos que executam suas determinações são chamados de *agentes*.

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 seus canais de comunicação. Estas são situações que dizem respeito ao gerenciamento de redes de telecomunicações, nas quais a quantidade de dispositivos gerenciados pode chegar a vários milhões.

A norma TMN (Telecommunications Management Network), publicada em 1992, propôs uma especificação de sistema que permitisse a gerência integrada de redes de telecomunicações, já que até este momento os sistemas existentes eram proprietários.

O ITU (International Telecommunication Union) incluiu o gerenciamento hierárquico no escopo da norma TMN [1], reconhecendo a necessidade da concepção de um sistema com vários gerentes organizados de forma hierárquica, mas não definiu de como este tipo de gerência seria implementado. Por isso, a maioria das implementações existentes acabaram utilizando protocolos proprietários.

O presente trabalho propõe a definição de um protocolo que implementa um sistema de gerenciamento hierárquico aberto, em conformidade com os objetivos da norma TMN. A arquitetura de gerenciamento hierárquico proposta é adequada para o controle de grandes redes de telecomunicações. Ela restringe o gerenciamento a pequenos grupos, mas permite a sincronização das ações de gerenciamento em todo o sistema. A arquitetura TMN é utilizada para concentrar todas as informações de gerenciamento e realizar o controle nos elementos gerenciados.

2. Arquitetura de Gerenciamento

Esta seção apresenta resumidamente os problemas para gerenciar uma uma grande rede de telecomunicações, apresenta algumas técnicas de gerenciamento hierárquico e conceitos de gerenciamento distribuídos utilizados em nosso trabalho.

2.1 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. O sistema deve ser flexível para permitir a possibilidade de acréscimo de elementos gerenciados dinamicamente, à medida que sejam ativados, assim como retirá-los caso sejam desligados.

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, é necessário respeitar a autoridade sobre a área de atuação.

2.2 Técnicas para Gerenciamento de Sistemas de Grande Porte

Nesta seção, reunimos várias técnicas encontradas na literatura que visam à implementação de um grande sistema de gerenciamento. No primeiro item, apresentamos técnicas de gerenciamento hierárquico no ambiente Internet e no segundo item, apresentamos os vários conceitos de gerenciamento distribuído que forneceram subsídios teóricos formais ao nosso trabalho.

2.2.1 Técnicas de Sistemas de Gerenciamento Hierárquico

Analisamos aqui algumas técnicas de gerenciamento hierárquico no ambiente Internet. Apresentamos uma evolução histórica de três implementações de gerenciamento hierárquico usando o protocolo SNMP. Em nosso trabalho, aproveitamos o conceito de Meta-MIB, da qual conservamos inclusive a denominação em nosso sistema.

2.2.1.1 Manager-to-Manager MIB

Uma das primeiras técnicas de sistema com mais de um gerente foi implementada no padrão Internet e foi chamada *Manager-to-Manager MIB*, especificada por CASE *et al.* [4]. Um gerente secundário concentra informações oriundas dos agentes e replica os dados de gerenciamento de sua MIB, como alarme, eventos e notificação, no gerente principal. Além disso, este elemento principal realiza uma sincronização da base de dados evitando, por exemplo, que dois gerentes escrevam no mesmo agente informações diferentes. A Manager-to-Manager MIB está implementada apenas na versão 2 do SNMP.

O objetivo principal desta técnica é o de permitir que gerentes instalados remotamente, e com linhas de comunicação lenta, sejam gerenciados sem degradar a eficiência do 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 freqüência de envio de dados para o gerente principal e a quantidade de dados transmitidos. A função de monitoração do gerente secundário apenas testa valores dentro de certos limites inferiores e superiores, nenhum cálculo mais complexo necessário para tomar decisão é realizado [5].

2.2.1.2 Gerenciamento Hierárquico - Sub Manager

O *Sub Manager* é uma técnica proposta por SIEGL e TRAUSMUTH [5] para o ambiente Internet. Ela amplia o conceito da *Manager-to-Manager MIB*, aumentando a funcionalidade e permitindo mais níveis hierárquicos.

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*.

2.2.1.3 Gerenciamento Hierárquico - Meta MIB

Uma técnica para representar a configuração física no ambiente Internet, considerando conceitos de gerenciamento hierárquico e descentralizado, é o uso da Meta-MIB. Essa técnica é utilizada no Projeto WILMA e é descrita por SCHALLER [6]. A idéia é definir três novas MIBs:

- Tabela de Componentes: especificando o equipamento em cada endereço IP.
- Tabela de Conexões: especificando todas as conexões de equipamentos.

- Tabela de Agentes: especificando o estado em um nível maior de abstração, tomando como base informações dos agentes.

2.2.2 Conceitos de Sistemas de Gerenciamento Distribuído

A implementação de uma Meta-MIB propicia a criação de uma arquitetura hierárquica, mas ainda rígida. Para conferir flexibilidade à arquitetura de nosso sistema, utilizamos conceitos de Sistemas Distribuídos, os quais descrevemos a seguir.

2.2.2.1 Gerência de Domínios

A Gerência de Domínios é uma proposta de SLOMAN *et al.* [7]. Ela se encarrega de definir os relacionamentos entre os diversos elementos da rede. 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.

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 1. 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 superior, interface de comunicação com o dispositivo inferior e interface com o recurso local.

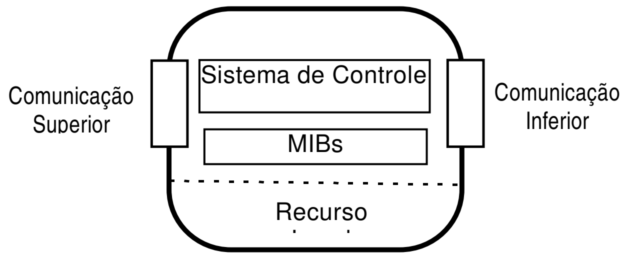

Figura 1 - Modelo de um objeto gerenciado

O objeto composto é definido como um conjunto de objetos gerenciados que possui um ou mais objetos gerenciadores (gerentes). Este conjunto é considerado como um único objeto gerenciado que encapsula todos os objetos internos. Um exemplo de objeto gerenciado composto é mostrado na Figura 2. A conexão de objetos gerenciados compostos forma uma árvore hierárquica com relações de responsabilidade e autoridade rígidas entre os objetos.

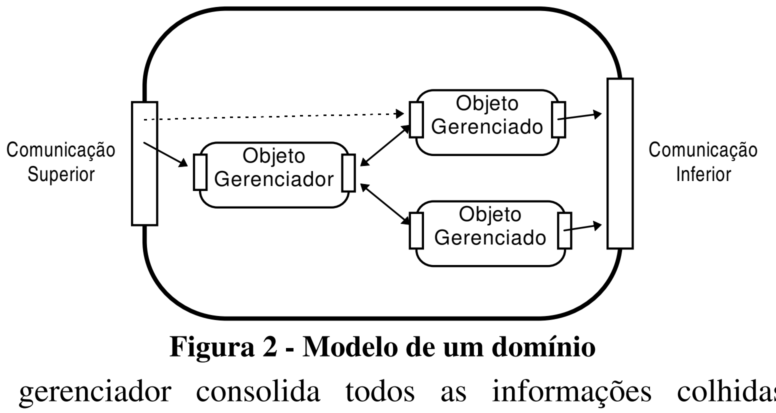

Figura 2 - Modelo de um domínio

O objeto gerenciador consolida todos as informações colhidas pelos objetos gerenciados e representa todo esse conjunto de informações como um único objeto. Assim, a situação de todos os sub-objetos coletados pelo objeto gerenciado é um indicativo global (linhas cheias). Um dispositivo superior pode solicitar diretamente ao objeto alguma informação desejada (linha tracejada).

2.2.2.2 Diretriz de Gerenciamento

A Diretriz de Gerenciamento também é uma proposta de SLOMAN *et al.*[7]. 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 desse tipo de sistema, o gerente deve ter autonomia para decidir as ações que devem ser tomadas, sem precisar receber uma ordem explícita de um gerente superior.

O domínio pode especificar um conjunto de objetos gerenciadores e gerenciados no qual uma diretriz é aplicada. 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. Observe que uma diretriz não especifica necessariamente o que fazer para uma determinada situação, mas ela determina 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 por WIES [8]. A idéia básica é semelhante, apenas complementa a proposta anterior, classificando as diretrizes segundo critérios mais específicos.

2.2.2.3 Delegação de Gerenciamento

A delegação de gerenciamento, que é proposta por GOLDSZMIDT e YEMINI [9], 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 possa delegar o gerenciamento para outro gerente. A proposta dos autores é que trechos do programa de gerenciamento de um gerente sejam executados em outros gerentes, através de mecanismos de controle e segurança rígidos.

Uma outra proposta foi proposta por MOFFETT e SLOMAN [10] e que foi utilizada no Projeto DOMINO, que, além da autoridade de poder, especifica também a autoridade de delegação. O sistema pode impor restrições semelhantes 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.

2.3 Uma Proposta para um Sistema de Gerenciamento de Grande Porte

O sistema Manager-to-Manager não é apropriado para gerenciar grandes redes pois não reduz o processamento de informações no gerente principal. O uso do sistema SubManager foi descartado pela mesma razão do sistema Manager-to-Manager, no qual inclusive se baseia. Apesar de admitir vários níveis intermediários entre gerente e agente continua a concentrar o processamento no gerente principal.

A única dessas técnicas que foi aproveitada foi a Meta-MIB, que propicia a criação de uma verdadeira arquitetura hierárquica. A tabela da Meta-MIB mais útil para o nosso sistema é a Tabela de Agentes, que permite a representação de vários níveis hierárquicos dentro de um sistema de gerenciamento.

Nosso sistema é a combinação dessa técnica com os conceitos de Sistemas Distribuídos, que lhe proporcionam flexibilidade. A Gerência de Domínio possibilita o controle da posição dos gerentes e agentes na hierarquia. A Diretriz de Gerenciamento permite organizar os graus de liberdade de comando no sistema, definindo limites de controle para que todos os gerentes possam ter autonomia sem interferir no desempenho global do sistema. E a Delegação de Gerenciamento oferece recursos para o próprio sistema efetuar o equilíbrio de carga, alocando agentes para outros gerentes.

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

Nesta seção descreveremos um sistema de gerenciamento capaz de controlar e monitorar uma grande quantidade de dispositivos, utilizando uma arquitetura hierárquica. A base desta arquitetura está na concepção de dispositivos que admitem 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).

3.1 Estrutura do Sistema de Gerenciamento Hierárquico (SGH)

O Sistema de Gerenciamento Hierárquico (SGH) é um módulo situado na camada Aplicação, ocupando o mesmo nível do módulo TMN. O modelo de organização do sistema proposto é apresentado na Figura 3, que mostra esquematicamente a disposição dos diversos módulos. As camadas inferiores estão representadas genericamente como Meio de Comunicação. Acima delas, está a camada que oferece o serviço CMIS (Common Management Information Service) e que realiza a comunicação através do protocolo CMIP[2].

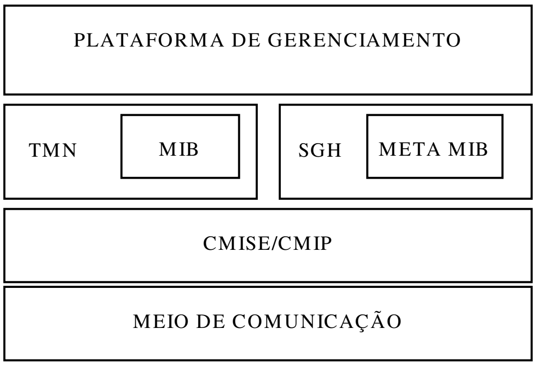

Figura 3 - Arquitetura do Sistema de Gerenciamento

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 elevado foi chamada de Plataforma de Gerenciamento e consiste em um sistema de ambiente gráfico, que oferece as informações de gerenciamento para o operador da rede.

O módulo SGH executa as funções de Gerência de Domínio, Gerência de Diretrizes e Gerência de Delegação, conceitos detalhados na seção 2.2.2. 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 relação com a camada inferior é realizada através das primitivas do serviço CMIS. Para a camada superior, são oferecidas as primitivas do serviço SGH. A Meta-MIB apresenta para o gerente acima a imagem da rede gerenciada, segundo a visão do nível superior.

3.2 Estrutura de Dados do SGH

A estrutura de dados é mostrada na Figura 4 e é composta por uma base de dados com todos os parâmetros necessários, como tabela de gerentes, tabela de agentes, tabela de diretrizes e a Meta-MIB, que serão descritas a seguir. A estrutura de controle realiza a manipulação de dados nas tabelas, oferece o serviço SGH especificado na seção 3.3 e implementa o protocolo SGH, utilizando o serviço CMIS, que é descrito na seção 3.4.

A **Tabela de Gerentes** (TableM) 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** (TableA) determina todos os objetos gerenciados por um determinado gerente. Através dessa lista, poderão ser realizadas as funções de delegação.

A **Tabela de Diretrizes** (TablePolicy) armazena os parâmetros do sistema. Usamos como referência alguns atributos propostos na norma TMN [11]. Maiores detalhes de nossa proposta de diretrizes são apresentadas em [12]. A **Meta-MIB** deverá armazenar as informações de um dispositivo hipotético para o nível superior. A definição e tratamento desta MIB não é escopo do presente trabalho.

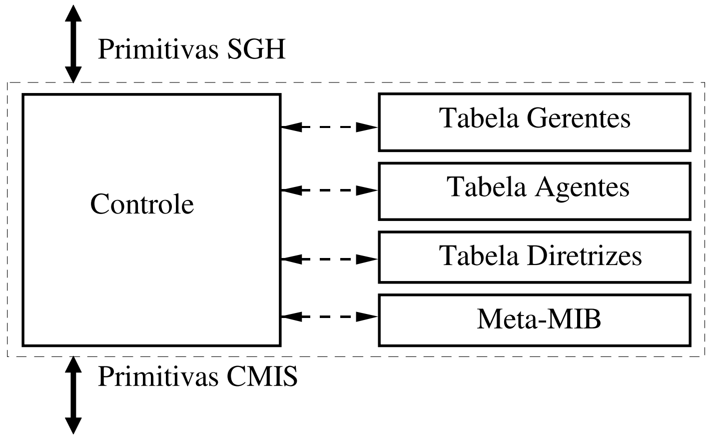

Figura 4 - Estrutura de dados do SGH

3.3 Especificação do Serviço Oferecido pelas Primitivas SGH

Apresentamos na Tabela 1 do Anexo a relação de primitivas para o sistema SGH. Estas primitivas foram selecionadas a partir de sugestões encontradas na literatura sobre o assunto.

O serviço de Gerência de Domínio baseia-se nas especificações descritas na seção 2.2.2.1. As primitivas de gerência de domínio foram definidas através das sugestões indicadas por SLOMAN *et al.* [7]. Essas primitivas permitem a manipulação de gerentes e agentes pertencentes ao conjunto de objetos gerenciados de um determinado gerente. Permitem, por exemplo, a inclusão de um objeto novo ou a retirada de um objeto não mais utilizado.

O serviço de Gerência de Diretrizes baseia-se nas especificações descritas na seção 2.2.2.2. As primitivas de gerência de diretrizes foram definidas também através das sugestões indicadas por SLOMAN *et al.* [7]. Essas primitivas permitem o tratamento e manipulação de um determinado gerente. Por exemplo, permitem ler as diretrizes do gerente ou escrever diretrizes em um agente.

O serviço de Gerência de Diretrizes baseia-se nos conceitos descritos na seção 2.2.2.3. As primitivas de delegação foram definidas através de uma livre interpretação dos conceitos apresentados por GOLDSZMIDT, YEMINI [9] e MOFFETT, SLOMAN [10].

3.4 Especificação do Protocolo SGH

O protocolo SGH utiliza primitivas CMIS. Como o sistema realiza comunicações esperadicamente, apenas quando é necessário alguma alteração na hierarquia ou de seus parâmetros, toda primitiva SGH inicia com a primitiva de associação A-Associate e termina com a primitiva de encerramento A-Release. A especificação resumida do protocolo da cada primitiva é mostrada na Tabela 1 do Anexo.

4. Projeto do Sistema de Gerenciamento Hierárquico (SGH)

Nesta seção, apresentaremos o projeto do protocolo SGH. É mostrado uma descrição do protótipo de simulação e teste, que visa demonstrar todas as funcionalidades do sistema proposto, apresentamos a metodologia utilizada neste projeto, descrevemos a modelagem do protocolo utilizando a técnica de Rede de Petri e a implementação do protocolo, utilizando-se a linguagem de descrição formal Estelle.

4.1 Descrição do Protótipo

O sistema de gerenciamento hierárquico proposto neste trabalho será testado com a simulação do caso apresentado na Figura 5. Utilizando este modelo, podem-se realizar os testes relacionados na seção 4.4.

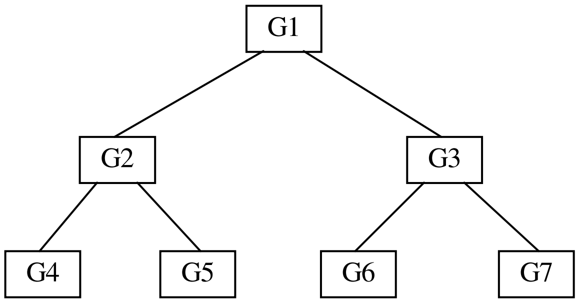

Figura 5 - Proposta de Estudo de Caso

4.2 Metodologia de Projeto do SGH

O projeto do Sistema de Gerenciamento Hierárquico (SGH) utilizou a metodologia de especificação em linguagem de descrição formal. Utilizamos a linguagem Estelle em nosso projeto, em virtude de seus recursos e facilidade de uso e também pela disponibilidade de ferramentas de desenvolvimento e verificação.

Na primeira especificação, usamos o modelo de Rede de Petri, pois sua representação gráfica é didática e permitem uma análise do controle do protocolo. Esta especificação com Rede de Petri permitiu uma verificação inicial e auxiliou na especificação em Estelle. Entretanto, os modelos em Rede de Petri não foram verificados com ferramentas apropriadas, servindo apenas como guia para a especificação em Estelle que foi testada e verificada. O modelo em Rede de Petri é detalhado em [12].

Uma vez especificado o controle do protocolo com o modelo de Rede de Petri, passamos para a manipulação de dados, utilizando a linguagem de descrição formal Estelle [13]. A descrição em linguagem Estelle foi facilitada porque apresenta uma estrutura de máquina de estado, o que permitiu aproveitar o modelo em Rede de Petri.

A etapa seguinte foi a simulação para verificar o correto funcionamento do protocolo.

4.3 Especificação Formal

O modelo implementado em linguagem Estelle é mostrado na Figura 6. O módulo SGH pode ser instanciado quantas vezes forem necessárias, neste caso, sete vezes. O módulo Usuário permite a interface com o operador, possibilitando a montagem das SDUs conforme a especificação do serviço. O módulo CMIS emula o funcionamento de uma camada que oferece o serviço de gerenciamento, utilizando o protocolo CMIP. Este módulo apenas estabelece a comunicação entre os diversos módulos SGH, copiando as mensagens do módulo remetente para o módulo destinatário.

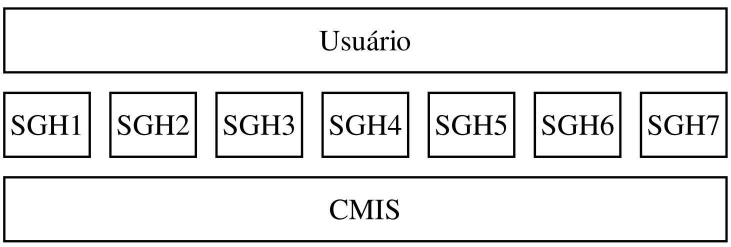

Figura 6 - Modelo de simulação em Estelle

4.4 Uso do Ambiente de Projeto

O ambiente de desenvolvimento de protocolos utilizado possibilitou ferramentas de compilação e simulação integradas. A primeira etapa, compilação do programa Estelle ocorreu sem problemas. A segunda etapa, o uso do simulador, exigiu várias modificações no programa original Estelle, para que este pudesse ser simulado e testado. As modificação realizadas são descritas em [12].

A principal razão destas dificuldades foi o fato de que o simulador não permitiu o estabelecimento de mais de duas conexões por módulo. As conexões foram realizadas sempre de dois em dois módulos, focalizando uma primitiva específica de cada vez.

4.5 Simulação e Testes

Os testes de simulação realizados tentaram atingir todas as situações previstas dentro das restrições impostas pelo simulador, relativas ao problema de conexão com um mesmo gerente. Criamos então situações, em que as primitivas fossem testadas com apenas uma conexão estabelecida.

A solução para estabelecer a posição do gerente dentro da hierarquia, sem realizar as conexões pelo protocolo, resultou na criação da primitiva Init, que simplesmente escreve os valores nas tabelas TableM, TableA e TablePolicy e na variável NomeLocal. Essa primitiva, portanto, somente foi usada para realizar os testes, contornando os problemas do simulador.

O primeiro teste foi a iniciação do sistema hierárquico através da primitiva MInitPrin. O funcionamento foi verificado com as primitivas ManagerRead e AgentRead. O segundo teste foi a criação e exclusão de um elemento, utilizando as primitivas AgentCreate e AgentElimin. O terceiro teste ocupou-se da gerência de diretrizes, testando as primitivas PolicyMRead, PolicyARead, PolicyAChange e PolicyMLoad. O quarto teste simulou uma delegação, utilizando-se a primitiva DelegAct. Para maiores detalhes vide [12].

5. Conclusão

Este trabalho apresentou uma proposta para 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 hierárquico coerente e flexível. Esta flexibilidade, que advém em grande parte da forma independente com que o SGH opera nos diversos elementos da rede, não provoca, no entanto, perda de controle. O uso criterioso das diretrizes garante coerência e ausência de conflitos ao conjunto. Além disso, a possibilidade de delegação de gerenciamento confere ao sistema grande estabilidade e tolerância a falhas.

O protocolo SGH proposto não apenas pode controlar qualquer quantidade de dispositivos, como também pode adequar-se dinamicamente a qualquer alteração na quantidade e localização de objetos gerenciados. Esta facilidade de modificar-se e a arquitetura adaptável tornam-no apto a gerenciar dispositivos de comunicação móvel. Este trabalho seguiu todas as diretrizes determinadas pelo ITU e produziu uma aplicação consistente com o modelo TMN.

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[2].

O uso do modelo em Redes de Petri e da linguagem de especificação formal Estelle facilitou o trabalho de codificação. Mesmo com os problemas encontrados para realizar as simulações, reconhecemos que a codificação utilizada foi mais viável para os nossos fins do que a codificação direta em linguagem C. A especificação formal foi a maneira adequada para descrever esse sistema em um alto nível de abstração, podendo futuramente ser convertido para código de uma linguagem de programação através de ferramentas apropriadas.

O protótipo desenvolvido permitiu verificar a funcionalidade do protocolo, mesmo com as limitações impostas pela ferramenta de simulação da especificação em Estelle. Estas limitações não permitiram um teste complexo, mas todas as partes do sistema foram verificadas isoladamente. Para a conclusão deste trabalho é necessário realizar duas etapas que estão sendo conduzidas por DELFINO em [14], a primeira consiste em uma verificação protocolo usando uma ferramenta de geração de seqüências de teste e a segunda a implementação do protocolo a partir da especificação em Estelle.

Como trabalho futuro, acreditamos que seria relevante e necessário um aprofundamento na gerência de diretrizes. Esta técnica possibilita a diminuição da quantidade de mensagens trocadas entre gerentes e conseqüentemente uma diminuição de tempo na execução de comandos de configuração. A utilização de Inteligência Artificial e Lógica Fuzzy permitirá um tratamento de diretrizes eficiente e rápido. Assim, seria possível que cada gerente do sistema pudesse tomar grande parte das decisões sozinho, diminuindo inclusive a necessidade de interferência humana.

6. Referências

[1] ITU - INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. *Recomendation M.3010: Principles for a Telecommunications Management Network*. ITU, out. 1992.

[2] ISO - INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION. *9596 Open System Interconnection - Common Management Information Protocol - Part 1: Specification*. ISO/IEC, maio 1990.

[4] CASE, J., McCLOGHRIE, K., ROSE, M., et al. *Manager-to-Manager Management Information Base. RFC 1451*. USA, abril 1993.

[5] SIEGL, M. R., TRAUSMUTH, G. *Hierarchical Network Management - A Concept and its Prototype in SNMPv2*. Technical Report of University of Technology TU-Wien. Áustria, maio 1995.

[6] SCHALLER, N. H. "A concept for hierarchical, decentralized management of the physical configuration in the Internet", In: *Proceedings of KiVS 95*. Chemnitz, 20-24 set. 1995.

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

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

[9] GOLDSZMIDT, G., YEMINI, Y.. "Distributed management by delegation", In: *Proceedings of 15th International Conference on Distributed Computing Systems*. New York, jun. 1995.

[10] MOFFETT, J. D., SLOMAN, M. S. "Delegation of authority", In: *IFIP 2nd International Symposium on Integrated Network Management*. Washington, pp. 595-606, abril 1991.

[11] ITU - INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. *Recomendation M.3100: Generic Network Information Model*. ITU, out. 1992.

[12] FERNANDEZ, M. P. *Protocolo para Gerenciamento Hierárquico de Redes de Telecomunicações (TMN).* Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, jan. 1998.

[13] DIAZ, M., at al. *The Formal Description Technique ESTELLE*. 1 ed.Holland.USA, 1989.

[14] DELFINO, G.M. *Verificação e Implementação do Protocolo de Gerenciamento Hierárquico (SGH).* Projeto Final de Curso. Departamento de Eletrônica EE/UFRJ. A ser defendido em 1998.

7. Anexos

Tabela 1 - Descrição dos serviços das primitivas de Gerência de Domínio

Primitiva	Especificação
MInitPrin	Função: Inicia o sistema com um gerente na estrutura hierárquica e o faz ser o gerente principal. Inicia todas as tabelas necessárias para o início do sistema. Protocolo: Executa apenas a função de escrita em tabelas locais, não existindo protocolo para ela.
ManagerInit	Função: Inclui um gerente na estrutura hierárquica do sistema. Envia mensagem para o seu gerente que o inclui na hierarquia e recebe as tabelas necessárias para seu funcionamento na estrutura. Protocolo: Após ser estabelecida a associação, o gerente respondedor devolve as tabelas TableM e TablePolicy utilizando a primitiva M-Get, após é realizado o encerramento.
ManagerRead	Função: Lê a tabela de gerentes armazenada em TableM Protocolo: Executa apenas a função de leitura em tabelas locais, não existindo protocolo para ela.
AgentRead	Função: Lê a tabela de agentes armazenada em TableA Protocolo: Executa apenas a função de leitura em tabelas locais, não existindo protocolo para ela.
AgentCreate	Função: Inclui um agente na tabela de agentes (TableA) do gerente local e inclui gerente na tabela de gerentes (TableM) do gerente remoto. Protocolo: Após realizar a associação, o gerente iniciador envia informações para o outro através da primitiva M-Set, alterando a tabela TableM. Altera então sua tabela TableA e realiza o encerramento da comunicação.
AgentElimin	Função: Retira um agente da tabela de agentes (TableA) do gerente local e retira gerente da tabela de gerentes (TableM) do gerente remoto. Protocolo: Após realizar a associação, o gerente iniciador envia informações para o outro através da primitiva M-Set, alterando a tabela TableM. Altera então sua tabela TableA e realiza o encerramento da comunicação.
PolicyMRead	Função: Lê tabela de diretrizes e informa as diretrizes locais. Protocolo: Executa apenas a função de leitura em tabelas locais, não existindo protocolo para ela.
PolicyARead	Função: Lê tabela de diretrizes de um agente. Protocolo: Após efetuar a associação com o agente, busca informações da TablePolicy do agente com a primitiva M-Get e realiza o encerramento.
PolicyAChange	Função: Altera Diretriz do Agente Protocolo: Após realizar a associação com o agente, altera valores da TablePolicy do agente com a primitiva M-Set e realiza o encerramento.
PolicyMLoad	Função: Pede ao gerente superior para atualizar diretrizes locais. Protocolo: Após efetuar a associação com o gerente, lê informações das diretrizes através da primitiva M-Get, alterando sua TablePolicy, e realiza o encerramento.
DelegAct	Função: Solicita ao gerente autorização para delegar um agente. Se afirmativo altera sua TableA, a TableA do gerente chamado e TableM do agente que vai ser delegado. Protocolo: Estabelece associação com o gerente chamado e pede autorização para delegar com a primitiva M-Action