Sistema de Gerenciamento Hierárquico para Grandes Redes de Telecomunicações

Marcial Porto Fernandez [1]
E-mail : marcial@gta.ufrj.br

Aloysio de Castro P. Pedroza [1,2]
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 uma proposta de sistema de gerenciamento para grandes redes de comunicação. É mostrado que a melhor solução é um sistema com vários gerentes organizados hierarquicamente. O sistema TMN, mesmo tendo sido especificado visando a um sistema hierárquico, apresenta uma arquitetura rígida, inadequada para uma grande rede de telecomunicações. É proposto um protocolo de gerenciamento hierárquico que será especificado em uma linguagem de descrição formal e é apresentado um exemplo a ser desenvolvido para testar o protocolo.

1. Introdução

Os sistemas de gerenciamento de redes de telecomunicação utilizam uma mesma filosofia: um elemento central, chamado *gerente*, reúne todas as informações e realiza comandos de controle do sistema, enquanto os demais elementos, chamados *agentes*, adquirem estas informações e executam os comandos.

A arquitetura é simples e atende à maioria dos sistemas existentes, mas começa a apresentar deficiências quando aumenta a quantidade de elementos a serem gerenciados. A adição de agentes aumenta a necessidade de processamento no gerente, bem como o tráfego de dados nos seus canais de comunicação. Este é o caso do gerenciamento de redes telefônicas, onde a quantidade de equipamentos 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) [ITU92] é utilizada para concentrar todas as informações de gerenciamento e realizar o controle nos elementos gerenciados.

A seção 2 apresenta um panorama dos sistemas de gerenciamento existentes. A seção 3 discute os problemas para gerenciamento de grandes redes de comunicação e mostra alguns conceitos para tentar resolvê-los. A seção 4 apresenta a especificação do sistema proposto (SGH), suas primitivas e protocolo correspondente.

2. Arquitetura de Gerenciamento

Os sistemas de gerenciamento para redes de computadores SNMP (Simple Network Management Protocol) [RFC1441] e CMIP (Common Management Information Protocol) [ISO9596] usam uma arquitetura plana, 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. As informações coletadas são armazenadas em estruturas de dados chamadas MIB (Management Information Base). Note-se que apesar dos vários graus de funcionalidade, toda tomada de decisão é realizada no gerente.

Em 1992, foram publicadas pelo ITU (International Telecommunication Union) as normas do TMN, que propuseram um sistema de gerenciamento para redes de comunicação. O TMN foi estruturado sobre os conceitos OSI (Open Systems Interconnection) e 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: tratando do monitoramento da eficiência dos equipamentos de comunicação, como tráfego e parâmetros de qualidade de serviço (QoS).
2. Gerenciamento de Falhas (Alarmes): trata apenas do estado dos dispositivos de comunicação, se está operativo ou não.
3. Gerenciamento de Configuração: trata de todos os procedimentos necessários para colocar o equipamento em operação, exceto a sua instalação física.
4. Gerenciamento de Contabilidade: trata de quantificar a utilização dos usuários com o objetivo de cobrança dos serviços.
5. Gerenciamento de Segurança: trata do controle de acesso de usuários à rede de comunicação.

O sistema TMN prevê, na sua especificação básica, uma arquitetura hierárquica que possibilita o controle de uma grande rede de telecomunicações.

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, cada um deles gerenciando um grupo de agentes. Note-se porém 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.

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 entre eles. O sistema deve ser flexível também quanto à possibilidade de acrescentar elementos gerenciados, 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, em níveis diversos. 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 do serviço.

3.2 Estrutura geral para um grande Sistema de Gerenciamento

O modelo de arquitetura hierárquica é apresentado a seguir com dois níveis hierárquicos. Não há, entretanto, qualquer restrição ou diferenças significativas em relação a modelos de mais níveis.

O primeiro nível hierárquico é representado na Figura 1, 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.

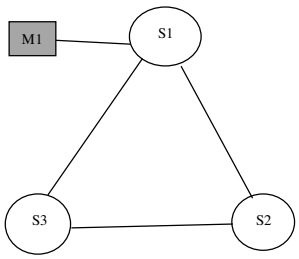

Figura 1 - Primeiro nível hierárquico do modelo de rede

Cada comutador mostrado acima pode ser na realidade uma sub-rede com seus diversos componentes. Um exemplo de S2 como sub-rede é mostrado na Figura 2. O gerente MS2 enxerga apenas sua camada. As conexões externas são vistas como uma conexão em aberto, mas que apresenta características reais. Para permitir uma coerência de gerenciamento, MS2 obedece parâmetros determinados pelo gerente hierarquicamente superior.

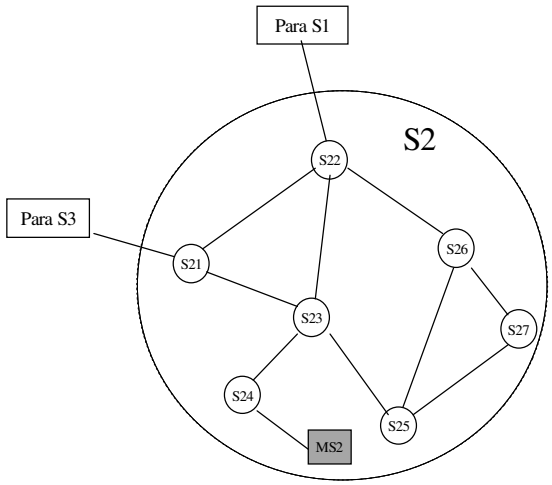

Figura 2 - Segundo nível hierárquico do modelo

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 dispositivo 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.

3.3 Sistema de Gerenciamento de Grande Porte

Para tornar possível o gerenciamento de uma rede de telecomunicações de grande porte usamos principalmente as quatro idéias mostradas a seguir. A primeira é uma implementação de gerenciamento hierárquico na Internet, chamada Meta-MIB, que apresenta conceitos importantes, porém sua arquitetura é rígida, inadequada para uma grande rede de telecomunicações.

Para conferir flexibilidade à arquitetura de nosso sistema, utilizamos conceitos de Sistemas Distribuídos, tais como Gerência de Domínio, Diretriz de

Gerenciamento e Delegação de Gerenciamento, os quais descrevemos a seguir.

A **Meta-MIB** é uma proposta para implementar o gerenciamento hierárquico e descentralizado no ambiente Internet. Essa proposta é utilizada no Projeto WILMA e é descrita em [Schal95]. A idéia é definir três novas MIBs MIB (Management Information Base), dentre elas uma Tabela de Agentes, que especifica 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. Esta tabela permite a representação de vários níveis hierárquicos dentro de um sistema de gerenciamento.

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 de filhos do domínio pai.

A **Diretriz de Gerenciamento** 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.

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.

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 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.

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. Neste caso, um outro gerente de qualquer nível hierárquico superior assume o controle dos seus agentes, e tem todos os poderes sobre eles, inclusive de delegá-los a outro gerente.

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

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 3 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 (Common Management Information Service Element) e que se comunica com outros dispositivos através do protocolo CMIP [Lehm94].

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 de gerenciamento de uma rede de telecomunicações [Spind96].

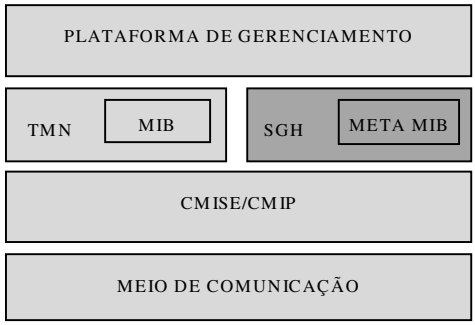

Figura 3 - Arquitetura do Sistema de Gerenciamento

A camada de nível mais elevada foi chamada de Plataforma de Gerenciamento e consiste em um sistema em ambiente gráfico, que oferece as informações de gerenciamento para o operador de redes. Esta plataforma não é objeto do presente trabalho, mas [Spiel97] descreve a implementação de um sistema de gerenciamento hierárquico utilizando uma plataforma HORB (Hirano Object Request Broker) e linguagem Java. Este sistema simulou a gerência de uma rede utilizando as idéias propostas neste trabalho.

O módulo SGH executa as funções de 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, bastando copiar os dados das portas de saída do equipamento para as portas do equipamento hipotético.

4.1 Estrutura do SGH

Na Figura 4, mostramos a estrutura do SGH, seguindo o modelo OSI. A relação com a camada inferior é realizada através das primitivas do serviço CMISE. Para a camada superior são oferecidas as primitivas do serviço SGH.

A arquitetura 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, 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.

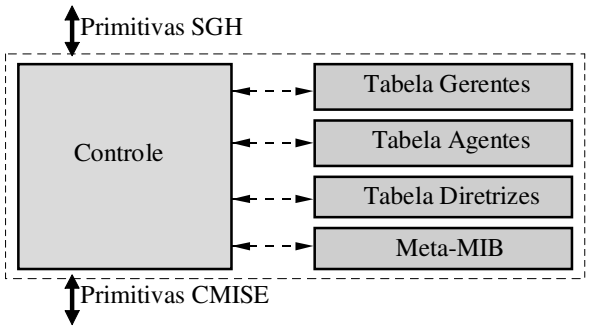

Figura 4 - Estrutura do SGH

4.2 Estruturas de Dados do SGH

A estrutura de dados é composta pelas tabelas mencionadas na Figura 4. A Tabela de Gerentes lista, por ordem de prioridade, os gerentes aos quais os dispositivos devem se reportar e a Tabela de Agentes determina todos os objetos gerenciados por um determinado gerente. A Tabela de Diretrizes guarda os parâmetros de diretrizes especificadas e a Meta-MIB resume os valores das MIBs de dados para o gerente superior.

4.3 Especificação das Primitivas do SGH

A Tabela 1 detalha as primitivas propostas para o sistema SGH. Para maiores detalhes, vide [Fern97].

Este conjunto de primitivas oferece todos os recursos para que uma plataforma de gerenciamento possa estruturar um sistema hierárquico. Vejamos, por exemplo, um caso 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 possíveis 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**.

Tabela 1 - Especificação das Primitivas do SGH

Primitiva	Especificação
ManagerInit	Inicia um gerente no sistema
ManagerRead	Lê a tabela de gerentes
AgentRead	Lê a tabela de agentes
AgentElimin	Retira agente da tabela de agentes
AgentCreate	Inclui agente na tabela de agentes
DelegAsk	Pede autorização para delegar
DelegAct	Passa gerência para outro
PolicyMRead	Lê tabela de diretrizes do gerente
PolicyARead	Lê tabela de diretrizes do agente
PolicyAChange	Altera diretrizes do agente
PolicyMLoad	Atualiza diretrizes locais

4.4 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. Nesta primeira especificação, usamos o modelo de Rede de Petri, pois sua representação gráfica é didática e as ferramentas de desenvolvimento permitem uma análise completa da parte de controle do protocolo. Para maiores detalhes, vide [Fern97].

Uma vez especificado o controle do protocolo com o modelo de Rede de Petri, a etapa seguinte do trabalho é a especificação do protocolo em linguagem de descrição formal Estelle [Diaz89], que trata da manipulação de dados mais facilmente. Esta linguagem é mais apropriada para a representação porque apresenta uma estrutura de máquina de estado, o que lhe permite aproveitar o modelo em Rede de Petri. A próxima etapa é a simulação para verificar o correto funcionamento do protocolo.

4.5 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 5. Com este modelo, pode-se realizar os seguintes testes: ativação de um novo gerente, assim como a atualização das suas tabelas; mudança na Tabela de Diretrizes; delegação de gerenciamento e simulação de falha em um gerente.

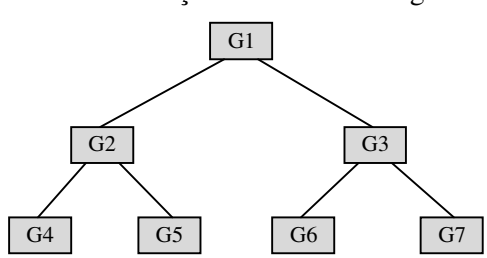

Figura 5 - Proposta de Estudo de Caso

Embora simples, o modelo considerado permite

destacar todas as interações possíveis entre gerentes, possibilitando uma verificação exaustiva do protocolo. Este 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 e o módulo CMISE emula o funcionamento de uma camada que oferece o serviço de gerenciamento utilizando o protocolo CMIP.

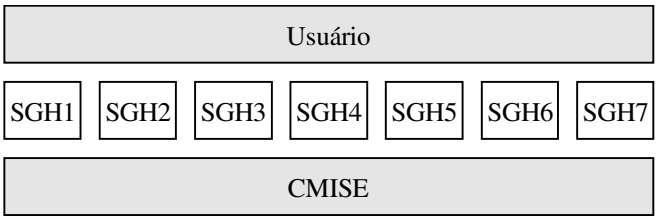

Figura 6 - Modelo de simulação em Estelle

5. Comentários

Este trabalho apresentou uma proposta de um sistema de gerenciamento hierárquico apropriado para grandes redes de telecomunicações (SGH). O sistema é bastante flexível e dispõe também de recursos para manter-se coerente e sem conflitos no seu conjunto.

O sistema 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 grande flexibilidade 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

[Diaz89] DIAZ, M., at al. *The Formal Description Technique ESTELLE*. North-Holland.USA, 1989.

[Golds95] GOLDSZMIDT, German, YEMINI, Yechiam. Distributed management by delegation. *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.

[ITU92] International Telecommunication Union. *M.3010 Recomendations Principles for a Telecommunications Management Network*. ITU-T, out 1992.

[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.

[Fern97] FERNANDEZ, Marcial, PEDROZA, Aloysio. Especificação de um Protocolo para Gerenciamento Hierárquico em ambiente TMN. *15° Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores SBRC 97*. São Carlos, maio 1997.

[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 set. 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.

[Spiel97] SPIELMANN, Luis, KRAISER, Tula. Projeto de um Sistema de Gerenciamento de Rede Hierárquico sobre uma Plataforma Distribuída HORB. *Projeto Final de Curso.* Departamento de Eletrônica EE/UFRJ. Rio de Janeiro, março 1997.

[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.