Especificação Formal de uma Plataforma de Gerenciamento TMN para Redes ATM

Marcelo Spindola Bacha (1)
Aloysio de Castro P. Pedroza (1, 2)

(1) COPPE/UFRJ — Programa de Engenharia Elétrica
Caixa Postal 68504, CEP 21495-970, Rio de Janeiro, RJ
(2) EE/UFRJ — Departamento de Eletrônica

E-Mail: {dronsz, aloysio}@coe.ufrj.br

RESUMO

Este artigo apresenta o projeto de uma plataforma de testes, especificada na linguagem de descrição formal Estelle, desenvolvida para a verificação de funções de gerenciamento TMN aplicadas a uma interface de rede ATM. A plataforma foi estruturada de forma didática, visando permitir o estudo e o aprofundamento nos conceitos do modelo TMN, fornecendo como base um ambiente que simula o comportamento de uma conexão de canal virtual ATM. Um conjunto de funções foi estudado e selecionado para implementação, havendo também suporte para a especificação de funções adicionais e para o estudo de novas situações.

ABSTRACT

This paper presents the project of a test platform, specified in the Estelle formal description language, developed to provide verification of TMN management functions applied to an ATM network interface. The platform was structured in a didatic way, allowing the study and deepening in the TMN model concepts, offering an ambient that simulates the behaviour of an ATM virtual channel connection. A set of functions was studied and selected for implementation. There is also support for aditional function specification and the study of new situations.

Palavras-chave: Gerenciamento de Redes, TMN, Redes ATM, Especificação Formal.

1. Introdução

O crescente avanço na tecnologia de redes de computadores observado nos últimos anos tem tornado as arquiteturas dessas redes cada vez mais complexas, englobando uma diversidade de equipamentos e protocolos heterogêneos [OSAA94]. Uma das conseqüências mais imediatas dessa heterogeneidade é o aumento significativo de complexidade da tarefa de gerenciamento de redes. Com o intuito de divisar soluções para esta tarefa, o CCITT (hoje ITU-T) vem, desde 1988, pesquisando e desenvolvendo um modelo global de arquitetura de gerenciamento de redes de telecomunicações, conhecido como TMN (*Telecommunications Management Network*).

O objetivo deste trabalho é propor uma especificação formal, na linguagem Estelle, de um conjunto de funções de gerenciamento descritas nas recomendações do CCITT, aplicando-as a uma arquitetura de rede de alta velocidade que também tem obtido grande destaque nos últimos anos: o ATM (*Asynchronous Transfer Mode*). Para tal, está sendo desenvolvida, a partir das ferramentas de especificação formal disponíveis nos laboratórios da COPPE/UFRJ, o protótipo de uma plataforma básica de implementação e teste de funções de gerenciamento TMN aplicadas a uma arquitetura ATM.

A seção 2 descreve, inicialmente, alguns conceitos básicos de gerenciamento de redes, abordando aspectos gerais da arquitetura TMN. A seguir, após uma breve introdução do modelo de referência ATM, são abordados conceitos específicos das funções de operação e manutenção do plano de gerenciamento e da Interface Provisória de Gerenciamento Local (ILMI), proposta pelo Fórum ATM. A seção 3 apresenta a especificação do modelo da plataforma TMN, descrevendo a arquitetura adotada, as funções a serem implementadas e a funcionalidade dos módulos Estelle. Por fim, na seção 4, encontram-se os comentários e as considerações finais a respeito do trabalho.

2. Aspectos de Gerenciamento de Redes

Muitos modelos de sistemas de gerenciamento propostos não se preocupam especificamente com o problema da heterogeneidade dos sistemas e equipamentos. São soluções de arquitetura fechada, desenvolvidas para sistemas proprietários [OSAA94]. Nesse contexto, organizações de estudo e normalização como o CCITT e a ISO entram em cena, tentando apresentar como solução um modelo de gerenciamento global, capaz de prover uma arquitetura organizada, de forma a obter interconexão entre os vários tipos de sistemas e equipamentos de telecomunicação [BRI93]. Para tal, foi desenvolvido um conjunto de interfaces padronizadas, com a definição de protocolos e mensagens. Todo esse conjunto caracteriza conceitualmente uma rede de computadores logicamente independente, voltada para o planejamento, instalação, manutenção, operação e gerenciamento de uma rede de telecomunicações, conhecido como TMN.

2.1 Conceitos da Arquitetura TMN

As definições do modelo de gerenciamento TMN estão descritas em um conjunto de recomendações publicadas pelo CCITT conhecido como série M.3000. Na estrutura geral do TMN, três aspectos arquiteturais básicos [CCI92a] podem ser considerados separadamente:

- Arquitetura funcional
- Arquitetura da informação
- Arquitetura física

2.1.1 Arquitetura Funcional

A arquitetura funcional TMN é representada por um conjunto de blocos funcionais, onde cada qual realiza suas funções específicas relativas ao transporte e processamento da informação de gerenciamento, enumeradas adiante. Para tal, cada bloco

implementa um número variável de componentes funcionais, tendo seus limites de serviço com outros blocos identificados a partir de pontos de referência, dispostos como mostrado na figura 1.

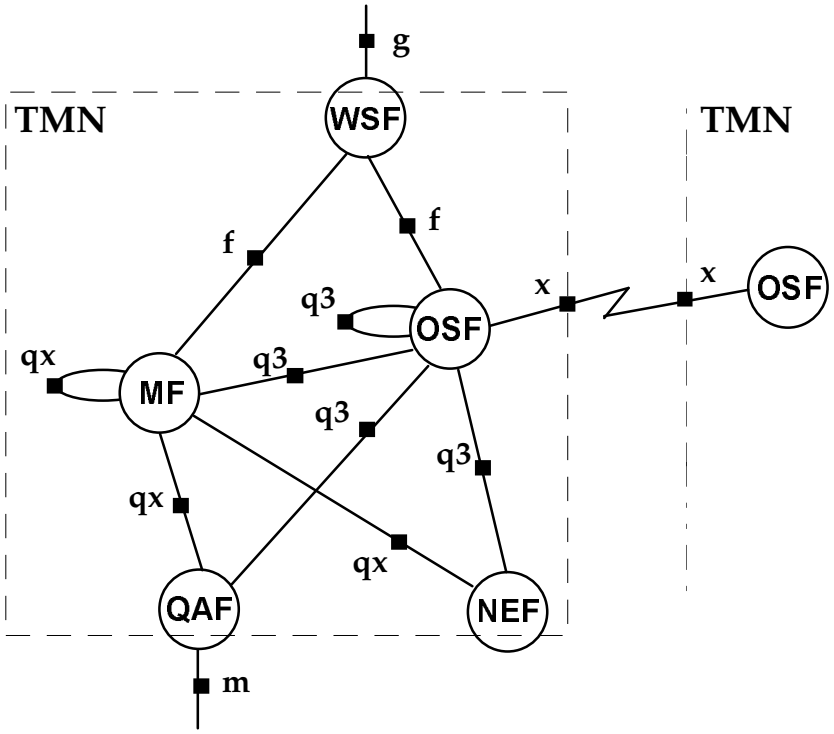


Figura 1: Modelo da arquitetura funcional TMN

São as seguintes as funções desempenhadas por cada bloco funcional:

- OSF — *Operations Systems Function Block*: processa a informação de gerenciamento a partir de um conjunto de funções de monitoração, coordenação e controle dos recursos físicos e lógicos da rede.
- NEF — *Network Element Function Block*: bloco funcional que se comunica com o TMN com o propósito de ser monitorado e/ou controlado, provendo as funções de telecomunicação e de suporte requeridas pela rede de telecomunicações.
- WSF — *Workstation Function Block*: provê os meios para o usuário da informação de gerenciamento interpretar e interagir com o sistema.
- MF — *Mediation Function Block*: manipula a informação que trafega entre o OSF e outros blocos com o objetivo de tratá-la por meio de filtragem, condensação, adaptação, etc, assegurando a eficácia da comunicação.
- QAF — *Q Adaptor Function*: bloco funcional utilizado para fazer a interconexão ao TMN de entidades similares a NEFs e OSFs que não suportam as interfaces padrão TMN.

Os blocos NEF, WSF e QAF estão representados na figura 1 parcialmente fora dos limites do TMN, por proverem representação de determinadas funções que não fazem parte da definição do TMN.

Os blocos funcionais, por sua vez, implementam os seguintes componentes funcionais (entre parêntesis estão os blocos aonde podem haver ocorrências de cada componente):

- MAF — *Management Aplication Function*: é o componente que efetivamente implementa os serviços de gerenciamento. Ele se faz presente em todos os blocos funcionais, assumindo o papel de agente ou de gerente (OSF/NEF/MF/QAF).
- MIB — *Management Information Base*: é o repositório conceitual da informação de gerenciamento. Representa todo o conjunto de objetos gerenciados dentro do sistema (OSF/NEF/MF/QAF).
- ICF — *Information Conversion Function*: traduz o modelo informacional de uma interface para o de outra, a nível sintático e/ou semântico (OSF/MF/QAF).
- PF — *Presentation Function*: traduz a informação para um formato apresentável na interface homem-máquina, e *vice-versa* (WSF).
- HMA — *Human Machine Adaptation*: converte a informação de gerenciamento do modelo de informação na MAF para o modelo de informação apresentado à PF, mascarando, adicionando e reorganizando a informação, além de prover autenticação e autorização aos usuários (OSF/MF).
- MCF — *Message Communication Function*: provê o mecanismo de troca de informação de gerenciamento, no formato de mensagens, entre os blocos funcionais que possuem interface física. É composta de uma pilha variável de protocolos que faz o acesso dos blocos funcionais à DCF (*Data Communication Function* — implementação dos níveis inferiores do modelo de referência OSI, ou equivalente).

A figura 2 mostra os papéis da MCF e da DCF com relação aos blocos funcionais.

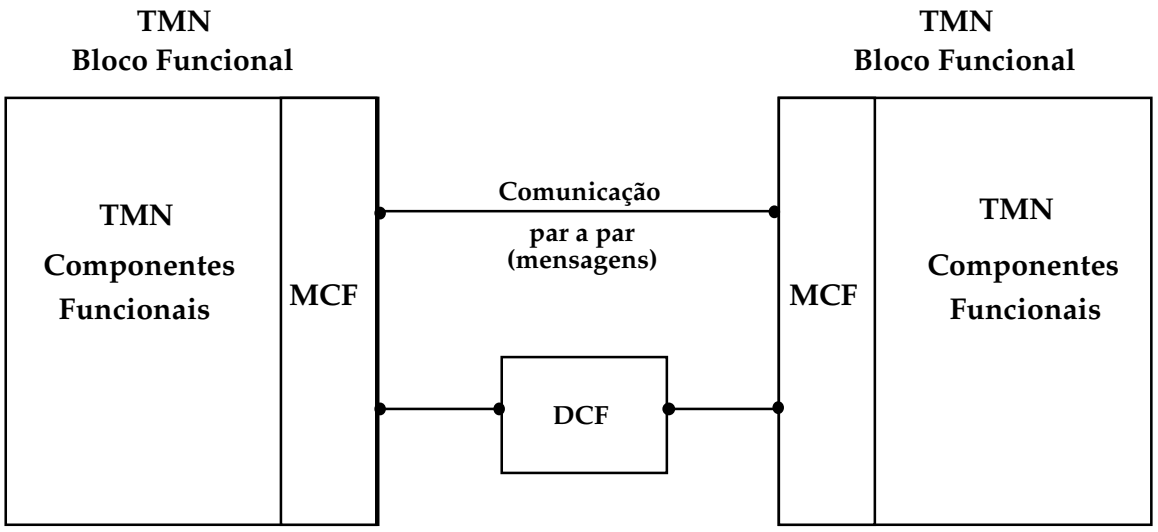
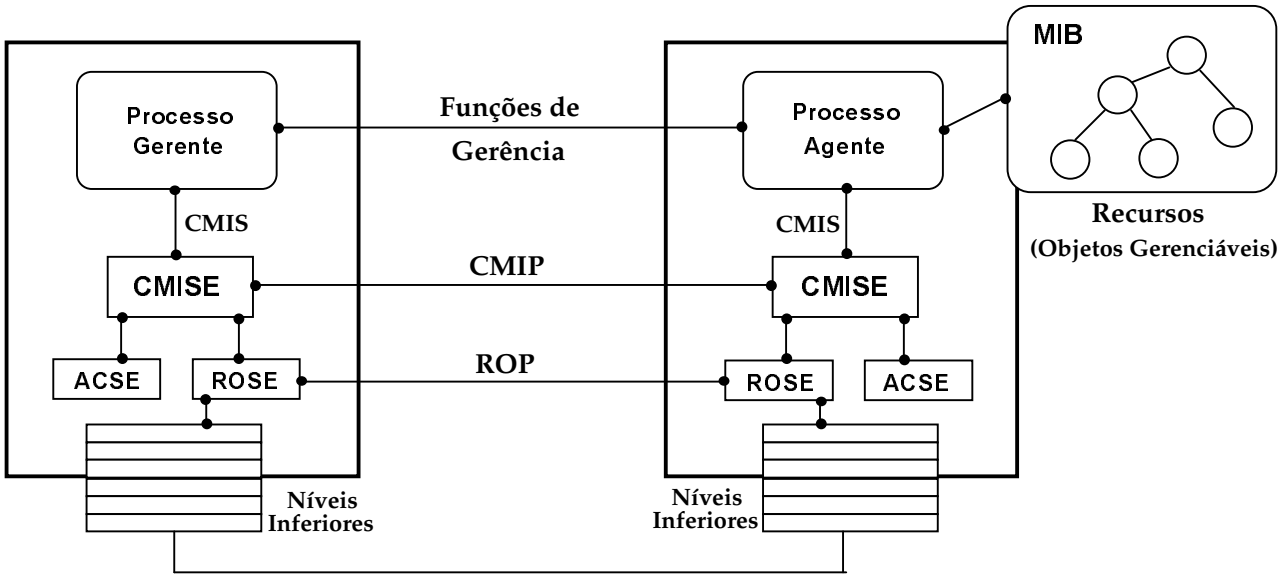


Figura 2: Relação da MCF e da DCF com os blocos funcionais

Por fim, há a definição dos pontos de referência, representando os limites de serviço entre os blocos funcionais. Seu propósito é o de identificar o tipo de informação que é trocada entre cada par de entidades. Três classes distintas de pontos de referência são definidas dentro do TMN: *q* (q_x quando entre NEF, QAF ou MF e ME; q_3 quando entre NEF, QAF, MF ou OSF e OSF), *f* (para conexão com WSF) e *x* (entre OSF e outra OSF ou entidade similar em uma TMN distinta). Há também um par de classes que representam pontos de referência fora dos limites do TMN: *g* (entre WSF e o usuário) e *m* (entre QAF e entidades gerenciadas não-TMN).

2.1.2. Arquitetura da Informação

A estrutura básica de informação utilizada segue o modelo OSI de gerenciamento. São adotados os conceitos de gerente e agente, e seus respectivos relacionamentos com os objetos gerenciados [CCI92c], conforme representado na figura 3. O serviço CMIS (*Common Management Information Service*), oferecido pelo protocolo CMIP [Sta93], é utilizado nas operações e notificações de gerenciamento entre entidades gerentes e agentes.



ACSE *Association Control Service Element*
ROSE *Remote Operation Service Element*
CMISE *Common Management Information Service Element*

Figura 3: Modelo OSI de gerenciamento

Alguns novos conceitos são introduzidos, como o SMK (*Shared Management Knowledge*) e o LLA (*Logical Layered Architeture*) [CCI92a]. O primeiro define o conhecimento comum compartilhado por um par de blocos funcionais (após um processo

prévio de negociação de contexto) sobre recursos envolvidos, tais como capacidades do protocolo, funções de gerenciamento ou classes de objetos gerenciados suportados. Já a LLA representa um conceito de desenvolvimento baseado em princípios hierárquicos entre camadas. Desta forma, a atividade de gerenciamento é decomposta em uma série de domínios funcionais aninhados, cada um sob o controle de sua própria OSF e com recursos particulares representados por seus respectivos objetos gerenciados.

2.1.3. Arquitetura Física

Esse aspecto da arquitetura estabelece o relacionamento dos blocos funcionais com o equipamento físico em si. São definidos blocos construtores (físicos), cada qual com uma correspondência direta aos blocos da arquitetura funcional. São esses os seguintes componentes:

- OS — *Operations System*: sistema que implementa OSFs. Opcionalmente MFs, QAFs e WSFs também podem ser providas.
- MD — *Mediation Device*: dispositivo de mediação, implementa MFs, e opcionalmente OSFs, QAFs e WSFs.
- NE — *Network Element*: consiste do equipamento de telecomunicação e de suporte, ou qualquer outro componente do ambiente de telecomunicação que implemente NEFs.
- QA — *Q Adaptor*: dispositivo que conecta NEs ou OSs com interfaces não compatíveis com o TMN.
- WS — *Workstation*: sistema que implementa WSFs; um terminal físico que traduz a informação para um formato compreensível para o usuário.
- DCN — *Data Communication Network*: equipamento que implementa a DCF, estabelecendo a conexão entre os demais blocos físicos. Pode consistir de um conjunto de sub-redes individuais de diferentes tipos, interconectadas entre si.

Também é definido um conjunto padronizado de interfaces, aplicadas a cada ponto de referência específico. São conhecidas como interfaces interoperáveis, e definem a suíte de protocolos utilizada, os procedimentos, o formato e a semântica das mensagens transportadas por cada protocolo [CCI92b]. As interfaces interoperáveis vão se distinguir basicamente pelo escopo da atividade de gerenciamento suportada. Assim, nos pontos de referência q (q_x e q_3), f e x temos respectivamente as interfaces Q (Q_x e Q_3), F e X.

2.1.4. Serviços e Funções de Gerenciamento

As atividades de gerenciamento que efetivamente fornecem o suporte aos aspectos de operação, administração e manutenção da rede gerenciada são chamadas de serviços de gerenciamento (TMN-MS — *Management Services*) [CCI92e]. Uma série de 19 serviços distintos são propostos nas recomendações, tais como medição de tráfego, gerenciamento de acessos, administração da qualidade do serviço (QoS — *Quality of Service*), etc, enquanto outros serviços ainda estão sofrendo processo de identificação e estudo.

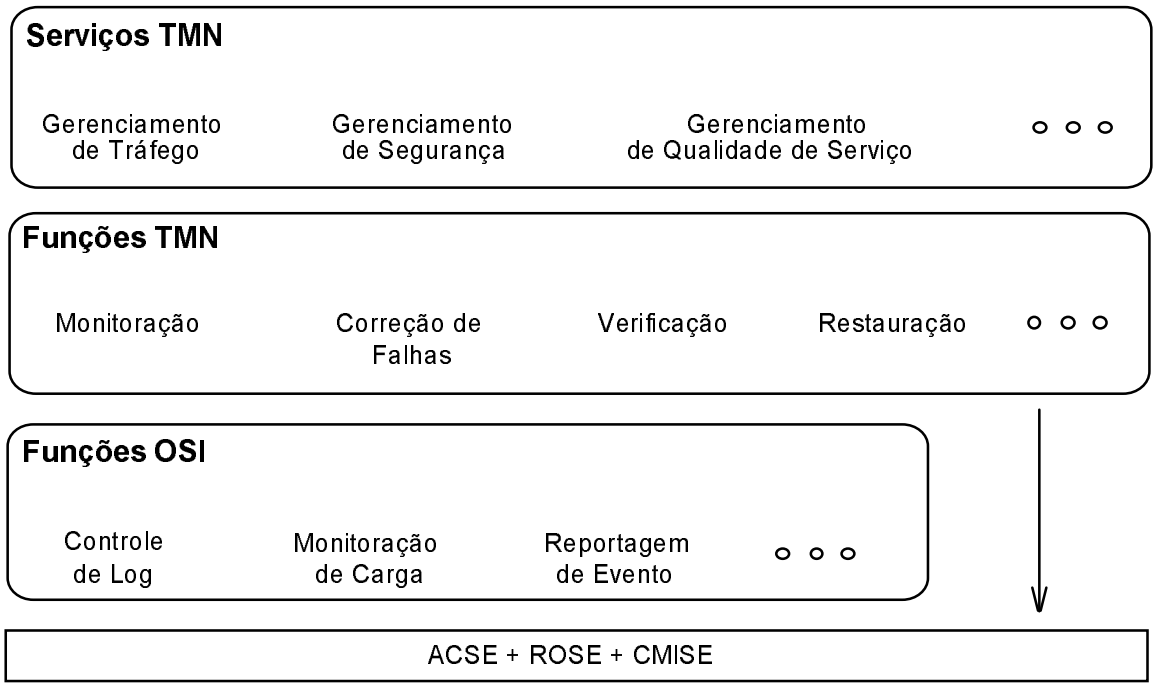


Figura 4: Relacionamento entre Serviços e Funções

Em sua implementação, o elemento de serviços se utiliza de um conjunto básico de funções de gerenciamento [CCI92f], que são os menores componentes de cada serviço, do ponto de vista do usuário. Há provisão para uma grande variedade de funções, que são divididas em cinco áreas funcionais:

- Gerenciamento de desempenho;
- Gerenciamento de falhas;
- Gerenciamento de configuração;
- Gerenciamento de contabilidade;
- Gerenciamento de segurança.

Além das funções definidas dentro do TMN, os serviços de gerenciamento também podem se utilizar de funções adicionais. As mais empregadas são as funções de gerenciamento de sistemas OSI (OSI SMF — *System Management Functions*). A figura 4 mostra o relacionamento entre os serviços de gerenciamento TMN e as funções de gerenciamento TMN e OSI.

2.2. Conceitos de Gerenciamento de Redes ATM

A tecnologia ATM foi concebida como uma técnica de multiplexação e comutação de alta velocidade. Inicialmente voltado para redes públicas, o ATM vem sendo cada vez mais integrado a redes locais ou corporativas com necessidade de altas velocidades. Nesse contexto, com intuito de promover a integração entre estas redes e fornecer a infra-

estrutura de transporte de alto desempenho necessária para a interconexão dos usuários, o CCITT apresentou a proposta da Rede Digital de Serviços Integrados — Faixa Larga (RDSI-FL) [Mon94], cujo modo de transferência empregado é o ATM.

Para auxiliar e acelerar os trabalhos de padronização, foi criado, em outubro de 1991, o Fórum ATM. Esse órgão tem sido responsável pela publicação das especificações da Interface Usuário-Rede (UNI — *User-Network Interface*) [For94], que contém informação sobre os serviços básicos ATM, opções de interface das camadas, sinalização, plano de gerenciamento, etc.

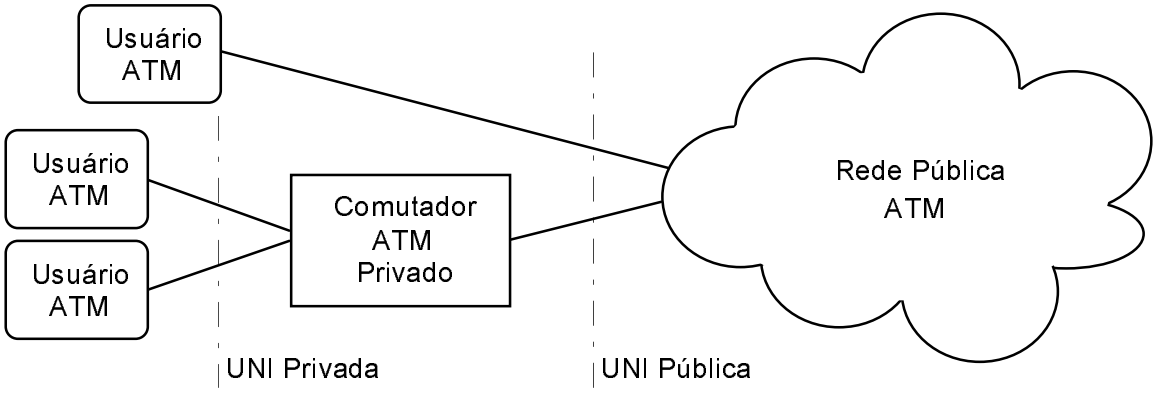


Figura 5: Configuração das UNI

A RDSI-FL é composta fisicamente de uma série de nós (os comutadores ATM) e equipamentos terminais diversos [CCI92g]. Entre esses elementos físicos são definidas interfaces, que nos pontos de referência entre o usuário e a rede assumem duas formas distintas: a UNI pública e a UNI privada [For94], conforme indicado na figura 5.

2.2.1. Modelo de Referência ATM

Baseado nos princípios OSI de comunicação em camadas, com algumas modificações, o modelo de referência para os protocolos da RDSI-FL está apresentado na figura 6.

A camada física é responsável pelos aspectos básicos de transmissão, tais como a codificação e o alinhamento de bits. Ela fornece para a camada superior uma interface independente do meio físico de transmissão.

A camada ATM é responsável pelo empacotamento da informação segmentada recebida do nível superior em unidades de dados de 53 octetos (as células) e de sua transferência, com o estabelecimento de conexões. No processo de endereçamento ao destino, cada célula recebe um identificador, que indicará em cada comutador por qual interface ela deve seguir. Esse identificador de conexão é composto por um par de campos hierárquicos, o identificador de caminho virtual (VPI — *Virtual Path Identifier*) e o identificador de canal virtual (VCI — *Virtual Channel Identifier*). Um caminho virtual agrupa um determinado número de canais virtuais, de forma que células em um mesmo caminho virtual são

discriminadas pelo VCI, enquanto células em caminhos virtuais distintos são discriminadas pelo VPI. Assim, durante o trajeto entre a origem e o destino, os comutadores intermediários usam apenas os VPIs para fazer o mapeamento da interface a ser acessada, deixando para os comutadores "mais terminais" a tarefa de examinar o par VPI + VCI. Quando a camada de adaptação é acessada de modo a conectar canais virtuais fim a fim, temos uma conexão de canal virtual (VCC — *Virtual Channel Connection*). Da mesma forma, quando o acesso é feito para conectar caminhos virtuais, temos uma conexão de caminho virtual (VPC — *Virtual Path Connection*).

A camada de adaptação provê uma série de funções, dependendo das necessidades dos níveis superiores, tais como controle de fluxo, compensação de atraso, etc [Mon94]. Diferentes tipos de protocolos são especificados para cada exigência específica de serviço.

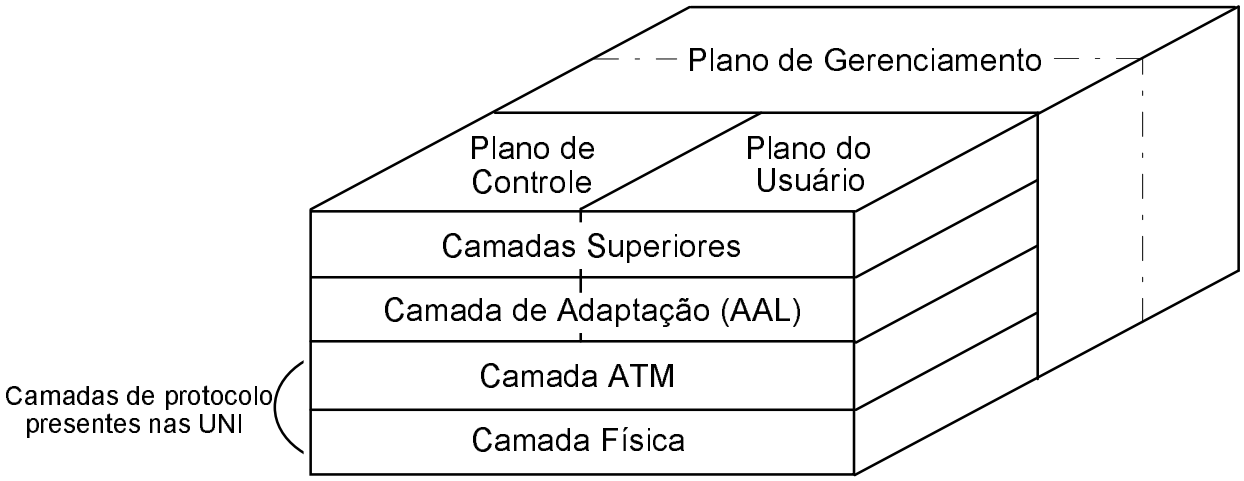


Figura 6: Modelo de Referência dos Protocolos da RDSI-FL

Há também, como indicado na figura 6, a definição de três planos distintos. Os planos de controle e do usuário são responsáveis, respectivamente, pela transferência de informação de controle (de chamada e de conexão) e informação do usuário. O plano de gerenciamento, por sua vez, possui funções divididas em dois subgrupos: gerenciamento de plano e gerenciamento de camada. O primeiro é relativo ao sistema como um todo, perfazendo a coordenação entre os planos. Já o segundo possui funções relativas às entidades de protocolo de cada camada, tratando cada fluxo específico de informação de operação e manutenção (OAM).

2.2.2. O Plano de Gerenciamento

Ao contrário dos planos de controle e do usuário, onde os comitês de padronização definiram completamente os procedimentos empregados, muitos dos aspectos funcionais do plano de gerenciamento estão ainda sendo identificados e estudados. Enquanto

os padrões finais não estão disponíveis, o Fórum ATM definiu uma interface provisória de gerenciamento local (ILMI — *Interim Local Management Interface*) [For94]. Essa interface suporta a transferência bidirecional da informação de gerenciamento entre as entidades de gerenciamento da UNI. Foi adotado o uso do protocolo SNMP (*Simple Network Management Protocol*) [RFC1157] e de uma MIB específica, conhecida como ILMI MIB, que contém um conjunto básico de objetos.

A informação de gerenciamento da UNI está agrupada na ILMI MIB da seguinte forma:

- Atributos do Sistema;
- Atributos da Interface Física, inclui:
  - — Índice da interface;
  - — Tipo de transmissão (interface do nível físico);
  - — Tipo de mídia (cabo coaxial, fibra monomodo, fibra multimodo, par trançado blindado, par trançado não blindado);
  - — Estado operacional (em serviço, fora de serviço, modo *loop back*);
  - — Informação de sistemas adjacentes.
- Atributos do Nível ATM, inclui:
  - — Índice da interface;
  - — Número máximo de VPCs;
  - — Número máximo de VCCs;
  - — Número de VPCs configurados;
  - — Número de VCCs configurados;
  - — Tipo de UNI (pública, privada).
- Estatísticas do Nível ATM, inclui:
  - — Índice da interface;
  - — Número de células recebidas;
  - — Número de células descartadas na recepção;
  - — Número de células transmitidas.
- Atributos de Caminho Virtual e
- Atributos de Canal Virtual, incluem:
  - — Índice da Interface;
  - — Valor do VPI (ou do VCI);
  - — Descritor de tráfego de transmissão;
  - — Descritor de tráfego de recepção;
  - — Estado operacional (da conexão fim-a-fim ou local);
  - — Classe de QoS de transmissão;
  - — Classe de QoS de recepção.

Além da informação básica de gerenciamento definida acima, o Fórum ATM e o ITU-T propuseram algumas funções de operação e manutenção (OAM). Essas funções são implementadas com o auxílio de um tipo especial de célula ATM, a célula OAM. Existem dois tipos de fluxos de células OAM: o fluxo F4, em conexões de caminhos virtuais, e o fluxo F5, em conexões de canais virtuais. No primeiro caso, as células correspondentes são identificadas por um conjunto específico de canais virtuais (VCIs). No segundo caso, a identificação é feita

a partir de um conjunto específico de valores do campo PT (*Payload Type*), no cabeçalho da célula.

Dentre as funcionalidades que devem ser implementadas no plano de gerenciamento [Mon94], podemos destacar algumas de grande importância prática:

- Monitoração de desempenho (PM — *Performance Monitoring*): um conjunto de funções de teste que coletam medições dos parâmetros de desempenho das conexões, a saber:

  — Razão de células com erro;
  — Razão de blocos de células severamente errados;
  — Razão de perda de células;
  — Taxa de inserção errônea de células;
  — Retardo de transferência de célula;
  — Retardo médio de transferência de célula;
  — Variação do retardo de célula.

  A manutenção adequada dos parâmetros de desempenho vai determinar o padrão de QoS (da VPC ou do VCC) negociado previamente ao estabelecimento das conexões. Para cada parâmetro, ao menos um método de medição foi definido.

- Relatório de falhas: a detecção de falhas em VPCs ou VCCs (conseqüência de problemas com o enlace físico ou irregularidades na camada ATM, p. ex.) é seguida da geração de um sinal de alarme correspondente, visando alertar os outros participantes das conexões falhas sobre a condição irregular. Dois sinais de alarme são definidos: AIS (*Alarm Indication Signal*) e RDI (*Remote Defect Indication*). O primeiro é gerado pelo equipamento que detecta a falha, tencionando informar os nós seguintes na conexão. Já o segundo é gerado pelo nó terminal da conexão falha, no sentido contrário, visando informar os nós anteriores. Ambos os sinais trafegam em células OAM específicas.

- Detecção de continuidade: visando distinguir uma conexão com problemas de uma meramente ociosa, células OAM específicas são periodicamente injetadas no fluxo normal da conexão. Assim, se após um intervalo de tempo determinado, a célula não for recebida, fica caracterizada uma situação irregular.

- Teste de *loop back*: dois tipos básicos de *loop backs* podem ser executados por células OAM própias, o *loop* local e o remoto. Estes testes são úteis, respectivamente, para o isolamento de falhas e para a verificação de conectividade fim-a-fim, entre outras tarefas possíveis.

3. Modelo em Estelle da Plataforma TMN

A característica extensa e variada do panorama de gerenciamento de redes abordado na seção anterior é um obstáculo considerável para o estudo do TMN. Devido à natureza recente das definições, muitas recomendações tem pontos em aberto, onde os trabalhos ainda estão sendo desenvolvidos. Situação similar se verifica com as especificações ATM. Essa é a motivação básica por trás do presente trabalho, ou seja, fornecer uma plataforma de teste e simulação, especificada em uma linguagem formal, de alto nível, onde fosse possível estudar a aplicação de determinados conceitos de TMN em uma rede ATM [GN95].

O processo de especificação formal da plataforma TMN é composto de três tarefas básicas: a proposta da arquitetura física e funcional TMN para da rede ATM, a definição das funcionalidades de gerenciamento a serem implementadas e a modelagem da arquitetura da especificação em Estelle.

3.1. Arquitetura Física e Funcional TMN do Modelo da Plataforma

Aplicando os princípios de TMN no contexto de uma rede ATM, podemos inicialmente identificar os blocos físicos. Os nós ATM, sejam comutadores ou terminais, são mapeados diretamente em elementos de rede, representados por blocos NE. Dependendo do escopo da aplicação de gerenciamento, um bloco NE pode se constituir desde um conjunto de equipamentos ATM até de um elemento específico de um dado equipamento. Neste trabalho, um bloco físico NE representa uma determinada interface usuário-rede (UNI) de um comutador ATM, conforme a especificação do Fórum ATM.

O bloco físico OS, ou sistema de operações, é constituído de uma estação de trabalho independente, conectada ao NE por um circuito ponto-a-ponto ou por uma rede de comutação de circuitos ou pacotes. Os blocos físicos devem ser ambos providos de uma pilha de protocolos OSI, a fim de suportar a implementação de uma interface padrão Q_3 entre si.

Definidos os blocos físicos, temos automaticamente definidos também os blocos funcionais. A figura 7 mostra o relacionamento entre estes blocos e seus respectivos componentes funcionais.

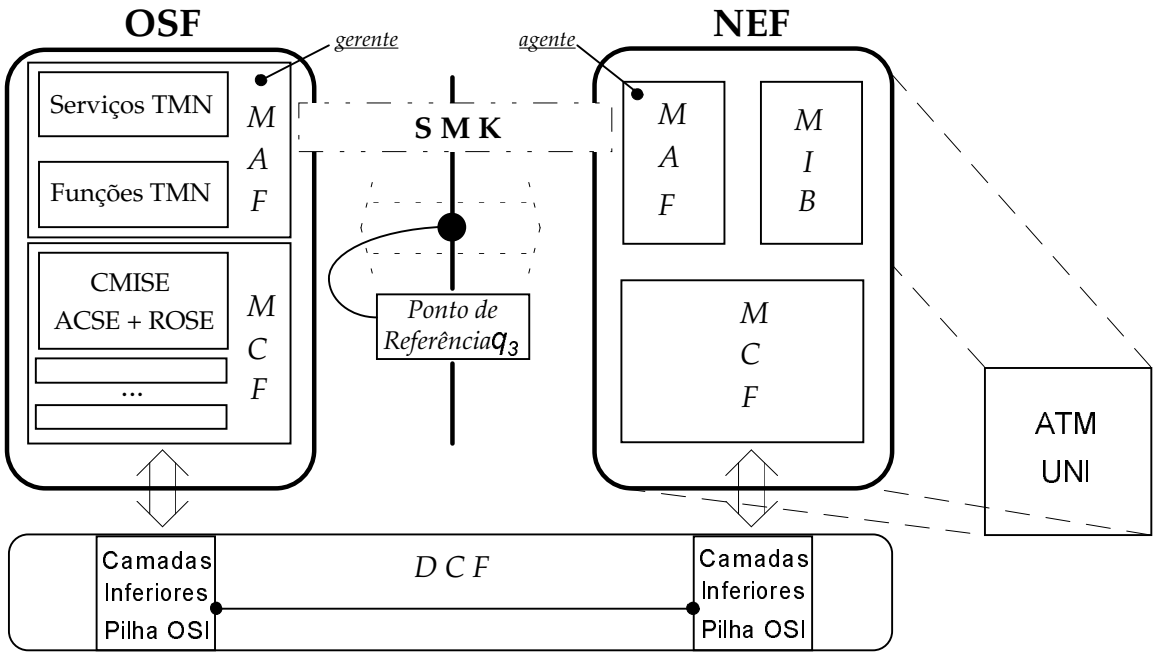


Figura 7: Arquitetura Funcional TMN para a rede ATM

O bloco OSF possui dois componentes funcionais básicos, dispostos em níveis hierárquicos. A OSF-MAF se localiza no topo da pilha OSI, na camada de aplicação. Ela implementa os serviços e funções de gerenciamento TMN, no papel de gerente, podendo

opcionalmente se utilizar das funções oferecidas pelo modelo de gerenciamento OSI (elemento de serviço SMASE — *Systems Management Aplication Service Element*). Inicialmente, entretanto, nenhuma dessas funções será implementada no modelo.

Fornecendo o suporte de rede para a OSF-MAF, há a MCF, composta pelos níveis restantes da pilha OSI, mais alguns elementos comuns de serviço da camada de aplicação (CASEs — *Common Aplication Service Elements*): CMISE, ACSE e ROSE [BRI93]. A MCF perfaz a conexão do bloco funcional à DCF, conforme descrito na seção anterior.

No bloco funcional NEF encontramos componentes funcionais análogos: a NEF-MAF, que é a entidade correspondente à OSF-MAF, no papel de agente das funções de gerenciamento, e uma MCF semelhante. O componente adicional presente é a MIB, que contém toda a representação dos recursos disponíveis na interface gerenciada [CCI92d].

Devido às limitações do compilador Estelle disponível, no que diz respeito à orientação a objetos, a informação é representada no código na forma de atributos (tipos de dados Estelle), mantendo todavia seu significado original. Os objetos utilizados no modelo são, basicamente, os definidos na ILMI MIB, acrescentados de objetos lógicos auxiliares específicos para as funcionalidades implementadas.

Um conceito importante que deve ser considerado na implementação do modelo é o SMK. Como o conjunto de funções implementadas é restrito (assim como os objetos, protocolos, etc), não há necessidade de se estabelecer uma negociação de contexto explícita. Todos os recursos disponíveis são de conhecimento mútuo de ambos os blocos funcionais, em nível de código.

3.2. O Conjunto de Funções de Gerenciamento TMN

Dentre as cinco áreas funcionais classificadas nas recomendações, não é possível selecionar uma ou outra como sendo de maior importância em qualquer situação, de forma genérica. O conjunto de funções oferecidas serve como uma base para o desenvolvimento de aplicações e serviços que se fizerem necessários, dadas as características do sistema a ser gerenciado.

Em uma rede ATM, que se propõe a oferecer uma estrutura para a transferência de informações com características de tráfego variadas e de grandes requisitos, a necessidade de alto desempenho é primordial. Daí a importância da monitoração constante da rede, de modo a antecipar, detectar e superar de forma eficaz as falhas e irregularidades que podem advir.

Dentro desse panorama, podemos selecionar um subconjunto inicial de funções para implementação, tornando o protótipo operacional em seu primeiro estágio, como será visto mais adiante. As áreas funcionais abordadas são as de gerência de desempenho e gerência de falhas. Para a simplificação do modelo, todas as operações de gerenciamento serão realizadas em cima de conexões de canal virtual (VCCs). Havendo a definição de uma política de estabelecimento de conexões (negociação de banda passante, disponibilização de recursos, etc), os resultados podem ser posteriormente estendidos para conexões de caminho virtual (VPCs).

O primeiro passo para a descrição das funções é especificar os parâmetros de desempenho que serão monitorados (PM *Data — Performance Monitoring Data*), e seus atributos. Os parâmetros [For94], mencionados na seção 2.2.2, são definidos da seguinte forma:

- Razão de células com erro (CER — *Cell Error Ratio*):

$$CER = \frac{\text{Células Transferidas com Erro}}{\text{Células Transferidas com Sucesso} + \text{Células Transferidas com Erro}}$$

  Células contabilizadas em blocos de células severamente erradas devem ser excluídas da população de células utilizadas no cálculo acima.

- Razão de blocos de células severamente errados (SECBR — *Severely-Errored Cell Block Ratio*):

$$SECBR = \frac{\text{Blocos de Células Severamente Errados}}{\text{Total de Blocos de Células Transmitidos}}$$

  Um bloco de células é uma seqüência de *N* células transmitidas consecutivamente em uma conexão. Um bloco de células severamente errado ocorre quando são observadas mais de *M* células com erro, perdidas ou inseridas erroneamente em um bloco de células recebido.

- Razão de perda de células (CLR — *Cell Loss Ratio*):

$$CLR = \frac{\text{Células Perdidas}}{\text{Total de Células Transferidas}}$$

- Taxa de inserção errônea de células (CMR — *Cell Misinsertion Rate*):

$$CMR = \frac{\text{Células Inseridas Erroneamente}}{\text{Intervalo de Tempo}}$$

- Retardo de transferência de célula (CTD — *Cell Transfer Delay*): unidades de tempo gastas entre o evento de saída de célula na UNI de origem e o evento correspondente de entrada de célula na UNI de destino.
- Retardo médio de transferência de célula (MCTD): média aritmética de um determinado número de CTDs em uma conexão.
- Variação do retardo de célula (CDV — *Cell Delay Variation*): na verdade, dois parâmetros distintos: CDV-1 (em um ponto) e CDV-2 (em dois pontos). O primeiro corresponde à diferença entre o tempo de chegada esperado de uma célula e o tempo de chegada real, na entrada da UNI. O segundo diz respeito à diferença entre os retardos absolutos de transferência esperados entre dois pontos de medida (saída da UNI origem e chegada na UNI destino) e os retardos efetivos.

Alguns dos parâmetros de desmpenho acima possuem determinados atributos, que podem ser manipulados por funções específicas. São eles, a saber: *N* (tamanho dos blocos de células), *M* (limite de células com erro que caracteriza um bloco de células severamente errado), *T* (intervalo de tempo para a medição do CMR), *R* (número de CTDs consecutivos

levados em consideração para o cálculo do MCTD) e *T* (método de medição do CDV: CDV-1 ou CDV-2).

O segundo subconjunto de parâmetros monitorados é o que diz respeito às funções de gerenciamento de alarme. Para essas funções, temos os seguintes atributos: tipo de alarme (AIS ou RDI), condição de reportagem do alarme (ativada ou inibida), histórico do alarme e critério (limites onde as condições irregulares passam a ser consideradas de alarme) [CCI92f]. Ambos os alarmes funcionam de forma idêntica para VPCs ou VCCs, apesar de terem sido definidos apenas para estas últimas.

3.3. Especificação dos Módulos Estelle

Após o conjunto de funções a serem implementadas ter sido definido, o passo seguinte consiste em especificar a arquitetura dos módulos Estelle. O modelo adotado, proposto na figura 8, está estruturado de modo a permitir que a implementação da plataforma seja feita em dois estágios consecutivos. O primeiro estágio de desenvolvimento engloba os módulos principais, ou seja, os que implementam as funções de gerenciamento específicas em questão. Duas instâncias de MAF (OSF-MAF e NEF-MAF) são conectadas através de um meio de comunicação, que corresponde aos elementos comuns de aplicação ACSE, ROSE e CMISE [LP94] (o topo da pilha de protocolos englobados pela MCF). Nessa primeira fase são feitas todas as definições das primitivas de serviço trocadas entre o módulo de funções (ATM-OSF-MAF) e o módulo de serviços (MS — *Management Services*). O objetivo é proporcionar uma base inicial para a representação e manipulação da informação proveniente do módulo agente ATM-NEF-MAF pelo módulo gerente ATM-OSF-MAF.

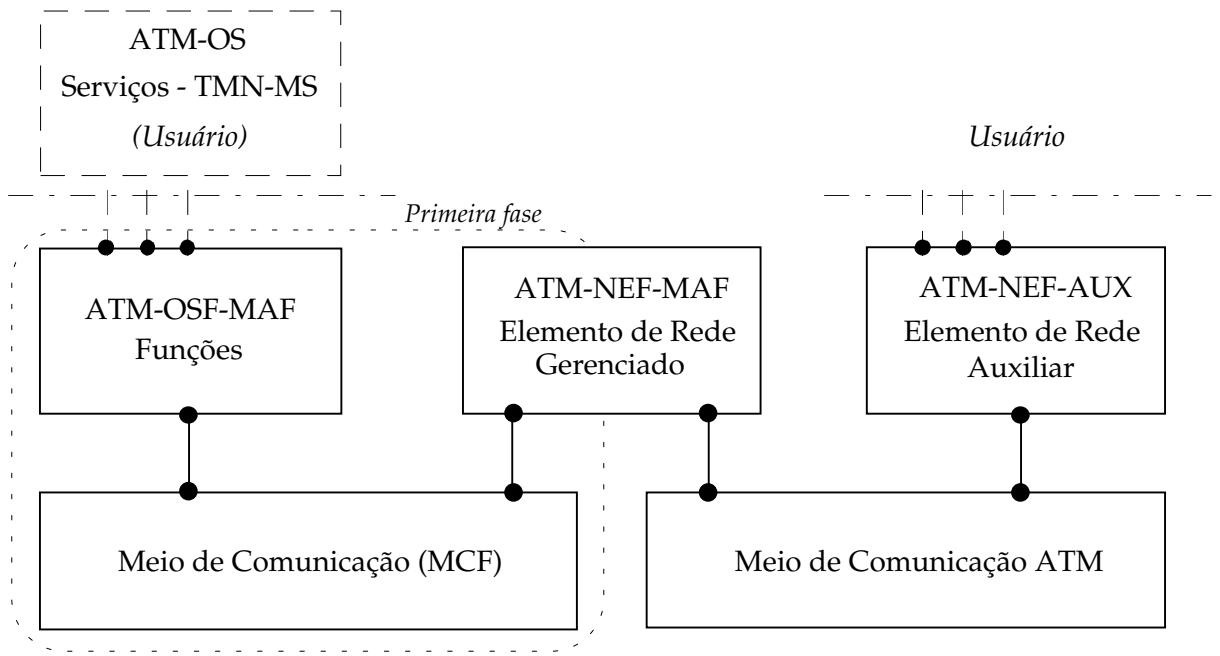


Figura 8: Arquitetura da Especificação da Plataforma em Estelle

No segundo estágio de implementação é adicionado ao sistema um elemento de rede auxiliar (módulo ATM-NEF-AUX), e um meio de comunicação correspondente ao

serviço da camada ATM. Esse módulo de elemento de rede adicional não possui uma MAF completa embutida, mas apenas as funcionalidades de gerenciamento necessárias para responder às funções de teste executadas pelo módulo ATM-NEF-MAF, mantendo com este uma conexão de canal virtual estabelecida. O objetivo nesse ponto é representar uma VCC com um fluxo dinâmico de células, havendo assim condições de se gerar situações o mais próximo possível da realidade. Interações abertas são fornecidas ao módulo ATM-NEF-AUX, para que o usuário tenha condições de criar o comportamento a ser testado.

As primitivas de gerenciamento de desempenho estão mostradas na tabela 1, bem como os tipos de parâmetros por elas utilizados.

	Descrição da Função Associada	Nome da Primitiva	Parâmetros
1	Atribui valor aos atributos de PM	PM_attrib.set	AttribId, Integer
2	Solicita valor de atributos de PM	PM_attrib.req	AttribId
3	Reporta atributos de PM	PM_attrib.rp	AttribId, Integer
4	Solicita info de PM	PM_data.req	DataId
5	Reporta info de PM	PM_data.rp	DataId, Integer
6	Inicializa info de PM	PM_data.init	DataId
7	Inicia / interrompe colheita de info de PM	PM_data.start_stop	DataId, Operation
8	Estabelece escala de reportagem de info de PM	PM_data_rep_sched.set	DataId, TimeVal
9	Solicita escala de reportagem	PM_data_rep_sched.req	DataId
10	Reporta escala de reportagem	PM_data_rep_sched.rp	DataId, TimeVal
11	Atribui valor a patamares de PM	PM_threshold.set	DataId, Integer
12	Solicita valor de patamares de PM	PM_threshold.req	DataId
13	Reporta valor de patamares de PM	PM_threshold.rp	DataId, Integer
14	Atribui valor a atributos de funções de teste de QoS	QoS_test_attrib.set	AttribId, Integer
15	Solicita valor de atributos de funções de teste de QoS	QoS_test_attrib.req	AttribId
16	Reporta atributos de funções de teste de QoS	QoS_test_attrib.rp	AttribId, Integer
17	Reporta resultado de função de teste de QoS	QoS_test.rp	TestId, Integer
18	Inicializa informação de função de teste de QoS	QoS_test.init	TestId
19	Inicia / interrompe função de teste QoS	QoS_test.start_stop	TestId, Operation
20	Estabelece escala p/ execução de função de teste de QoS	QoS_test_sched.set	TestId, TimeVal
21	Solicita escala de execução	QoS_test_sched.req	TestId
22	Reporta escala de execução	QoS_test_sched.rp	TestId, TimeVal

Tabela 1: Primitivas de Gerenciamento de Desempenho

As primitivas descritas implementam um total de 5 operações distintas (*set, request, report, initialize* e *start_stop*), atuando sobre diferentes dados. As 7 primitivas iniciais atuam sobre os parâmetros de desempenho e seus atributos (descritos na seção 3.2). As primitivas de 8 a 13 se relacionam aos eventos assíncronos de reportagem dos parâmetros de desempenho, emitidos pelo ATM-NEF-MAF. Há duas possibilidades: escalas de tempo (estabelecimento de periodicidade fixa de reportagem) ou patamares (quando há estouro de limites estabelecidos). O último grupo de primitivas (14 a 22) manipula um conjunto de chamadas de teste. Estas chamadas consistem de uma série de funções específicas pré-determinadas que testam o padrão de QoS da conexão, verificando os parâmetros de desempenho de forma conjunta. Quatro classes de serviço podem ser testadas dessa maneira: A (emulação de circuito — vídeo com taxa constante de bits), B (áudio e vídeo com taxa variável de bits), C (transferência de dados orientada a conexão) e D (transferência de dados sem conexão). Não estão ainda definidas chamadas de teste para todas as classes de serviço.

O segundo grupo de primitivas é o de gerenciamento de falhas, apresentado na tabela 2.

	Descrição da Função Associada	Nome da Primitiva	Parâmetros
23	Reporta alarme	Alarm.rp	AlarmId, AlarmInfo
24	Ativa / inibe reportagem de alarme	Alarm_rp.allow_inhibit	AlarmId
25	Solicita histórico de alarme	Alarm_hist.req	AlarmId
26	Reporta histórico de alarme	Alarm_hist.rp	AlarmId, History
27	Estabelece critério p/ a condição de alarme	Alarm_criteria.set	AlarmId, Criteria
28	Solicita critério da condição de alarme	Alarm_criteria.req	AlarmId
29	Reporta critério da condição de alarme	Alarm_criteria.rp	AlarmId, Criteria

Tabela 2: Primitivas de Gerenciamento de Falhas

O conjunto de primitivas acima manipula os alarmes (AIS e RDI) e seus respectivos históricos e critérios, de modo bastante simplificado. Nesse último atributo, a condição de alarme é relativa apenas ao AIS, e é representada por um intervalo de tempo, findo o qual a irregularidade com a conexão passa a ser considerada uma situação de alarme. O identificador de alarme nas primitivas 27, 28 e 29 foi mantido para permitir a futura implantação de eventuais critérios para a geração de um RDI.

4. Comentários

Este trabalho apresentou, inicialmente, um estudo da arquitetura TMN de gerenciamento de redes e de aspectos básicos do gerenciamento de redes ATM. O objetivo foi propor uma aplicação consistente do modelo de gerenciamento TMN em um ambiente de rede ATM, no formato de um modelo didático especificado em linguagem Estelle.

A plataforma proposta, em seu estágio final, oferece uma base para o desenvolvimento e implementação de novas funções, que podem ser diretamente integradas ao

modelo. Outras áreas funcionais podem ser exploradas (gerenciamento de contabilidade, p. ex.), e a conexão de canal virtual simulada também pode ser aprimorada para este propósito.

A estruturação do desenvolvimento da plataforma em dois estágios distintos foi feita com o objetivo de organizar e facilitar o trabalho de implementação. Cada etapa é caracterizada basicamente pelo tipo de informação manipulada. Os blocos funcionais do primeiro estágio estão inteiramente definidos dentro do escopo do TMN, assim como as interações abertas fornecidas são para uso dos serviços de gerenciamento TMN (representados no modelo por um usuário humano). No segundo estágio os blocos funcionais adicionais implementam as funcionalidades da conexão de canal virtual ATM e o suporte aos procedimentos de teste de parâmetros, fornecendo uma característica dinâmica aos objetos gerenciados definidos no primeiro estágio.

No presente momento, a arquitetura proposta está sendo especificada, no seu primeiro estágio, em Estelle. Terminada esta fase, terá início o processo de simulação, a partir da geração de seqüências de teste. Com os resultados auferidos, a arquitetura será estendida com os módulos adicionais do segundo estágio, para sofrer então o processo final de simulação.

Como comentário final, vale acrescentar que uma proposta futura para o aprimoramento do modelo da plataforma seria portar o código para um sistema Estelle orientado a objetos. Dessa forma se poderia obter uma representação mais adequada dos objetos gerenciados, fiel ao modelo de informação TMN.

5. Referências Bibliográficas

[BRI93] BRISA — Sociedade Brasileira para Interconexão de Sistemas Abertos "*Gerenciamento de Redes: uma Abordagem de Sistemas Abertos*", Makron Books, 1993.

[CCI92a] CCITT M.3010 Recomendations "*Principles for a Telecommunications Management Network*", October, 1992.

[CCI92b] CCITT M.3020 Recomendations "*TMN Interface Specification Methodology*", October, 1992.

[CCI92c] CCITT M.3100 Recomendations "*Generic Network Information Model*", October, 1992.

[CCI92d] CCITT M.3180 Recomendations "*Catalogue of TMN Management Information*", October, 1992.

[CCI92e] CCITT M.3200 Recomendations "*TMN Management Services: Overview*", October, 1992.

[CCI92f] CCITT M.3400 Recomendations "*TMN Management Functions*", October, 1992.

[CCI92g] CCITT M.3600 Recomendations "*Principles for the Management of ISDNs*", October, 1992.

[For94] The ATM Forum "*ATM User-Network Interface Specification*", version 3.1, Septermber, 1994.

[GN95] Goulart C., Nogueira J. M. "*Utilização do Modelo TMN no Gerenciamento de Redes ATM*", XII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, Belo Horizonte, 1995.

[LP94] Lehman Jr. E. O, Pedroza A. "*Especificação e Verificação do Protocolo CMIP para Gerenciamento de Rede*", XII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, Curitiba, 1994.

[Mon94] Monteiro J. A. S. "*Rede Digital de Serviços Intergrados de Faixa Larga (RDSI-FL)*", IX Escola de Computação, Recife, 1994.

[OSAA94] Oliveira M., Souza N., Agoulmine N., Almeida H. "*Um Protótipo para o Estudo de Interoperabilidade em TMNs*", XII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, Curitiba, 1994.

[RFC1157] RFC 1157 "*Simple Network Management Protocol (SNMP)*", May, 1990.

[Sta93] Stallings W. "*SNMP, SNMPv2 and CMIP — The Practical Guide to Network-Management Standards*", Addison Wesley, July, 1993.