

Utilização do Modelo TMN no Gerenciamento de Redes ATM

*Carlos de Castro Goulart*¹

*José Marcos Silva Nogueira*²

E-mail: {goulart, jmarcos}@dcc.ufmg.br

Departamento de Ciência da Computação
Universidade Federal de Minas Gerais
31270-010 Belo Horizonte, MG

Departamento de Informática
Universidade Federal de Viçosa
36570-000 Viçosa, MG

Resumo

Esse trabalho discute a utilização do modelo de gerenciamento TMN (*Telecommunication Management Network*) para o gerenciamento de redes baseadas em nós de comutação ATM (*Asynchronous Transfer Mode*). As características principais do ATM e os seus requisitos de gerenciamento são discutidos nesse trabalho. Os modelos de gerenciamento Internet, OSI e TMN são analisados para subsidiar a escolha do modelo mais adequado para o gerenciamento das redes heterogêneas. A escolha do modelo TMN se deve à riqueza do seu modelo de informação e à visão integrada das redes de comunicação de dados e das redes de telecomunicações. É apontada, ainda, a necessidade da definição do modelo de informação ATM para ser integrado ao modelo TMN.

Abstract

This work discusses the utilization of the TMN (*Telecommunication Management Network*) model to manage ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) based Networks. The ATM's major aspects and management requirements are presented. The Internet, OSI and TMN management models are analyzed as a base to the choice of the most adequate one to manage heterogeneous networks. The choice of the TMN model is due to the richness of its information model and its integrated view of data communication and telecommunication networks. It is pointed in this work the need for ATM information model definition to be integrated inside TMN model.

¹Professor Assistente DPI/UFV e doutorando DCC/UFMG (Bolsista PICD-Capes)

²Professor Adjunto DCC/UFMG

1 Introdução

A utilização de redes de computadores para a transmissão, compartilhamento e acesso a informações está se tornando cada vez mais uma atividade comum nos dias de hoje. A cada dia uma nova necessidade é vislumbrada e uma nova aplicação, para atendê-la, é planejada. A capacidade de transmissão já aumentou muito em relação às primeiras redes existentes. Entretanto, as novas aplicações, sobretudo as classificadas como aplicações multimídia, demandam uma grande largura de faixa para suportá-las de maneira eficiente.

Além da necessidade de canais de grande capacidade, as novas aplicações possuem características diferentes que levam a requisitos diferentes que a rede deve atender. Algumas aplicações, como por exemplo a transmissão de imagens de vídeo, são mais sensíveis ao atraso do que a pequenos erros. Já outras aplicações devem ser livres de erros e podem suportar algum atraso. É o caso de uma aplicação de transferência de fundos bancários, por exemplo. A heterogeneidade da rede resultante e a diversidade de aplicações exigem que o gerenciamento desse sistema seja uma tarefa fundamental para o seu funcionamento de forma satisfatória.

Assim, neste trabalho pretende-se discutir alguns aspectos relacionados ao gerenciamento de redes que utilizam ATM como modo de transferência. Esta abordagem constitui o ponto de partida para o desenvolvimento de uma pesquisa de tese de doutorado. Assim, o objetivo principal deste trabalho é o de dar uma visão geral sobre ATM e os seus requisitos de gerenciamento, os modelos de gerenciamento de sistemas e a aplicação do modelo de gerenciamento TMN para as redes baseadas em nós de comutação ATM.

O trabalho se encontra organizado da seguinte maneira: na seção 2 são apresentadas alguns conceitos e características fundamentais da tecnologia ATM e os suas funções de gerenciamento; alguns aspectos dos principais modelos de gerenciamento de sistemas são discutidos na seção 3; a seção 4 apresenta uma proposta de utilização do modelo TMN para o gerenciamento de redes ATM e; finalmente na seção 5 são apontadas as conclusões desse trabalho e as direções futuras que se pretende seguir.

2 ATM como Solução para os Serviços de Faixa Larga

A necessidade de obtenção de altas taxas de transmissão levou ao desenvolvimento de uma técnica de transferência denominada FPS (*Fast Packet Switching*). Dentre diversas propostas de FPS, o modo de transferência assíncrono (ATM - *Asynchronous Transfer Mode*) [1] foi adotado como padrão pelo CCITT (hoje ITU - *International Telecommunication Union*) em 1992. O Fórum ATM criado em Outubro de 1991 teve um papel fundamental na especificação da técnica e sua adoção como padrão de fato [2].

O ATM se baseia na comutação de células e na multiplexação por divisão de tempo assíncrona, onde não existe alocação de intervalo de tempo pré-determinada para cada canal mas sim uma alocação sob demanda. A função básica de um nó ATM é fazer com que a comutação dos fluxos de células nos enlaces de entrada para os enlaces de saída,

se dêem segundo a função especificada pela tabela de comutação. Esta situação é apresentada na figura 1. Diversos trabalhos já demonstraram que a tecnologia ATM é capaz de transportar dados de qualquer tipo de serviço existente, além de ser a tecnologia com maior potencial para dar suporte ao transporte de dados de qualquer tipo de serviço que possa ser criado [1]. Esta foi uma das principais razões que levaram ATM a ser adotado como padrão internacional.

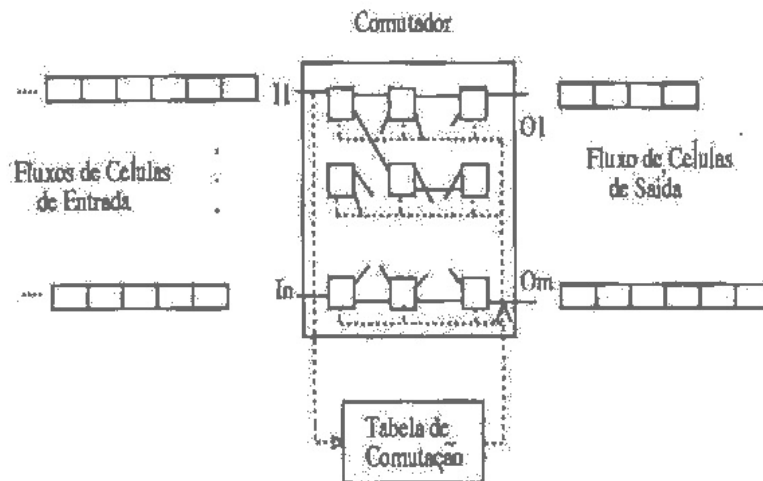


Figura 1: Visão Esquemática de um Comutador ATM.

2.1 Canais e Caminhos Virtuais

O ATM é um modo de transferência orientado à conexão, sendo necessária uma fase inicial de estabelecimento de conexão antes de se fazer a transferência de informação. Uma conexão ATM é formada por uma concatenação de enlaces da camada ATM de modo a prover uma facilidade de transferência fim-a-fim para os pontos de acesso [3]. Durante o estabelecimento de conexão são especificados os endereços da fonte e do(s) destino(s) e um identificador é associado à conexão. O identificador possui um significado local para cada interface sendo composto por dois campos hierárquicos: um identificador de caminho virtual (VPI - *Virtual Path Identifier*) e o identificador de canal virtual (VCI - *Virtual Channel Identifier*). Um canal virtual é análogo ao conceito de circuito virtual. Um caminho virtual consiste de um agrupamento de vários canais virtuais [1]. A função básica presente no cabeçalho de uma célula ATM consiste da identificação de uma conexão virtual através dos campos VCI e VPI. A figura 2 mostra um exemplo da relação entre canais e caminhos virtuais. São mostradas também as possibilidades de comutação de canais e caminhos virtuais. Note que apenas o nó A, detalhado na figura 2, está executando a comutação de canais virtuais.

Um dos motivos da simplicidade de processamento da transmissão ATM é o fato de ser orientada à conexão. As funções de endereçamento de fonte e de destino, de controle de fluxo e recuperação de erros, não estão presentes na célula ATM. Esta minimização de processamento é um dos pontos chave para a alta velocidade alcançada pela tecnologia ATM, pois permite implementação em *hardware* dos algoritmos de comutação.

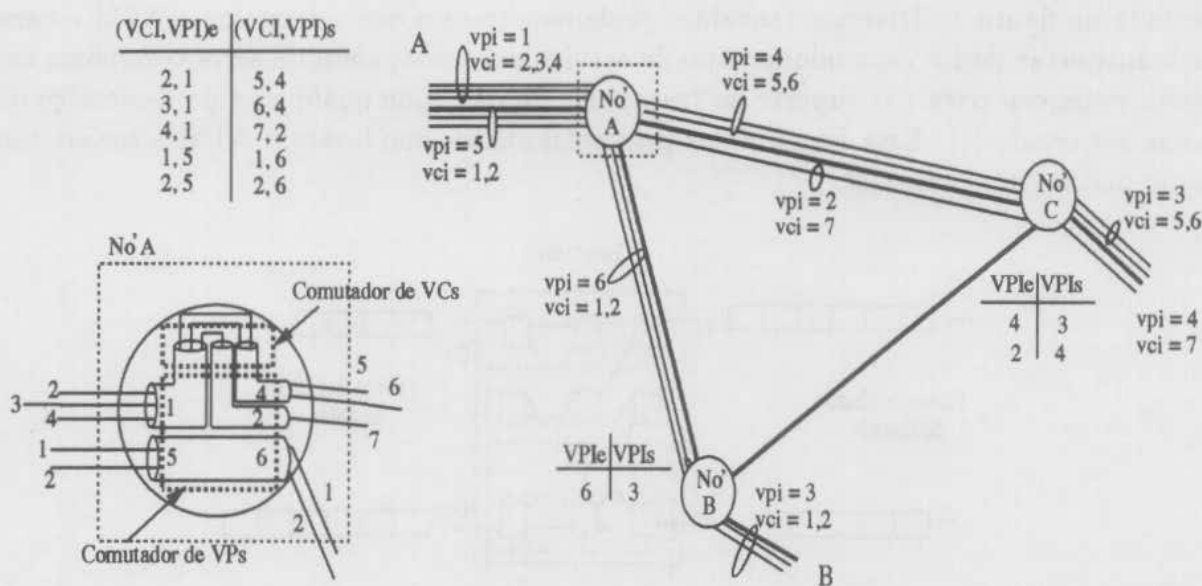


Figura 2: Relação entre Canais e Caminhos Virtuais.

As características que se destacam dentro da tecnologia de transmissão ATM são [1, 4]:

- Não utiliza proteção contra erros e não faz controle de fluxo entre nós intermediários. Normalmente a transmissão é feita sobre um meio com taxa de erros muito pequena (fibra óptica), o que justifica tal simplificação.
- A transferência de informação é orientada a conexão. Existe uma fase de estabelecimento de conexão onde é verificada a existência de recursos para uma dada transmissão. Isso reduz a probabilidade de perda de células que é tipicamente da ordem de 10^{-8} a 10^{-12} .
- Possui célula com funcionalidade mínima definida no cabeçalho. A função básica presente no cabeçalho diz respeito ao caminho para o qual a célula deve ser direcionada pelo nó ATM.
- Uma célula possui um tamanho fixo e pequeno. O tamanho de uma célula ATM é de 53 octetos, o que permite a redução de *buffers* internos aos nós e a redução do atraso nas filas desses *buffers*.

2.2 A Arquitetura de Referência e o Protocolo ATM

A arquitetura de referência ATM define um conjunto interfaces padronizadas para a interconexão entre usuários e os nós ATM e entre os nós. A figura 3 apresenta essa configuração. São definidas as interfaces UNI (*User Network Interface*) pública e privada, usada para a ligação entre usuários e comutadores ATM, e a interface NNI (*Network Node Interface*) usada na ligação entre comutadores ATM.

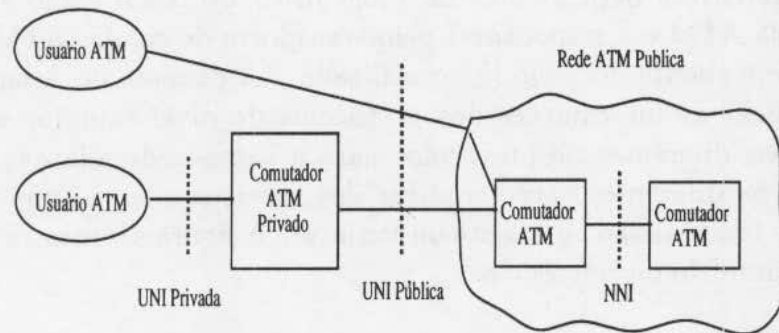
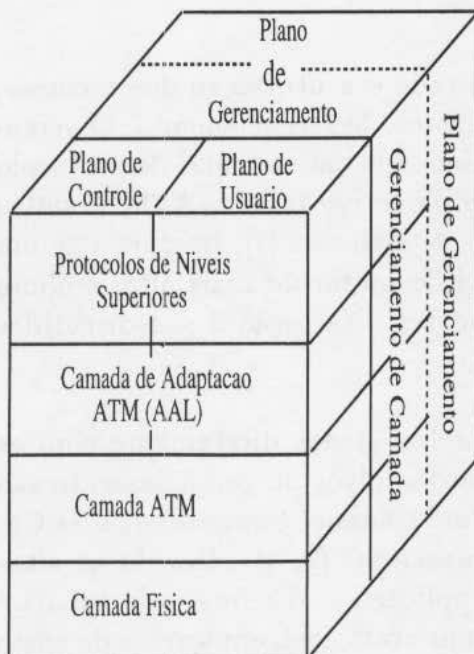


Figura 3: Interfaces ATM

A definição dos protocolos a serem usados para a implementação de uma rede ATM segue a estrutura hierarquizada do modelo de referência OSI. A arquitetura de referência para a utilização de ATM é apresentada na figura 4a. O modelo adota o conceito de planos distintos para separar as funções de usuário, de controle e de gerenciamento. Assim o plano de usuário é responsável pelo transporte de informações de usuários, o plano de controle é responsável pelas informações de sinalização da rede e o plano de gerenciamento é responsável pela manutenção da rede e realização de funções operacionais.



a) Arquitetura de Protocolos ATM

Convergência	CS	AAL
Segmentação/Remontagem	SAR	
Controle de Fluxo Genérico Tradução de VPI/VCI de célula Multiplexação/Demux de células		ATM
Desacoplamento de taxa de células Geração/Verificação de sequência HEC Delineamento de células Adaptação de frame de transmissão Geração/Recuperação de frame transmissão	TC	PHY
Sincronização de bit Meio Físico	PM	

CS: Subcamada de Convergência
TC: Convergência de Transmissão

SAR: Segmentação e Remontagem
PM: Meio Físico

b) Subcamadas e Funções do Modelo de Referência

Figura 4: Arquitetura do protocolo ATM e Funções das Camadas.

A camada física corresponde funcionalmente à camada física do modelo de referência OSI,

possuindo características dependentes do meio físico utilizado como suporte de transmissão. A camada ATM é a responsável pelo transporte de células ATM, sendo um nível de protocolo independente do meio físico utilizado. A camada de Adaptação ATM tem a função de mapear as informações dos protocolos de nível superior em células ATM. São definidos tipos diferentes de protocolos para a camada de adaptação ATM levando em consideração as diferentes características dos serviços que são oferecidos, como por exemplo, taxa de transmissão constante ou variável. A figura 4b mostra a subdivisão das três camadas do modelo de referência.

2.3 As Funções de Gerenciamento ATM

A boa qualidade do meio de transmissão e sua capacidade de transmitir informações a altas velocidades não garantem que a rede estará livre de erros e nem que a utilização dos recursos disponíveis será feita de maneira eficiente. Assim, a tarefa de gerenciamento nas redes ATM é uma tarefa crucial para o aproveitamento de todas as suas potencialidades [2, 4].

O objetivo geral da tarefa de gerenciamento é o de prover mecanismos para o monitoramento, controle e coordenação dos recursos disponíveis da rede. Assim, a tarefa de gerenciamento deve prover uma visão global da rede. Por outro lado, o gerenciamento deve ser feito de tal forma a se obter o máximo desempenho dos recursos compartilhados. Então, características do meio físico usado na transmissão e dos protocolos das camadas inferiores devem ser levados em conta [5, 6].

Tendo em mente estes dois aspectos, a visão geral da rede e a utilização dos recursos, pode-se falar em dois tipos distintos, porém interdependentes, de gerenciamento. O *gerenciamento de camada* diz respeito às funções de responsabilidade das camadas de protocolo [7]. Nesta seção é abordado este aspecto de gerenciamento relativo às redes ATM. O outro tipo de gerenciamento, conhecido como *gerenciamento de sistemas* [7], procura dar um enfoque global à rede, sendo associada apenas ao nível de protocolo mais alto, embora o gerenciamento de camadas seja um de seus componentes. Na seção 3 são discutidos alguns modelos de gerenciamento de sistemas.

As funções de gerenciamento da camada ATM estão relacionadas diretamente com os conceitos de canal e caminho virtual. As entidades que são alvos do gerenciamento são exatamente as Conexões de Canal Virtual (VCC - *Virtual Channel Connection*) e as Conexões de Caminho Virtual (VPC - *Virtual Path Connection*) [2, 4]. Devido às altas taxas de transmissão necessárias para dar suporte às aplicações, o número de canais e caminhos virtuais tende a ser muito grande, o que torna impraticável, em termos de custo e degradação do desempenho, que todas as conexões virtuais sejam gerenciadas. Neste caso apenas as conexões com tempo de duração longo, chamadas de conexões virtuais permanentes (PVC), são gerenciadas [2].

As funções de gerenciamento são executadas utilizando-se um tipo especial de célula ATM chamada de célula de Operação e Manutenção (OAM - *Operations and Maintenance*). A estrutura de uma célula ATM é composta por 48 octetos de informação e 5 octetos de cabeçalho, conforme mostrado na figura 5a. A figura 5b apresenta os campos presentes

no cabeçalho da célula ATM.

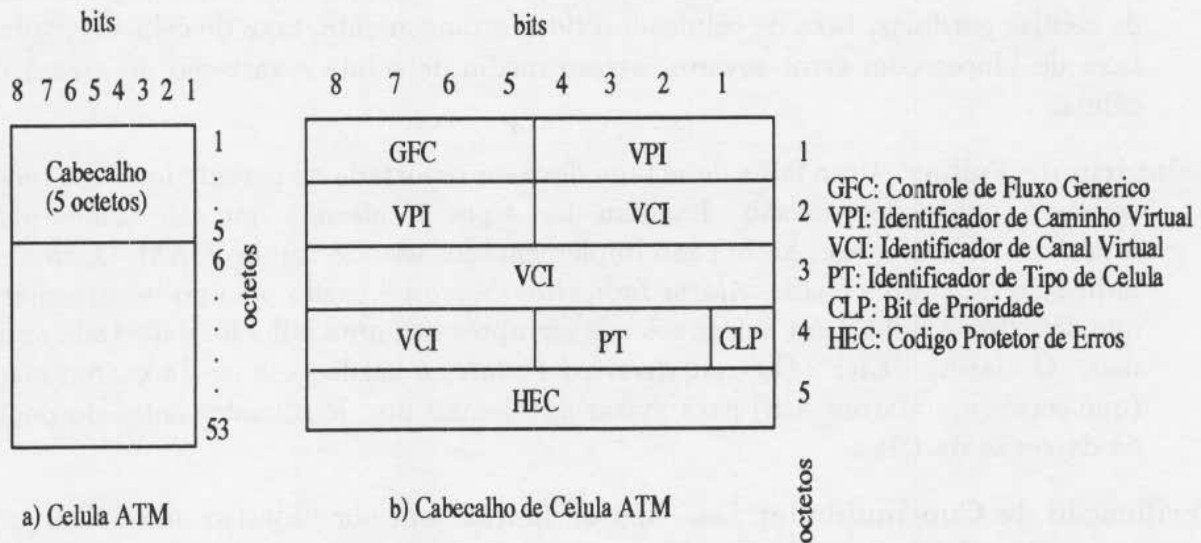


Figura 5: Célula ATM e Cabeçalho da Célula.

A distinção entre as células OAM e as células contendo informação de usuário é feita através da codificação de valores pré-definidos no campo PT. O campo de informação é dividido em campos contendo dados de gerenciamento. A figura 6 mostra um exemplo de célula OAM usada para monitoramento de desempenho [2], onde os números indicam o tamanho em bits de cada campo.

Cabeçalho	Tipo Celula	Tipo de Funcao OAM	Numero de Sequencia	Contador de celulas de usuario	BIP-16	Time-stamp	Sem Uso	Resultado de erros de blocos	Contador de perdas e insercoes erradas	Sem uso (0s)	CRC-10
40	4	4	8	16	16	32	264	8	16	6	10

Figura 6: Célula OAM para Monitoração de Desempenho.

As funções associadas ao gerenciamento de VPC/VCC em rede ATM são descritas a seguir. Algumas dessas funções já estão em fase avançada de definição dentro dos comitês técnicos do Fórum ATM e são descritas com detalhes em [2, 4].

Monitoramento de Desempenho: O objetivo principal do monitoramento de desempenho é detectar qualquer degradação no desempenho em sua fase inicial. O esquema de monitoração consiste da geração de células OAM e algumas funções de processamento no segmento que contém a conexão que está sendo monitorada. Uma extremidade da conexão calcula um código de detecção de erros sobre um bloco de células contendo dados de usuário. O código gerado é transmitido para a outra extremidade dentro de uma célula OAM, juntamente com o tamanho do bloco de células usado no cálculo. Na outra extremidade o código é novamente calculado e

comparado com o código recebido. Alguns dos parâmetros importantes para avaliar o desempenho da conexão e que podem ser medidos com este esquema são: taxa de células perdidas, taxa de células inseridas erroneamente, taxa de células erradas, taxa de blocos com erros severos, atraso médio de célula e variação no atraso de célula.

Relatório de Falhas: Uma falha detectada deve ser reportada ao gerente local e a todos os nós ao longo da conexão. Existem dois tipos de alarmes que são usados para reportar tais situações. Ambos são implementados usando células OAM. O sinal de indicação de alarme (AIS - *Alarm Indication Signal*) é usado pelo nó intermediário que detectou a falha para avisar aos nós seguintes que uma falha foi detectada antes dele. O alarme FERF (*Far-end Received Failure*) é usado pelo nó da extremidade (que recebeu o alarme AIS) para avisar aos demais nós, localizados antes do ponto de detecção da falha.

Verificação de Continuidade: Este tipo de função tem por objetivo não deixar que uma determinada conexão fique sem tráfego durante um tempo maior do que um valor previamente determinado. Periodicamente uma das extremidades envia, para a outra extremidade, uma célula OAM contendo uma indicação de continuidade. Se não for recebida nenhuma célula em um intervalo de tempo maior do que o intervalo de verificação de continuidade, é assumido que a conectividade foi perdida.

Teste de Retorno: Este tipo de procedimento permite que informações de operações sejam inseridas ao longo da conexão virtual (incluindo os nós intermediários) e seja retornada ao mesmo ponto, sem necessidade de interrupção do serviço. As principais funcionalidades do teste de retorno são: a verificação da conectividade de uma maneira mais abrangente que o teste de verificação de continuidade, o isolamento de falhas na rede e as medidas de atraso de célula sob demanda.

Funções de Gerenciamento de Tráfego: O objetivo principal do controle de tráfego é evitar que ocorra um congestionamento na rede. O congestionamento corresponde a uma degradação do fluxo de informações motivado por requisições em excesso de alguns recursos da rede. A tarefa de gerenciamento de tráfego pode ser subdividida em cinco funções: Gerenciamento de Recursos da Rede; Controle de Admissão de Conexões; Controle de Realimentação; Controle dos Parâmetros de Uso e da Rede e; Controle de Prioridade [4].

3 Modelos para Gerenciamento de Sistemas

Os ambientes de rede atuais são caracterizados principalmente por sua heterogeneidade, com uma diversidade muito grande de tipos e números de recursos de *software* e *hardware*. Assim, o modelo a ser adotado deve permitir a implementação de uma solução que atenda aos seguintes requisitos [8]:

- um sistema de gerenciamento integrado com interfaces consistentes para usuários e aplicações;
- definição do modelo de informação comum para permitir o compartilhamento de dados entre as aplicações;

- reutilização de código;
- mecanismos de comunicação para permitir a distribuição e coordenação das tarefas de gerenciamento.

O modelo de informação adotado pelo sistema de gerenciamento deve ser bastante abrangente para modelar de forma adequada todos os tipos de recursos da rede. Além disso o modelo deve ser flexível para permitir a inclusão de novos equipamentos ou tecnologias que possam ser integrados à rede. A metodologia de *orientação a objetos* tem se mostrado uma ferramenta poderosa para modelar sistemas com as características descritas. A possibilidade da definição de classes de objetos e os conceitos de *herança* e *polimorfismo* permitem um menor esforço na especificação de um novo recurso semelhante a um já existente, porém com algumas características particulares. O conceito de objeto aparece em todos os modelos de gerenciamento descritos, embora com algumas diferenças.

Outra característica comum dos modelos de gerenciamento é a classificação das atividades de gerenciamento em cinco áreas funcionais: configuração, falhas, desempenho, contabilização e segurança [7]. O objetivo dessa classificação é estruturar o trabalho de desenvolvimento dos padrões de gerenciamento.

Esta seção tem por objetivo discutir algumas características dos principais modelos de gerenciamento de redes. São descritas algumas características gerais dos modelos Internet, OSI e TMN. Não faz parte do escopo desse trabalho uma discussão completa dos três modelos, mas apenas uma descrição das virtudes e limitações de cada um deles para o gerenciamento de uma rede heterogênea. Informações mais completas sobre os modelos de gerenciamento podem ser obtidos nas referências citadas no texto relativo a cada um dos modelos.

3.1 O Modelo de Gerenciamento Internet

O SNMP (Simple Network Management Protocol) [9] foi introduzido no início de 1988 como o padrão Internet para o gerenciamento de redes e, também, como a solução para os problemas de gerenciamento dos recursos causados pelo rápido crescimento da Internet. Devido a sua simplicidade, que era traduzida em baixos custos de implementação, o SNMP se tornou um padrão de fato, estando presente na grande maioria das ferramentas de gerenciamento comerciais disponíveis [29].

O SNMP utiliza o termo *objeto* para representar algum recurso que possa ser gerenciado. A tarefa de gerenciamento é executada por *gerentes* e *agentes* que atuam segundo o modelo *cliente-servidor*. Normalmente o *gerente* é associado a um cliente e o *agente* é associado a um servidor. O modelo de gerenciamento Internet é composto de três partes.

A primeira parte é apresentada no documento SIMI (*Structure and Identification of Management Information*) [10] que define as estruturas comuns e o esquema de identificação para a especificação das informações de gerenciamento. O SIMI serve de base para a definição de objetos gerenciados, através de seu modelo de informação de objetos e de um conjunto de tipos genéricos.

A segunda parte corresponde à Base de Informação de Gerenciamento (MIB - *Management Information Base*) [11], composta pelo conjunto de objetos gerenciados definidos usando ASN.1 (*Abstract Syntax Notation - One*) [12]. A MIB é organizada segundo uma hierarquia de árvore, sendo a MIB básica definida pelo SIMI.

A terceira parte consiste do protocolo SNMP [9] que é usado para regular a troca de informações de gerenciamento entre gerentes e agentes. Todas as funções de gerenciamento são mapeadas em operações de inspeção ou alteração de valores de objetos gerenciados. O tipo de comunicação usado pelo SNMP é não orientado conexão.

Embora o modelo de gerenciamento Internet tenha tido uma grande aceitação, ele possui algumas limitações que se tornaram evidentes à medida que os sistemas a serem gerenciados foram se tornando mais complexos [8, 7, 13]. Duas alternativas estão sendo postas em prática para tentar resolver os problemas devidos as limitações do modelo Internet. Uma das soluções busca integrar o modelo Internet dentro da visão mais global do modelo OSI [14]. A segunda alternativa, com tendência mais forte, consiste do desenvolvimento do SMP (Simple Management Protocol) que é uma evolução do modelo adotado no SNMP, conhecido também como SNMPv2 [15].

3.2 O Modelo de Gerenciamento OSI

O modelo de gerenciamento OSI [16] foi desenvolvido para gerenciar sistemas abertos que seguem o modelo de referência OSI. A maior parte das normas de gerenciamento OSI se tornaram estáveis no início da década de 90, embora algumas funções ainda estejam em fase de normatização.

O modelo de gerenciamento OSI faz uso do conceito de *objetos* para a definição dos recursos a serem gerenciados. A tarefa de gerenciamento é feita por gerentes e agentes atuando sobre a Base de Informação de Gerenciamento (MIB). O modelo de gerenciamento OSI considera a estrutura de gerenciamento, a MIB e outros conceitos para a sua definição. A estrutura de gerenciamento compreende o *gerenciamento de sistemas*, o *gerenciamento de camada* e as *operações de camada*. O gerenciamento de sistemas corresponde ao gerenciamento a nível de camada de aplicação, podendo gerenciar qualquer objeto pertencente ao sistema aberto. O gerenciamento de camada atua sobre objetos relacionados com a tarefa de comunicação dentro de uma determinada camada. Já uma operação de camada atua em uma instância de objeto dentro de uma camada [7].

No modelo OSI, os objetos gerenciados são instâncias de *classes de objetos gerenciados* que definem, de maneira formal, as propriedades visíveis de um tipo particular de recurso. A definição de uma classe de objetos é feita segundo o documento GDMO (*Guidelines for the Definition of Managed Objects*) [17]. Cada classe de objeto é caracterizada por um conjunto de pacotes (*packages*) que podem ser obrigatórios ou condicionais. Um pacote obrigatório sempre está presente quando uma instância de objeto é criada, enquanto que o pacote condicional só estará presente se uma dada condição for satisfeita. Cada pacote, por sua vez, é constituído por um conjunto de atributos, as operações definidas sobre os atributos e as notificações que eles podem emitir. A sintaxe de cada atributo é definida usando a notação ASN.1

Os objetos gerenciados compõem a MIB, que é arranjada em uma estrutura de árvore definindo graus de subordinação entre os objetos (*Containment Tree*). Esta árvore é utilizada para definir o esquema de nomeação única dos objetos. Já as classes de objetos são organizadas segundo uma hierarquia de heranças.

A definição do padrão de comunicação entre agentes e gerentes é feita de forma análoga à definição dos protocolos do modelo OSI. São definidos o serviço de gerenciamento CMIS (*Common Management Information Service*) [18] e o seu protocolo associado CMIP (*Common Management Information Protocol*) [19]. O tipo de comunicação é orientado a conexão, sendo utilizadas as facilidades de comunicação da pilha de protocolos OSI.

O modelo de gerenciamento OSI é mais poderoso do que o modelo Internet, sendo a sua implementação mais cara. Porém a complexidade dos ambientes de rede exige que o modelo tenha uma maior capacidade para poder mapear todos os tipos e números de recursos existentes. As principais vantagens do modelo de gerenciamento OSI sobre o Internet são [8, 13, 7]:

- o conceito de objeto adotado provê mecanismos para a encapsulação de maneira formal. O conceito de herança pode ser implementado usando o GDMO para definir as classes de objetos gerenciados. O polimorfismo(alomorfismo) permite que uma instância de objeto de uma classe possa ser gerenciada como se pertencesse a uma outra classe.
- Define um esquema de nomeação onde os nomes são únicos em todo o sistema (*distinguished names*), e compatíveis com o serviço de diretório OSI [20].
- Usa todo o conjunto de tipos definidos em ASN.1.
- As operações definidas no protocolo CMIP permitem a criação e destruição dinâmica de instâncias de objetos.
- O tipo de comunicação usado permite a troca de contexto e não limita o tamanho da informação de gerenciamento.

Embora o modelo de gerenciamento OSI seja mais abrangente do que o modelo Internet a sua aplicação é voltada para redes de comunicação de dados. Porém, cada vez mais está havendo uma integração entre as redes de comunicação de dados e as redes de telecomunicações. Assim, existe a necessidade de se considerar no modelo esta integração.

3.3 O Modelo de Gerenciamento TMN

O modelo de gerenciamento TMN (*Telecommunications Management Network*) é definido pelo ITU em um conjunto de recomendações conhecido como série M.3000. TMN é uma arquitetura de rede que serve como um modelo genérico de rede de gerenciamento de telecomunicações e que permite o gerenciamento dos diversos equipamentos das redes de telecomunicações [21].

O conceito básico de TMN é fornecer uma estrutura organizada para interconectar diversos tipos de sistemas de suporte a operações (OS - *Operations System*) e equipamentos

de telecomunicações para a troca de informações de gerenciamento através de interfaces padronizadas, incluindo a definição de protocolos e mensagens. Assim, a TMN foi planejada para gerenciar sistemas bastante heterogêneos, que incluem: redes públicas e privadas (LANs, MANs, redes de telefonia móvel, redes virtuais, etc); a própria TMN; terminais de transmissão; sistemas de transmissão digital; *mainframes* e processadores *front-end*; serviços de suporte e teleserviços; PABX; softwares associados a serviços de telecomunicação; etc [21]. A arquitetura TMN é composta por três arquiteturas básicas: arquitetura funcional, arquitetura de informação e arquitetura física.

A arquitetura funcional é baseada em *blocos funcionais*, que fornecem as funções gerais que possibilitam a uma TMN executar os procedimentos de gerenciamento. Os blocos funcionais se comunicam através da Função de Comunicação de Dados (DCF) que implementa as camadas 1 a 3 do modelo OSI, podendo suportar vários tipos de sub-rede [22].

Os blocos funcionais da TMN e as suas funções associadas são:

Bloco funcional Sistema de Suporte a Supervisão (OSF): processa informações relacionadas ao gerenciamento de telecomunicações com o objetivo de monitorar, coordenar e controlar as funções de telecomunicações.

Bloco funcional Elemento de Rede (NEF): comunica-se com a TMN para ser monitorado e/ou controlado, provendo as funções de telecomunicações e de suporte que são requeridas pela rede de telecomunicações.

Bloco funcional Estação de Trabalho (WSF): responsável pela interpretação das informações TMN para os usuários, incluindo a interface homem-máquina.

Bloco funcional Adaptador Q (QAF): tem como função a conexão de entidades não TMN à rede TMN.

Bloco funcional Mediação (MF): responsável pela compatibilização da informação trocada pelos blocos funcionais OSF e NEF ou OSF e QAF.

Cada um dos blocos funcionais é formado pelos *componentes funcionais* descritos abaixo:

Função de Aplicação de Gerenciamento (MAF): tem a função de implementar o serviço de gerenciamento, podendo ser mapeadas em gerente ou agente.

Base de Informação de Gerenciamento (MIB): contém o conjunto de objetos gerenciados pelo sistema. A estrutura e implementação da MIB não estão sujeitas a padronização dentro da TMN.

Função de Conversão de Informação (ICF): é a função responsável pela tradução entre os modelos de informação das diversas interfaces previstas na arquitetura TMN.

Função de Apresentação (PF): é responsável pela tradução de informações i MN para interfaces homem-máquina, e vice-versa.

Função de Adaptação Homem-máquina (HMA): responsável pela conversão do modelo de informação das MAFs para o modelo de informação apresentado pela TMN à PF, e vice-versa.

Função de Comunicação de Mensagens (MCF): esta função está associada aos blocos funcionais que possuem interface física, permitindo a conexão com a DCF.

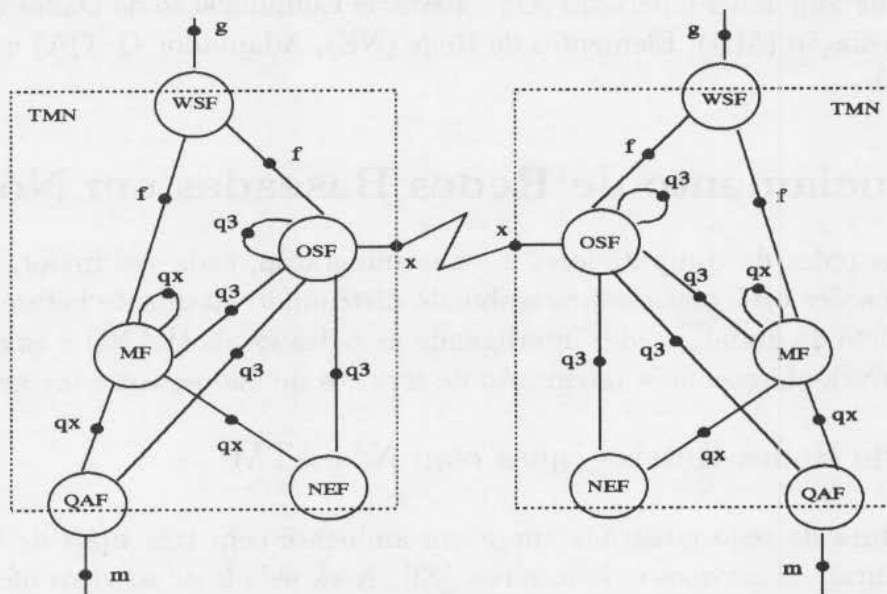


Figura 7: Modelo de Referência Funcional TMN

As informações são trocadas entre os blocos funcionais através de pontos de referências. Dentro da arquitetura TMN são definidas três classes de pontos de referência:

- 1) *classe q*: entre os blocos OSF, QAF, MF e NEF.
- 2) *classe f*: para a ligação de estações de trabalho (WSF).
- 3) *classe x*: entre os blocos OSF de TMNs diferentes ou entre um bloco OSF de uma TMN e um bloco funcional com funcionalidades equivalentes de outra rede.

Além dessas três classes, mais duas são definidas para a troca de informações fora do escopo TMN: *classe g* (entre estações de trabalho e usuários) e *classe m* (entre uma QAF e entidades gerenciadas não TMN). A figura 7 apresenta uma visão geral do modelo de referência funcional TMN destacando a utilização dos pontos de referência para a ligação dos diversos blocos funcionais.

A arquitetura de informação TMN incorpora o modelo de informação usado no gerenciamento OSI. Além disso, TMN acrescenta alguns conceitos de modo a permitir que o modelo atenda a outros requisitos. Um destes conceitos é a Arquitetura Lógica em Camadas (LLA - *Logical Layered Architecture*), que consiste em definir a arquitetura de gerenciamento como uma série de camadas [22]. A arquitetura lógica em camadas usa uma abordagem recursiva para a decomposição de uma atividade de gerenciamento em uma série de domínios funcionais aninhados. Cada domínio funcional é mapeado em um domínio gerencial sob o controle de uma função de sistema de suporte à operação (OSF). Com isso, é possível agrupar as OSFs segundo requisitos gerenciais, e também segundo níveis gerenciais.

A arquitetura física provê meios para a implementação dos blocos funcionais definidos

pela arquitetura funcional. Os blocos que fazem parte da arquitetura física possuem blocos funcionais correspondentes na arquitetura funcional. Os blocos da arquitetura física são: Sistemas de Suporte à Operação (OS), Rede de Comunicação de Dados (DCN), Dispositivo de Mediação (MD), Elementos de Rede (NE), Adaptador Q (QA) e Estações de Trabalho (WS).

4 Gerenciamento de Redes Baseadas em Nós ATM

A evolução das redes de computadores e a sua integração, cada vez maior, aos serviços de telecomunicações está gerando um ambiente distribuído altamente heterogêneo. Esse ambiente consiste de grandes redes interligando as redes locais (LANs) e as redes metropolitanas (MANs), oferecendo a integração de serviços de dados, voz e imagem.

Integração de Redes Heterogêneas com Nós ATM

Nessa arquitetura de rede integrada surge um ambiente com três tipos de heterogeneidade: arquitetural, de serviços e de usuários [23]. A variedade de serviços oferecidos com suas características diversas e os diferentes tipos de usuários tornam necessário um suporte de comunicação que atenda a todos requisitos de maneira eficiente. Pelo que foi descrito na seção 2, a tecnologia ATM tem se destacado como a mais promissora candidata a suportar esta integração de serviços em uma rede. Dessa forma, a utilização de nós ATM para interconectar sub-redes aparece como uma das soluções para os problemas causados pela heterogeneidade de serviços e de usuários.

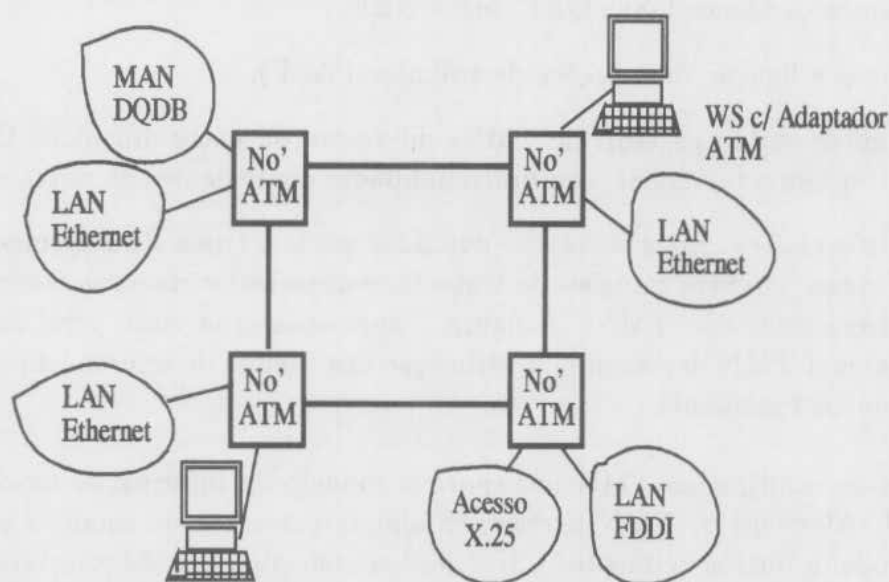


Figura 8: Arquitetura de uma Rede Heterogênea

A figura 8 mostra uma possível arquitetura de uma rede de longa distância integrada através de nós ATM. A função básica dos nós ATM é fornecer canais de grande capacidade entre pontos distantes, constituindo a espinha dorsal dessa rede heterogênea, integrando outras tecnologias, como por exemplo FDDI (*Fiber Digital Data Interface*), DQDB (*Dual*

Queue Dual Bus) e *Fast Ethernet* (operando com taxa de 100Mbps). Dessa forma, a utilização de nós ATM aparece, também, como uma solução possível para o problema da heterogeneidade arquitetural.

4.1 O Modelo de Gerenciamento para as Redes Heterogêneas

A rede do futuro que irá emergir dessa integração, juntará todos os serviços de telecomunicações, para todos os usuários em uma única rede. Esse ambiente constitui a chamada rede digital de serviços integrados de faixa larga (B-ISDN *Broadband Integrated Services Digital Network*). O sistema de gerenciamento deve ser eficiente para satisfazer aos requisitos dos usuários e, além disso, permitir ao operador ajustar parâmetros para se obter a máxima eficiência e garantir a manutenção do serviço com a qualidade desejada pelos usuários [23].

Um dos pontos chave para que o gerenciamento seja eficiente refere-se ao particionamento do sistema em *domínios* [24, 25]. A definição de um domínio consiste do agrupamento de um conjunto de recursos segundo algum critério específico (geográfico, funcional, arquitetural, etc) ou uma combinação de critérios. Este particionamento facilita a administração e a estruturação do sistema, permitindo a definição de áreas fechadas dentro do sistema aberto. Cada domínio pode ser considerado uma entidade autônoma com características de gerenciamento próprias. Dessa forma, é possível dentro de um sistema aberto identificar domínios com recursos OSI e domínios com recursos Internet, por exemplo. Assim, o modelo de gerenciamento deve ser capaz de dar suporte a definição de domínios e permitir a interação entre eles.

A questão da interoperabilidade, que já é discutida há bastante tempo [26, 27], novamente aparece como uma questão fundamental para o bom funcionamento do sistema. Algumas vezes, a causa de um problema, detectado em um determinado domínio, pode estar localizada em um domínio diferente. É importante que o modelo permita uma visão geral do sistema a ser gerenciado através da interação entre os seus diversos domínios. Esta interação deve ser feita através de interfaces padronizadas e usando um modelo de informação comum.

Dentre os modelos de gerenciamento abordados, o modelo TMN é o mais adequado para ser aplicado neste caso. O modelo de informação do TMN é bastante abrangente permitindo representar os mais variados recursos das redes de telecomunicações e das redes de comunicação de dados. A crescente integração entre as redes de comunicação de dados e as redes de telecomunicações é um fato hoje, e uma tendência muito forte para o futuro. Esse fato e tendência indicam que a adoção do modelo TMN seja a escolha mais adequada para o gerenciamento de redes heterogêneas, pois possui características únicas para a representação dos recursos de telecomunicações, em geral e de dados igualmente. Além disso, a estrutura de gerenciamento definida pelo modelo TMN facilita a definição de domínios de gerenciamento.

4.2 O Gerenciamento ATM no Contexto da TMN

Os requisitos de gerenciamento introduzidos pelos nós ATM devem ser considerados com especial atenção, uma vez que o funcionamento e o desempenho da rede terá uma dependência muito forte da espinha dorsal composta pelos nós ATM.

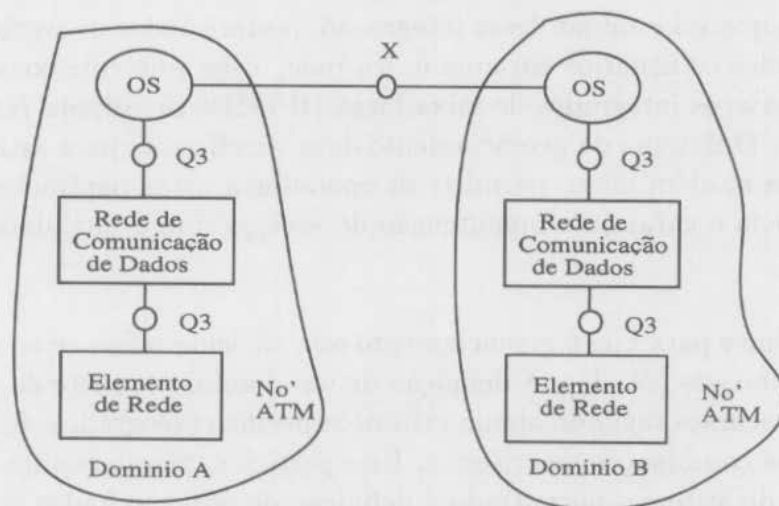


Figura 9: Gerenciamento TMN Aplicado a um Nó ATM

Os nós ATM podem ser mapeados como *elementos de rede* do modelo TMN, sendo sua ligação suportada através da interface Q3, conforme mostrado na figura 9. Entretanto, para a implementação do gerenciamento dos nós ATM, usando o modelo TMN, são necessárias duas tarefas preliminares. A primeira tarefa consiste da definição, dentro do protocolo de gerenciamento da camada ATM, dos procedimentos para a criação e interpretação das células OAM associadas às funções de gerenciamento. Para as funções descritas na seção 2.3 os trabalhos já estão em fase final de padronização. Dentro do Fórum ATM estão sendo discutidas as necessidades de novas funções de gerenciamento de camada.

A segunda tarefa consiste da definição de um modelo de informação para representar os nós ATM, permitindo uma visualização dos recursos da camada ATM a partir da camada de mais alto nível. Deve ser definida uma classe, ou uma hierarquia de classes de objetos gerenciados ATM, que será parte integrante da MIB TMN. Já existem trabalhos nesse sentido desenvolvido pelo Fórum ATM e no meio acadêmico [28]. No âmbito do Fórum ATM foi definida uma MIB ATM pela ATM UNI (*User Network Interface*) 3.0, em 1992. Nessa proposta o protocolo de gerenciamento utilizado é o SNMP, sobre TCP/IP e AAL. A escolha do SNMP foi feita para atender a uma demanda imediata para o gerenciamento ATM, já que praticamente todas as ferramentas de gerenciamento comerciais, hoje, usam este protocolo. Algumas implementam também o CMIP, embora na maioria das vezes isso seja opcional [29].

A definição do conjunto de classes de objetos gerenciados ATM deve permitir uma visão da camada ATM como um todo mapeando, por exemplo, a banda passante total de um nó ATM. É necessário, também, a existência de objetos que mapeiem uma conexão vir-

tual, em particular. Cada uma das classes da MIB ATM possui um conjunto de atributos específicos para representar os tipos de recursos a serem gerenciados. Além das classes relacionadas diretamente com os recursos ATM, são necessárias as definições de classes para representar recursos das camadas que fazem interface com a camada ATM. Uma possível hierarquia para essas classes de objetos gerenciados é apresentada na figura 10.

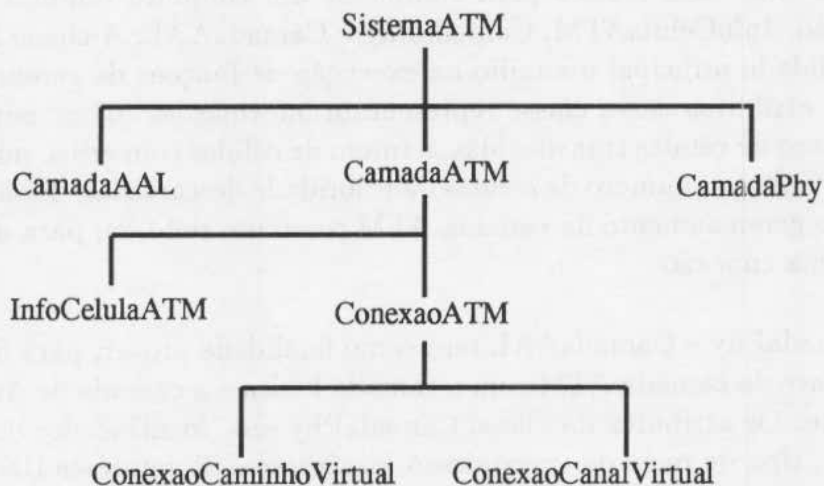


Figura 10: Classes de Objetos Gerenciados ATM.

A classe SistemaATM trata das informações gerais sobre um sistema ATM (nó terminal ou intermediário). Os atributos dessa classe representam as seguintes informações: nome do sistema, localização geográfica, número máximo de Caminhos Virtuais, número máximo de Canais Virtuais e classes de tráfego suportadas pelo sistema.

A classe CamadaATM representa as informações gerais sobre uma camada ATM. Os atributos dessa classe representam informações, tais como: taxa média de células, taxa de pico de células, informações de configuração da camada ATM, tipo de algoritmo usado para o controle de admissão de novas conexões, qualidade de serviço, parâmetros para policiamento de tráfego, e banda passante disponível.

As informações comuns às conexões de canal e de caminho virtual são agrupadas dentro da classe ConexãoATM. Os atributos dessa classe representam as informações de: banda passante usada, parâmetro de qualidade de serviço, banda passante requisitada, identificador de conexão e estado da conexão (ativo, sem tráfego ou desativada).

A classe ConexãoCanalVirtual contém informações relacionadas com uma conexão de canal virtual. As informações dessa classe podem ser classificadas em informações de identificação da conexão e informações relativas a testes. Os atributos dessa classe representam as informações de: estado da conexão, identificador da porta de entrada, número de VCI na entrada, número de VPI na entrada, identificador da porta de saída, número de VCI de saída, número de VPI de saída, OAMstatus (indicando se a conexão está sob procedimentos OAM), OAM teste (indicando o tipo de teste).

A classe ConexãoCaminhoVirtual, voltada para o gerenciamento de Caminhos Virtuais, é

quase idêntica à classe *ConexãoCanalVirtual*. A diferença é que os identificadores de canais virtuais não precisam ser especificados, já que, as ações tomadas sobre uma conexão de caminho virtual serão refletidas sobre todos os canais virtuais que compõem aquele caminho.

São necessárias mais três classes para completar um conjunto mínimo de MIB ATM. Estas classes são: *InfoCélulaATM*, *CamadaPhy* e *CamadaAAL*. A classe *InfoCélulaATM* tem como finalidade principal o auxílio na execução de funções de gerenciamento de desempenho. Os atributos dessa classe representam informações como: número de células recebidas, número de células transmitidas, número de células com erros, número de células com VCI/VPI violados, número de células de prioridade descartadas. Essa classe pode ser aplicada para o gerenciamento da camada ATM como um todo, ou para o gerenciamento específico de uma conexão.

As classes *CamadaPhy* e *CamadaAAL* têm como finalidade prover, para fins de gerenciamento, a interface da camada ATM com a camada Física e a camada de Adaptação ATM, respectivamente. Os atributos da classe *CamadaPhy* são: identificador de interface, tipo de transmissão, tipo de meio de transmissão, parâmetros da interface UNI/NNI, número de tentativas de chamadas, número de chamadas com sucesso, número de chamadas bloqueadas, número de chamadas perdidas. Os atributos da classe *CamadaAAL* são: tipo de controle de congestionamento suportado, taxa de pico de pacotes, taxa média de pacotes, identificador AAL, valor da taxa máxima de transferência.

5 Conclusões

Este trabalho apresentou uma visão do gerenciamento ATM, dentro do contexto de uma rede heterogênea, utilizando o modelo de gerenciamento TMN. Foram apresentados alguns aspectos da tecnologia ATM e seus requisitos de gerenciamento. Os principais modelos de gerenciamento foram abordados para servir de subsídio para a escolha do modelo TMN. Foi descrita, de maneira informal, a definição de uma MIB para ser utilizada no gerenciamento dos recursos ATM.

A escolha do modelo de gerenciamento TMN foi feita levando-se em consideração a sua abrangência e a riqueza do seu modelo de informação. Apresentou-se uma arquitetura de rede heterogênea que utiliza nós ATM para fazer a integração dos diversos domínios. Mostrou-se, também a relação do modelo TMN com o gerenciamento de um nó ATM, do ponto de vista arquitetural.

Existe uma tendência pela utilização da tecnologia ATM pelos fabricantes de equipamentos de rede e telecomunicações, tendência que foi reforçada pela adoção de ATM como um padrão internacional pelo ITU. Apesar da padronização do ATM, várias questões relativas ao seu gerenciamento ainda estão em aberto. Uma dessas questões diz respeito à definição, ou refinamento, do modelo de informação para representar os recursos dos nós ATM e a sua integração dentro do modelo TMN. Outra questão em aberto é relativa à definição dos procedimentos associados às funções de gerenciamento da camada ATM.

A definição de classes de objetos gerenciados ATM, passo fundamental para a imple-

mentação do gerenciamento dos nós ATM, foi abordada através da descrição da hierarquia de classes para representar as informações de gerenciamento. Embora a definição da MIB esteja fora do contexto da padronização do modelo TMN, existe a necessidade da definição de um modelo de informação comum para permitir a interoperabilidade nos ambientes heterogêneos. Assim, a partir desse trabalho pretende-se investigar mais detalhadamente a definição do modelo de informação para mapear os recursos ATM

Referências

- [1] M. de Prycker - *Asynchronous Transfer Mode: Solution for Broadband ISDN*, 2nd edition, Ellis Horwood, 1993.
- [2] S. C. Farkouh - *Managing ATM-based Broadband Networks*, IEEE Communications Magazine, may 1993.
- [3] CCITT Recommendation I.311 - *B-ISDN General Network Aspects*, july 1992.
- [4] J. A. S. Monteiro - *Rede Digital de Serviços Integrados de Faixa Larga (RDSI-FL)*, IX Escola de Computação, Recife 1994.
- [5] S. Otah, N. Fujii - *Applying OSI Systems Management Standards to Virtual Path Testing in ATM Networks*, IFIP/Integrated Network Management III, Elsevier Science Publishers, 1993.
- [6] S. Casale, V. Catania, A. La Corte, L. Vita - *Service Management on an ATM DQDB MAN*, Computer Communications, vol. 16, n. 3, march 1993.
- [7] BRISA - Sociedade Brasileira para Interconexão de Sistemas Abertos - *Gerenciamento de Redes: uma Abordagem de Sistemas Abertos*, Makron Books do Brasil, 1993.
- [8] M. Gering - *CMIP Versus SNMP*, IFIP/Integrated Network Management III, Elsevier Science Publishers, 1993.
- [9] RFC 1157 - *Simple Network Management Protocol (SNMP)*, may 1990.
- [10] RFC 1155 - *Structure and Identification of Management Information for TCP/IP-based Internets*, may 1990.
- [11] RFC 1213 - *Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based Internets: MIB-II*, may 1990.
- [12] ISO/IEC DIS 10165-1 - *Information Processing - Open Systems Interconnection - Specification of Abstract Syntax Notation One (ASN.1)*, 1987.
- [13] U. Black - *Network Management Standards: The OSI, SNMP and CMOL Protocols*, McGraw Hill, 1992.
- [14] S. Abeck, A. Clemm, U. Hollberg - *Simply Open Network Management: An Approach for the Integration of SNMP into OSI Management Concepts*, IFIP/Integrated Network Management III, Elsevier Science Publishers, 1993.

- [15] J. D. Case, K. McCloghrie, M. T. Rose, S. Waldbusser - *An Introduction to the Simple Management Protocol*, IFIP/Integrated Network Management III, Elsevier Science Publishers, 1993.
- [16] ISO/IEC DIS 10165-1 - Information Technology - Open Systems Interconnection - *Structure of Management Information - Part 1: Management Information Model*, march 1991.
- [17] ISO/IEC DIS 10165-4 - Information Technology - Open Systems Interconnection - *Structure of Management Information - Part 4: Guidelines for the Definition of Managed Objects*, march 1991.
- [18] ISO/IEC 9595 - Information Technology - Open Systems Interconnection - *Common Management Information Service Definition*, april 1991.
- [19] ISO/IEC 9596 - Information Technology - Open Systems Interconnection - *Common Management Information Protocol Specification*, may 1990.
- [20] ISO/IEC 9594 - Information Technology - Open Systems Interconnection - *The Directory: Overview of Concepts, Models and Services*, 1991.
- [21] CCITT Recommendation M3010 - *Principles for Telecommunications Management Network*, 1992.
- [22] CCITT Recommendation M3100 - *Generic Network Management*, 1992.
- [23] S. Assoul, C. B. Westphall - *Management in Broadband Networks: ATM Networks Fault Management*, IFIP/AIP Techniques for LAN and MAN Management, Elsevier Science Publishers, 1994.
- [24] R. Boutaba, S. Znaty - *Towards Integrated Network Management: A Domain/Policy Approach and its Application to a High Speed Multi-Network*, NOMS, 1994
- [25] V. Tschammer, T. Magedanz, M. Tschichholz, A. Wolisz - *Cooperative Management in Open Distributed Systems*, Computer Communications, vol 17, n. 10, october 1994.
- [26] T. Liao, D. Seret - *Network Management: Interoperability and Information Model*, Computer Communications, vol. 14 n. 10, december 1991.
- [27] I. Sugarboard - *An OSI-Based Interoperability Architecture for Managing Hybrid Networks*, IEEE Communications Magazine, march 1990.
- [28] S. R. Hosakote, *Network Management on ATM Networks*, M.Sc. Thesis, University of Missouri, 1993.
- [29] K. Meyer, J. Betsler, E. Negnard, D. Persinger, S. Wang, R. Maltese, C. Sunshine - *An Architecture Driven Comparison of Network Management Systems*, IFIP/Integrated Network Management III, Elsevier Science Publishers, 1993.