

Unidade VII

7 AS REDES ATM (ASSYNCHRONOUS TRANSFER MODE)

7.1 A tecnologia das redes ATM

7.1.1 Introdução ao ATM

O ATM (modo de transferência assíncrona ou *asynchronous transfer mode*) é um padrão do ITU-T. Trata-se de uma tecnologia de transmissão por mutação de células em que diversos tipos de informação, como tráfego de voz, vídeo e dados, são condicionadas em células de tamanho fixo e pequeno. Uma das características das redes ATM é que elas são orientadas a conexão.

A figura a seguir nos mostra uma rede ATM privada e uma rede ATM pública transportando voz, vídeo e dados.

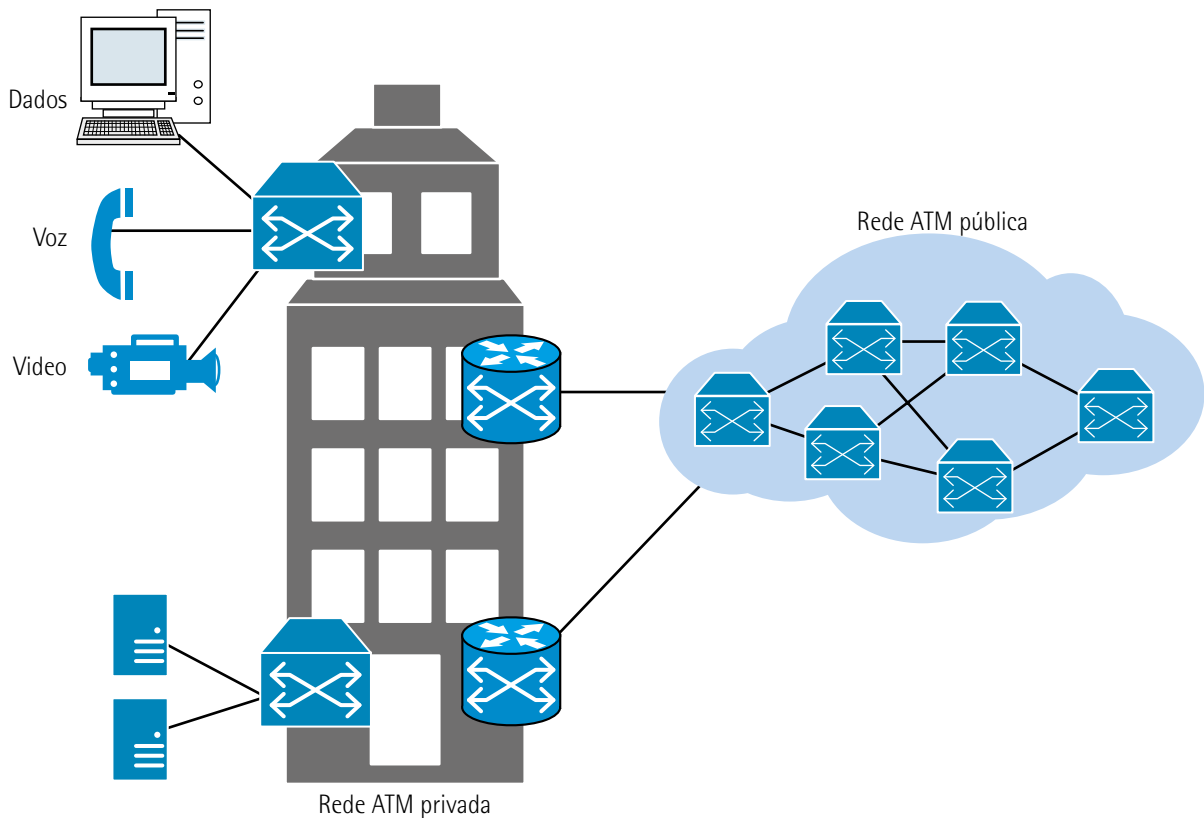


Figura 65 – Representação de redes ATM pública e privada

7.1.2 Padronização

As redes ATM são o resultado dos esforços do ITU-T na busca por padronização BISDN (*broadband integrated digital network*), inicialmente conhecida como uma tecnologia para transporte de dados em alta velocidade, que contribui também para o tráfego de voz e vídeo e inclui uma solução de dados através de redes públicas. A partir de então, o fórum ATM suplantou as iniciativas do ITU-T para a aplicação da tecnologia ATM em redes públicas, convertendo as redes privadas. O fórum ATM desenvolveu e publicou pesquisas nas seguintes especificações:

- Interface usuário para rede UNI 2.0.
- Interface usuário para rede UNI 3.0.
- Interface usuário para rede UNI 3.1.
- Nós para interface de redes públicas P-NNI.
- Emulação de redes locais Lane.

7.1.2.1 Os dispositivos ATM e os ambientes de rede

Basicamente, o ATM é uma das tecnologias de multiplexação e comutação de células que combinam os benefícios da comutação por circuitos, atribuindo capacidade garantida e um atraso da transmissão no formato constante, juntamente com a comutação dos pacotes.

Ela nos traz níveis de flexibilidade e eficiência para o tráfego intermitente e ainda uma sistemática de largura de banda escalável na ordem de alguns *megabits* até muitos gigabites por segundo. Em razão de sua natureza assíncrona, as redes ATM são mais eficientes do que as tecnologias síncronas, como a multiplexação por divisão de tempo TDM.

Olhando o formato do TDM, cada usuário recebe um *slot* de tempo. Nenhum outro usuário pode enviar dados naqueles lotes de tempo; se o usuário tem a necessidade de enviar muitos dados, ele só consegue fazer isso quando o *slot* de tempo aparecer na janela de transmissão, mesmo que outros *slots* de tempo estejam sistematicamente vazios. Porém, se um usuário não tem nenhuma informação para transmitir quando a janela de *slot* surge em sua vez, ele é desperdiçado.

Essa é a principal característica da ATM: os *slots* de tempo são construídos e estão disponíveis sob demanda, basicamente, com as informações identificadas na fonte de transmissão e construídas através do seu cabeçalho a cada célula ATM, seja ela com dados ou não.

7.1.3 O formato básico de uma célula ATM

A tecnologia ATM permite a transferência de informações e unidades de tamanho fixo chamadas de células. Cada célula tem um tamanho fixo de 53 *bytes*; os cinco primeiros *bytes* contêm as informações do cabeçalho da célula e os demais 48 *watts* contêm a carga útil dos dados do usuário. Pequenas

células de tamanho fixo se ajustam perfeitamente para a transferência de tráfegos de voz e de vídeo, simplesmente pelo fato de o tráfego ser sensível a atrasos resultantes da espera ocasionada pelo envio de grandes pacotes de dados, entre outros elementos.

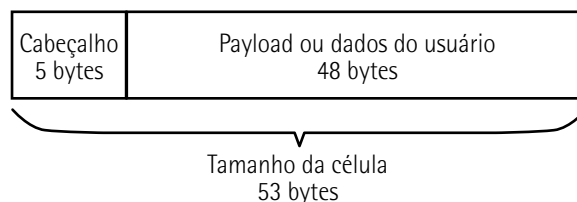


Figura 66 – Composição de uma célula ATM

7.1.4 Os dispositivos ATM

No que se refere à composição dos elementos físicos de uma rede ATM, a presença de um *switch* ATM no perímetro da rede 17 ATM basicamente tem a responsabilidade de transporte das células através de uma rede ATM. As funções de um *switch* ATM são bem definidas. Ele aceita uma célula entrante de um sistema ou equipamento de borda TM ou outro *switch* ATM. Este então lê e atualiza as informações do cabeçalho da célula e quase que instantaneamente promove a comutação da célula para uma interface de saída, apontado para o seu destino, a partir desse ponto, um equipamento da borda ATM – o sistema final, provido de um adaptador de interface para as redes ATM. Alguns exemplos de sistemas que utilizam terminais ATM são as próprias estações de trabalho dos usuários, os roteadores, as unidades de serviço digital DSU, os *switches* de redes locais e também os *codes*, codificadores e decodificadores de vídeo.

A figura a seguir demonstra uma rede ATM composta de *switches* ATM e sistemas terminais ATM:

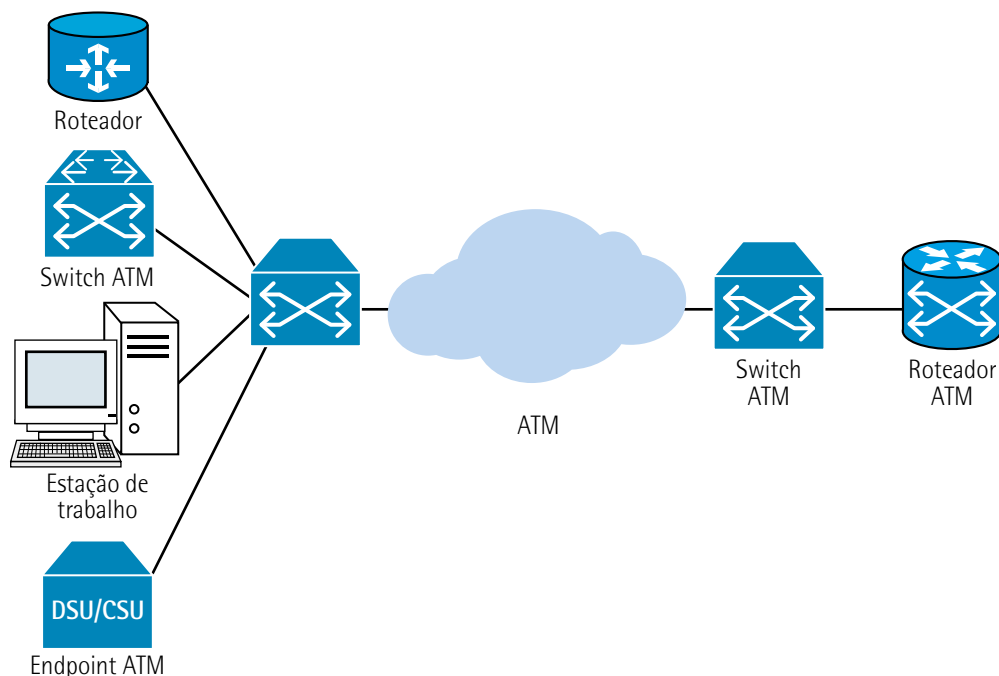


Figura 67 – Arquitetura ATM com os ativos associados

7.1.5 Interfaces de rede ATM

Basicamente, a rede ATM é o conjunto de *switches* ATM que são interconectados por *links* ATM ponto a ponto. Os *switches* ATM suportam dois tipos de sinalização primária em suas interfaces. São elas: as interfaces UNI, de usuário para rede, e as interfaces NNI, de rede para rede. As interfaces de usuário conectam os sistemas terminais ATM, a exemplo dos computadores e roteadores, a um *switch* ATM. Já a interface rede para rede conecta dois *switches* ATM.

Deve-se observar se o *switch* ATM pertence ao cliente ou se ele é propriedade de uma operadora de transmissão de dados pública, que certamente é cessionária do equipamento. De acordo com essas observações, as interfaces de usuário e as de rede podem ser dominadas por interfaces públicas e privadas. Quando a concessionária de comunicação pública conecta o sistema a um terminal ATM ou um *switch* privado para um *switch* público, uma interface de rede para rede pública tem a obrigação de conectar duas redes ATM dentro da mesma organização pública.

Uma especificação adicional conhecida por B-ICI (*broadband interexchange carrier interconnect*) tem a função de conectar dois *switches* públicos de provedores de serviços diferentes.

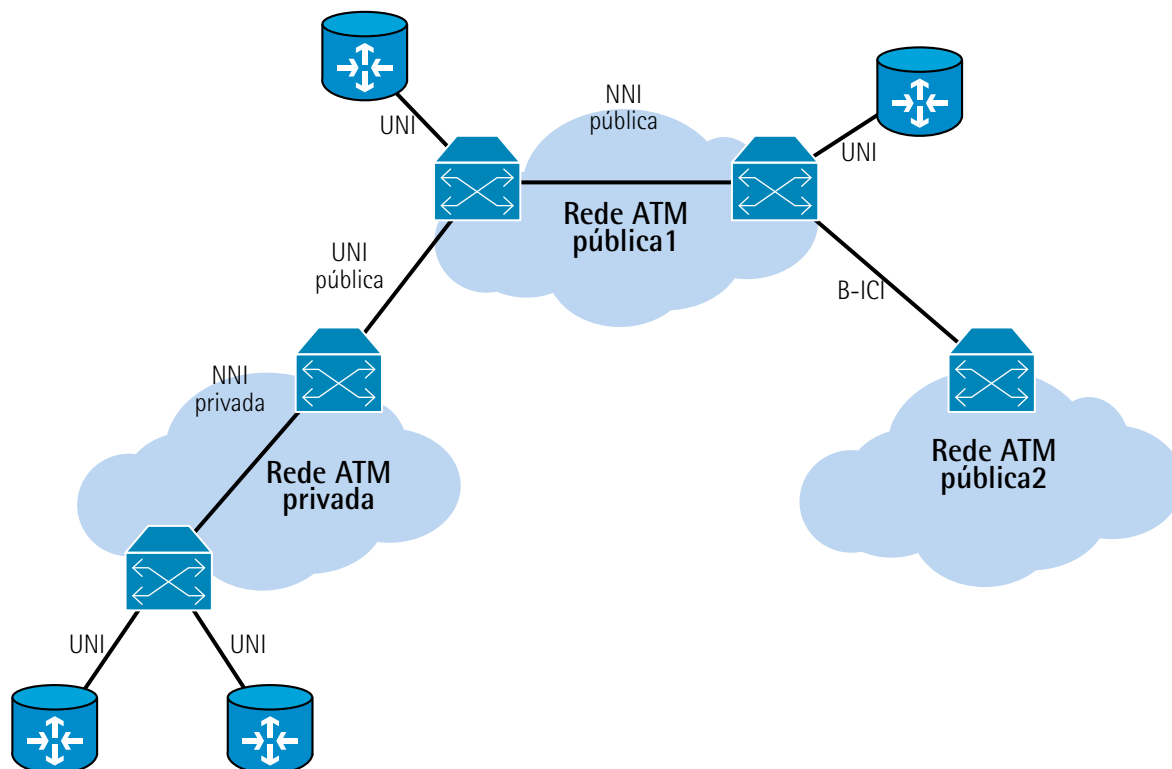


Figura 68 – Especificação das interfaces da topologia ATM

7.1.6 Cabeçalho da célula ATM

Um cabeçalho de célula ATM pode ser um de dois tipos: UNI ou NNI. O cabeçalho UNI é utilizado para comunicação entre sistema terminais ATM e *switches* ATM em redes ATM privadas. Já o cabeçalho NNI é utilizado para comunicação entre *switches* ATM.

A figura a seguir nos mostra o formato básico da célula ATM, o formato do cabeçalho ATM UNI e o formato do cabeçalho ATM NNI.

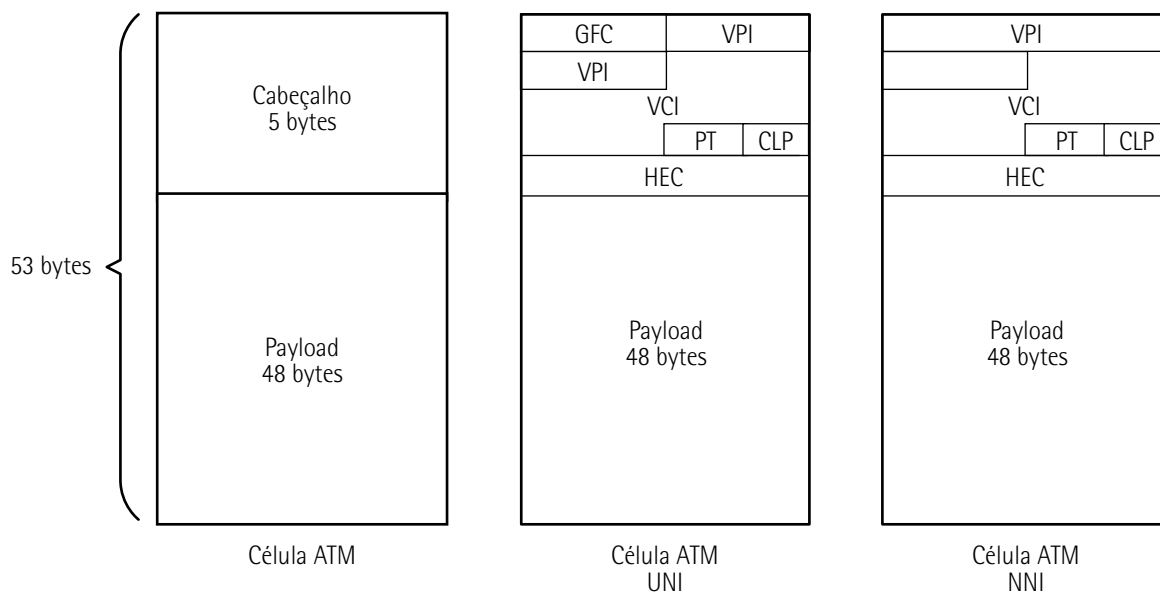


Figura 69 – Diferenças entre as células ATM, UNI e NNI

Diferentemente da UNI, o cabeçalho da NNI não inclui o campo GFC (*generic flow control*). Adicionalmente, o cabeçalho NNI tem um campo VPI (*virtual path identifier*) que ocupa os primeiros 12 bits, permitindo *trunks* maiores entre *switches* ATM públicos.

7.1.7 Campos do cabeçalho da célula ATM

Em adição aos campos GFC e VPI, vários outros são utilizados no cabeçalho da célula ATM. As descrições a seguir resumem os campos do cabeçalho das células ATM ilustradas anteriormente:

- **GFC (*generic flow control*):** provê funções locais, como identificar estações múltiplas que compartilham uma interface ATM única. Esse campo é tipicamente não utilizado e é fixado em seu valor *default*.
- **VPI (*virtual path identifier*):** junto com o VCI, identifica o próximo passo de uma célula quando esta passa por uma série de *switches* ATM em direção ao seu destino.

- VCI (*virtual channel identifier*): junto com o VPI, identifica o próximo passo de uma célula quando esta passa por uma série de *switches* ATM em direção ao seu destino.
- PT (*payload type*): indica no primeiro *bit* se a célula contém dados do usuário ou dados de controle. Se a célula contém dados de usuário, o segundo *bit* indica congestionamento e o terceiro indica se a célula é a última em uma série de células que representam um único *frame* AAL5.
- CLP (*congestion loss priority*): indica se a célula deve ser descartada caso encontre congestionamento enquanto ela se movimenta pela rede. Se o *bit* CLP for igual a 1, a célula deve ser descartada em preferência com relação a células com o *bit* CLP igual a zero.
- HEC (*header error control*): calcula o *checksum* somente do cabeçalho.

7.1.8 Os serviços ATM

Temos a definição de três tipos de serviço ATM: os PVC (circuitos virtuais permanentes), os SVC (circuitos virtuais comutados) e o serviço sem conexão semelhante ao SMDS. Um circuito PVC permite a conectividade direta entre os locais e é semelhante a uma linha dedicada.

Uma vantagem de possuir um PVC é a garantia de disponibilidade de uma conexão e o fato de não exigir os procedimentos de inicialização de uma conexão entre *switches* conhecida por *call setup*; porém, as desvantagens dos PVCs incluem conectividade estática e instalação por procedimentos manuais.

O SVC possui mecanismos de liberação e recreação dinâmica. Além disso, permanece ligado durante o tempo em que os dados estão sendo transferidos, de modo semelhante a uma chamada telefônica. Na comunicação por demanda, o controle dessas chamadas exige uma formatação dinâmica, além de incluir um protocolo de sinalização entre as extremidades das conexões ATM e o *switch* ATM. O SVC oferece flexibilidade na conexão e uma inicialização por *call setup*, que pode ser dinamicamente implementada por qualquer dispositivo da rede, mas entre suas desvantagens podemos citar o tempo e a sobrecarga do cabeçalho exigido para estabelecer a conexão.

7.1.9 Conexões virtuais ATM

Basicamente, as redes ATM são orientadas a conexão. Isso significa que um canal virtual, chamado de VC, deve ser inicializado através de uma rede ATM, antes que qualquer tipo de transferência de dados aconteça. Uma analogia direta indica que o canal virtual é o equivalente a um circuito virtual.

As conexões ATM preveem dois tipos de conexões: VP (*virtual path* ou caminho virtual), que apresenta um identificador de caminho virtual, e o VC (*virtual channel* ou canal virtual), identificado pela combinação de um VPI (identificador do caminho virtual) e um VCI (identificador de um canal virtual).

O caminho virtual é o produto de um pacote de canais virtuais. Todos são trocados de forma transparente através de uma rede ATM e sistematicamente baseados em um único VPI comum. Todos os identificadores de caminho virtual e todos de canais virtuais têm significado apenas local,

especificamente a partir de um *link* em particular que pode ser remapeado de forma apropriada a cada *switch* transferido.

Um caminho de transmissão é um pacote de caminhos virtuais VPs. A imagem a seguir nos mostra como vários canais virtuais podem ser concatenados para criar caminhos virtuais, os quais também são concatenados e geram um canal de transmissão conhecido como *transmission path*.



Figura 70 – Concatenação dos circuitos VP e VC em sistemas ATM



Lembrete

Na camada de enlace de dados do modelo de referência ISO-OSI (camada 2), as unidades de transferência básicas são chamadas genericamente de quadros. No ATM, esses quadros são de tamanho fixo (53 octetos ou bytes) e especificamente chamados de "células".

7.1.10 Operações de comutação ATM

Um *switch* ATM opera de forma básica e direta: consiste no recebimento de uma célula através de um *link* em um conjunto de valores de identificadores de canais virtuais ou identificadores de caminhos virtuais conhecidos. O *switch* então procura pelo número de conexão em uma tabela de tradução local a fim de determinar a porta de saída dessa conexão, atribuindo então um novo par de valores para os identificadores de caminho virtual e os identificadores de canais virtuais para a conexão requerida naquele *link*, e na sequência retransmite a célula provinda desse *link* de saída com os identificadores da conexão apropriados. Essa sistemática vem do significado dos identificadores de caminho virtual e os identificadores de canais virtuais através de seu *link* em particular, uma vez que esses valores são arrematados tantas vezes quanto possível a cada *switch* comutado.

7.1.11 Modelo de referência ATM

O comitê ITU-T contribuiu para uma arquitetura ATM, que usa um modelo lógico a fim de declarar suas funcionalidades suportadas. Essa funcionalidade das redes ATM corresponde à camada física e a parte da camada de enlace de dados do modelo OSI.

O modelo de referência ATM é composto dos seguintes planos, que concentram todas as camadas:

- Controle: é responsável por gerar e administrar pedidos de sinalização.
- User: é responsável por administrar a transferência de dados.
- Gerenciamento: contém dois componentes:
 - O gerenciamento das camadas, que administra e coordena funções específicas das camadas, como a detecção de falhas e problemas de protocolo.
 - O gerenciamento dos planos, que administra e coordena funções relacionadas ao sistema completo.

O modelo de referência ATM é composto das seguintes camadas ATM:

- Camada física: análoga à camada física do modelo OSI, a camada física ATM administra a transmissão dependente do meio físico.
- Camada ATM: combinada com a camada de adaptação ATM, a camada ATM é aproximadamente análoga à camada de enlace de dados do modelo OSI. A camada ATM é responsável por estabelecer conexões e passar as células pela rede ATM. Para realizar isso, utiliza as informações contidas no cabeçalho de cada célula ATM.
- Camada de adaptação ATM (AAL): combinada com a camada ATM, a AAL é aproximadamente análoga à camada de enlace de dados do modelo OSI e é responsável por isolar os protocolos das camadas mais altas dos detalhes dos processos ATM.

Por fim, as camadas mais altas que residem acima do AAL aceitam dados do usuário, os organizam em pacotes e os entregam ao AAL.

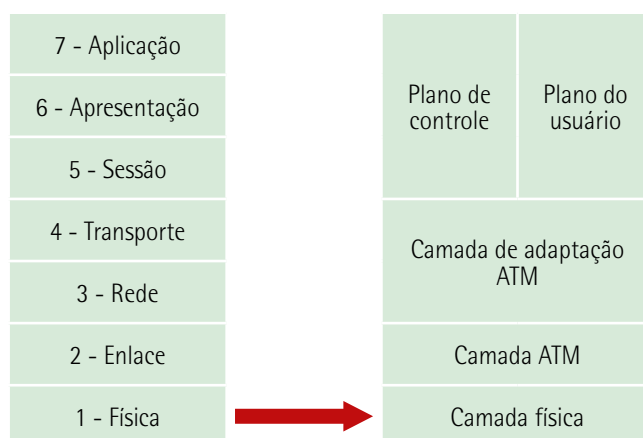


Figura 71 – Modelo de referência OSI comparado ao modelo ATM

7.1.12 Camada física ATM

O estabelecimento da camada física das redes ATM tem a designação de quatro funções. Os *bits* são convertidos em células, a transmissão e recepção dos *bits* no meio físico são controladas, os limites das células ATM são localizados e as células são encapsuladas na tipificação apropriada para o meio físico.

Podemos dividir a camada física do modelo de referência ATM em duas partes: a primeira é uma subcamada que depende do meio físico, conhecida por PMD, (*physical medium-dependent*), e a segunda é a camada de convergência conhecida por TC (*transmission convergence*).

A subcamada PMD incorpora duas funções-chave: a primeira é sincronizar a transmissão e a recepção dos dados, que recebem e enviam um fluxo contínuo de *bits* com informações de contagem de tempo a elas associadas, e a segunda função especifica a mídia física para o meio físico utilizado, incluindo, nessa condição, os tipos de conectores e de cabos empregados na transmissão.

Os exemplos dos padrões de meios físicos para ATM incluem Sonet/SDH (*synchronous optical network/synchronous digital hierarchy*), DS-3/E3, 155 Mbps sobre fibra multimodo (MMF), usando o esquema de codificação 8B/10B, e 155 Mbps 8B/10B sobre cabo par trançado STP (*shielded twisted-pair*).

A subcamada TC possui quatro funções: o delineamento da célula, a geração e a verificação da sequência de controle de erros do cabeçalho HEC (*header error control*), o desacoplamento da taxa de células e a adaptação do quadro para a transmissão.

Conferindo a função de delineamento das células, estas mantêm os limites das células ATM, que dão permissão aos dispositivos ATM para localizar as células dentro de uma série de *bits*. A função de geração e verificação da sequência de erros do cabeçalho deve verificar o código de controle de erro a partir do cabeçalho para assegurar os dados validados. A função de desacoplamento da taxa de células mantém o sincronismo e insere ou suprime células ATM e nativas para adaptar a taxa de células ATM válidas, de acordo com a capacidade de carga do sistema de transmissão. A função de adaptação do quadro para a transmissão serve para empacotar as células ATM em quadros que sejam aceitáveis para uma implementação particular específica para a camada física.

7.1.12.1 Camada de adaptação ATM – AAL 1

A camada de adaptação 1 tem a proposta de ser um serviço orientado a conexão, basicamente apropriado para a manipulação das aplicações de emulação dos circuitos encontrados em missão crítica, como voz e videoconferência. O serviço de emulação dos circuitos tem as propriedades de acomodar a ligação dos equipamentos que atualmente utilizam linhas dedicadas em uma rede ATM no formato *backbone*.

Na camada de adaptação existe ainda a sincronização explícita entre origem e destino dos dados. Por esse motivo, a camada de adaptação depende do meio, como uma rede Sonet, que tem suporte ao *clocking*. O processo de implementação da camada de adaptação 1 prepara uma célula para transmissão em três passos:

- Passo 1: promove uma amostragem síncrona de um *byte* de dados em uma taxa de amostragem de 125 mls, em que são introduzidos um campo de carga útil.
- Passo 2: os campos de numeração de sequência e os campos de numeração de proteção à sequência são adicionados a fim de prover informações que o receptor da camada de adaptação 1 utilize para verificar que recebeu as células na ordem correta.
- Passo 3: os dados remanescentes do campo de carga útil são ocupados para igualar o número de 48 bytes.

7.1.12.2 Camada de adaptação ATM – AAL 3/4

As camadas de adaptação 3 e 4 para o modelo ATM suportam ambos os serviços e transportes de dados, sejam eles orientados ou não à conexão. Esse elemento foi projetado pelos provedores de serviços de rede ATM e está basicamente alinhado com o SMDS (*switched multimegabit data service*). Essas camadas são utilizadas para transmissão de pacotes SMDS sobre uma rede ATM.

Elas preparam uma célula para transmissão em 4 passos. No passo 1, a CS (subcamada de convergência) cria uma unidade de dados de protocolo conhecida por PDU, adicionando a ela uma etiqueta de cabeçalho que indica o início e o fim do quadro e também um campo de comprimento como um formato de *trailer*. No passo 2, a SAR (subcamada de segmentação e remontagem), responsável pela segmentação e remontagem do quadro, fragmenta a PDU e acrescenta a ela um cabeçalho. No passo 3, essa subcamada SAR anexa um *trailer* CRC-10 a cada fragmento de PDU para controle de erros. Finalmente, no passo 4, a PDU SAR completa de dados se torna o campo de carga útil de uma célula ATM para que a camada ATM acrescente o cabeçalho no formato ATM normal.

O cabeçalho de camada de adaptação 3 e 4 de uma PDU SAR basicamente consiste em tipo e número da sequência – trata-se de um campo identificador da multiplexação. O campo tipo identifica se uma célula é o início de uma sequência da mensagem, uma continuação ou uma célula final da mensagem.

O campo do número de sequência tem a proposta de identificar a ordem que as células devem ser reagrupadas. Esse campo identificador de multiplexação determina que células são fontes de tráfego diferentes e estão intercaladas na conexão de um mesmo circuito virtual VCC, de forma que as células corretas possam ser reguladas ao seu destino.

7.1.12.3 Camada de adaptação ATM – AAL 5

A camada de adaptação 5 é a camada de adaptação primária para os dados que suportam os serviços orientados e sem conexão. Basicamente, era empregada para transferir a maioria dos dados não SMDS, como o internet *protocol* clássico sobre a rede ATM e a emulação de redes conhecido como Lane. A camada de adaptação 5 também é conhecida como a simples e mais eficiente das camadas de adaptação porque a subcamada SAR tem a premissa de simplesmente aceitar os PDUs e o segmento em SAR PDUs de 48 *bytes* se incluir qualquer campo adicional.

Essa camada prepara uma célula para transmissão em três passos. No passo 1, a subcamada de CS anexa um bloco de comprimento variável a um *trailer* de 8 bytes. O bloco assegura que a PDU resultante permaneça no limite de 48 bytes de uma célula ATM. O *trailer* inclui ainda o comprimento do quadro e um campo de secagem de redundância cíclica de 32 bits CRC, que é computado através da PDU inteira. Isso caracteriza a permissão do processo recebido pela camada de adaptação 5 para descobrir erros de bits, células perdidas e ainda células que estão fora da sua sequência original. No passo 2, a subcamada SAR segmenta as CS-PDU em blocos de 48 bytes. O cabeçalho e o *trailer* não são adicionados da mesma forma que na camada de adaptação 3 e 4, então as mensagens não podem ser intercaladas. No passo 3, finalmente, a camada ATM coloca cada bloco no campo de carga útil da célula ATM, para todas as células, exceto a última, promove um bit no campo de carga útil explicitamente no campo PT e é fixada em 0 para indicar que a célula não é a última de uma série e que representa um quadro único. Para a última célula, o bit no campo PT é fixado em 1.

7.1.13 Endereçamento ATM

O comitê ITU-T padronizou o endereçamento das redes ATM baseado no protocolo E.164, que é semelhante aos endereços do catálogo telefônico para redes públicas ATM. O fórum para o protocolo ATM estendeu esses endereços para incluir também as redes privadas.

O modelo de endereçamento foi denominado *subnetwork* ou *overlay*. A camada ATM se responsabiliza pelo mapeamento dos endereços da rede para os endereços ATM. Essa metodologia para as sub-redes é uma alternativa a se empregar em endereços de protocolos de camada de rede, como o internet *protocol* IP e o IPX, além de protocolos de roteamento existentes em redes tradicionais, como o IGRP e o RIP. Outra definição do fórum ATM em relação ao formato de endereço, baseado na estrutura dos endereços das redes de ponto de acesso ao serviço de rede da camada OSI, é chamada de NSAP (*network services access point*).

7.1.13.1 Modelo de endereçamento da sub-rede

Uma forma de modelar os endereços da camada sub-rede é desconectando a camada ATM de qualquer outro protocolo das camadas mais altas. A exemplo do IP ou do IPX, entretanto, essa metodologia exige um esquemático de endereçamento completamente novo, bem como um novo protocolo de roteamento atuante. A cada sistema ATM é importante ser atribuído um endereço ATM, somando-se a isso qualquer endereço de protocolo das camadas mais altas. Esse esforço implementa um protocolo de resolução para os endereços ATM conhecido como ATM ARP, que é utilizado para mapeamento dos endereços das camadas mais altas para seus endereços ATM correspondentes.

7.1.13.2 Formato do endereço ATM – NSAP

Os endereços de 20 bytes do ATM (formato NSAP) foram projetados para uso dentro das redes ATM, principalmente aquelas privadas, considerando a opção de que as redes públicas podem utilizar os endereços típicos no padrão E.164, que foram formatados de acordo com as definições do comitê ITU-T.

O fórum ATM também especificou uma nova codificação NSAP para os endereços padrão E.164, em que é empregada a qualificação dos endereços E.164 dentro das redes privadas. Estas podem acessar

o seu próprio mecanismo de endereçamento NSAP ou ainda os endereços E.164 originais da rede pública a que eles estão conectados e também podem pegar emprestado os prefixos dos números E.164, identificando-os nos locais pelos *bits* de ordem baixa.

Sabemos que todos os endereços da ATM no formato NSAP possuem três componentes: a entidade de autoridade e identificadora do formato, o identificador do domínio inicial e a parte do domínio específico. O identificador de formato atribui o tipo de formato do domínio inicial AFI, que por sua vez identifica a distribuição dos endereços IDI e a autoridade administrativa. Já o domínio específico contém as informações de roteamento estabelecidas entre eles.

Os três formatos de endereço ATM privado diferem pela natureza do AFI e do IDI. No formato E.164 codificado como NSAP, o IDI é um número E.164. No formato DCC, o IDI é um DCC (*data country code* ou código de dados de país), que identifica países particulares, como especificado na ISO 3166. Tais endereços são administrados pelo ISO National Member Body de cada país. No formato ICD, o IDI é um ICD (*international code designator* ou designador de código internacional), que é alocado pelo ISO 6523 Registration Authority. O código ICD identifica organizações internacionais particulares.

Há ainda uma recomendação do fórum ATM para que as redes privadas dos provedores de serviço, bem como as organizações, utilizem o formato DCC ou o ICD para criação e manutenção do seu próprio plano de endereços.

7.1.13.3 Campos do endereço ATM

As descrições a seguir resumem os campos:

- AFI: identifica o tipo e o formato do endereço (DCC, ICD ou E.164).
- DCC: identifica países particulares.
- HO-DSP (*high-order domain specific part*): combina o RD (*routing domain* ou domínio de roteamento) e o identificador de área do NSAP. O fórum ATM combinou esses campos de modo a suportar uma hierarquia de endereçamento com vários níveis e flexível, possibilitando protocolos de roteamento baseados em prefixo.
- ESI (*end system identifier*): especifica o endereço MAC de 48 *bits*, exatamente como administrado pelo IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers).
- SEL (*selector*): usado para multiplexação local dentro das estações terminais, não tem nenhum significado de rede.
- ICD: identifica organizações internacionais particulares.
- E.164: indica o endereço BISDN E.164.

7.1.14 Conexões ATM

A arquitetura ATM suporta dois tipos de conexão: as conexões ponto a ponto e as conexões ponto a multiponto.

As conexões ponto a ponto têm a capacidade de conectar dois sistemas terminais ATM e podem ser unidirecionais (conexões de uma única via) ou bidirecionais (comunicação nas duas vias).

Já as conexões ponto a multiponto conectam um único sistema terminal fonte, caracterizado por ser o nó raiz, para múltiplos destinos em sistemas terminais, que são chamados de folhas. Essas conexões podem ser apenas unidirecionais, já que os nós raiz são destinados a transmitir apenas para as folhas, porém as folhas não podem transmitir os dados para o nó raiz ou entre si na mesma conexão. A forma de replicação das células é produzida dentro da rede ATM pelos *switches*, momento em que as conexões se dividem em dois ou mais ramos.

Esses tipos de conexões fazem uma analogia direta ao formato *broadcast* ou *multicast* nas redes locais e em canal compartilhado, exatamente como os padrões ethernet e *token ring*. Porém, uma capacidade de *broadcast* seria muito fácil de implementar em redes locais usando um canal compartilhado, em que todos os nós, em um único segmento de rede, processassem todos os pacotes enviados para aqueles segmentos simultaneamente. Porém, essa capacidade multiponto a multiponto não pode ser implementada utilizando a camada de adaptação 5 do modelo ATM, o que é basicamente a camada de adaptação mais básica, efetuada para transmitir os dados dentro de uma rede ATM.

Outra observação importante, além da camada de adaptação 3 e 4 no uso do seu campo identificador de mensagem, é que a camada de adaptação 5 não provém do seu formato de célula, o que incapacita a intercalação de células dentro dos pacotes da camada de adaptação 5 que diferenciam em uma única conexão. Isso indica que todos os pacotes da camada de adaptação enviados para um único destino particular através de uma conexão particular devem ser enviados e recebidos de forma sequencial. O POU, processo de montagem no destino, será capaz de reconstruir a torrente de pacotes. Esse é o motivo de as conexões de adaptação 5 ponto a multiponto serem apenas unidirecionais.

7.1.15 ATM e *multicasting*

Se observarmos o comportamento da rede ATM em um formato mais abstrato, podemos perceber que o ATM não possui capacidade de transporte de tráfego *multicast*. Sabemos que a camada de adaptação 5 comumente utilizada para dados não suporta o envio de pacotes intercalados, então ela não é a melhor forma de suportar o *multicast*.

Se observarmos o comportamento de um nó de folha e ele transmitir pacotes sobre uma conexão baseado em camada de adaptação 5, o pacote pode acabar intercalado com outros pacotes e ser reagrupado de forma incorreta. Existem três métodos que foram propostos para resolver a questão do problema: o VP *multicast*, o servidor *multicast* e o *overlaid* para conexões ponto multiponto.

A primeira solução – o VP multiponto para multiponto – faz a ligação de dois nós de grupo *multicast* em que cada um não recebe o identificador de canal virtual único dentro do seu caminho virtual VP. Então, os pacotes intercalados consequentemente podem ser identificados pelo seu identificador de canal virtual único da origem, porém esse mecanismo exigiria um protocolo exclusivo para alocar os valores dos indicadores de canal virtual e associado aos nós – logo, o mecanismo inexistente para os protocolos na atualidade. Também não há consenso sobre os dispositivos SAR atuais que, certamente, poderiam suportar esse modo de operação.

O servidor *multicast* é outra solução potencial para resolver o problema de *multicast* sobre uma rede ATM. Nessa configuração, todos os nós que desejam transmitir sobre algum grupo *multicast* existente devem estabelecer uma conexão do tipo ponto a ponto ou com um dispositivo externo, que é conhecido como um servidor *multicast* e pode ser representado por um ressequenciador ou um serializador de canal. O servidor *multicast*, dessa forma, é conectado a todos os nós que desejam receber os pacotes *multicast* através de uma conexão ponto a multiponto.

O servidor *multicast* tem a capacidade de receber os pacotes através das conexões ponto a ponto e então os retransmite através de uma conexão ponto a multiponto depois de assegurar que todos os pacotes sejam serializados, isto é, que o pacote tenha sido completamente transmitido antes do próximo a ser enviado. Dessa forma, a intercalação das células é evitada de acordo com a sequência cronológica de envio e recebimento dos dados.

Uma conexão do tipo ponto a multiponto sobreposta é a terceira solução potencial para o problema de *multicast* baseado em uma rede ATM. Dessa forma, todos os nós do grupo *multicast* estabelecem uma conexão ponto a multiponto com cada um dos outros nós do grupo, daí se tornam folha nas conexões equivalentes que foram criadas por todos os outros nós no sistema.

A consequência do processo indica que todos os nós podem transmitir e receber de todos os outros nós do grupo. Esse tipo de solução promove a exigência de que cada nó possa manter uma conexão para cada membro do grupo a ser transmitido. Simultaneamente, o mecanismo servidor *multicast* exige somente duas conexões; dessa forma, a conexão também exigiria um processo de inscrição para informar aos nós que se agregam ao grupo sobre outros nós existentes no grupo, de forma que os novos nós possam formar conexões ponto a multiponto.

Os outros nós precisam saber sobre o novo nó ingressado, de forma que eles possam também se associar ao novo nó às suas próprias conexões ponto a multiponto. Esse mecanismo de servidor *multicast* é uma solução escalável em termos de recursos de conexão, mas um problema que deve ser trabalhado é o ressequenciador centralizado, que provoca tanto gargalo em potencial como um único ponto de falha do sistema.

7.1.16 Qualidade de serviço ATM (QoS)

O ATM suporta qualidade de serviço garantido baseado nos mecanismos de contrato de tráfego, regulação de tráfego e policiamento de tráfego.

O mecanismo de contrato de tráfego especifica um envelope de carga que descreve os fluxos de dados que devem ser observados. As especificações desse envelope ditam os valores para banda de pico,

a banda média sustentada, o tamanho da rajada entre vários outros elementos. Um sistema terminal ATM ingresso em uma conexão de rede ATM estabelece um contrato com a rede baseado em parâmetros de QoS (qualidade do serviço).

O mecanismo de regulação de tráfego consiste no uso de ensinamentos para restringir rajadas de dados. Sua função é limitar a taxa de pico e reduzir o *jitter* de forma que o tráfego possa se ajustar dentro do envelope de carga prometido. Os dispositivos ATM são também os responsáveis por aderir ao contrato através do mecanismo de regulação de tráfego.

Os *switches* da ATM podem fazer uso do mecanismo de policiamento de tráfego para forçar o contrato combinado. O *switch* tem a capacidade de medir o tráfego real e, se esse dispositivo identificar que o tráfego está fora dos parâmetros acordados pelo envelope, pode fixar o CLP (*bit cell-loss priority*) das células fora do contrato. Além de fixar o *bit* CLP, também torna a célula elegível ao descarte, que significa que qualquer ativo que esteja processando a célula tem a permissão do descarte da célula durante os períodos de congestionamento.

7.1.17 Sinalização ATM e estabelecimento da conexão

Quando qualquer um dos dispositivos ATM tiver a necessidade de estabelecer uma conexão com outro dispositivo ATM, este pode enviar um pacote de pedido de sinalização para o seu *switch* ATM diretamente conectado a ele. Esse pedido contém o endereço ATM da extremidade ATM que deve ser alcançada e carrega também qualquer tipo de parametrização QoS que seja exigida para conexão.

Partindo dos protocolos de sinalização para as redes ATM, eles variam pelo tipo de *link* ATM ao qual estão conectados, podendo ser baseado em uma sinalização UNI ou NNI. A sinalização UNI é utilizada entre o sistema terminal ATM e um *switch* ATM, mediante os *links* ATM UNI e NNI, através dos links NNI.

O fórum ATM UNI 3.1 especifica o padrão atual para sinalização ATM UNI. Essa especificação que se encontra na versão 3.1 é baseada no protocolo de sinalização de rede pública Q.2931, que foi desenvolvido pelo comitê ITU-T, cujos pedidos de sinalização UNI são transmitidos em conexões padrão bem conhecidas: VPI = 0 e VPI = 5. São os padrões existentes atualmente que especificam somente a sinalização ATM UNI; porém, existem trabalhos de padronização que conceituam as conexões NNI.

7.1.18 Processo de estabelecimento da conexão ATM

A sinalização ATM utiliza o método *one-pass* para o estabelecimento de uma conexão, que é utilizado em todas redes de telecomunicação modernas, como a rede de telefonia. O estabelecimento da conexão ATM procede da seguinte maneira: primeiro, o sistema terminal de origem envia a sinalização de um pedido de conexão. O pedido de conexão é propagado pela rede. Como resultado, conexões são instaladas pela rede. O pedido de conexão alcança o destino final, que ou aceita ou rejeita o pedido de conexão.

7.1.19 Roteamento e negociação da requisição de conexão

O mecanismo de roteamento para os pedidos de conexão é gerenciado por um dos protocolos de roteamento ATM, baseado em conexões de rotas, endereços de origem e de destino, parâmetros de tráfego e parâmetros de qualidade de serviço que foram solicitados pelo sistema terminal de origem. As negociações de pedidos de conexão que foram rejeitadas pelo destino são limitantes porque o roteamento das chamadas é baseado na parametrização de conexão inicial. As mudanças de parâmetros, por sua vez, poderiam afetar sistematicamente o roteamento da conexão.

7.1.20 Mensagens de gerenciamento da conexão ATM

A existência de um elenco variado de mensagens de gerenciamento de conexões, inclusive para o estabelecimento das conexões, o processamento das chamadas, as conexões e a liberação dos canais, é utilizada para o estabelecimento e a liberação de uma conexão ATM. Os sistemas terminais de origem enviam uma mensagem de instalação e encaminham também o endereço do sistema terminal de destino e qualquer outra parametrização de tráfego voltado à qualidade de serviços.

As mensagens que são enviadas em função do gerenciamento da conexão são utilizadas para o estabelecimento de uma conexão ATM da seguinte forma:

- Passo 1: os sistemas terminais de origem enviam uma mensagem para o estabelecimento de uma conexão, a qual é metida para o primeiro equipamento *switch* ATM da rede. Esse equipamento *switch* envia então uma mensagem de processamento de chamada, que reclama o protocolo de roteamento ATM. Os pedidos de sinalização são propagados através da rede; assim, um *switch* de saída que está ligado ao sistema terminal do destino recebe a mensagem para o estabelecimento da conexão.
- Passo 2: o *switch* de saída envia como retorno a mensagem de estabelecimento para o sistema de destino através de sua interface UNI, também o sistema de terminais ATM e envia uma mensagem da conexão se esta conexão for aceita, a mensagem de conexão atravessa de volta pela Rede ao longo de um mesmo caminho de envio para o sistema terminal de origem, e esse envia uma mensagem de reconhecimento da conexão de volta para o seu destino, a fim de reconhecer a conexão, a partir desse momento a transmissão dos dados podem então começar.

7.1.21 Lane (*lan emulation*)

O protocolo Lane é um dos padrões que foram definidos pelo fórum ATM. Ele permite que as estações que estejam conectadas via rede ATM possuam as mesmas capacidades de rede que seriam normalmente obtidas através de redes locais tipo legado, conhecido como as redes ethernet e *token ring*. Como sugerido, a função do protocolo Lane é a emulação de um ambiente de rede local sobre uma rede ATM.

Os protocolos Lane foram especificados baseados nos mecanismos de emulação, pelo padrão ethernet IEEE 802.3 ou ainda por uma rede local *token ring* padrão IEEE 802.5. O protocolo Lane da atualidade não prova a definição de nenhum tipo de encapsulamento que seja separado para as redes padrão FDDI.

Esses pacotes devem ser mapeados em redes locais emuladas conhecidas por Elans ethernet ou *token ring*, as quais utilizam as técnicas existentes através das pontes de tradução. As redes ethernet 100BaseT e o padrão IEEE 802.12 podem ser mapeadas de forma inalterada por ambas as partes utilizando o mesmo formato do pacote.

A figura a seguir compara uma LAN física a uma Elan:

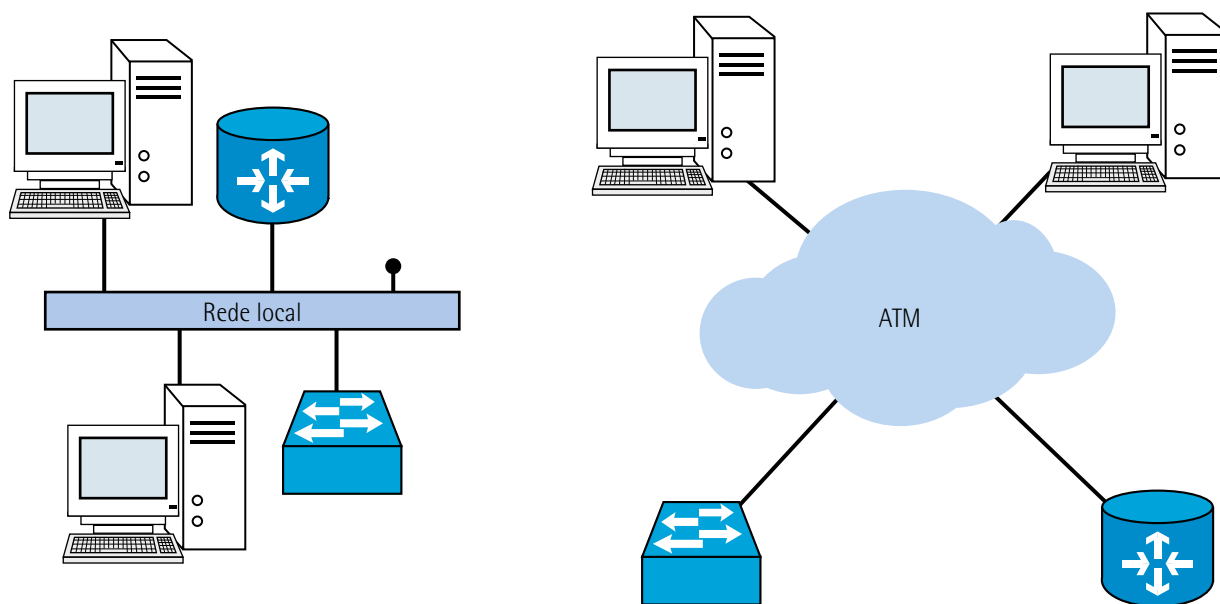


Figura 72 – Modelo de emulação Lane sob redes ATM

Por definição, o protocolo Lane entrega na mão interface de serviços para os protocolos das camadas altas, que nesse caso é a camada de rede. Ele apresenta características idênticas às existentes para as redes locais tradicionais. Os dados, que são encapsulados para um formato de pacote LAN-MAC próprio, podem então ser enviados através de uma rede ATM. Para simplificar, os protocolos Lane dão a percepção de que uma rede ATM possa aparecer e se comportar como redes padrão local da mesma forma que uma rede ethernet ou *token ring*, porém operando de uma forma muito mais rápida do que estas em seu ambiente real.

Uma nota importante afirma que o Lane não pretende mudar o protocolo MAC que foi especificado em uma rede emulada, como é o caso do CSMA CD para as redes de internet ou do processo de passagem dos *tokens* para as redes *token ring* IEEE 802.5. O Lane não oferece exigência ou qualquer tipo de modificação para os protocolos das camadas mais altas a fim de habilitar a superação sobre uma rede ATM, simplesmente pelo fato de que o Lane apresenta aos seus dispositivos a mesma interface de serviço que as redes baseadas em protocolo MAC existentes, atribuindo para os *drivers* da mesma camada da rede, exatamente como os *drivers* para as interfaces NDIS e ODI, lembrando que nenhuma mudança é exigida para esses *drivers*.

7.1.21.1 Arquitetura do protocolo Lane

Podemos definir como uma das instruções básicas do protocolo Lane a função de resolver os endereços Mac para endereços ATM. A proposta é solucionar esses mapeamentos de endereço de uma forma que os sistemas terminais Lane possam estabelecer suas conexões diretas entre eles mesmos e ainda seguir a encaminhar os dados da forma correta. O protocolo Lane então é aplicado em dois tipos de equipamentos ATM a serem conectados: os cartões de interface de rede ATM e NICs (interfaces de placas de rede), equipamentos de computação para as redes locais e o *internetworking*.

As placas de rede ATM têm a responsabilidade da implementação do protocolo de interface Lane para a rede ATM e apresentam uma interface de serviço para rede local que inclui os *drivers* de protocolo de níveis mais altos dentro do sistema terminal que deve ser conectado. Os protocolos da camada de rede dentro do sistema terminal continuam a se comunicar exatamente como se estivessem conectados a uma rede local conhecida, usando absolutamente todos os procedimentos e protocolos conhecidos, mas na verdade eles utilizam uma largura de banda extraordinariamente superior das redes ATM.

Uma segunda classe de equipamentos de rede utilizada para implementar a Lane consiste em *switches* e roteadores classe ATM conectados à rede local. Esses ativos, junto com os *hosts* ATM, que são diretamente conectados e equipados com placas de rede ATM, são utilizados para acesso ao serviço de uma rede Vlan (LAN virtual) cujas portas dos *switches* da rede local são atribuídas a Vlans específicas, independentemente de sua localização física.



Observação

O protocolo LANE não afeta diretamente *switches* ATM. O Lane, assim como a maioria dos outros protocolos de redes ATM, é fundamentado no modelo de sobreposição (*overlay model*).

Como tal, os protocolos Lane operam de modo transparente através dos *switches* ATM, utilizando apenas os procedimentos normais de sinalização ATM.

7.1.21.2 Componentes do protocolo Lane

O protocolo Lane pode ser definido como uma operação de uma única Elan ou ainda uma única Vlan, porém as Elans múltiplas podem coexistir simultaneamente em uma rede ATM única. Uma Elan tem a capacidade de emular uma rede ethernet ou uma rede local *token ring* e possui os seguintes componentes:

- LEC (*LAN emulation client*): o LEC é uma entidade em um sistema terminal que executa envio de dados, resolução de endereços e registro de endereços MAC com o servidor de emulação de LES. O LEC também provê uma interface de LAN padrão para os protocolos de mais alto nível em LANs de legado. Um sistema terminal ATM que se conecta a múltiplas Elans tem um LEC por Elan.

- LES (*LAN emulation server*): o LES provê um ponto de controle central para que os LECs encaminhem informações de registro e controle. Existe apenas um LES por Elan.
- BUS (*broadcast and unknown server*): o BUS é um servidor *multicast* que é usado para inundar tráfego de endereço de destino desconhecido e para encaminhar tráfego *multicast* e *broadcast* para clientes dentro de uma Elan particular. Cada LEC é associado a um único BUS por Elan.
- Lecs (*LAN emulation configuration server*): o Lecs mantém um banco de dados sobre cada LEC e suas respectivas Elans. Esse servidor aceita pedidos de resolução vindos de uma LEC e responde com o identificador apropriado da Elan, isto é, o endereço ATM do LES que serve a Elan apropriada. Um Lecs por domínio administrativo serve para todas as Elans dentro daquele domínio.

7.1.21.3 Tipos de conexão Lane

Para determinar os tipos de conexões ATM para Lane, as entidades Lane de Fase 1 se comunicam umas com as outras usando uma série de VCCs ATM.

Embora LECs mantenham conexões separadas para transmissão de dados e controle de tráfego, tipos de conexão de dados Lane são denominados *data-direct VCC*, *multicast send VCC* e *multicast forward VCC*. O protocolo *data-direct VCC* é um VCC ponto a ponto bidirecional instalado entre dois LECs que desejam trocar dados. Dois LECs tipicamente usam o mesmo *data-direct VCC* para transportar todos os pacotes entre eles, em lugar de abrir um novo VCC para cada par de endereços MAC. Essa técnica conserva recursos de conexão e evita os atrasos no estabelecimento da conexão.

O parâmetro *multicast send VCC* é um VCC ponto a ponto bidirecional, estabelecido pelo LEC para o BUS; já o protocolo *multicast forward VCC* é um VCC unidirecional estabelecido para o LEC vindo do BUS.

Podemos analisar uma conexão ponto multiponto com cada um dos LECs como uma folha.

A imagem a seguir nos mostra as conexões de dados do Lane:

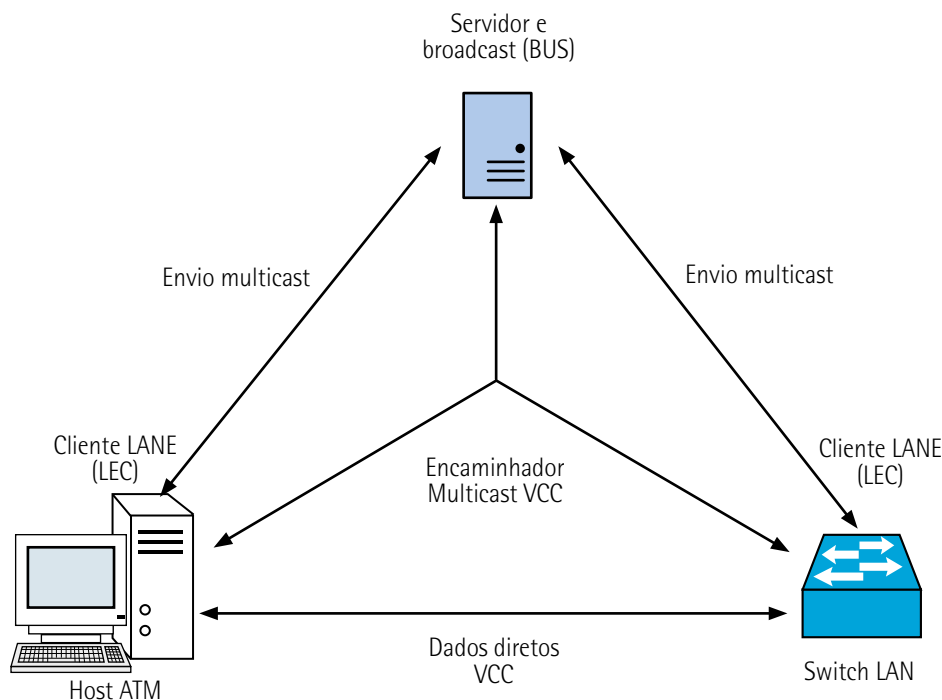


Figura 73 – Conexões de dados utilizados no LANE

Observamos a forma como as conexões de controle incluem os seguintes tipos de VCC: *configuration-direct* VCC, *control-direct* VCC e *control-distribute* VCC. O *configuration-direct* VCC é um VCC ponto a ponto bidirecional instalado pelo LEC para o Lecs. O *control-direct* VCC é um VCC bidirecional instalado pelo LEC para o LES. O *control-distribute* VCC é um VCC unidirecional instalado do LES de volta para o LEC. Esta última é demonstrada como conexão ponto multiponto.

7.1.21.4 Operação do protocolo Lane

O método de operações em um sistema Lane consiste na aplicação dos componentes que podem ser compreendidos de uma forma mais explícita. Analisando as operações do LEC, em que temos a inicialização e a configuração dos registros, podemos registrar e nos anexar ao sistema LES, fazer associações e adicionar ao BUS e ainda promover a transferência dos dados.

7.1.21.5 Inicialização e configuração

A fim de promover a inicialização, um sistema LEC faz a localização dos parâmetros LECs a fim de obter as informações da configuração que são exigidas para comunicação. Ele inicia esse processo quando o LEC recebe seu próprio endereço ATM, exatamente no momento que acontece o registro do endereço no sistema.

O LEC, então, precisa determinar o local em que os LECs vão estar identificados. Para essa tarefa, o LEC deve primeiro localizar os LECs, empregando um dos seguintes métodos: primeiro, um procedimento

de lmi que ajuda a definir o endereço do LECs, usando esse endereço, que dentro do sistema ATM é bem conhecido, ou ainda, usando uma conexão permanente conhecida por LECs do identificador do caminho virtual *status* igual a zero, VPI = 0, e identificando o canal virtual com *status* igual a 17, VCI = 17; assim quando o Lecs for encontrado, o LEC vai parametrizar o *status* de configuração direta VCC para o LECs e, posteriormente, enviar um parâmetro conhecido por *le_configure_request*.

O seguinte passo indica quando a entrada Sata desse parâmetro encontrada no LECs retorna o parâmetro *le_configure_response* para o LEC origem com as informações da configuração que foram exigidas para se conectar a uma Elan destino, incluído, também, o endereço ATM do LES, o tipo da rede local que está sendo enrolada, o tamanho do pacote máximo da Elan e o nome desta Elan, que é representada por uma *string* de texto explicitamente para a exibição em seu nome na rede.

7.1.21.6 Registrando e juntando-se ao LES

No instante em que um LEC se junta ao LES e ainda faz o registro dos seus próprios endereços ATM e MAC, é necessária a execução de três passos distintos:

- Passo 1: após o LEC obter o endereço do LES, o LEC opcionalmente limpa a conexão para o LECs, estabelece o *control-direct* VCC para o LES e envia um *LE_JOIN_REQUEST* naquele VCC. Este permite ao LEC registrar seus próprios endereços MAC e ATM com o LES e (opcionalmente) quaisquer outros endereços MAC para os quais esteja executando serviço de *proxy*. Essas informações são mantidas de forma que não existam dois LECs registrando os mesmos endereços MAC ou ATM.
- Passo 2: após receber o *LE_JOIN_REQUEST*, o LES confere com o Lecs via sua conexão aberta, verifica o pedido e confirma a sociedade cliente.
- Passo 3: depois da verificação bem-sucedida, o LES adiciona o LEC como uma folha de seu *control-distribute* VCC ponto multiponto e envia ao LEC um *LE_JOIN_RESPONSE* bem-sucedido que contém um *Lecid* (*LAN emulation client* ID ou identificador de cliente de emulação de LAN) exclusivo. O *Lecid* é usado pelo LEC para filtrar seus próprios *broadcasts* vindos do BUS. Localizando e se juntando ao BUS depois que o LEC se juntou ao Lecs com sucesso, sua primeira tarefa é a de achar o endereço ATM do BUS para se juntar ao grupo de *broadcast* e se tornar um membro da LAN emulada. Primeiro, o LEC cria um pacote de *LE_ARP_REQUEST* com o endereço MAC 0xFFFFFFFF. Então o LEC envia esse pacote de *LE_ARP* especial no *control-direct* VCC para o LES. O LES reconhece que o LEC está procurando pelo BUS e responde com o endereço ATM do BUS no *control-distribute* VCC. Quando o LEC tiver o endereço ATM do BUS, este se junta ao BUS criando primeiramente um pacote de sinalização com o endereço ATM do BUS e instala um *multicast-send* VCC com o BUS. Após a recepção do pedido de sinalização, o BUS adiciona o LEC como uma folha em seu *multicast forward* VCC ponto multiponto. O LEC é agora um membro da Elan e está pronto para a transferência de dados.

7.1.21.7 Transferência de dados

O momento final da transferência dos dados envolve a resolução dos endereços ATM e do LEC no destino e ainda proceder a execução da transferência dos dados. Nessa fase é possível incluir procedimentos de *flush* um por um. Quando o LEC precisa enviar um pacote de dados para um destino com endereço MAC que seja desconhecido, é necessário o descobrimento de endereço ATM do LEC do destino para chegar a esse endereço em particular. Para essa tarefa, o LEC faz o envio do primeiro *frame* de dados para o BUS a fim de que ele seja distribuído a todos os LECs e também para a Elan através de um pacote *multicast* VCC. Toda essa classe de serviços é executada por ser necessário resolver os endereços ATM, o que pode levar um tempo considerável, porém muitos outros protocolos de rede não toleram nenhum tipo de demora nessas tarefas.

O LEC precisa enviar um quadro de controle para rede local através do protocolo resolução dos protocolos de emulação e resposta para que o LS possa estabelecer o controle direto pelo VCC. Se o LEC souber a resposta, ele responde com o endereço ATM do LEC que possui o endereço de MAC em questão; se não souber, inunda o LE_ARP_REQUEST para alguns ou todos os LECs (através de regras que paralelizam a inundação do quadro de dados atual, mas sobre *control-direct* e *control-distribute* VCCs em vez de usar os *multicast send* ou *multicast forward* VCCs utilizados pelo BUS). Se existem dispositivos de *bridge/switching* com *software* de LEC que participam da Elan, eles traduzem e remetem o ARP em suas interfaces de LAN.

Se houver a transferência de dados reais, caso um LE_ARP seja recebido, o LEC instala um *data-direct* VCC para o nó de destino e usa esse VCC para a transferência de dados em lugar da utilização do canal via BUS.

O LEC pode precisar usar o procedimento de *flush* do Lane, que assegura que todos os pacotes previamente enviados para o BUS sejam entregues para o destino antes do uso do *data-direct* VCC.

Para executar o procedimento *flush*, uma célula de controle é enviada através do primeiro caminho de transmissão seguindo o último pacote. O LEC então espera até que o destino reconheça o recebimento do pacote de *flush* antes de usar o segundo caminho para enviar pacotes.

7.1.22 Métodos de controle de tráfego

No instante em que acontece um congestionamento da rede, a qualidade de serviço é nitidamente degradada, observando consequências como um serviço ruim para os usuários. Certamente o principal motivo do controle de tráfego é prevenir as ocorrências de congestionamento e ainda encontrar métodos para controlá-los o mais rápido possível. A existência dos métodos de controle de tráfego dentro da rede ATM pode ser dividida em, pelo menos, dois modelos principais: o primeiro modelo é o controle reativo, que reage ao congestionamento após os fatos de congestionamento terem ocorrido; já o segundo é conhecido como controle preventivo e tem a tarefa de prevenir a ocorrência do congestionamento antes que ele aconteça de fato.

Das atuais redes de pacotes, o método mais empregado é o de controle reativo. Entretanto, nas redes digitais de serviços integrados de faixa larga, esse método de controle tem uma percepção de ineficiência.

Os mecanismos de controle do tráfego podem ser ainda divididos com base nos níveis em que atuam, nos mecanismos de controle no nível da célula e também no nível da chamada para as conexões.



Lembrete

Na época do projeto de ATM, a transmissão de 155 Mbit/s e os sistemas SDH com 135 Mbit/s de carga foram considerados uma conexão de rede ótica veloz, e muitos sistemas de enlace PDH, na rede digital, foram considerados mais lentos.

7.1.22.1 Controle de tráfego e congestionamento

A recomendação do comitê ATM faz a definição de congestionamento como um estado de rede que caso atingido leva a uma degradação da qualidade do serviço das conexões que foram estabelecidas. Sabe-se então que a rede não é mais capaz de cumprir com seus compromissos de desempenho que foram assumidos no momento em que as conexões foram estabelecidas.

Para se obter eficiência no tratamento de congestionamentos, os métodos podem ser executados de forma preventiva. Todo esforço é concentrado para evitar o estado de congestionamento propriamente dito e a execução de forma reativa, buscando aliviar o tráfego dentro da rede. As técnicas do controle de tráfego e do controle de congestionamento podem ser associadas, de forma a contribuir para uma garantia da qualidade do serviço para as conexões das redes ATM.

Observando as técnicas de controle de tráfego e do controle de congestionamento, sabemos que elas não foram completamente definidas pelos comitês de controle. No entanto, algumas funções formam a base para o gerenciamento do controle de tráfego e do controle de congestionamento para redes ATM. Podemos elencar técnicas que são empregadas no seguimento das redes ATM, como *frameworks* que promovem o QoS, ou seja, a qualidade de serviço que deve ser alcançada:

- NRM (*network resource management* ou gerenciamento dos recursos da rede): recursos de rede podem ser alocados de forma a separar os diferentes fluxos de tráfego de acordo com as características dos serviços.
- CAC (*connection admission control* ou controle de admissão de conexões): conjunto de ações tomadas pela rede no momento de estabelecimento de uma conexão (ou durante uma fase de renegociação) de forma a decidir se uma solicitação de conexão pode ser aceita. O controle de admissão pode, entre outros recursos, utilizar resultados obtidos no NRM para verificar, estatisticamente, a utilização dos meios físicos a caminhos virtuais na rede.
- Controles baseados em *feedback*: também conhecidos como controles baseados em mecanismos reativos, consistem em um conjunto de ações tomadas pela rede e pelos usuários para regular o tráfego submetido às conexões ATM de acordo com os estados informados por elementos da rede.

- Policiamento: denominado, na recomendação i.371, de UPC (*user parameter control* ou controle de parâmetro de usuário) e NPC (*network parameter control* ou controle de parâmetro de rede), consiste no conjunto de ações tomadas para monitorar e controlar o tráfego em relação aos parâmetros estabelecidos e negociados durante a fase de estabelecimento (ou renegociação de parâmetros) de uma conexão ATM. O principal objetivo é proteger os recursos de rede contra a má utilização, tanto a maliciosa como a não intencional, de fontes de tráfego que excedam os limites especificados pelos descritores de tráfego e possam, potencialmente, ocasionar congestionamentos.
- Controle de prioridades (ou descarte de células): usuários podem gerar diferentes fluxos de tráfego e associá-los a diferentes níveis de prioridade utilizando o *bit cell loss priority*, conforme descrito na recomendação i.150. A rede, em caso de congestionamento, poderá, seletivamente, descartar células com menor prioridade para proteger, tanto quanto possível, o desempenho da rede para as células de maior prioridade.

Os mecanismos CAC e UPC/NPC são baseados no conhecimento dos parâmetros de QoS, descritores de tráfego e tolerância do CDV (*cell delay variation*).

7.1.22.2 Controle de admissão de conexões

O controle de admissão de conexões é uma técnica que oferece uma visão de eficiência e que consiste em decidir se uma nova conexão entrante, seja ela permanente ou comutada a partir de outros sistemas, deve ou não ser permitida. O controle de admissão se forma a partir de critérios utilizados para bloquear o estabelecimento de novas conexões dentro do sistema ATM quando determinadas características de tráfego e qualidade de serviço oferecem qualquer tipo de perigo ou iminência para o congestionamento da rede, então é uma técnica de uso preventivo e se enquadra nas técnicas de controle de tráfego.

Os critérios efetuados para o bloqueio – ou seja, a não admissão das conexões – devem ser empregados para balancear a probabilidade de congestionamento com a utilização de forma eficiente dos recursos da rede para aplicação de tais esquemas. Por exemplo, se somássemos todas as taxas de pico de todas as conexões do sistema ATM, poderíamos obter um critério de bloqueio que impedisse uma nova conexão em qualquer parte do sistema toda vez que ela fizesse a soma ultrapassar a capacidade de transmissão da rede global. Apesar de anular a probabilidade do congestionamento, esse esquema nos levará a um péssimo aproveitamento da capacidade de rede. A definição desse critério de bloqueio é de extrema responsabilidade da operadora do sistema de rede ATM.

7.1.22.3 Mecanismos de policiamento e descarte de células

Essa técnica é empregada para garantir a qualidade dos serviços das redes ATM. O mecanismo de policiamento foi criado para garantir que o tráfego gerado por uma conexão que foi estabelecida dentro do sistema ATM esteja em conformidade com os parâmetros negociados no momento do seu estabelecimento ou inicialização. Mais uma vez, tratamos de um mecanismo de controle de tráfego. Entre as técnicas de policiamento, uma que é muito conhecida é a *leaky bucket* (de um balde). À medida que enchamos o balde, a vazão pelo furo aumenta até um limite máximo, que pode corresponder ao

momento em que o balde se torna totalmente cheio. Caso essa vazão com que enchemos um balde seja limitada de forma a nunca fazê-lo transbordar, o processo de vazão do escoamento pelo furo será sempre menor ou igual à vazão máxima e, então, teremos perda de líquido. Caso essa vazão cresça demais, o balde poderá transbordar sucessivamente, porém a vazão pelo furo ainda respeitará o critério da vazão máxima.

7.1.22.4 Mecanismo de controle reativo

A técnica do mecanismo de controle reativo é aplicada aos casos em que o congestionamento esteja na iminência de acontecer ou efetivamente quando já aconteceu. Tais esquemas devem apresentar uma série de inconvenientes em razão da sua baixa eficiência no que diz respeito ao tempo que levam para fazer efeitos positivos dentro da rede ATM e sair desse estado de congestionamento. Esse é o principal motivo pelo qual todo esforço deve ser feito no sentido de se evitar congestionamentos empregando mecanismos de controle de tráfego.



Resumo

Para muitos autores que escrevem sobre tecnologia, as redes ATM são entendidas como o padrão mais elevado da comunicação de dados que existe nos dias de hoje. As redes ATM são responsáveis pela interconectividade dos grandes *data centers* e dos provedores de comunicação de dados nos grandes centros metropolitanos das cidades do mundo.

Com capacidades únicas em sua distinção de tráfego de dados, de voz e de vídeo, as redes ATM não se limitaram a apenas algumas classes de serviço. Elas são capazes de desempenhar papel fundamental na emulação de redes locais de qualquer gênero, protocolo ou tamanho.

Associadas diretamente aos meios físicos proporcionados pelas redes digitais hierárquicas síncronas, a rede ATM é capaz de gerir qualidade de serviço em alto nível, propiciando extrema escalabilidade dos serviços e proporcionando tráfego a uma velocidade nunca antes alcançada por qualquer outra tecnologia de meio físico.

As redes ATM, em função de suas características, são hoje a base operacional de outras tecnologias de longa distância com características de alto desempenho e entendidas como as tecnologias da atualidade. Um exemplo são as redes MPLS.



Exercícios

Questão 1. (IF-SP, 2011) Para a tecnologia ATM podemos afirmar que:

- A) É uma tecnologia núcleo que encapsula exclusivas tecnologias de redes metropolitanas.
- B) Atua no nível da camada de transporte da arquitetura TCP/IP.
- C) As interfaces NNI de comunicação provêm a atuação de sub-redes locais entre os pontos.
- D) As mensagens são células de tamanhos fixos para serem encaminhadas por toda a rede ATM.
- E) Faz a alocação de banda intermediária de classes para as conexões remotas.

Resposta correta: alternativa D.

Análise das alternativas

A) Alternativa incorreta.

Justificativa: quando se fala de "exclusivas tecnologias de redes metropolitanas", está errado, pois o ATM trabalha só até a *layer 2* do modelo OSI, ou seja, somente LAN.

B) Alternativa incorreta.

Justificativa: a ATM atua até a camada de enlace do modelo OSI, que é equivalente à camada de acesso à rede do TCP/IP.

C) Alternativa incorreta.

Justificativa: a interface NNI atua tanto em rede particular (local) como pública (WAN).

D) Alternativa correta.

Justificativa: células com tamanho fixo de 5 *bytes* de cabeçalho + 48 *bytes* de *payload* = valor de 53 *bytes*

E) Alternativa incorreta.

Justificativa: não faz a alocação de banda intermediária de classes para as conexões remotas.

- Resolução desta questão na plataforma.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.