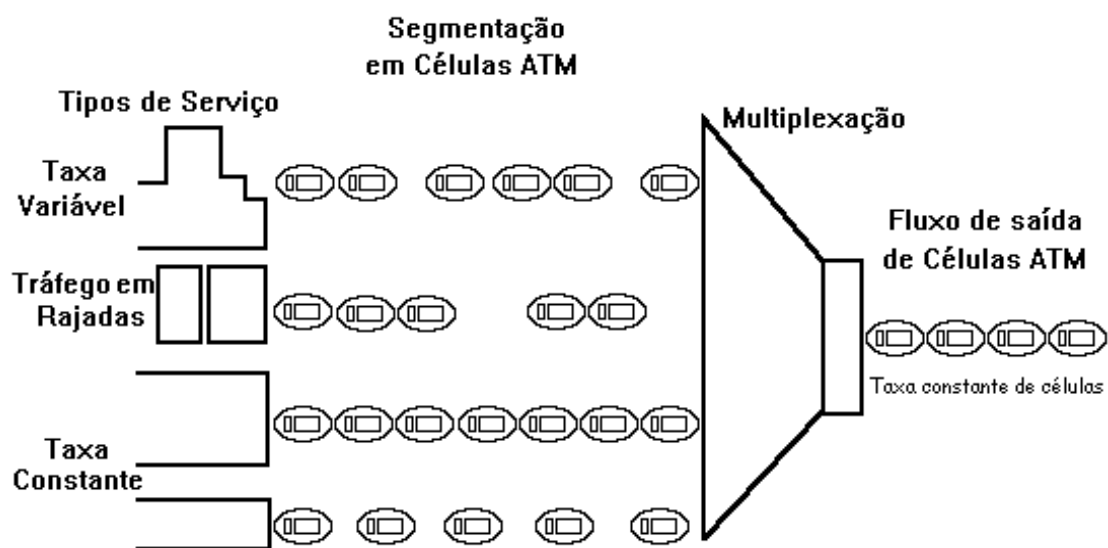


1. ATM - Introdução

O ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) é uma tecnologia de rede em nível de **enlace e físico**¹ do modelo OSI (*Open Systems Interconnection*), baseada na transmissão de pequenas unidades de informação de tamanho fixo e formato padronizado denominadas *células*. Foi desenvolvida para ser uma única rede de transporte para diversos serviços, tanto para redes locais como de longa distância. Assim, as redes de telefonia, televisão a cabo e comunicação de dados, hoje implementadas separadamente, poderiam ser unificadas através do ATM.

Para unificar os diversos tipos de serviços, ele exige uma camada de adaptação (AAL - *ATM Adaptation Layer*), que se localiza na parte superior do nível de enlace e efetua a adaptação dos diversos tipos de tráfego que os serviços necessitam. A figura a seguir ilustra o que foi dito acima.



Serviços de multimídia com voz e imagem suportam pequenas perdas nos dados, uma vez que a perda de poucas células são imperceptíveis à audição e à visão humana, mas não suportam atrasos. Inversamente, fluxos de dados de informações podem suportar pequenos atrasos, mas de maneira alguma podem conviver com perda nos dados.

As células são transmitidas através de conexões de circuitos virtuais, sendo seu encaminhamento baseado em informações do cabeçalho contido em cada uma delas, como será visto adiante.

Na hora da conexão, são estabelecidos diversos parâmetros de conexão, como por exemplo a taxa máxima de células (em horas de pico), se é uma conexão com taxa de transmissão variável ou fixa, etc. Também é negociado um parâmetro de Qualidade de Serviço (QoS), que determina o máximo de perda de células possível, o atraso máximo de transmissão, e assim por diante.

¹ Alguns autores colocam essa tecnologia também no nível de rede do modelo OSI, já que é responsável pelo roteamento de células entre os switches, da fonte ao destino.

Essa tecnologia é utilizada tanto para formar um *backbone* de alta velocidade, como para suprir necessidades de redes locais de grande fluxo, ou seja, para ganho de desempenho no tráfego dos dados na rede. As velocidades de transmissão vão desde 25 ou 155 Mbps para redes locais, permitindo que se aproveite toda a estrutura já existente, como cabeamento e repetidores, chegando até 622 Mbps, mas já exigindo que se utilize a fibra ótica para o meio de transmissão.

1.1 ATM versus STM

A principal diferença entre a transmissão síncrona (STM) e assíncrona (ATM) diz respeito à ocupação da banda. Observe a figura a seguir:

		A
	B	B
C		C

STM (Synchronous Transfer Mode)
(Multiplexação Síncrona)

C B A C B A C B A

X - pacote não preenchido

		A
	B	B
C		C
	D D	D

ATM (Asynchronous Transfer Mode)
(Multiplexação Estatística)

C D B D C D B A

X - pacote não preenchido

No caso da multiplexação síncrona do STM, vê-se que ocorre uma má utilização da banda, pois mesmo que não tenha informações a serem transmitidas, o espaço no meio de transmissão é reservado, eliminando a possibilidade de outra estação utilizar o meio. Esse tipo de situação é bastante comum hoje em dia nas transmissões via concessionárias de comunicação, pois praticamente todo o sistema brasileiro é baseado em STM, com as tecnologias PDH (*Plesiochronous Digital Hierarchy*) e SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*).

Já no caso da multiplexação estatística do ATM, vê-se uma melhor utilização da banda, pois a estação só transmite quando tem necessidade, ou seja, utiliza o meio físico sob demanda.

Adiante será falado com mais detalhes, mas vale ressaltar que o ATM utiliza uma camada inferior síncrona (PDH, SDH, Células). Assim, ele consegue uma melhor utilização do meio físico com os mesmos recursos utilizados atualmente, somente baseando-se numa melhor forma de multiplexação (estatística). **Isso quer dizer que o fluxo de células embaixo do ATM é constante, sendo elas utilizadas ou não.**

2. A Camada Física

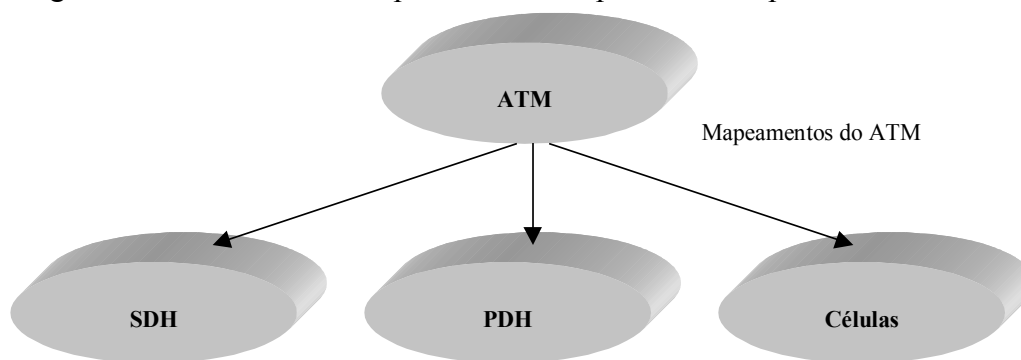
A camada física tem as seguintes funções:

- Adaptação ou mapeamento do quadro de transmissão;
- Desassociação das taxas de células;
- Geração e verificação do HEC;
- Delimitação de células;
- Transmissão pelo meio físico.

A seguir alguns desses itens serão analisados com detalhes.

2.1 Adaptação ou mapeamento do quadro de transmissão

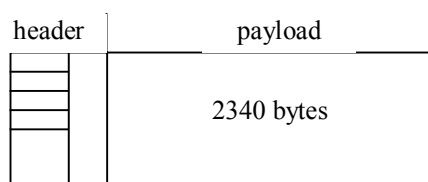
Para que a transmissão seja efetuada, deve haver um mapeamento do formato de quadro (SDH, PDH, Células) para a taxa de transmissão do meio físico, visto no item anterior. Assim, pode-se dizer que, sobre a taxa de transmissão do meio físico (STM1, STM4, E1, E3, Cell Based e assim por diante), é necessário um formato de quadro para organizar a informação. A figura a seguir mostra as alternativas possíveis de mapeamento no protocolo ATM.



2.1.1 Overhead do mapeamento ATM

Foi concluído no item anterior que não importa o mapeamento, a taxa de bits é sempre a mesma, ou seja, o overhead é constante nos vários mapeamentos. Exemplificando para o SDH, temos a seguinte figura:

Sinal STM-1



90 bytes

125 us

- $2340 + 90 = 2430$ bytes
- Taxa total de transmissão = 2430 bytes em 125 us = 19440 bits em 125us = 155,52 Mbps
- Taxa de payload = 2340 bytes em 125 us = 18720 bits em 125 us = 149,76 Mbps

Além do overhead do STM, tem o overhead da célula, que possui 5 bytes de header e 48 bytes de payload. Assim tem-se que a taxa útil de transmissão é:

- Taxa útil de transmissão = $48/53 \times 149,76 \text{ Mbps} = 135,631698 \text{ Mbps}$
- Células de informação / s = $135,631698 \text{ Mbps} / (48 \times 8) \text{ bits} = 353.208 \text{ células por segundo}$

Exemplo 1: Quanto tempo leva a transmissão de um arquivo de 1 Mbytes supondo: a) todas células livres. b) uma célula livre a cada 100?

a)

$1 \times 1024 \times 1024 / 48 = 21.846$ células a serem transmitidas;

$21.846 / 353.208 = 61,8 \text{ ms}$

b) $61,8 \text{ ms} \times 100 = 6,18 \text{ segundos}$.

Exemplo 2: Supondo uma transmissão de voz codificada com PCM tradicional sobre STM-1. De quantas em quantas células enviadas é necessário uma célula desta transmissão de voz?

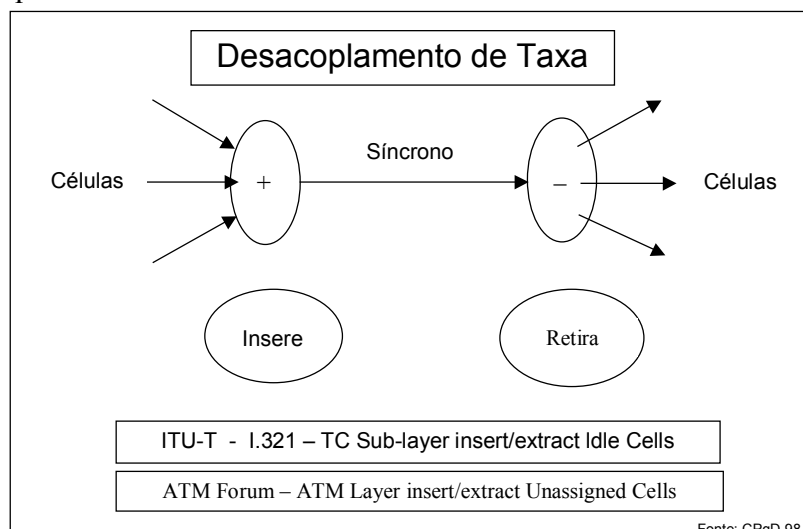
PCM Tradicional: 64.000 bps ou $8000 \text{ bytes} / \text{s} = 8000/48 = 166,67 \text{ células} / \text{s}$

No STM-1, $353.208 \text{ células} / \text{s}$. Então tenho uma célula de voz a cada $353.208 / 166,67 = 2119,2$.

Assim, a camada física vai receber de cima uma célula de voz a cada 2119,2 células enviadas.

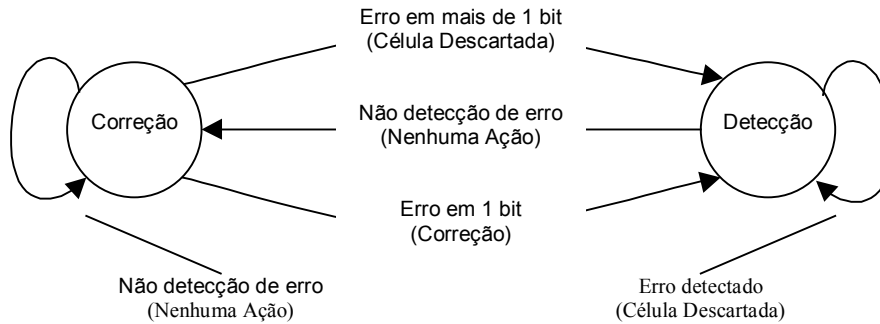
2.2 Desassociação das taxas de células

Como já foi dito, temos uma transmissão assíncrona sobre um meio síncrono. Dessa forma, caso a camada de cima não tenha informações a transmitir, a taxa de células no meio físico deve permanecer constante. É função da camada física inserir na origem e retirar no destino células "idle" quando o ATM não fornece células úteis para transmissão. A figura a seguir ilustra o que foi dito.



2.3 Geração e verificação do HEC

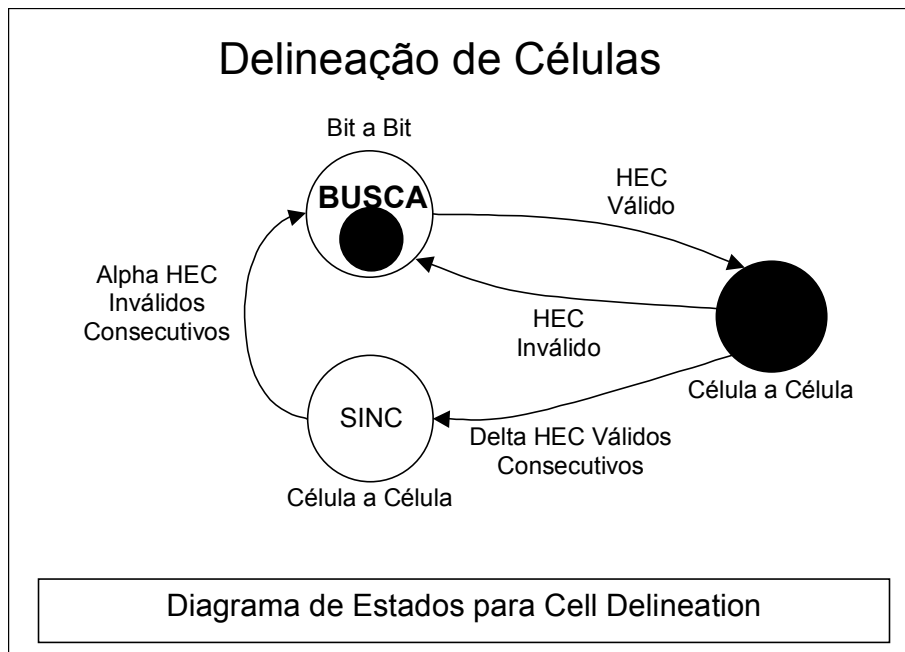
Se deu erro em mais de um bit, descarta célula. Se deu erro em um único bit, corrige automaticamente e muda de estado. Se a próxima célula vier com erro, descarta. A figura a seguir ilustra o diagrama de estados.



Fonte: CPqD 98

2.4 Delineação de células

O sincronismo para delimitar o início da célula é feito através do HEC. Como o algoritmo é conhecido (CRC-8), e sabe-se que os quatro primeiros bytes do cabeçalho geram o último, basta ir lendo byte a byte até fechar. Então testa-se célula a célula por determinado número de vezes. Se repetir, então sincronizou. A figura a seguir ilustra o que foi dito.



Fonte: CPqD 98

3. A camada ATM

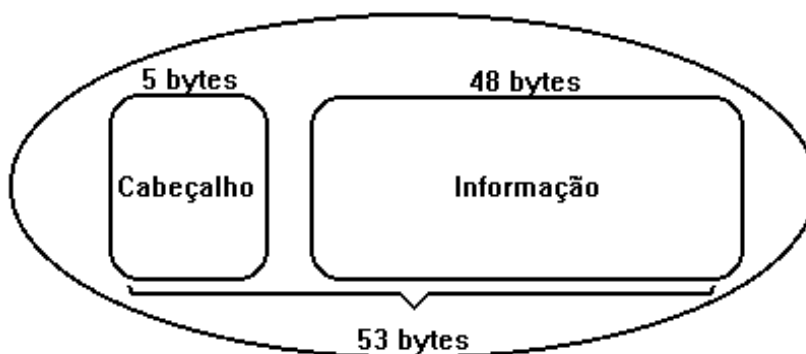
As principais funções da camada ATM estão relacionadas ao cabeçalho da célula, e são:

- Construção da célula: adição do cabeçalho;
- Recepção da célula e validação do cabeçalho;
- Estabelecimento e liberação de conexões virtuais;
- Mux / Demux de conexões virtuais;
- Processamento na rede (roteamento, controle de tráfego e prioridade, suporte para sinalização, suporte para funções de OAM - fluxos f4 e f5).

Antes de analisar as funções da camada ATM, será necessário descrever a célula, seu cabeçalho e os diferentes tipos existentes.

3.1 A célula ATM

As células são de tamanho fixo de 53 *bytes*, com um cabeçalho que ocupa 5 *bytes*, e um campo de informação com 48 *bytes* de comprimento. Dessa forma, cada célula é identificada por seu cabeçalho, que contém informações indicando a conexão com o circuito virtual. A célula ATM pode ser representada como mostra a figura a seguir.



Pelo fato das células serem de tamanho fixo, são diretamente responsáveis pelo enorme ganho de desempenho dos comutadores, terminais e dispositivos de comunicações. A grande razão para as células oferecerem esse ganho é porque elas podem ser processadas mais eficientemente que pacotes de tamanho variável ou “*bit-streams*”. Além disso, através da segmentação do tráfego em tamanho fixo, as células se tornam um poderoso mecanismo que pode multiplexar tráfegos de diferentes características sobre uma estrutura comum de comunicações.

3.1.1 O Retardo de Empacotamento

Para exemplificar o efeito do tamanho da célula no retardo de transmissão, tem-se que voz PCM padrão, a 64Kbps envia 1 byte a cada 125us. Assim, para fechar 48 bytes gasta-se 6 ms, que é o retardo de empacotamento. A mesma coisa acontece na chegada da célula no

destino, ou seja, **voz já atrasa 12 ms devido ao retardo de empacotamento, fora o retardo de propagação.**

- Maior payload: maior retardo de empacotamento - ruim para voz e bom para dados
- Menor payload: menor retardo de empacotamento - bom para voz e ruim para dados

3.1.2 Compromisso voz / dados

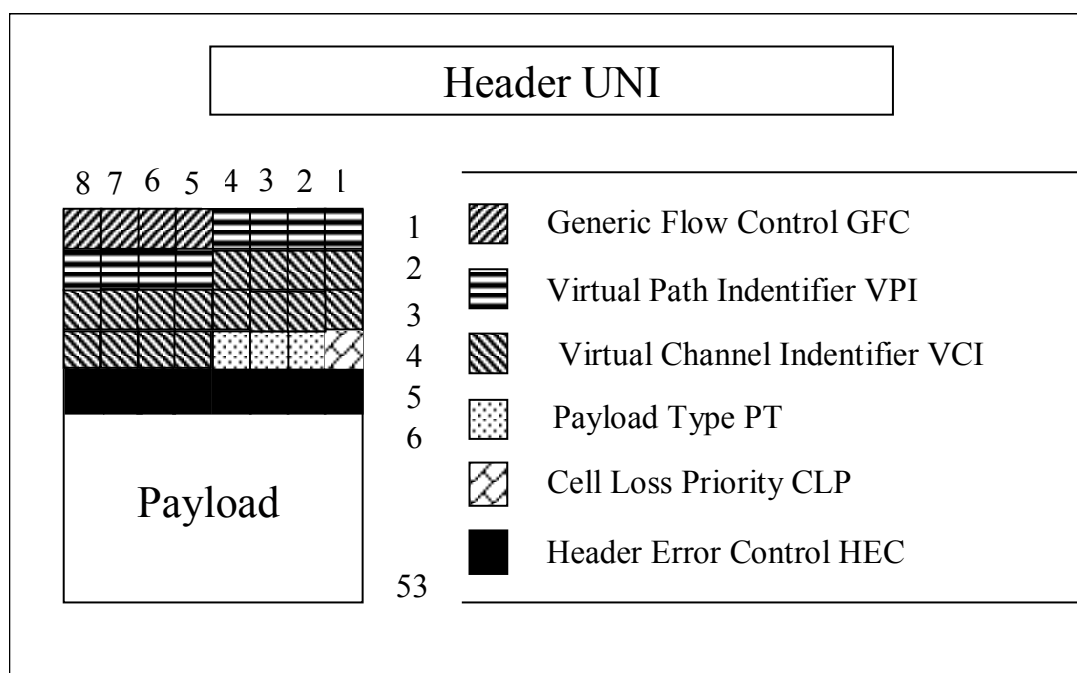
Com base no que foi visto acima, formou-se dois grupos, o de voz, que queria um payload menor, de 32 bytes, e o grupo de dados, que queria um payload maior, de 64 bytes. Dizem que foi tomada uma decisão salomônica, e o payload atual de 48 bytes é a média aritmética entre os dois $((64+32)/2)$.

3.2 O Cabeçalho UNI (User Network Interface)

O ATM é orientado à conexão e o meio é confiável, portanto, as funcionalidades do cabeçalho ATM são reduzidas:

- Não identifica fonte e destino (utiliza identificadores nó a nó);
- Não identifica a seqüência de células para efeito de remontagem (se sair de seqüência, dá erro nas camadas superiores - chega tudo trocado);
- Controle de erros e retransmissão somente no destino;

No cabeçalho, somente a geração do HEC é função da camada física, o resto é função da camada ATM. Nos 5 *bytes* de cabeçalho da célula, encontram-se os campos para comutação (através do par VPI e VCI), identificação do tipo, prioridade para descarte e um verificador de erros do cabeçalho, como mostra a figura a seguir. No caso da célula ser utilizada em uma interface rede-rede, não há o campo para o controle de fluxo genérico (GFC), aumentando o tamanho destinado ao VPI.



Fonte: CPqD 98

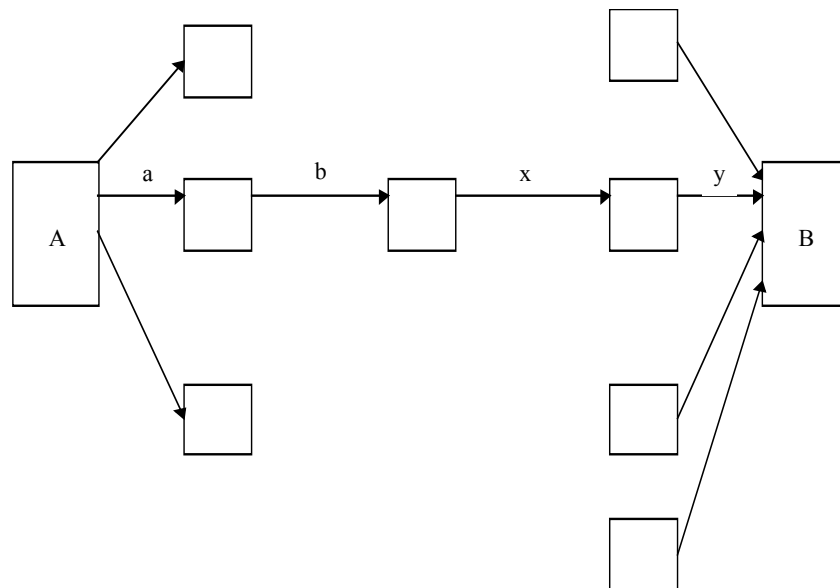
Na transmissão, o primeiro byte a ser enviado é o número 1, bit 8 (no caso NNI, VPI bit 8), a segunda é o VPI bit 7, e assim por diante, da direita para a esquerda e de cima para baixo. O significado dos campos das células está descrito nos itens a seguir.

3.2.1 GFC (*Generic Flow Control*)

Quando introduzido, serve para regular o fluxo em uma rede ATM, ou seja, evita condições de sobrecarga nas interfaces do usuário, mas não realiza controle de fluxo sobre o tráfego vindo da rede. Entretanto, sua utilização ainda não foi padronizada, existindo algumas alternativas consideradas, que podem ser encontradas em [BOU92].

3.2.2 VPI (*Virtual Path Identifier*) (8/12 bits UNI/NNI) e VCI (*Virtual Channel Identifier*) (16 bits)

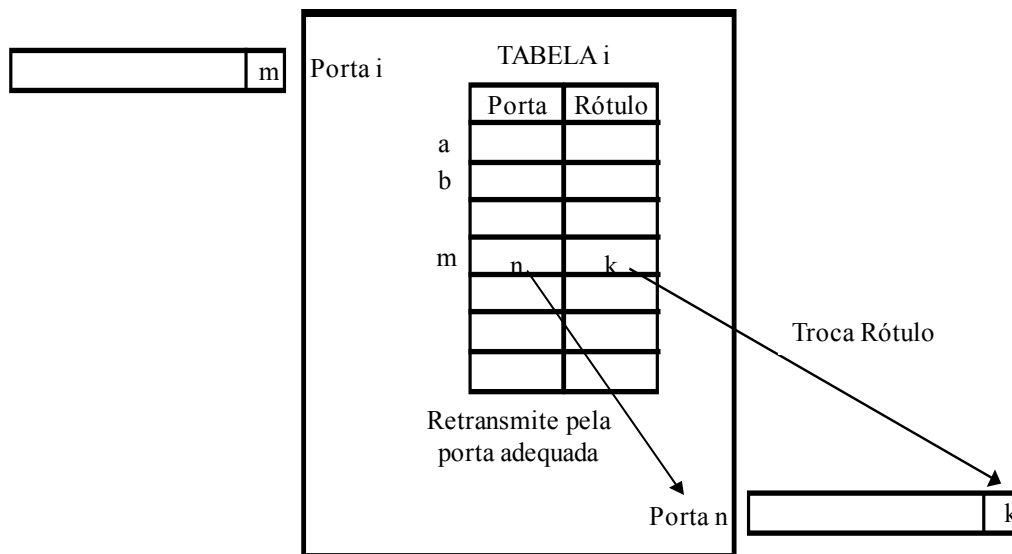
As transmissões numa rede ATM são efetuadas através de conexões. Uma conexão fim a fim é chamada **conexão com canal virtual** (*Virtual Channel Connection - VCC*). Cada conexão virtual em um enlace é denominada de **enlace de canal virtual** (*Virtual Channel link - VCL*). A figura a seguir ilustra isso.



Existe uma VCC entre os pontos A e B da figura acima, formada por quatro VCLs, identificadas pelos rótulos a, b, x e y. Quando A e B estabeleceram a conexão, as tabelas de cada nó intermediário foram atualizadas para redirecionarem as células corretamente.

Quando uma célula chega a um comutador, este identifica o caminho que está registrado no cabeçalho da célula (par VPI e VCI), e consulta um tabela de acordo com a porta de entrada dessa célula, para redirecioná-la a uma porta de saída. Antes da retransmissão, porém, é necessário atualizar o cabeçalho da célula de acordo com o próximo enlace de canal.

A figura a seguir ilustra a comutação através de rótulo [SOA 95]. Na figura, pode-se ver um único rótulo redirecionando a célula, mas é bom lembrar que existem dois rótulos em cada célula, que serão melhor explicados adiante.



Quando a célula enviada pela porta n (com o rótulo k) chega no outro comutador, o processo é semelhante, ou seja, a tabela da porta por onde chegar a célula será analisada no índice k, retransmitindo a célula pela porta adequada. Esse processo se repete até chegar no destino final.

3.2.3 PT (*Payload Type*): 3 bits

Contém o tipo do conteúdo que consta no campo de informação da célula, indicando se são dados do usuário ou informações de gerência. No item "Tipo de Células" adiante, esse campo será visto com detalhes.

3.2.4 CLP (*Cell Lost Priority*): 1 bit

Indica a prioridade de descarte das células em caso de congestionamento da rede. Se este bit estiver ligado, a célula será escolhida para descarte caso necessário.

3.2.5 HEC (*Header Error Control*): 8 bits

CRC X^8+X^2+X+1 . Contém uma seqüência de bits obtida a partir das informações do cabeçalho, de modo a permitir que o receptor verifique a integridade do mesmo. Esse campo é preenchido pela subcamada de convergência da camada física, e **não é responsabilidade da camada ATM**.

É importante observar que não existe qualquer campo na célula que garanta a integridade dos dados. Contudo, é de responsabilidade das camadas superiores a verificação e eventual solicitação de retransmissão de alguma informação que tenha sido corrompida. O objetivo é simplificar o processamento em cada nó intermediário, amparado no fato de ter-se uma grande confiabilidade no meio de transmissão, que normalmente é a fibra óptica.

4. A Camada AAL

A camada de adaptação (AAL - *ATM Adaptation Layer*) situa-se antes da camada ATM e é responsável pela segmentação dos serviços de seus formatos nativos (originais), para células ATM de tamanho fixo. Diferentes tipos de adaptações são necessárias para os diferentes tipos de serviços prestados.

A camada de adaptação recebe a informação do tipo de serviço a ser transmitido pela rede, alguns de taxa variável, outros de taxa fixa de transmissão, e segmenta essas informações nas células. Essa informação do tipo de serviço que deve ser oferecido vem desde onde foi originado o serviço até a camada de adaptação, que o tratará conforme a necessidade da classe em que ele se enquadra. No recebimento, extrai as informações das células e as remonta em seu formato original.

O AAL não é caracterizado por um conjunto bem definido de funções, ele deve suportar quaisquer funções que forem solicitadas por qualquer protocolo que utilize seus serviços. Podemos exemplificar como serviços por ele oferecidos:

- Recuperação de erros de transmissão;
- Tratamento de perdas e duplicações de células;
- Controle de fluxo e controle de sincronismo;
- Efetua a quebra e remontagem de quadros em células.

4.1.1 Classes de Serviços

Os serviços foram divididos em classes de tráfego, como pode ser visualizado na tabela 3, seguindo parâmetros como a sincronização entre a origem e o destino (se é ou não necessária), a taxa de transmissão (se é variável ou fixa) e se é ou não orientado à conexão.

Tabela 3: Classificação dos serviços.

Parâmetro	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
Sincronização entre origem e destino	Necessária		Não necessária	
Taxa de transmissão	Constante	Variável		
Modo de conexão	Orientado à conexões			Não orientado a conexões
Exemplo de serviços	Emulação de circuitos, vídeo a taxa constante	Vídeo e áudio a taxas variáveis (comprimidos)	Transferência de dados orientada à conexões	Transferência de dados não orientada à conexões
Protocolo AAL	AAL 1	AAL 2	AAL 3, 4	AAL 5

Alguns requisitos dos serviços de classes A e B, que têm como exemplo vídeo a taxa constante (A) e vídeo e áudio a taxa variável (B), são:

- Pequeno retardo máximo de transferência (no pior caso, idêntico ao atraso se houvesse um cabo ligando diretamente os dois pontos);

- Variação de atraso desprezível;
- Transporte de dois bits/bytes com manutenção do intervalo entre eles;
- Tratamento adequado de perdas, duplicações e erros em células recebidas;
- Tratamento do relógio para manter o correto tempo entre as células.

Alguns requisitos dos serviços de classes C e D, que têm como exemplo transferência de dados orientada à conexões (C) e transferência de dados não orientada à conexões (D), são:

- Retardo máximo de transferência moderado;
- Variação moderada do atraso;
- Ausência de requisito de sincronização entre unidades de dados.

5. BIBLIOGRAFIA

- [BOU92] BOUNDEC, J.-Y. The Assynchronous Transfer Mode: a tutorial. *Computer Networks and OSDN Systems*, vol 27, n.1. Outubro 1992.
- [CPqD 98] CPqD, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento. Treinamento ATM. Curso efetuado na PROCEMPA. Junho de 1998.
- [ALL 95] ALLES, Antony. ATM Internetworking. Cisco Systems, Inc. May, 1995. Disponível em julho de 1998 no endereço www.cell-relay.com/cisco.htm/**/