

UFSC

Pós Graduação em Eng. Elétrica

Redes de Comunicação para Controle e Automação

ATM

*Modelo de Referência RDSI - Banda Larga
(B-ISDN) e as Camadas do Modelo*

Evandro Cantú

Fred Paes

ATM

Modelo de Referência RDSI - Banda Larga (B-ISDN) e as Camadas do Modelo

Rede Digital de Serviços Integrados – Faixa Larga (RDSI-FL)

Diante de toda a evolução dos sistemas de telecomunicações e o avanço de novas tecnologias vemos que a tendência é que tenhamos cada vez mais serviços integrados. Quer dizer, termos acesso a diferentes tipos de informação. Pois a cada dia surge um novo serviço na rede, sejam eles relacionados a áudio, vídeo ou dados.

Entretanto, cada tipo de mídia requer um tipo de transmissão diferente, pois cada uma tem suas características particulares. Sejam elas, requisitos de tempo, de precisão e confiabilidade, custo, etc. Por exemplo, se queremos transmitir uma vídeo conferência não desejamos que quadros da imagem cheguem desordenados, ou que a voz chegue adiantada ou atrasada em relação ao movimento dos lábios do interlocutor. Também é inaceitável se numa transação bancária ocorram operações diferentes daquelas que o cliente efetuou, porque houve um erro na transmissão dos dados entre o caixa eletrônico e a central de processamento do banco.

Desta forma fica claro que cada mídia deve ser transmitida de maneiras diferentes. A realização de uma rede única integrada deve passar necessariamente pela definição de uma tecnologia de transferência diferente das convencionais formas de comutação de circuitos ou de pacotes. Pois no caso de uma ligação telefônica, onde o canal é utilizado normalmente por um curto espaço de tempo, se houvesse um canal dedicado exclusivamente para este fim, haveria uma subutilização do meio físico. Este tipo de comunicação é dito feito por comutação de circuitos e não utiliza de forma eficiente o meio quando são submetidos a tráfegos com taxas variáveis ou em rajadas; bloqueando novas conexões mesmo com um baixo aproveitamento das linhas. Já as redes de comutação de pacotes permitem a melhor utilização dos meios, mas apresentam novas dificuldades quando submetidas a tráfegos contínuos. Nessas redes é difícil garantir vazão constante e retardo máximo. Outra limitação é o grande volume de processamento efetuado pelos nós de comutação que limita a velocidade de transmissão nessas redes, muitas vezes implicando em atrasos acima do tolerável para determinados tipos de tráfegos.

Com todas estas necessidades demandadas pelo avanço tecnológico, pois precisava-se solucionar os problemas apresentados pela comutação de circuito e de pacotes. O ideal seria que houvesse uma maneira de transmitir qualquer tipo de mídia em um mesmo meio de transmissão de forma eficiente. Com o intuito de preencher esta lacuna, em 1980 foi estabelecido pelo então CCITT, hoje ITU-T a arquitetura RDSI (Rede Digital de Serviços Integrados). Naquela ocasião foi percebido o valor da arquitetura e o potencial que ela fornecia. Dentro deste âmbito, no final desta mesma

década, foi estabelecido que a maneira de atender as necessidades dos serviços integrados seria realmente através do Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN), incluindo a adoção do ATM (Asynchronous Transfer Mode) como modo de transferência da informação. Em 1990 foram aprovadas doze recomendações, tais como: definição dos serviços oferecidos, a arquitetura em camadas para redes ATM, definição das camadas da arquitetura e o funcionamento da rede e seus princípios de operação e manutenção.

Atualmente existe a Rede Digital de Serviços Integrados Faixa Estreita (RDSI-FE) e Rede Digital de Serviços Integrados (RDSI-FL). A principal idéia por trás de ambas é dar suporte a uma vasta gama de serviços, através de um conjunto de interfaces de acesso únicas e padronizadas. A rede deve permitir a transmissão de tráfegos que necessitem de serviços com características encontradas tanto nas redes de comutação de circuitos quanto nas redes de comutação de pacotes, e ainda permitir a definição e acomodação adequada de novos serviços de entrega. No trabalho apresentado neste relatório foi abordado o RDSI-FL.

Deve-se ser enfatizado que a similaridade entre RDSI-FL e o RDSI são somente no conceito e que ambas trabalham de acordo com um mesmo modelo geral. Na prática suas interfaces não são compatíveis. É impossível fazer um “up grade” em uma interface RDSI para uma RDSI-FL.

O termo “Asynchronous” do Modo de Transferência Asynchronous significa que as células podem ser utilizadas sem uma exigência exata de tempo, ou seja não precisa haver um sincronismo ou uma base periódica para tal. As células podem ser transportadas de maneira síncrona na rede, porém elas podem ser executadas baseadas no tipo de aplicação, que pode ser síncrona ou assíncrona. As máquinas ATM criam continuamente streams de células, se nenhuma informação vai ser enviada, as células ficam vazias e são enviadas.

Redes *Fast Relay* e ATM

Como um dos requisitos para implantar uma rede de serviços integrados é a alta velocidade de transmissão da informação, foi estabelecido que isto seria feito através dos chamados fast relay systems. Este tipo de abordagem é subdividida em: Frame Relay e Cell Relay.

O Frame Relay usa um tamanho de quadro variável, PDU (Protocol Data Unit) variável. Também é usado para propiciar serviços integrados (RDSI). O Cell Relay é base da arquitetura ATM. Nele a informação do usuário pode ter qualquer tamanho, no entanto será segmentada em células (PDU) de tamanho fixado em 53 bytes, sendo 48 bytes de informação (pay load) e 5 bytes de cabeçalho (header).

As razões para utilizar células e não quadro é que as células predizer seu desempenho, atrasos na rede. É mais fácil gerenciar o buffer dos comutadores, é mais fácil de implementar em hardware. Porém a principal característica é ser determinístico.

Entretanto apesar de todas estas vantagens apresentadas por esta escolha, alguns críticos se referem a este sistema como gerador de muito overhead, pois existirá um cabeçalho com 5 bytes para cada 48 bytes de informação. Porém temos que convir que o meio de transmissão, a fibra óptica tem um desempenho excelente e os

computadores estão cada vez mais poderosos, desta forma o grande overhead não chega a comprometer o sistema.

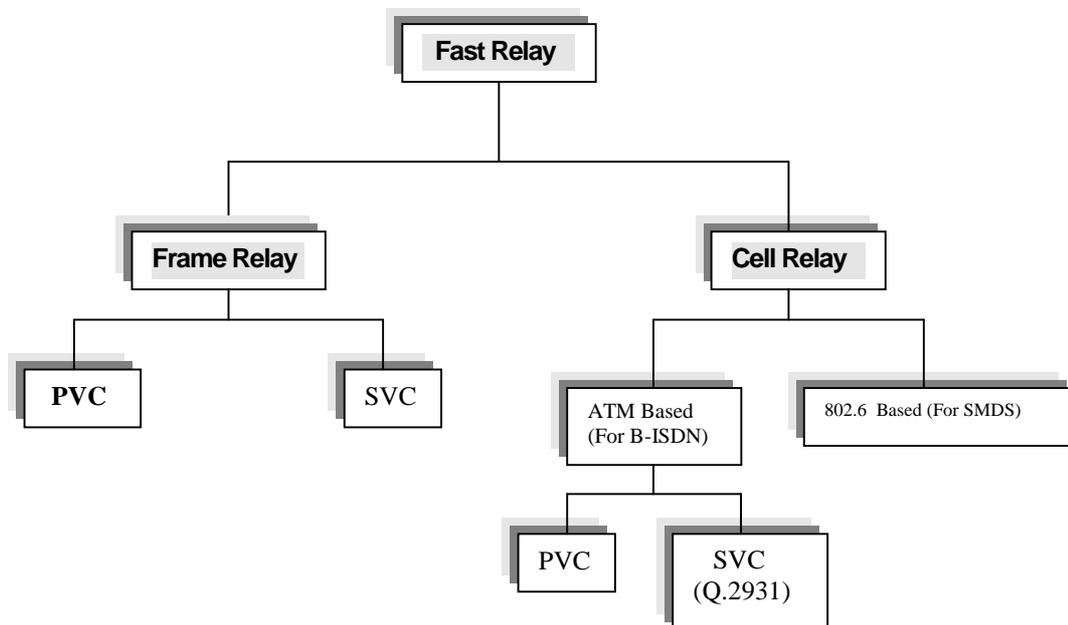


Figura 1

Camadas do Modelo ATM

Introdução ao Modo de Transferência Assíncrono (ATM)

O Modo de Transferência Assíncrono (ATM) é uma variante da transmissão por pacotes, onde a informação é enviada em pacotes de tamanho fixo, chamados células. Ela utiliza o conceito de circuito virtual, onde as células de uma mesma mensagem são enviadas sobre um mesmo circuito, em seqüência. Ela é dita assíncrona, porque a rede não impõe nenhum sincronismo entre o emissor e o receptor dos dados.

O campo de informação de uma célula ATM é transparente para a rede e, neste campo, é possível transportar sinais de vários tipos de serviços (como dados, voz ou imagens), seja pela técnica de transmissão orientada a conexão como não orientada a conexão. Para suportar os diferentes tipos de serviços, várias camadas de adaptação foram propostas.

Padronização para Redes ATM

Os esforços de padronização ATM tiveram a participação de órgãos internacionais como ITU-T e ISO. Como resultado, os princípios da técnica ATM do estão detalhados em um conjunto de recomendações do ITU-T listadas na tabela 1.

Recomendação do ITU-T	Descrição
I.113	Vocabulário
I.121	Aspectos da RDSI faixa larga
I.211	Classificação dos serviços RDSI faixa larga
I.327	Arquitetura funcional
I.321	Modelo de referência dos protocolos
I.311	Aspectos gerais da rede RDSI faixa larga
I.150, I.361	Camada ATM

Tabela 1. Recomendações RDSI-FL e ATM

O crescente interesse pelas novas tecnologias de rede que permitem a integração de serviços, como o ATM, levou a criação de órgãos paralelos, como o ATM Forum. Este órgão é um consórcio de empresas de informática e telecomunicações que tem como objetivo assegurar a interoperabilidade entre equipamentos privativos e os equipamentos das redes públicas de telecomunicações e tem trabalhado em cooperação com o ITU-T.

Visão Geral do Hardware ATM

O componente básico de uma rede ATM é o comutador (*switch*), que permite chavear e transmitir as células em altíssima velocidade. Um *switch* típico pode conectar, através de pares de fibra óptica, 16 ou 32 computadores (figura 1-a).

Vários *switch* ATM podem ser conectados formando grandes redes. Dois tipos de interfaces foram definidas para a interconexão de *switchs*. A interface UNI (*User to Network Interface*) projetada como interface entre equipamentos de clientes e o equipamento da provedora de serviços de telecomunicações. E a interface NNI (*Network to Network Interface*) projetada para conectar equipamentos de duas provedoras (figura 1-b).

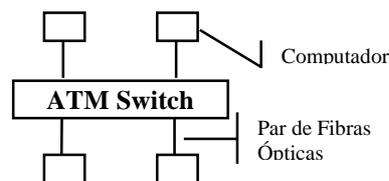


Figura 1-a

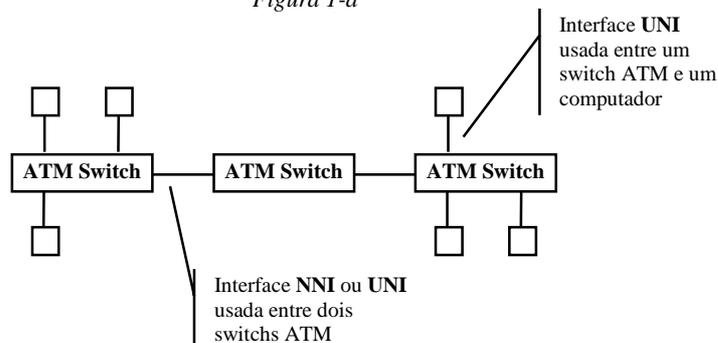


Figura 1-b

Modelo de Protocolos ATM

O modelo de referência dos protocolos ATM é organizado em camadas e em planos separados.

Há três planos separados: um plano usuário, um plano de controle e um plano de gerenciamento, conforme ilustrado na figura 2.

O plano usuário fornece suporte as aplicações do usuário. É constituída pela camada física, pela camada ATM e por várias tipos de camadas de adaptação ATM, chamadas AAL (*ATM Adaptation Layer*), adaptadas aos diferentes tipos de tráfego requisitados pelas aplicações.

Os protocolos do plano de controle oferecem suporte as mensagens de sinalização. Este plano compartilha os níveis físico e ATM com o plano usuário. Acima da camada ATM aparece uma camada de adaptação especial para a sinalização, chamada SAAL.

O plano de gerenciamento executa as funções de gerenciamento e de coordenação entre os planos.

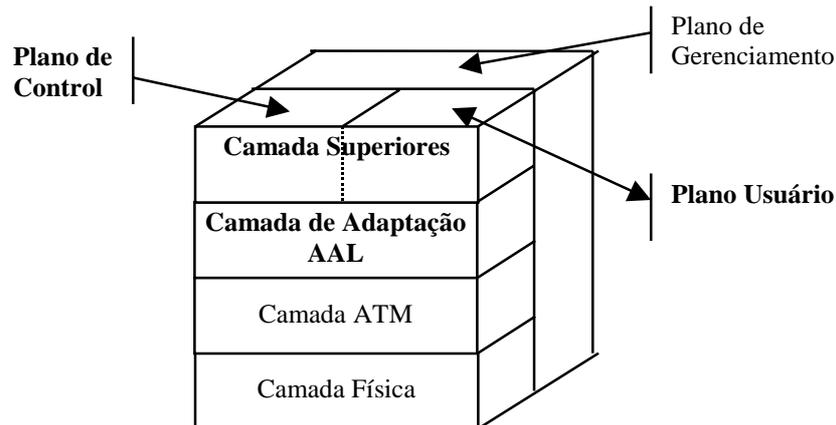


Figura 2

A Camada Física

A camada física faz o transporte das informações (bits/células), sendo constituída de duas sub-camadas:

- Sub-camada Meio Físico – responsável pela emissão e recepção dos elementos binários sobre o suporte físico. Esta camada depende da natureza do meio físico utilizado, sendo também responsável pela gerenciamento do tempo para a transmissão e pela codificação de linha dos dados.
- Sub-camada Convergência de Transmissão – assegura a construção e a adaptação do fluxo de células ao sistema de transmissão utilizado pelo suporte físico; ela é a responsável pela geração e verificação do campo de controle de erros constante do cabeçalho da célula, chamado HEC (*Header Error Check*); bem como é responsável pela delimitação das células.

O suporte físico de transmissão pode utilizar várias técnicas de transmissão digital. O ITU-T especifica algumas soluções para as redes ATM, como a Hierarquia Digital Síncrona (SDH) e a Hierarquia Digital Plesisócrona (PDH).

A Camada ATM

A camada ATM realiza o roteamento e a multiplexação das células. Suas funções principais são definidas pela estrutura do cabeçalho da célula.

Cada célula é constituída por 53 octetos, 48 octetos utilizados para transmissão de dados e 5 octetos que formam o cabeçalho da célula, conforme mostra a figura 3.

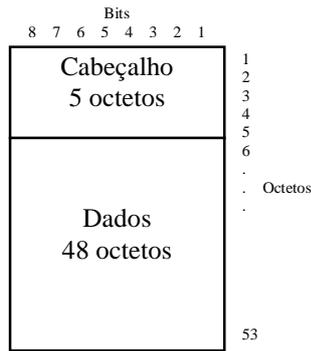


Figura 3

O cabeçalho da célula contém a identificação da rota na qual a mesma é transmitida.

Uma vez admitida na rede, as células são auto-roteadas e o campo de dados da célula não recebe nenhum tratamento de erros, sendo este tipo de controle limitado ao conteúdo do cabeçalho da célula, através uma checagem por redundância cíclica.

Quanto maior for a taxa de transmissão, maior será o número de células transmitidas por unidade de tempo.

A figura 4 ilustra a transmissão da células, cada qual seguindo uma rota pré-definida. As células de uma mesma mensagem seguem em seqüência, podendo haver em dado momento células de mensagens diferentes sendo transmitidas no mesmo circuito físico de transmissão.

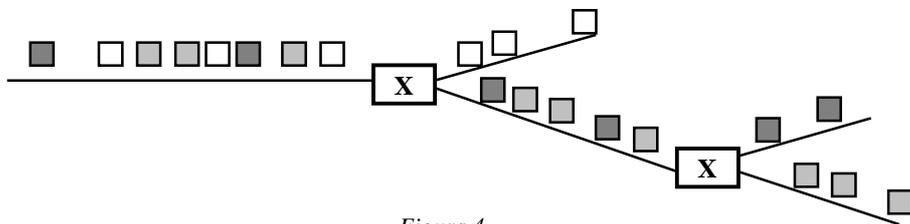


Figura 4

A figura 5 detalha o cabeçalho de uma célula ATM para a interface UNI.

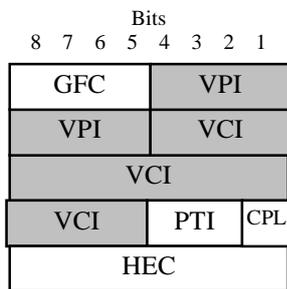


Figura 5

Os principais campos do cabeçalho são os identificadores do circuito virtual, no qual a célula será transmitida. Estes campos são o VPI (*Virtual Path Identifier*) e o VCI (*Virtual Chanel Identifier*), que definem o paradigma de conexão ATM, a ser detalhado a seguir.

Além dos campos VPI/VCI, o cabeçalho da célula ATM contém um campo utilizado para controle de fluxo para a interface UNI (GFC) (não existindo na interface NNI). Um campo de prioridade (CLP), utilizado para descarte de células em caso de congestionamento. Um campo de tipo de capacidade útil (PTI), utilizado para identificar a última célula componente de um quadro da camada superior. E o campo para controle de erros do cabeçalho (HEC).

O Circuito Virtual ATM

Para se comunicar com uma máquina remota sobre uma rede ATM, é necessário estabelecer uma conexão. Dois tipos de conexão são definidos:

- Conexão de caminho virtual (VP);
- Conexão de canal virtual (VC).

O meio físico de transmissão oferece o suporte para as conexões VP, chamadas de conexões semi-permanentes. Sobre um VP, vários VC podem ser multiplexados entre o mesmo par origem-destino, chamadas de conexões temporárias.

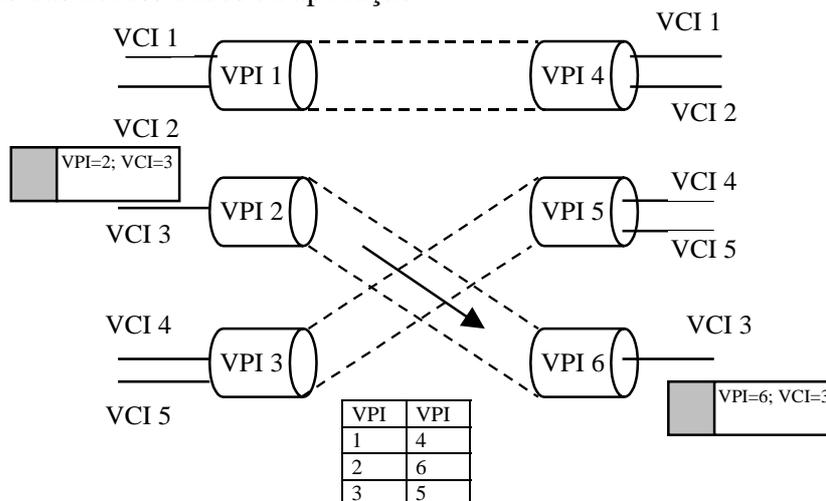
O encaminhamento de células se faz por uma abertura prévia de conexão de VC, similar a uma ligação telefônica convencional, devendo-se especificar o endereço completo da máquina remota e qualificar o serviço requerido. A camada de sinalização ATM se encarregará do processo de abertura de conexão, formando um circuito virtual no qual as células serão enviadas. Este circuito virtual será caracterizado pelos identificadores VPI e VCI e consistem na única identificação que permitirá as células chegarem ao seu destino.

A motivação de dividir o identificador da conexão em VPI e VCI é similar a divisão utilizada no endereçamento IP, que separa o identificador do *host* e do identificador da rede. No caso das redes ATM, isto diminuirá o tamanho das tabelas de chaveamento que serão necessárias em cada comutador da rede.

A Comutação ATM

A comutação das células em cada *switch* pode ser ao nível de VP ou VC. No caso de comutação de VP (figura 6-a), somente o valor de VPI é traduzido sendo que vários VCs são comutados em conjunto. Uma conexão de VP é uma conexão semi-permanente, sendo um feixe de VC ligando um mesmo par origem-destino.

Se a comutação é ao nível de VC (figura 6-b), os valores de VCI e VPI são traduzidos. As conexões de VC são temporárias e podem ser abertas ou fechadas em função das necessidades da aplicação.



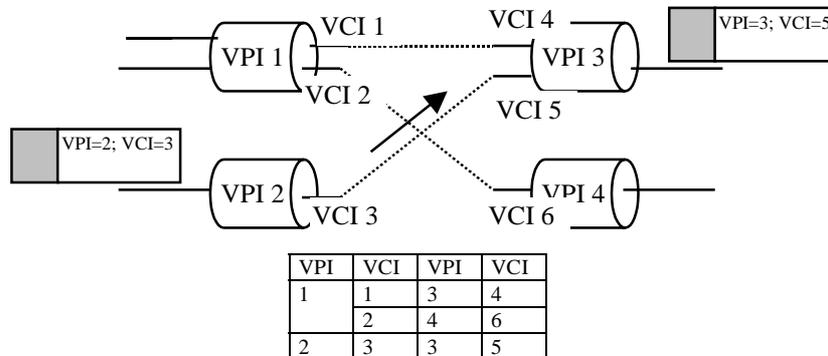


Figura 6-b

A Camada de Adaptação ATM (AAL)

A Camada de Adaptação ATM (AAL) faz a adaptação das informações das camadas mais altas, que dependem do tipo de serviço, para a forma de células ATM.

O ITU-T definiu quatro classes de serviços, relacionados como serviços Classe A a D, cujas características estão na figura 7.

	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
Tempo na Fonte e Destino	Relacionado		Não Relacionado	
Taxa de geração de bits	Constante (CBR)	Variável (VBR)		
Modo de conexão	Orientado a conexão			Sem conexão

Figura 7

A Classe A é utilizada para emulação de circuitos, como transmissão de voz e vídeo a taxas constantes. A Classe B é basicamente destinada ao tráfego de voz e vídeo compactados, o que gera taxas variáveis de transmissão. A Classe C é destinada aos serviços tradicionais de comutação de pacotes, como os serviços usando o protocolo X.25. A Classe D é por sua vez, destinada aos serviços sem conexão, como os de interconexão de redes com o TCP/IP.

Tipos de AAL

Quatro tipos de camadas AAL foram definidos pelo ITU-T, adaptadas as diferentes classes de serviços requeridos pelas aplicações:

- AAL 1 – para a transferência de informações com fluxo constante e requisitos de tempo entre origem e destino (Classe A), como o tráfego telefônico;
- AAL 2 – para a transferência de informações com fluxo variável e requisitos de tempo entre origem e destino (Classe B), como o tráfego de vídeo comprimido;

- AAL 3/4 – para a transferência de dados em modo orientado a conexão e em modo não orientado a conexão (Classe C eD);
- AAL 5 – que é uma variação para a transferência de dados em modo não orientado a conexão, otimizada em relação a AAL 3/4 pelo Forum ATM.

Há também uma camada AAL especial para a sinalização (SAAL), utilizada para dar suporte a abertura de conexões e a sinalização entre os comutadores ATM.

Estrutura da AAL

A camada AAL é organizada em duas sub-camadas (figura 8):

- Sub-camada Convergência (CS – *Convergence Sublayer*) – responsável entre outras funções pela identificação das mensagens, detecção de mensagens perdidas e gerenciamento do tempo.
- Sub-camada Segmentação e Remontagem (SAR – *Segmentation and Reassembly*) – esta sub-camada segmenta (remonta) a informação fornecida pela sub-camada CS. A informação resultante da segmentação tem um comprimento de 48 octetos e será carregada no campo de dados da célula ATM.

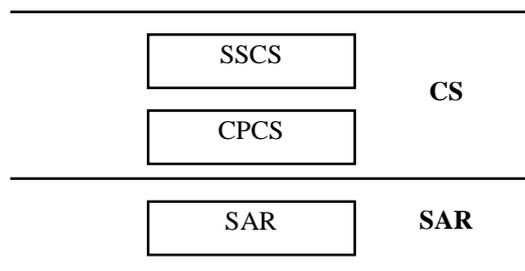


Figura 8

A sub-camada CS por sua vez, também é subdividida em duas sub-camadas:

- Sub-camada Parte Comum de CS (CPCS – *Common Part CS*), comum às várias camadas de adaptação;
- Sub-Camada Parte Específica de CS (SSCS – *Service Specific CS*) que depende do tipo de serviço oferecido pela camada de adaptação em questão.

Dentre os diversos tipos de camadas de adaptação, somente a AAL 1 e AAL 5 alcançaram sucesso comercial. A AAL 1 sendo utilizada para a transferência de tráfego com requisitos de tempo entre fonte e destino como voz e vídeo e a AAL 5 para a transferência de dados.

A Camada de Adaptação AAL 1

A camada de adaptação AAL 1 permite a transferência de informações entre uma fonte e um destino para serviços com taxas constantes de transmissão, onde o sincronismo existente na origem deve ser reproduzido no destino. As funções da AAL 1 são:

- O recebimento das informações na origem e seu empacotamento no campo de informação das células para transmissão através da rede;
- A entrega das informações no outro lado da rede, mantendo a sincronização existente na origem.

Funções da Sub-Camada SAR

A sub-camada SAR aceita blocos de informações de 47 octetos da sub-camada CS (SDU CS) e então adiciona um octeto de cabeçalho para formar a PDU SAR¹. Cada PDU SAR de 48 octetos é então repassado a camada ATM para ser empacotado no campo de dados da célula ATM.

O cabeçalho da PDU SAR contém o campo chamado SN, com um número de seqüência, é usado para detectar perda ou desordenamento da PDU SAR. O campo SNP utilizado para detectar erros no SN e um bit de paridade CSI que protege os demais bits do cabeçalho.

A figura 9 indica a estrutura do PDU SAR.

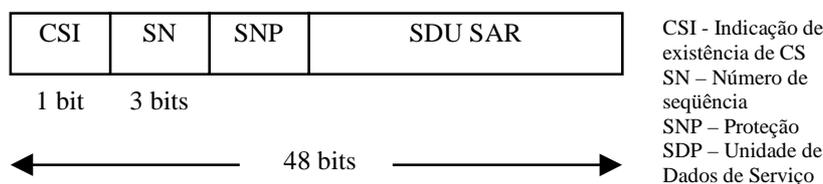


Figura 9

A Camada de Adaptação AAL 5

A camada de adaptação AAL 5 foi elaborada para trabalhar de forma mais eficiente que a AAL 3/4. Ela é uma camada de adaptação utilizada para a transferência de dados com entrega assegurada e não assegurada, e em modo de mensagem ou de fluxo.

Na operação assegurada a AAL 5 efetua a recuperação de erros através de retransmissão, o que não é feito na operação não assegurada, ficando a cargo do usuário o tratamento do erro. No modo de mensagem, cada quadro de informação é recebido do usuário e envidado a outro usuário da rede. No modo de fluxo, um fluxo de quadros é recebido do usuário e envidado a outro usuário da rede.

Estas opções de operação da AAL 5 são implementadas como parte da sub-camada de convergência específica do serviço (SSCS).

Funções da Sub-Camada CPCS

A sub-camada CPCS transfere em modo não assegurado dados recebidos do nível superior (SSCS) com um tamanho de 1 a 65535 octetos. Esta sub-camada assegura a detecção e indicação de erros e faz o alinhamento para um tamanho que seja múltiplo de 48 octetos utilizando um campo de preenchimento (*padding*).

¹ De acordo com a terminologia adotada no modelo OSI, as interfaces entre sub-camadas são definidas através de primitivas lógicas, onde SDU (*Service Data Unit*) é a unidade de informação de serviço recebida da camada superior, e PDU (*Service Data Protocol*) é a informação de protocolo, gerada a partir de uma SDU recebida da camada superior.

Funções da Sub-Camada SAR

A sub-camada SAR recebe as SDU de CPCS, que são sempre blocos cujo tamanho é um múltiplo de 48 octetos, e as divide em pacotes de 48 octetos que vão compor a PDU SAR, que por sua vez será carregada no campo de informação da célula ATM. Para indicar o fim da SDU, o campo PT (*Payload Type*) do cabeçalho da célula é utilizado. Para o último PDU o valor de PT é 1 e para os demais o valor é 0.

A figura 10 dá uma visão das funções da parte comum da AAL 5.

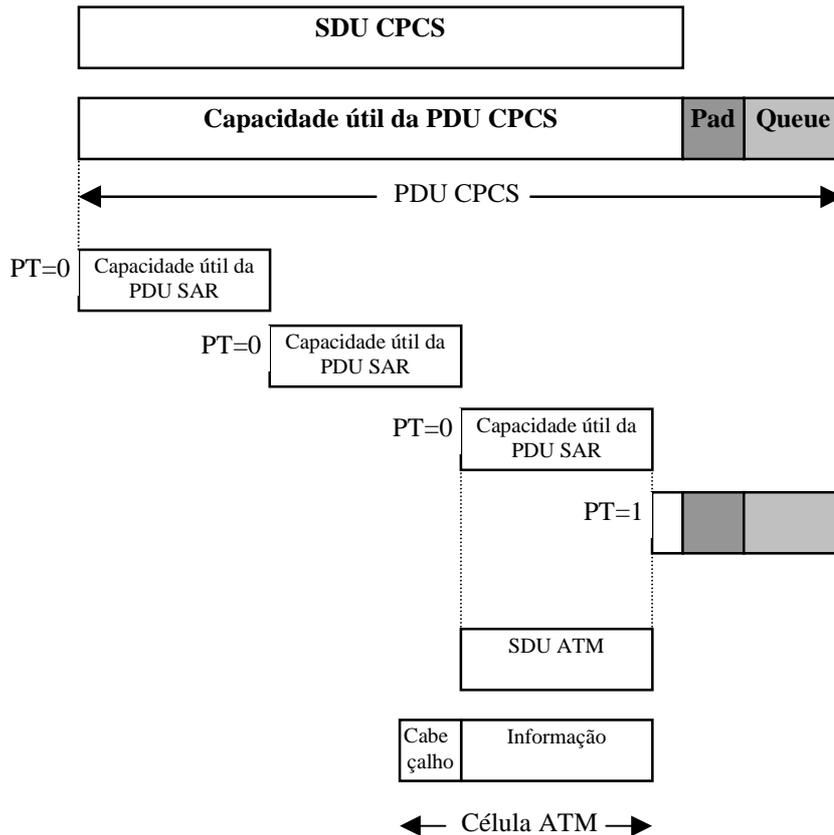


Figura 10

Referências Bibliográficas

PRYCKER, Martin de. **Asynchronous Transfer Mode – Solution for Broadband ISDN**, Prentice Hall, UK, 1995.

BLACK, Uyles. **ATM Foundation for Broadband Network**.

TANENBAUM, Andrew S. **Redes de Computadores**.

SOARES, Luiz Fernando Gomes; LEMOS, Guido; COLCHER, Sérgio. **Redes de Computadores – Das LANs, MANs e WANs às Redes ATM**, Editora Campos, Rio de Janeiro, 1995.

COMER, D. E.. **Internetworking with TCP/IP, Vol 1 – Principles, Protocols and Architecture**, 3º Edition, Prentice Hall, 1995.

CANTÚ, Evandro. **Test de Protocoles pour la Signalisation dans les Réseaux ATM**, Relatório de Estágio realizado no Institut National des Télécommunications, Evry, França, 1996.