CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA FACULDADE DE TECNOLOGIA DE INDAIATUBA

CURSO DE TECNOLOGIA EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS

RAFAEL TOSHIO HONMA HONDA

**Redes**

INDAIATUBA

2018

**X.25**

**Fundamentos**

Os protocolos X.25, ATM e Frame Relay baseiam-se no conceito de redes comutadas. O Frame Relay apesar de ser usado em redes comutadas, é um protocolo não orientado à conexão, diferentemente do X.25 e do ATM que são protocolos orientados à conexão.

Em redes roteadas os datagramas são enviados para rede e os roteadores da rede decidem, dinamicamente, qual é a melhor rota para o datagrama seguir até chegar ao seu destino. Já nas redes comutadas, o funcionamento é diferente. Suponha que o computador A deseja enviar dados para o computador B. Primeiro o computador a enviar ao roteador 1 uma mensagem pedindo para abrir uma conexão com o computador B. O roteador 1 replicará esse pedido para o roteador 2, que o replicara para o roteador três, até que a mensagem chega ao computador B. O computador B, aceitando essa conexão, envia uma resposta usando o mesmo caminho. Quando a conexão se estabelece, os dados poderão ser trocados livremente nos dois sentidos (full-duplex), mas sempre usando o mesmo caminho estabelecido quando a pedir uma conexão para B.

Dessa forma, essa é a primeira característica das redes comutadas: durante a conexão, o caminho usado será sempre o mesmo. Esse caminho é chamado de circuito virtual.

O circuito virtual, fica preso a conexão que está em curso, mesmo que nenhum dado esteja sendo transmitido em um determinado momento. O caminho só é liberado quando conexão é terminada.

Os roteadores permitem várias conexões simultâneas assim, a conexão de A com B só está ocupando um dos canais de comunicação existentes nos roteadores envolvidos. Supondo que o roteador um tenha 1000 canais, ainda sobraria outros 999 para novas conexões. Por outro lado, na 1001 chamada o roteador irá automaticamente recusar sua chamada, já que ele não terá nenhum canal disponível para efetuar essa chamada.

Em redes não comutadas isso não ocorre: todo roteador possui uma memória que armazena os últimos datagramas recebidos. Mesmo que o roteador não seja capaz de responder aos datagramas recebidos naquele momento, eles são armazenados na memória, até que o roteador fique livre para atende-los. A não ser que o trafego seja intenso demais e o roteador não possua mais memória disponível para armazenar os datagramas recebidos, quando então começa descarta-los.

A grande vantagem de reservar um canal para conexão é o desempenho. Quando novas conexões são estabelecidas no roteador, o desempenho do fluxo de dados dos demais canais não é alterado. Em redes não comutadas os roteadores aceitam mais dados mesmo que estejam sobrecarregados, diminuindo o desempenho das conexões.

Dessa forma, o fato de os roteadores de rede comutadas recusarem chamadas quando estão com todos seus canais tomados é, na verdade, uma medida para proteger desempenho das demais conexões em curso.

As redes não orientadas a conexão e não comutadas são baratas e, teoricamente, não possui limites de conexões, mas em compensação o desempenho diminui conforme o aumento do tráfico na rede, o que não ocorre com as redes comutadas.

**X.25**

Em geral quando falamos apenas X.25 estamos nos referindo a camada nível de pacote. A camada nível de link é responsável por transformar os pacotes recebidos do protocolo X.25 em quadros a serem transmitidos pela rede. Protocolo mais usado nessa camada chama-se LAPB (Link Access Protocol). E a camada nível físico recebe os quadros enviados pela camada superior, nível de link, e os transforma em sinais elétricos a serem transmitidos pela rede. O padrão mais usual nesta camada é o X.21, que especifica a interface com cabeamento da rede.

As camadas nível de link em nível físico do padrão X.25 são amarrados ao protocolo X.25 como sendo parte dele, ao contrário do que ocorre os protocolos como TCP/IP e o IPX/SPX. Nestes, o protocolo pode usar qualquer outro tipo de protocolos das camadas 1 e 2 do modelo OSI como por exemplo o Ethernet, Token Ring, inclusive, o próprio X.25. Isso significa que, enquanto o TCP/IP e o IPX/SPX podem ser utilizados em qualquer rede independente de sua estrutura física, o X.25 porém está amarrado em um único tipo de estrutura física, definida por suas camadas nível de link de nível físico.

O protocolo X 25 trabalhar com dois conceitos: DTE (Data Terminal Equipment) e DCE (Data Circuit Terminating Equipment). Normalmente DTE é um computador e o DCE um roteador ou switch, O caminho entre o DTE e DCE é normalmente uma rede local.

É interessante notar que a especificação X.25 estabelece apenas as regras para a comunicação entre o DTE e o DCE ou seja, entre o computador A e o roteador A e entre o computador B e o roteador B. Em princípio a maneira como é feita comunicação entre os roteadores A e B na rede não é uma tarefa do X.25

Uma característica ruim em rede X.25 é o atraso causado pelo funcionamento desse protocolo. Cada DCE armazena os dados recebidos para depois envia-los para o destino, em vez de simplesmente comutar a origem com destino. Esse mecanismo chamado store-and-forward e causa um atraso típico de 600 milissegundos, que é quase uma eternidade.

Outro ponto de ser levado em conta é que os DCEs, por armazenarem os dados a serem transmitidos para rede, precisam ter bastante memória para esse armazenamento. Um roteador X.25 é portanto mais caro que um roteador Frame Relay, que é um protocolo com funcionamento muito parecido com X.25, mas não usando esse esquema de store-and-forward.

Para que o DTE A iniciei uma comunicação com o DTE B, existem três possibilidades:

1. O DTE A informa ao DTE A que ele quer estabelecer uma conexão com o DTE B. Esse procedimento é conhecido como chamada. Quando a chamada é estabelecida, é fechado o circuito virtual. No X.25 o circuito virtual chamado SVC (Switched VirtualCircuit).
2. O DCE A informa ao DTE A que o DTE B está querendo estabelecer uma conexão com ele (DTE A está recebendo uma chamada)
3. A conexão DTE A com DTE B pode ser estabelecida permanentemente. Esse tipo de conexão é chamado PVC ( Permanent Virtual Circuit). A conexão PVC equivale, no sistema telefônico, a você ter uma linha privada (LP) com uma conexão 24 horas por dia ligando dois locais. Já a conexão SVC equivale a uma chamada telefônica convencional.

**Nível de pacote**

O protocolo X.25 utiliza um numero de 12 bits para numerar os canais

comunicação. Como o canal 0 é reservado, pode-se ter até 4095 canais em cada DCE. Nos pacotes X.25 O número do canal é separado em dois campos, grupo com 4 bits e canal com 8 bits.

**Chamada**

Para estabelecer uma conexão o DTE origem(A) manda o pedido de chamada

Para o DTE de destino(B), esse pedido de chamada é um pacote.



O DTE A, ao comunicar-se com o DCE A, escolhe o nome de canal que esteja

vago. Ele coloca esse número no campo número do canal. O campo tipo informa que o pacote é um pedido chamada. Os campos endereço DTE de origem, endereço DTE de destino e serviços possuem tamanho variável, por isso a existência de um campo para definir o comprimento desses campos dentro do pacote. O campo serviços serve para comunicar ou configurar serviços adicionais na rede X.25 como por exemplo o tamanho da janela de comunicação e a velocidade de transmissão. Esses serviços não fazem parte da especificação X.25 padrão, portanto, variam de acordo com desenvolvedora que está implementando rede, ou seja variam de acordo com empresa que está implementando a rede X.25.

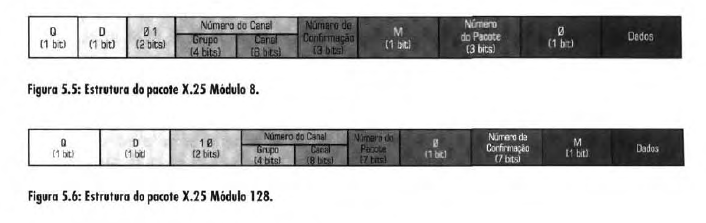
Se o DTE B aceitar o pedido de chamada do DTE A, ele enviará um pacote de chamada aceita para o DTE A. Esse pacote passando pelo DCE B e pelo DCE A irá fechar o circuito virtual, isto é, irá criar um SVC. O canal usado para comunicar DTE A com o DCE A irá permanecer o mesmo até o fim da conexão, assim como o canal usado para comunicar com DCE B e com o DTE B.

A conexão permanece até um dos dois DTEs enviar um pacote de termino de conexão para seu DCE, chamado clear request. O DCE enviará esse pacote para outro DCE, liberando a conexão assim que o pedido for confirmado pelo outro DCE, desfazendo o circuito virtual. liberando os canais envolvidos na comunicação.

**Transmissão de Dados**

O protocolo X.25 permiti o uso de dois tipos de pacotes de dados. No primeiro tipo, chamado módulo 8, o número do pacote e o número de confirmação utilizam 3 bits. No segundo tipo, chamado módulo 128, o número do pacote e o número de confirmação utilizam 7 bits. O tamanho do módulo identifica o tamanho da janela do protocolo X.25. Essa forma, em uma conexão usando pacotes módulo 8, o transmissor pode enviar até oito pacotes antes de receber a confirmação do primeiro pacote pelo receptor. Tenho uma conexão usando pacotes módulos 128, o transmissor pode enviar até 128 pacotes antes de receber a confirmação de recebimento do primeiro pacote.

A escolha entre pacotes módulo 8 ou módulo 128 depende da implementação da rede. Em alguns casos, a escolha do tipo de pacote se da quando a rede é implementada. Em outros, é possível escolher o tipo de pacote em cada chamada. A partir do momento em que uma conexão é estabelecida, não é possível alterar o tipo de pacote que está sendo usado.



Os campos existentes no cabeçalho dos dois tipos de pacote são os mesmos, o que muda é a ordem deles. O terceiro e o quarto bit do cabeçalho indicam se pacote é modulo 8 ou se o pacote é módulo 128. É dessa forma que é feita a identificação do tipo de pacote utilizado.

Os DTEs podem usar o bit Q da maneira que eles bem entenderem, já que a especificação X.25 não define a função desse bit. Se o DTE de origem colocar esse bit em 1, ele chegará ao DTE de destino valendo 1 (o mesmo ocorre para o valor 0). Dessa forma, a função do bit Q, isto é, o seu significado, depende do desenvolvedor que implementou o protocolo X.25

O bit D informa se o número de confirmação informado indica o recebimento do pacote no DTE de destino (bit estando em 1) ou somente ao DCE no qual o DTE de destino está conectado (bit estando em 0).

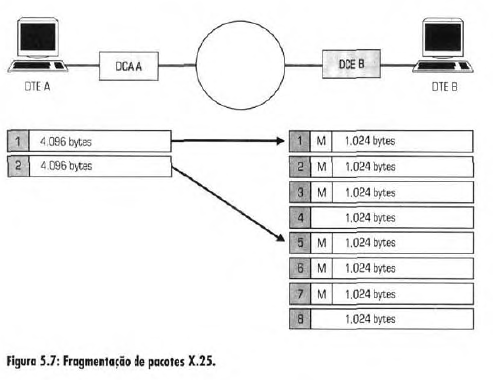
Já o bit M quando ativado indica que o pacote foi fragmentado e há mais pacotes a serem recebidos que pertencem a um mesmo pacote original. A área de dados do pacote X.25 pode ter um tamanho entre 64 e 4.096 bytes, sendo 128 bytes o valor mais comum de ser encontrado.

É importante lembrar que o X.25 é um protocolo simétrico. Ele permite transmissões e recepções simultâneas (full-duplex). Com isso, enquanto um computador está recebendo dados, ele pode, ao mesmo tempo, estar enviando pacotes de confirmação sem, com isso ter de parar de receber dados.

**Fragmentação**

Pode ser que a rede de destino utilize pacotes de tamanhos menores que a rede de origem. Quando isso ocorre os pacotes precisam ser fragmentados.

Apenas para que a ideia fique clara devemos lembrar que um DTE é normalmente um computador e um DCE é normalmente um roteador. Assim, o caminho entre o DTE e o DCE é normalmente uma rede local. Assim. Se o tamanho dos pacotes na rede de origem for maior do que os da rede de destino, o pacote de dados precisa ser fragmentado.



A figura acima mostra uma rede de origem trabalhando com pacotes de 4.096 bytes e uma rede de destino trabalhando com pacotes de 1.024 bytes. Ao chegar no DVE de destino (roteador), ele quebrara o pacote em vários outros com o tamanho de pacote que está sendo usado na rede.

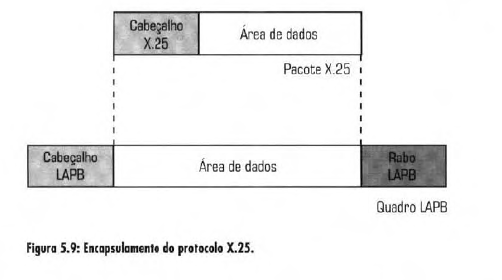
O bit M será ativado indicando que o próximo pacote possui informações que estavam presentes originalmente no mesmo pacote em que o pacote corrente. Assim, o ultimo pacote gerado na fragmentação de um pacote não terá esse bit ativado, como mostra a figura, já que os dados do próximo pacote não estavam armazenados junto com os demais, isto é, fazem parte de um outro pacote.

Outro detalhe interessante é que o DCE receptor ira numerar os pacotes fragmentados sequencialmente independente da numeração original, como podemos observar na figura, onde o pacote 1 gerou no DCE de destino os pacote de 1 a 4, eo pacote 2 gerou os pacote de 5 a 8.

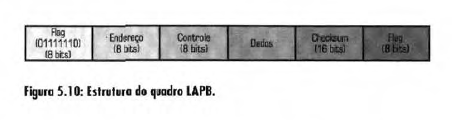
Este sistema funciona também no outro sentido, quando a rede de destino usa pacotes maiores do que a rede de origem.

**Nivel de Link (LAPB, Link Access Protocol, Balanced)**

O nível de link é responsável por pegar os pacotes gerados pelo nível de pacotes e encapsula-los em forma de quadros que serão enviados para a rede. O protocolo mais usado nesta camada é o LAPB.



Um quadro LAPB possui a estrutura mostrada na figura 5.10

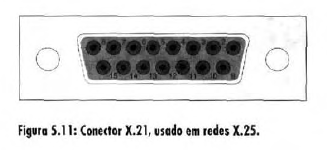


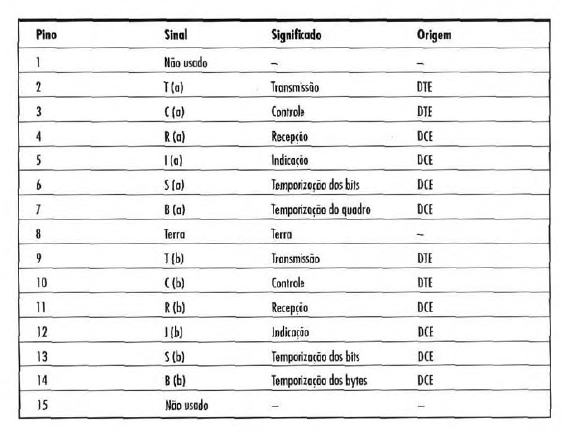
Os campos existentes no quadro LAPB são os seguintes:

* Flag: indica o inicio ou fim do quadro, sempre possui o valor 01111110 (7Eh)
* Endereço: esse campo é usado para indicar o sentido dos comandos de controle, o valor 1 neste campo indica quadros contendo comandos do DTE para o DCE e respostas do DCE para o DTE. O valor 3 neste campo indica quadros contendo comandos do DCE para o DTE e respostas do DTE para o DCE.
* Controle: indica o tipo de quadro, como, por exemplo, “informação”, quando o quadro possui dados a serem transmitidos e “Supervisão”, quando o quadro possui comandos de controle.
* Chechsum: o checksum é calculado e colocado neste campo, para que o dispositivo receptor possa recalcula-lo e verificar se os dados chegaram íntegros.

**Nível Físico (X.21)**

A especificação X.21 é a mais usada em redes X.25. Essa especificação determina o conector e os pinos do conector que os dispositivos de redes X.25 devem utilizar. Esse conector possui 15 pinos.





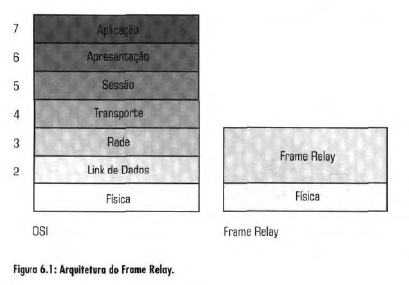
O DTE utiliza os pinos T e C para transmitir dados para o DCE. Já o DCE utilize os pinos R e 1 para transmitir dados para o DTE. Dessa forma, os termos transmissão e recepção usados pelo X.21 referem-se ao ponto de vista do DTE. O pino S é um sinal de clock que indica o início eu final de cada bit. Esse pino normalmente não é utilizado.

**Frame Relay**

**Fundamentos**

O Frame Relay é um protocolo baseado em redes comutadas, assim como o X.25 e o ATM. O funcionamento do Frame Relay é muito parecido com do X.25. A grande diferença é que Frame Relay, ao contrário do X.25, não é um protocolo orientado a conexão, portanto a entrega dos dados não é garantida, a verificação dos pacotes recebidos é feita pelo protocolo acima dele

O Frame Relay opera nas camadas 2 e 3 do modelo OSI.



A vantagem do Frame Relay em relação ao X.25 é a velocidade. Por não possuir nenhum mecanismo para verificar se datagrama chegou ou não ao destino, este protocolo consegue ser mais rápido do que o X.25, já que no X.25 o receptor precisa enviar uma informação de confirmação ao transmissor a cada pacote recebido.

Quando um roteador Frame Relay encontra um erro com o quadro recebido, ele é simplesmente descartado, sem avisar nada tanto ao transmissor quanto ao receptor. No Frame Relay cada DCE enviar diretamente os dados ao próximo DCE através do canal virtual estabelecido.

O Frame Relay foi criado em uma época em que linhas digitais já estavam disponíveis, onde a taxa de erros muito baixa e, portanto, as retransmissões de pacotes perdidos vou com erros não são tão frequentes quanto em linhas analógicas. A interligação de redes usando o Frame Relay tipicamente feita usando-se canais T1 ou E1. Esses canais podem ser alugados das empresas que oferecem redes públicas como a Embratel.

Dessa maneira, a demora na retransmissão de pacote é compensada pela velocidade na transmissão de dados. Além disso, a taxa de erros baixa. O Frame Relay é um protocolo usado em redes comutadas que é extremamente rápido, porém não garante a entrega dos dados.

**Funcionamento**

No Frame Relay cada canal virtual é chamado de DLCI (Data Link Connection Identifier). Apesar de o Frame Relay permitir conexões utilizando o método por chamada SVC ( Switched Virtual Circuit), abrindo um canal somente quando o DTE A quiser transmitir dados ao DTE B, o tipo de conexão mais usado em redes Frame Relay é o PVC (Permanent Virtual Circuit), onde a conexão fica aberta permanentemente, e é estabelecida pelo provedor do serviço.

Em rede Frame Relay o DCE é chamado de nó. Assim como um DCE, um nó pode ser qualquer dispositivo que esteja fazendo o chaveamento da rede: um roteador, um switch, um modem, etc.

Como um numero do canal DLCI é armazenado em uma variável de 10 bits no quadro Frame Relay, existem 1.024 canais em cada nó, permitindo até 1.024 conexões. Mas é possível aumentar o tamanho do cabeçalho do quadro Frame Relay usando mais bits para o endereçamento DLC. Há duas opções: usar 8 bits (aumentando o numero de possíveis canais para 262.144) ou usar mais 16 bits (aumentando o numero de possíveis canais para 67.108.864).

Tipicamente redes Frame Relay são redes publicas, podendo ser alugadas de uma empresa que oferece redes publicas para conectar duas redes de uma mesma organização. Quando o serviço é contratado, duas informações são solicitadas: a velocidade máxima de transferência, ou seja, a velocidade do link da sua rede com a rede Frame Relay, e a velocidade média de trasmissão, chamada CIR (Committed Information Rate).

A velocidade média CIR, é usada para detectar o congestionamento da rede. O congestionamento ocorre quando a rede usa linhas de comunicação de diferentes velocidades, se a rede mais rápida enviar mais dados que o roteador é capaz de armazenar, o congestionamento ocorre e o roteador terá de começar a descartar quadros recebidos, já que o buffer do roteador estará cheio.

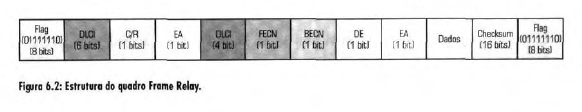
Por isso quando a transmissão de quadros acima da velocidade média estipulada (CIR) ocorre, os quadros Frame Relay terão os seus bits DE ativados, como forma de indicar a origem de um possível congestionamento, já que a rede esta transmitindo dados acima de sua taxa de transferência considerada normal. Em casos de congestionamento na rede Frame Relay, os quadros com o bit DE ativado serão os primeiros a serem descartados.

Provedores baratos configuram o CIR como zero, fazendo com que todos os quadros Frame Relay enviados pela rede de origem tenham esse bit ativado, em caso de congestionamento, todos os quadros gerados por essa rede terão preferencia serem descartados.

Ao contratar um provedor de redes Frame Relay opte pelo CIR mais alto que você puder, claro que CIR maiores resultam no serviço mais caro, mas caso saiba que enfrentara problemas de congestionamento um CIR mais alto é necessário.

**Estrutura do quadro Frame Relay**

O Frame Relay é parecido com o LAPB usado no protocolo X.25, no LAPB os campos endereço e controle tem 16 bits no total 8 bits cada campo, no Frame Relay foram substituídos por diversos campos, em sua maioria de apenas 1 bit, dando um total de 16 bits.

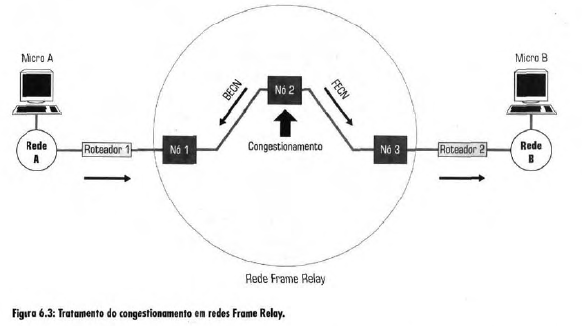


No quadro Frame Relay encontramos os seguintes campos:

* Flag: sempre possui o valor 011111110 (7Eh) e indica o inicio ou final de um quadro.
* DLCI (Data Link Connection Identifier): identifica o numero do canal a ser usado na comunicação DTE com DCE, possui 10 bits sendo dividido em um campo de 6 bits e outro de 4 bits.
* C/R (Comando/Resposta): informa se os dados contidos no quadro são um comando ou uma resposta.
* EA (Extended Address): permite que o tamanho do cabeçalho seja aumentado em um ou dois bytes, usados para o endereçamento. Aumentando o numero de DLC possíveis.
* FECN (Forward Explict Congestion Notification): usado para sinalizar congestionamento.
* BECN (Backwar Explict Congestion): idem
* DE (Discar Elegibilty): quando ativado, indica que o quadro possui preferencia para ser descartado em situações de congestionamento.

**Congestionamento**

O cabeçalho do quadro Frame Relay possui dois bits para o tratamento de situação de congestionamento da rede, o FECN e o BECN



Quando um nó na rede está em condição de congestionamento ou percebe que ficará em congestionamento, o nó irá ativar o bit FECN para todos os quadros que forem enviados em direção ao destino, com isso todos os dispositivos daquele nó em diante saberão que a rede esta congestionada. O bit BECN funciona no sentido oposto, assim todos os dispositivos saberão que a rede está congestionada e então diminuirão a taxa de transferência para resolver o congestionamento.

Caso não existisse o bit BECN, o transmissor continuaria enviando quadros em direção ao receptor e o nó iria começar a descartar quadros, assim que ele ficasse congestionado. Como o Frame Relay não possui nenhum mecanismo para verificar se os quadros chegaram ou não ao destino, o transmissor continuaria a enviar esses quadros sem parar. O protocolo acima do Frame Relay no receptor iria enviar pacotes pedindo a retransmissão de pacotes perdidos, fazendo o trafego da rede aumentar ainda mais, piorando a situação de congestionamento.

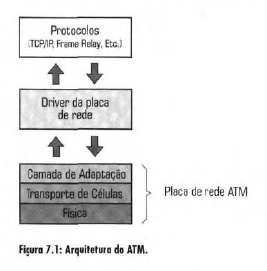
Quando o nó congestionado começa a descartar quadro, ele dará preferencia a descartar quadros que estiverem o bit DE de seu cabeçalho ativado. Os nós da rede Frame Relay irão ativar esse bit sempre que a taxa de transferência estiver acima do CIR estipulado para o canal. Os dispositivos saberão que a rede esta congestionada assim que pararem de receber o bit FECN ou BECN ativados, voltando a sua velocidade normal de transmissão.

**ATM**

**Funcionamento**

Rede ATM (Asynchronous Tranfer Mode) são rede comutadas orientadas a conexão. O ATM trabalha com altas taxas de transferências que variam entre 25 e 622 Mbps. A taxa mais usual em redes ATM é de 155Mbps.

O ATM trabalha nas camadas 1,2 e 3 do modelo OSI, ele necessita de um protocolo trabalhando acima dele, vários protocolos podem ser usados como TCP/IP e o próprio Frame Relay.



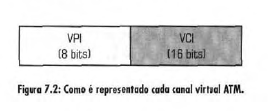
Assim como X.25, o ATM é usado em redes publicas para o transporte de dados entre duas ou mais rede. O ATM representa a terceira geração de redes publicas usando links por fibra ótica, que oferecem vantagens como total imunidade a ruídos.

Tecnicamente o ATM não é uma rede orientada à conexão, ela não usa nenhum mecanismo de confirmação de recebimento de dados, porém redes ATM se baseiam em transmissão de dados via fibra ótica onde a taxa de erro é inexistente. Por esse motivo ATM é classificado como sendo orientado à conexão.

**Funcionamento**

No ATM cada canal virtual é identificado com um numero de 24 bits. Com isso é possível termos ate 16.777.216 canais em cada DCE. Em redes ATM o DCE é normalmente um switch, que nesse tipo de rede possui a mesma função de um roteador: define a rota entre a origem e o destino.

A identificação de canal virtual possui dois campos: um de 8 bits chamado VPI (Virtual Path Identifier) e outro de 16 bits chamado VCI (Virtual Channel Identifier), normalmente a identificação de canal virtual é também chamada par VPI/VCI.



A divisão da identificação do canal virtual em dois campos facilita na hora dos switches da rede definirem o caminho da origem até o destino. O circuito virtual ligando os switches podem utilizar o mesmo numero VPI quando o caminho de origem até o caminho de destino é o mesmo. Os números VCI identificam o circuito virtual dentro do caminho.

Quando você contrata o serviço ATM, você pode escolher um dos seguintes tipos de serviço, dependendo da sua necessidade de serviços e custos.

* CBR (Constant Bit Rate): você define a velocidade do link da sua rede com a rede ATM e essa velocidade é sempre a mesma.
* VBR (Variable Bit Rate): embora o provedor da rede defina uma taxa de transferência, ela não é fixa.
* UBR (Unspecified Bit Rate): não garante nenhuma velocidade de transferência, a velocidade não é pré-definida.
* ABR (Available Bit Rate): especifica uma taxa de transferência mínima, a taxa aumenta automaticamente se a rede estiver congestionada.

**Transporte de células**

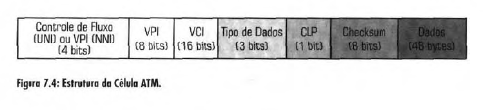
Os pacotes ATM são chamados de células. No ATM não existe a possibilidade de as células serem entregues fora de ordem. As células são enviadas em ordem e elas são recebidas na mesma ordem de envio.

As células são extremamente pequenas, carregando somente 48 bytes de dados cada. Ter células pequenas compromete o desempenho por causa da velocidade de chaveamento, pois são necessárias mais células ATM. Os switches terão de ser extremamente rápidos para poder ler e decodificar os cabeçalhos das células., já que eles existem em maior quantidade nas redes ATM do que em qualquer outro tipo de rede. O padrão é este.

Existem dois tipos de células ATM: UNI (User to Networ Interface) e NNI (Network to Network Interface). A célula do tipo NNI é usada no transporte de dados entre um computador e um switch, enquanto a celula do tipo UNI ee usada no transporte de dados entre dois switches.

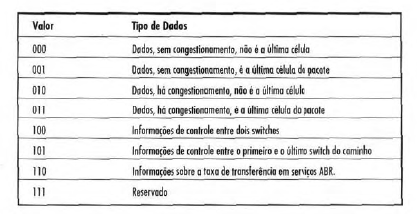
**Estrutura da célula ATM**

A diferença das células UNI para a célula NNI esta nos primeiros quatro bits do cabeçalho. Em células UNI, esse campo é usado para a identificação de controle de fluxo. Em células NNI esse campo é usado para o endereçamento VPI, aumentando o endereçamento VPI em 4 bits, passando de 8 para 12 bit.



Os campos existentes nas células ATM são os seguintes:

* Controle de fluxo: esse campo so existe em células UNI.
* VPI (Virtual Path Identification): campo para o endereçamento VPI.
* VCI (Virtual Channel Identification): campo para o endereçamento VCI.
* Tipo de dados: identifica o tipo dos dados que a célula ATM esta transportando. Na tabela a seguir mostramos os valores possíveis de cada campo.



* CLP (Cell Loss Priority): células que tenham esse bit ativado serão descartadas primeiro no caso de congestionamento da rede. Equivale ao bit DE existente em pacotes Frame Relay.
* Checksum: é o checksum dos dados do cabeçalho da célula. Esse checksum não abrange a área de dados.

**Camada de Adaptação**

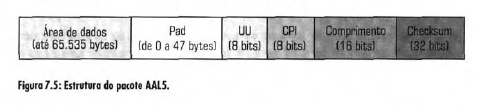
Por causa do tamanho da área de dados das células ATM de 48 bytes, existe uma camada intermediaria entre os protocolos de alto nível a serem usados e a camada de transporte de células. Essa camada é chamada Camada de Adaptação e abreviada como AAL (ATM Adaptation Layer), o papel dessa camada é pegar os dados recebidos dos protocolos de alto nível, encapsula-los em um pacote especifico dessa camada e dividir esses pacotes em blocos de 48 bytes a serem enviados para a camada inferior. Esse processo é chamdo de SAR ( Segmentation And Reassembling).

A maquina receptora ira fazer o papel inverso: sua camada de adaptação irá pegar as células de 48 bytes recebidas e remontar os pacotes específicos dessa camada, de forma a enviar os dados contidos na área de dados desse pacote para os protocolos de alto nível que estejam instalados na maquina.

Existem vários padrões usados nesta camada, mas somente a especificação AAL5 sobreviveu e é este padrão a que nos referimos quando falamos da camda de adaptação ATM.

**Estrutura do pacote AAL5**

O pacote AAL5 possui as informações de controle ao final do pacote ao contrario da maioria dos pacotes que possuem as informações no cabeçalho. Isso facilita o controle, nas células ATM existe um campo que identifica o tipo de dado que está sendo transportado, indicando se a célula é ou não a ultima célula do pacote AAL5. Para ler os dados de controle do pacote AAL5, basta capturar a célula que possua os valores 001 ou 011 em seu campo tipo de dados e ler os últimos 8 bytes desta célula.



A área de dados do pacote AAL5 é variável, podendo conter até 64 KB de dados, o que mais que suficiente para alojar pacotes recebidos dos protocolos de alto nível usados (TCP/IP, etc). O pacote AAL5 é extremamente simples, já que os campos UU e CPI não as usados.

Os campos encontrados no pacote AAL5 são os seguintes:

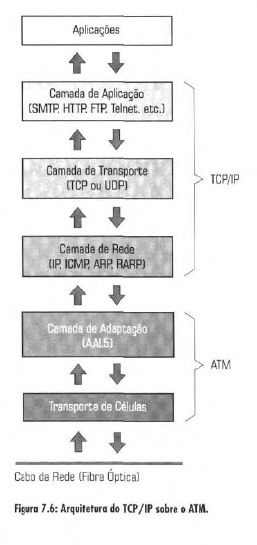
* Pad: como o pacote será dividido e transportado em células ATM que comportam 48 bytes cada, o comprimento total do pacote tem de ser um múltiplo exato de 48 bytes. Se isso não ocorre, esse campo é usado. São adicionados zeros até que o pacote tenha um comprimento total múltiplo de 48 bytes.
* UU (User to User Indication): esse campo atualmente na é usado, podendo ter qualquer valor.
* CPI (Common Part Indication): esse campo também não é usado, sendo preenchido com zeros.
* Comprimento: indica o tamanho da área de dados em bytes.
* Checksum: checksum do pacote.

**Camada Física**

As redes ATM utilizam tipicamente fibras ópticas, utilizando os conectores padrões disponíveis. Há a possibilidade de ser usar cabo par trançado categoria 5 operando a 155 Mbps em redes ATM. Esse tipo de implementação não é recomendado.

**TCP/IP sobre ATM**

O ATM necessita de um protocolo operando acima dele. Como o TCP/IP é o protocolo mais popular da atualidade, nada mais justo do que pensarmos no ATM operando com TCP/IP acima dele.



O tamanho máximo de um pacote IP é de 64 KB, exatamente o mesmo tamanho máximo do pacote AAL5. Em principio, para agilizar a comunicação entre essas duas camadas, poderíamos usar datagramas IP de 64 KB de comprimento. O problema é que o IP restringe o tamanho de seu datagrama em 9.180 bytes quando está operando em redes ATM. Esse valor foi escolhido para compartibilizar as redes ATM com um tipo antigo de rede chamda SMDS (Switched Multimegabit Data Service). Em outras palavras, as redes ATM possuem MTU de 9.180 bytes.

**Utilizando Vários Protocolos**

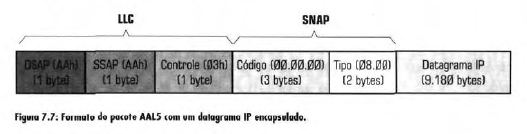
A camada AAL5 não possui nenhum mecanismo para identificar o tipo de dados que ele está enviando para a camada inferior (transporte de células). Isso significa que o receptor não sabe qual é o protocolo que gerou o pacote de dados que ele acabou de receber e, com isso, não sabe para quem devera entrega-lo. Portanto, em principio não seria possível usar vários protocolos de alto nível em uma rede ATM.

Existem duas soluções para esse problema. A primeira é fazer com que os computadores envolvidos na conexão estabeleçam um circuito virtual para cada protocolo que eles quiserem usar na comunicação entre eles. Assim, o receptor saberá qual é o protocolo de alto nível usado por causa do circuito virtual no qual estão chegando os dados.

Essa é uma solução simples que tem como desvantagem alocar um circuito virtual para protocolo, o que pode custar dinheiro ou, simplesmente não ser possível (se a comunicação da rede local com a rede ATM estiver limitada a apenas um canal).

A outra solução é usar uma parte da área de dados da camada AAL5 para envira as informações de qual protocolo está sendo usado. A desvantagem desse método é que o tamanho máximo da área de dados do pacote AAL5 diminui. No caso do TCP/IP, como o tamanho máximo do datagrama IP para redes ATM é de 9.180 bytes, essa desvantagem simplesmente não existe. Outra desvantagem é que, por vários protocolos estarem usando um mesmo canal, o desempenho cai. Por outro lado, um só circuito virtual pode ser usado, diminuindo custos.

O TCP/IP permite que os dois métodos possam ser usados. Quando o segundo método é usado, a área de dados do AAL5 passa a utilizar o formato da camada LLC (Controle do Link Logico), como mostra a figura abaixo



As maquinas envolvidas nas transmissões deverão definir qual é o método que elas utilizarão, de forma que a maquina receptora consiga interpretar corretamente os dados recebidos e com isso consiga envia-los corretamente para o protocolo de alto nível envolvido.

**Resolvendo endereços IP**

O grande problema de operar o protocolo TCP/IP sobre uma rede ATM é o sistema de endereçamento usado pelo protocolo IP. Em redes comutadas, quando um computador quer enviar dados para outro, a primeira coisa que ele precisa descobrir é como abrir uma conexão até outro computador. Onde está na rede o computador que responde pelo endereço IP x? Em redes não comutadas isso é facilmente resolvido pelo protocolo ARP.

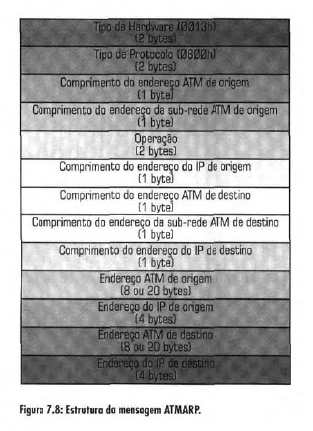
A solução é o uso de um protocolo chamado ATMARP, que é uma modificação do ARP para funcionar em redes ATM. Toda rede ATM usando o protocolo TCP/IP precisa ter um servidor ATMARP. Quando uma maquina não sabe o endereço físico de outra, ela entra em contato com o servidor ATMARP, se o servidor souber o endereço físico daquele IP, ele envia essa resposta; caso contrario, ele envia uma resposta negativa informando que não sabe o endereço físico daquele endereço IP.

Cada vez que uma maquina abre uma conexão para o servidor ATMARP, o servidor envia uma mensagem ATMARP inversa (InATMARP) para a maquina que está fazendo o pedido, perguntando qual é o endereço IP e o seu endereço ATM, aumentando o seu banco de dados.

**Estrutura da mensagem ATMARP**

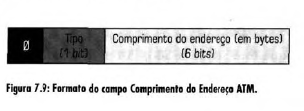
A mensagem ATMARP possui dois formatos, um de 20 bytes chamado NSAP (Network Service Access Point), e outro usado por companhias telefônicas que oferecem redes publicas ATM que costumam usar um endereço de 8 bytes utilizando o padrão de endereçamento ISDN (ITU E.164).

Para poder ter dois formatos diferentes de endereçamento, a mensagem tem um campo para definir o tipo de endereçamento que está sendo usado, já que o formato de endereçamento ATM usado na origem poder ser diferente do usado no destino

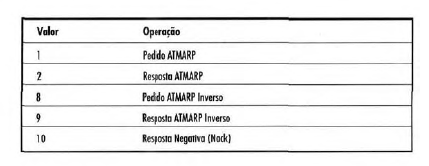


A estrutura da mensagem ATMARP possui os seguintes campos:

* Tipo de hardware: o valor 13h define que o tipo de hardware da rede é ATM
* Tipo de protocolo: define qual é o protocolo que está sendo usado, no caso TCP/IP. O valor 800h colocado neste campo identifica o protocolo TCP/IP
* Comprimento do endereço ATM: informa o tipo de padrão usado no endereçamento de origem ou destino (NSAP quando bit 0 ou E.164 quando bit 1) e o seu comprimento (20 bytes ou 8 bytes). O formato usado por esse é mostrado a seguir



* Comprimento do endereço da sub-rede ATM: define o comprimento desse endereço, normalmente esse recurso não é usado, é preenchido com valor zero.
* Operação: define a operação que está sendo feita através da mensagem ATMARP conforme a tabela a seguir



* Comprimento do endereço IP: como o protocolo usado é o IP, este campo terá o valor quatro, já que o endereço IP possui quatro bytes.
* Endereço ATM: o endereço ATM de origem e destino.
* Endereço IP: o. endereço IP de origem e destino. Quando uma mensagem ATMARP é enviada para o servidor ATMARP, o campo endereço IP. De destino está vazio. A mensagem de resposta do servidor irá completar esse campo, caso ele saiba o endereço IP do endereço ATM solicitado.