

Unidade II

2 O FRAME RELAY

2.1 A tecnologia das redes *frame relay*

2.1.1 O protocolo *frame relay*

2.1.1.1 Necessidades de mercado

A tecnologia de redes de telecomunicações segue apresentando mudanças extremamente importantes no transcorrer das últimas décadas, mudanças estas que vêm de encontro com as necessidades do mercado atual de telecomunicações, como:

- Altas taxas de *throughput*.
- Reduzidos *delays* de trânsito (que se refletem nos tempos de resposta).
- Transparência a protocolos.
- Alocação dinâmica de meios de transmissão (tráfego em rajadas).

A tecnologia de redes não comutadas TDM (*time division multiplexing* ou multiplexação por divisão de tempo) atende exatamente às três primeiras necessidades do mercado. Porém, por demonstrar uma presença fixa de meios de transmissão e um baixo grau de otimização das topologias de redes, a utilização dessa tecnologia para aplicações em rajadas (*bursts*) e para redes com uma maior dispersão geográfica de terminais apresenta um custo significativamente elevado, tornando sua implementação, em alguns casos, financeiramente inviável.

A tecnologia de redes comutadas se apresenta de forma oposta às redes não comutadas. Essa tecnologia proporciona uma alocação dinâmica da banda passante e possibilita o emprego de topologias mais otimizadas. Um exemplo de redes comutadas são as redes X-25 (esse protocolo é baseado na tecnologia de chaveamento de pacotes – *packet switching*). Entretanto, o protocolo X-25 é considerado robusto por abrigar as camadas enlace e redes do modelo de referência OSI. Por isso, esse protocolo possui mecanismos de controle de erros, de sequência e de fluxo muito sofisticados, mostrando que ele apresenta baixas taxas de *throughput* e elevados *delays* de trânsito.

Com o advento de meios de transmissão de qualidade aprimorada (fibras ópticas, rádios digitais etc.) e de terminais inteligentes, observamos que os mecanismos de controle de erros de sequência e de fluxo não precisam ser realizados na parte interna da rede, porque essas funções podem ser realizadas no

modo fim a fim. Reduzir o *delay* de trânsito é a real finalidade do protocolo *frame relay*, que foi criado utilizando essas premissas.

A proposta do desenvolvimento do protocolo *frame relay* foi conceder um acesso de alta velocidade e ainda trazer uma conectividade de alta *performance*, especificamente para aplicações de interconexão para redes locais.

O *frame relay* foi reconhecido como um protocolo no ano de 1989. Anteriormente a esse período, ele era considerado uma parte dos padrões usados em redes digitais e serviços integrados (RDSI), por ser um protocolo de camada de enlace na referência modelo do OSI. Já o protocolo HDLC (*high-level data link control* ou controle de enlace de dados de alto nível) não havia sido implementado em todas as funções nesse nível, sobretudo nesse caso, eliminando processamento de erros.

As características básicas do *frame relay* são:

- Prover troca bidirecional de *frames*.
- Preservar a ordem na transferência de informação.
- Transportar *frames* de forma completamente transparente.
- Possuir grande variedade de taxa de transmissão, podendo chegar até uma velocidade teórica de 45 Mbits/s.

2.1.2 O desenvolvimento do *frame relay*

Ao longo do desenvolvimento das especificações do protocolo *frame relay*, foram empregadas quatro fontes de trabalho: o Frame Relay Forum, a ANSI, o ITU-T e o Group of Four ou Vendor Forum (consórcio formado por Cisco, Digital, Northern e Stratacom). A especificação original foi publicada pelo Group of Four em 1990 e era baseada nos padrões ANSI com algumas poucas modificações. O Frame Relay Forum também decidiu basear as suas recomendações para o protocolo *frame relay* nas especificações da ANSI. As especificações da ITU-T são praticamente idênticas às especificações da ANSI.

Quadro 1 – Recomendações ANSI para o protocolo *frame relay*, conforme a ITU-T

Nº de referência	Especificação
ANSI T1.602	Telecommunications ISDN Data Link Layer Signaling Specification for Applications at the User-Network Interface, 1990.
ANSI T1.606	Frame Relay Bearer Service Architectural Framework and Service Description, 1990.
ANSI T1.607	Integrated Services Digital Network (ISDN) Layer 3 Signaling Specification for Circuit Switched Bearer Service for Digital Signaling System Number 1 – DSSI, 1990.
ANSI T1S1/91 659	Draft Addendum to T1.606 Frame Relaying Bearer Service Architectural Framework and Service Description, 1990.
ANSI T1.617	Signaling Specification for Frame Relay Bearer Service, 1990.

ANSI T1.618	Core Aspects of Frame Protocol for Use with Frame Relay Bearer Service.
CCITT I.122	Framework for Providing Additional Packet Mode Bearer Services, 1988.
CCITT Q.922	ISDN Data Link Layer Specification for Frame Mode Bearer Services, 1991.
CCITT Q.933	ISDN Signaling Specification for Frame Mode Bearer Services, 1991.

2.1.3 Elementos básicos do protocolo *frame relay*

No protocolo *frame relay*, os dados são divididos em quadros de comprimento variável de modo muito similar ao chaveamento de pacotes que são transferidos entre os ativos do usuário. Um bom exemplo no emprego dos roteadores, apoiado em um circuito virtual, é também conhecido por VC (*virtual circuit*). Analisando a sua estrutura e entendendo que todos os quartos possuem informações de endereçamento, esse posicionamento é muito similar à tecnologia de chaveamento de pacotes usados pelo protocolo X-25. Porém, a principal diferença entre as duas tecnologias está na implementação do protocolo, porque o chaveamento de pacotes opera na camada de rede do modelo OSI, enquanto o *frame relay* opera na camada enlace do mesmo modelo.

Ele tem o poder de multiplexar estatisticamente vários circuitos virtuais dentro do mesmo canal físico de acesso e ainda suporta o uso das modalidades de circuitos virtuais permanentes e de circuitos virtuais comutados.

2.1.4 Circuitos virtuais

A terminologia "circuito virtual" indica ao usuário a percepção de possuir uma linha privada dedicada, porém, na verdade, múltiplos usuários estão usando o circuito simultaneamente. Esses múltiplos usuários são identificados por diferentes números de circuito virtual, e o número do circuito virtual de origem é pré-mapeado ao circuito virtual do destino do pacote.

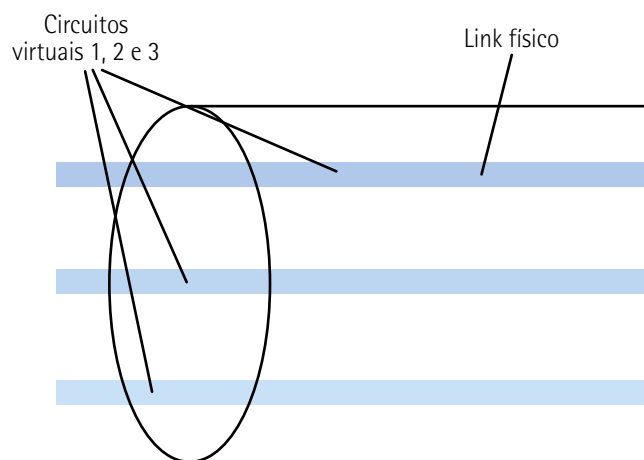


Figura 18 – Representação dos conceitos de circuito físico e circuitos virtuais para a tecnologia *frame relay*

2.1.4.1 Circuitos virtuais permanentes (PVC)

Ao usar um circuito virtual permanente entre dois usuários, eles são cessionários desse circuito até o momento que deixarem de enviar informações entre si e encerrem sua conectividade. Notamos, com isso, elementos restritivos nesse tipo de conexão, porque os usuários não são capazes de estabelecer conexões de *frame relay* para outros usuários em que eles necessitem estabelecer demanda. Esse tipo de conexão será estabelecido pelo centro de gerência da sub-rede de comunicação (operadora) e estará permanentemente disponível até que aconteça um advento externo, por exemplo, o mau funcionamento da sub-rede de comunicação ou falha involuntária ou ainda o desativamento dessa sub-rede pela operadora ou centro de gerência.

Nessa modalidade de circuito virtual, os pacotes ou quadros que têm como destino o mesmo endereço tendem a seguir pelo mesmo caminho e serão entregues na mesma sequência em que foram transmitidos.

2.1.4.2 Circuitos virtuais comutados (SVC)

Na modalidade de circuitos virtuais comutados, usuários estabelecidos tendem a formalizar e desfazer conexões com outros usuários do sistema de forma dinâmica de acordo com sua necessidade e demanda. O equipamento necessário para essa finalidade sinaliza o destino desejado, então a rede tenta efetuar essa conexão permitindo assim que os usuários ampliem sua cobertura geográfica.

A criação desse tipo de circuito virtual especificamente para o *frame relay* tem certo grau de complexidade, pensando, claro, no conceito do circuito virtual comutado ser bastante simples e abstrato. Esse é o motivo de a maioria dos fabricantes de equipamentos de redes *frame relay* implementarem apenas um circuito virtual permanente, não esquecendo que os comitês Q933, ITU e ANSI, possuem em sua lista de procedimentos os elementos necessários para as conexões de circuitos virtuais comutados.

2.1.5 Interfaces do protocolo *frame relay*

Para atribuir as especificações das interfaces do protocolo *frame relay*, levam-se em consideração dois tipos de interface para o protocolo: a UNI (*interface user-network* ou interface de rede do usuário) e a NNI (*Network-Network Interface* ou interface rede a rede):

- UNI: é a interface padrão entre o dispositivo do usuário e a rede de comunicação para o serviço *frame relay*.
- NNI: essa interface existe sempre que houver a conexão entre duas redes *frame relay*. A interface NNI é para receber, processar e propagar as informações de sinalização de estado para que os usuários interceptem o estado global de sua conexão, a qual poderá estar atravessando diversas redes *frame relay* diferentes, de forma abstrata e direta, características herdadas da camada enlace do modelo OSI.

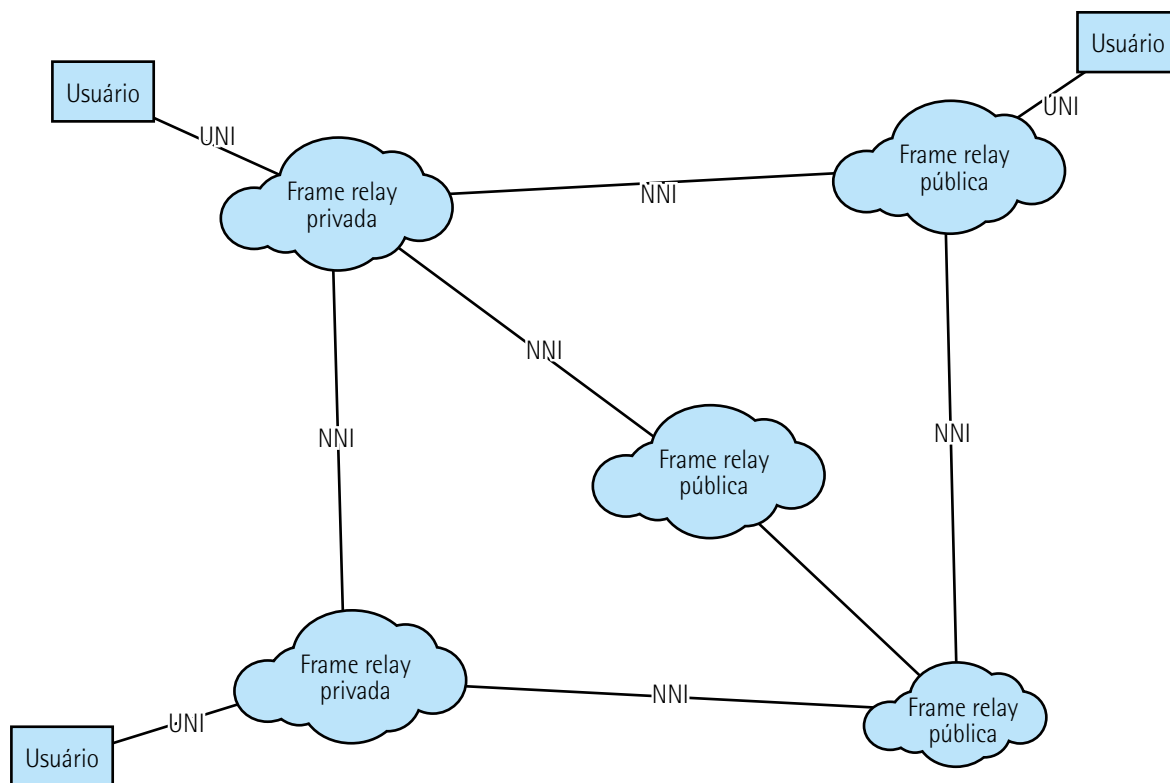


Figura 19 – Modelo de topologia global frame relay, interações entre as interfaces UNI e NNI

Em se tratando de *frame relay*, não existe nenhuma recomendação específica para as interfaces físicas usadas nesse protocolo, mas o mercado nos atribui diversas opções de interfaces que são utilizadas largamente nesse modelo, como as V35, V36, G.703, V24 etc. No entanto, o ITU-T nos traz recomendações de forma mais específica do uso do X36 e do X76 para as conexões *frame relay*.

2.1.6 Funcionamento do protocolo *frame relay*

Todos os protocolos de circuitos síncronos orientados a *bit* usam um *frame* (quadro) como base para a sua estrutura de transmissão. Protocolos como X-25 e SNA usam derivações de mercado do HDLC (*high level data link control*) ou do SDLC (*synchronous data link control*) como base para a construção de seu quadro. A figura a seguir nos mostra essa definição, usando a derivação do protocolo HDLC.



Figura 20 – Detalhamento do quadro HDLC

Basicamente, esse quadro é formado de um par de *flags* nas extremidades do quadro que é usado para delimitar o *frame*, onde ele começa e onde ele termina, um campo de endereçamento, um

campo de controle, um campo de informação e um campo para a verificação de erros. Os campos de endereçamento e de controle são chamados de cabeçalho do *frame*.

É importante observar que o *frame relay*, um protocolo bastante simples, possui algumas regras e pequenos procedimentos. O procedimento básico do protocolo é que se um quadro válido for recebido, ele deve ser enviado para o seu destino seguindo uma rota adequada. Se existir qualquer tipo de problema de congestionamento dentro dessa rede, os nós, então, podem oferecer um descarte para qualquer número necessário de quadros a fim de contornar o problema. Se um determinado nó *frame relay* recebe um quadro inválido, é permitido a esse nó descartar o quadro sistematicamente sem sequer enviar uma notificação ao usuário final da ação. Para um quadro ser considerado inválido ele deve apresentar pelo menos um dos seguintes problemas:

- Não estar corretamente delimitado por *flags*.
- Possuir menos do que 5 *bytes* entre os seus *flags* (comprimento mínimo).
- Não possuir um número inteiro de *bytes* após o processo de *zero bit extraction*.
- Conter erros de transmissão, detectados através do processo de verificação de FCS (*frame check sequence*).
- Não conter um campo de endereço válido.
- Ultrapassar o tamanho máximo acordado entre a rede e o dispositivo do usuário.



Saiba mais

Para aprofundar seus conhecimentos a respeito do tema, é fundamental a leitura do capítulo 1 do livro a seguir, que trata das redes orientadas à conexão:

TANENBAUM, A. S.; WETHERALL, J. D. *Redes de computadores*. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2011.

2.1.7 Formato do quadro *frame relay*

Na elaboração do quadro *frame relay*, foram unidos os campos de endereçamento e controle do HDLC em um único campo, chamado de campo de endereçamento. Esse quadro básico do cabeçalho *frame relay* é demonstrado a seguir:

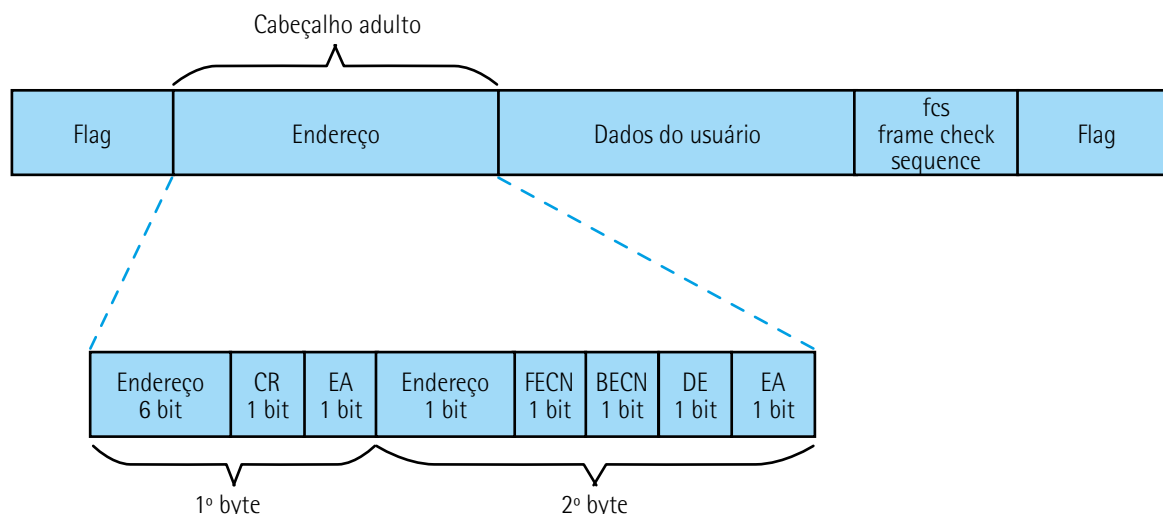


Figura 21 – Detalhe da composição do quadro frame relay

A seguir, apresentamos o conteúdo dos campos do quadro *frame relay*:

Entre os *flags*, recebem uma sequência de cinco *bits*. O receptor deve examinar os *frames* à procura de uma sequência de cinco *bits* "1" consecutivos seguidos por um *bit* "0".

- *Flag*: todos os quadros se iniciam e terminam com um *flag*, que é um único *byte*, consistindo de uma sequência de um *bit* "0" seguido por seis *bits* "1" e um *bit* "0" final. Essa é uma sequência específica que indica ao receptor o início e o fim de um quadro e possibilita ao receptor interceptar um sincronismo com o fluxo de quadros. A fim de evitar que essa sequência ocorra dentro de um *frame* durante a transmissão, a fonte de dados examina o quadro à procura de uma sequência de cinco *bits* "1" consecutivos. Quando essa sequência for encontrada, a fonte de dados insere um *bit* "0", garantindo o maior número de *bits* "1" contínuos que podem ocorrer.

Toda vez que isso ocorrer, esse *bit* "0" deve ser retirado antes do processamento do *frame*. Esses processos são chamados de *bit stuffing* e *zero bit extraction*.

- *Address field* (campo endereço): o *frame relay* executa multiplexação de circuitos virtuais (lógico) dentro de um mesmo *link* de dados (físico) mediante o uso de um método de endereçamento denominado DLCI (*data link connection identifier*). O campo de endereço dentro do quadro do *protocolo frame relay* consiste dos 6 *bits* mais significativos do primeiro *byte* do cabeçalho e dos 4 *bits* mais significativos do segundo *byte* do cabeçalho. Esses *bits* são concatenados para produzir um endereço único de 10 *bits*.

A figura a seguir nos mostra o mapeamento dos bits do campo de endereçamento do *frame relay*.

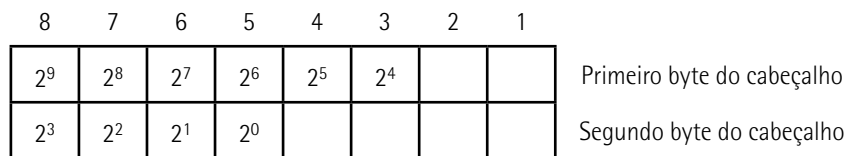


Figura 22 – Campo endereço frame relay

- CR (*command/response indication bit*): não tem função definida para o protocolo *frame relay*, mas pode ser aplicado pelos usuários, porque ele é empregado de forma transparente pela rede *frame relay*.
- EA (*extended address bits*): o formato básico do campo de cabeçalho do quadro do protocolo *frame relay* consiste na existência de 2 *bytes* contendo um DLCI de 10 *bits*. Porém, é possível estender esse campo para suportar endereços maiores que 10 *bits*. O *bit* EA (endereço estendido) indica se o *byte* em que ele se encontra é o último *byte* do campo do cabeçalho. Dessa maneira, para um campo de cabeçalho com 2 *bytes*, o *bit* EA será setado "0" no primeiro *byte* e "1" no segundo *byte*.
- FECN (*forward explicit congestion notification bit*): certamente, durante o desenvolvimento do protocolo *frame relay*, ocorreu uma visão de qualidade de serviço que pudesse ser empregada na construção do protocolo em si – a existência desse campo tem essa singularidade proposta. Esse *bit* deve ser colocado em "1" pela rede para notificar ao dispositivo destino (por exemplo, um roteador) que esse *frame* atravessou um congestionamento de tráfego de dados, sendo que tal congestionamento ocorre no mesmo sentido do *frame* que carrega o *bit* FECN setado. Porém em situações não comuns, o dispositivo do usuário também poderá gerar frames com esse *bit* setado e a rede não poderá alterar o seu valor. A função dessa notificação é a indicação clara da existência de congestionamento da rede (problemas à frente) para os níveis superiores de protocolos, com a intenção de demonstrar que eles acionam mecanismos a fim de diminuir a taxa de informação na rede, visando ao encerramento do congestionamento e à consequente solução do problema. Não há registro de obrigação de seu uso das pontas do sistema para levar em consideração esse *bit*. Em muitos casos, os usuários da rede implementam protocolos que exigem um reconhecimento (*acknowledgement*) dos dados recebidos. Um método de baixar o tráfego na rede seria retardar esses reconhecimentos, e assim a fonte dos dados seria obrigada a suspender o envio de novos dados até que a confirmação dos dados enviados fosse recebida.
- BECN (*backward explicit congestion notification bit*): da mesma forma que o FECN, esse *bit* pode ser setado tanto pela rede quanto por dispositivo de usuário para notificação de que ocorreu um congestionamento de tráfego de dados na direção oposta do *frame* que carrega o *bit* BECN em "1". Não existe obrigação das pontas do sistema em levar em consideração este *bit*. O princípio do BECN é que se um dispositivo usuário recebe um BECN, ele sabe que está enviando dados para a rede, os quais estão causando ou encontrando um congestionamento. O melhor a ser feito seria o dispositivo suspender temporariamente o envio de *frames* para a rede numa forma de aliviar o congestionamento.

A operação dos *bits* FECN e BECN é demonstrada no diagrama a seguir:

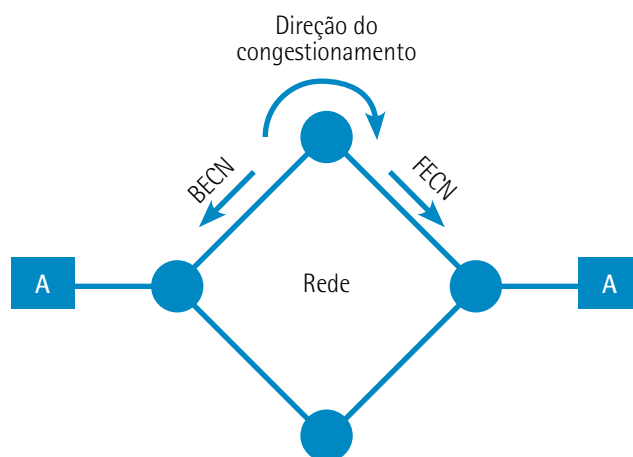


Figura 23 – Modo de funcionamento do BECN e FECN para redes *frame relay*

Devemos observar com atenção que os *bits* FECN e BECN são usados para passar informação de tráfego aos usuários finais da rede quando ocorre um congestionamento. O congestionamento pode ocorrer dentro da rede em qualquer nó e pode afetar a rede toda ou apenas alguns circuitos virtuais que operam nesse nó (regiões da operadora); portanto, somente os dispositivos que estiverem contribuindo para que haja o congestionamento receberão as respectivas notificações.

- DE (*discard eligibility bit* ou *bit* elegível ao descarte): mais uma vez, representando a visão de qualidade de serviço presente na construção do protocolo *frame relay*, esse *bit* tem muita importância em situações de congestionamento. O *bit* DE com valor "1" em um *frame* indica que em uma situação de anormalidade da rede (congestionamento, não diz respeito a parâmetros negociados etc.) esse quadro tem a preferência de descarte em relação a outros quadros que não possuem esse *bit* setado e ainda identifica os quadros que não têm a "entrega garantida". O *bit* DE pode ser colocado em "1" pela rede ou pelo usuário e, quando estiver "setado", em nenhum momento ele pode vir a ser alterado para "0". Observe ainda que a rede não está restrita a descartar apenas os *frames* com o *bit* DE em "1".
- *Information field*: o campo de informação contém os dados do usuário (carga útil) e consiste de um número inteiro de *bytes*. O tamanho máximo para esse campo é dependente da rede, porém o fórum do protocolo *frame relay* (entidade reguladora do protocolo *frame relay*), recomenda um tamanho máximo de 1600 *bytes*. O tamanho mínimo do campo de informação é de 1 *byte*. O conteúdo do campo de informação é transmitido pela rede sem sofrer nenhuma alteração. Ainda não é implementada no protocolo *frame relay* nenhuma análise ou qualquer espécie de tratamento para esse campo.
- FCS (*frame check sequence*): esse campo é usado para verificar se o quadro foi recebido sem erros de transmissão. Consiste essencialmente de um campo com 2 *bytes* contendo um CRC (*cyclic redundancy check*), usando o polinômio de verificação de erros do ITU-T ($x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$), e opera em todos os *bits* do quadro, excluindo os *flags*, o próprio FCS e qualquer operação

de *bit stuffing*, lembrando que polinômio gerador do FCS é exatamente igual ao utilizado pelo protocolo HDLC.

As tabelas a seguir mostram o cabeçalho completo do *frame relay*, inclusive para DLCIs maiores que 1023.

Tabela 1 – DLCI maiores que 1023

8	7	6	5	4	3	2	1	Byte (octetos)	
DLCI (alto)						C/R	EA (0)	Primeiro byte do cabeçalho	
DLCI (baixo)				FECN	BECN	DE	EA (1)	Segundo byte do cabeçalho	

Tabela 2 – DLCI menores que 1023

8	7	6	5	4	3	2	1	Byte (octetos)	
DLCI (alto)						C/R	EA (0)	Primeiro byte do cabeçalho	
DLCI				FECN	BECN	DE	EA (0)	Segundo byte do cabeçalho	
DLCI (baixo)						D/C	EA (1)	Terceiro byte do cabeçalho	

Observação

Para o cabeçalho de 3 ou 4 bytes, aparece o *bit D/C* (DLCI/DL-CORE control indicator), que indica se os 6 bits úteis do último byte devem ser interpretados como DLCI ou como informações de controle. Se colocado em "0", indica que os 6 bits são informações de DLCI; se setado para "1", indica que os 6 bits devem ser interpretados como informações de controle. Essa saliência do indicador de controle foi introduzida pensando nas futuras expansões do protocolo.

Tabela 3 – Indicador de controle DLCI

8	7	6	5	4	3	2	1	Byte (octetos)	
DLCI (alto) 6 bits						C/R	EA (0)	Primeiro byte do cabeçalho	
DLCI 4 bits				FECN	BECN	DE	EA (0)	Segundo byte do cabeçalho	
DLCI 7 bits							EA (0)	Terceiro byte do cabeçalho	
DLCI (baixo) 6 bits						D/C	EA (1)	Quarto byte do cabeçalho	

Observe que todos os campos demonstrados na tabela anterior precisam estar presentes em qualquer quadro existente no protocolo *frame relay* e são transportados entre dois nós finais da rede. O protocolo *frame relay* não observa nenhum tipo de exigência ou mecanismo para o transporte da sinalização entre os usuários da rede, bem como qualquer fundamento de numeração sequencial dentro dos quadros. Por esse motivo, não existe nenhum número sequencial ou numeração de controle das mensagens

para confirmação e recepção dos quadros. Essa confirmação fica por conta dos nós de usuário, ou seja, caráter fim a fim.

2.1.8 Faixas de utilização de DLCIs

Como já observado, o protocolo *frame relay* utiliza um número de identificação das conexões. Esse número é chamado de DLCI e serve para identificar um determinado circuito dentro do *link* de acesso. Com seus 10 *bits* disponíveis para o endereçamento ou apenas dois *bytes* do cabeçalho, temos a possibilidade de uma numeração que varia de 0 a 1.023. Ainda que usados para a transferência da informação, podemos utilizar apenas um subconjunto desses 1.024 endereços possíveis para DLCIs. A faixa disponível de endereçamentos para usuário depende do tipo da padronização escolhida pelo operador do serviço: pode ser ANSI, ITU-T ou ainda proporcionada pelo Vendor Forum.

As tabelas a seguir exemplificam o uso das DLCIs para as respectivas padronizações de mercado:

Tabela 4 – Distribuição de DLCIs ANSI/ITU-T

Utilização DLCIs ANSI/ITU-T	
DLCI	Função
0	Utilizado para interface de gerenciamento do <i>frame relay</i>
1 15	Reservado para uso futuro
16 991	Disponível para circuitos virtuais dos usuários
992 1007	Gerenciamento do serviço <i>frame relay</i> procedimento CLLM
1008 1022	Reservado para uso futuro
1023	Reservado

Tabela 5 – Distribuição de DLCIs Vendor Forum

Utilização DLCIs Vendor Forum	
DLCI	Função
0	Canal de sinalização do controle de chamada
1 15	Reservado para uso futuro
16 1007	Disponível para circuitos virtuais dos usuários
1008 1022	Reservado
1023	Utilizado para interface de gerenciamento do <i>frame relay</i>

É importante observar que dentro do protocolo *frame relay*, certos endereços DLCI são alocados para circuitos dos usuários e outros são reservados especificamente para gerência e para sinalização da operadora. Assim, de acordo com as especificações ANSI e ITU-T, teremos 976 endereços de DLCI que são disponíveis para troca de informações entre os usuários. Observando a tabela do Vendor Forum, teremos 992 endereços DLCI, que serão distribuídos pelas interfaces UNI e NNI.

A distribuição dos endereços DLCI devem ser únicas, ou seja, não pode haver duplicidade dentro do

mesmo sistema – é por esse motivo que eles são encarados apenas por um significado local. Em outras regiões da operadora, existe um reaproveitamento dos endereços DLCIs, naturalmente, para interfaces diferentes. É de responsabilidade da operadora do serviço *frame relay* o mapeamento das DLCIs de origem, bem como as de destino.

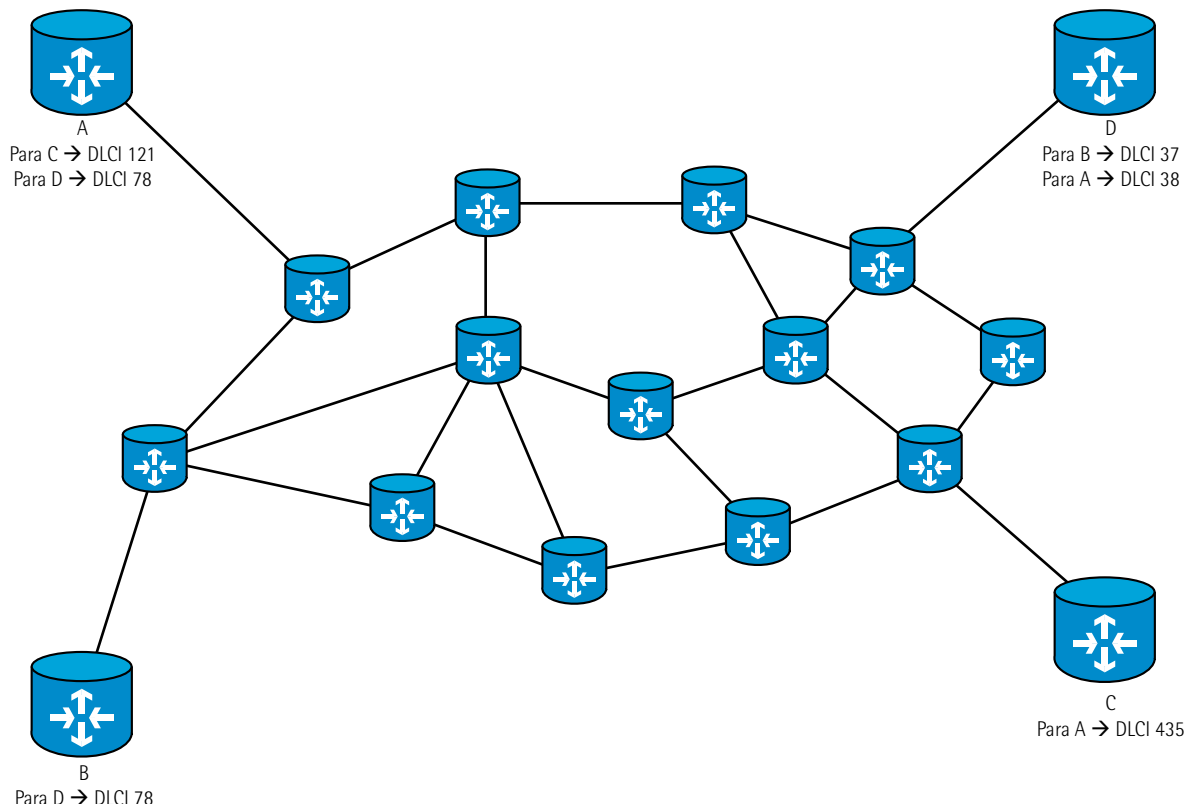


Figura 24 – Cenário *frame relay* para atribuição de DLCIs

Tabela 6 – Plano de mapeamento da operadora

Origem	DLCI		Destino	DLCI
A	121	--->	C	435
B	78	--->	D	38
B	78	--->	D	37

2.1.9 Parâmetros de tráfego do protocolo *frame relay*

A velocidade máxima que os dados são trafegados e trocados dentro da rede *frame relay* e o equipamento dos usuários são definidos pela velocidade de linha do circuito. A vazão de tráfego efetiva que usuário poderá obter dentro do seu circuito virtual depende não apenas da velocidade de acesso, mas também de parametrização, que deve ser configurada através da interface do *frame relay*, sobretudo, de acordo com características do tráfego do usuário em si. Esses parâmetros serão descritos da seguinte forma:

Committed information rate (CIR)

É a taxa (em bps) que a rede aceita transmitir em períodos de ociosidade da rede. Em um determinado circuito virtual, observa-se que em condições normais de funcionamento o CIR se torna o *throughput* (quantidade de informação) garantido pela rede (taxa contratada).

Um acesso (físico) ao *frame relay* pode ter múltiplos circuitos virtuais (DLCIs), e o CIR deve ser configurado individualmente (por cada DLCI), pois ele atribui a vazão de tráfego individualmente por DLCI, o "tráfego entrante" na rede. Desta forma, é possível que tenhamos dois valores para CIR (um para cada sentido de transmissão, *upstream* e *downstream*) para cada circuito virtual da interface, como demonstrado na figura a seguir:

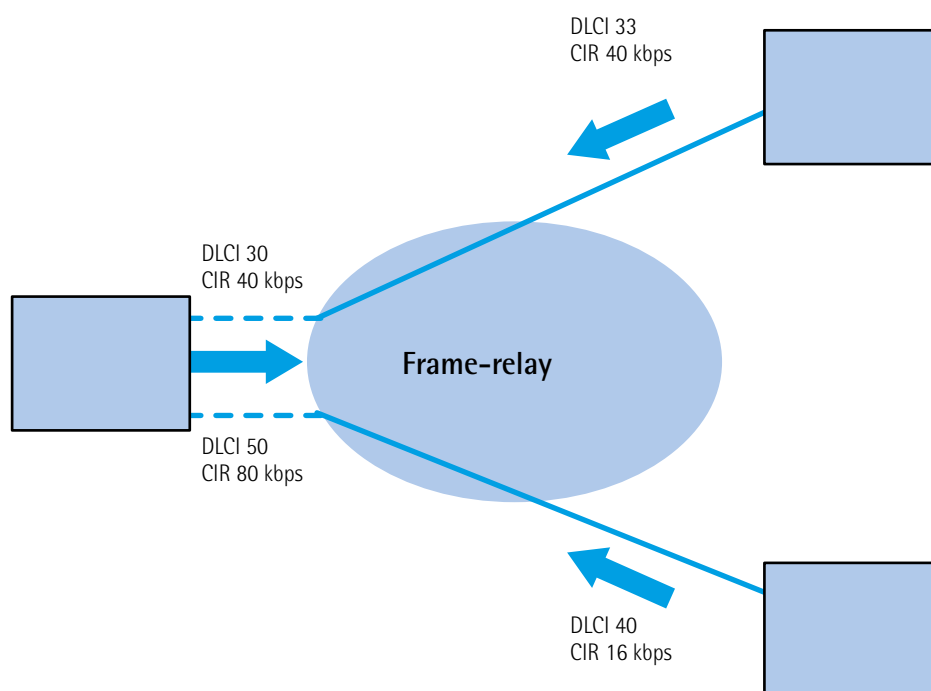


Figura 25 – CIR atribuído

Os dados de transmissão de usuário podem chegar pela interface de rede a uma taxa superior ao valor dos CIR contratado, lembrando da existência de mecanismos que permitem o funcionamento do serviço *frame relay*, com transmissões caracterizadas por emissões de curtas rajadas, ou *bursts*, junto aos dados que excedam o valor do CIR. Ainda que esse mecanismo permita tais excessos, existem restrições, como a taxa média de transferência (dados reais), através da rede, relacionada ao valor de CIR (banda garantida). Esses dados não são armazenados, mas transferidos ou descartados imediatamente, evitando, dessa maneira, que o controle da taxa aumente o intervalo de retardo.

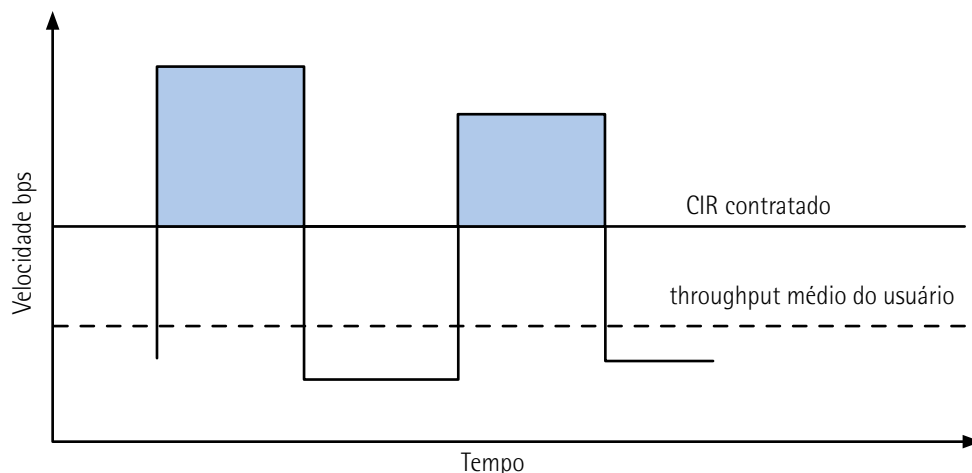


Figura 26 – Gráfico de atribuição do CIR contratado

Committed burst size (Bc)

É representado pela quantidade máxima de dados (volume em *bits*) que a rede garante transportar em condições normais de operação durante um determinado período de tempo (T_c).

Excess burst size (Be)

É representado pela quantidade máxima de dados não contratados (volume em *bits*), dados esses acima do B_c (excesso), que a rede frame relay tentará (sem garantia) entregar durante um determinado período de tempo (T_c), caso ocorra a disponibilidade de recursos.

Excess information rate (EIR)

Representa a taxa de informação não contratada (em bps), portanto, acima do CIR, que a rede irá transportar caso haja disponibilidade de recursos (bônus de transmissão) concedida de acordo com o contato junto à provedora do serviço (operadora).

Measurement interval (T_c)

É o intervalo de tempo usado para medir taxas (*throughput*) e o tamanho das rajadas (*bursts*).



Lembrete

O *frame relay* se originou como uma extensão da rede digital de serviços integrados (ISDN). Seus desenvolvedores pretendiam habilitar uma rede comutada por pacotes para transportar mais tecnologia de comutação de circuitos. A tecnologia tornou-se uma forma autônoma e rentável para criar uma WAN.

2.1.10 Relacionamento entre os parâmetros CIR, EIR, Bc, Be e Tc

Como observado, nas redes *frame relay*, por períodos pequenos de tempo, o usuário é capaz de transmitir dados além da taxa contratada (CIR), desde que a média da taxa de transferência não ultrapasse a CIR. Essa condição é tratada como *bursts* (rajadas) de dados e sempre será cuidadosamente controlada pela rede. Na existência de capacidade de reserva dentro da rede *frame relay*, ela será capaz de transportar os dados adicionais de um determinado usuário até o seu destino sem provocar uma sobrecarga do circuito de transmissão. Se a rede for incapaz (por qualquer motivo) de transportar as rajadas de dados, ela está liberada para descartar esses dados, além de qualquer tipo de notificação, ficando ao usuário a responsabilidade de implementar mecanismos de detecção e recuperação dos dados eventualmente perdidos.

Implementação de CIR

A relação entre o CIR e Bc é dada por: $CIR = Bc/Tc$

O algoritmo de CIR se baseia num sistema de créditos, de forma que esse mecanismo não interfira com o fluxo de tráfego. Isso é resultado de um contador que espelha os créditos disponíveis para o usuário, focando em quanto de banda alocada já está em uso. De princípio, a esse contador é dado um valor que é equivalente ao número de bytes configurado para o parâmetro Bc, e à medida que os dados transmitidos do usuário local são recebidos, esse contador é decrementado numa quantidade proporcional ao número de bytes de dados entrantes na rede. Esses dados são transmitidos para o destinatário enquanto o contador possuir um valor positivo, sendo que tal contador retorna ao valor inicial (créditos renovados) a cada Tc segundos (como um *refresh*). Os dados poderão estar presentes em um único quadro ou em vários. Para minimizar a possibilidade do descarte em condições normais, o usuário deve solicitar um Bc maior que o *burst* esperado (tempo de espera), e se o perfil de tráfego sofrer qualquer tipo de alteração, um novo valor para Bc e/ou Tc poderá ser empregado para essa nova circunstância de operação.

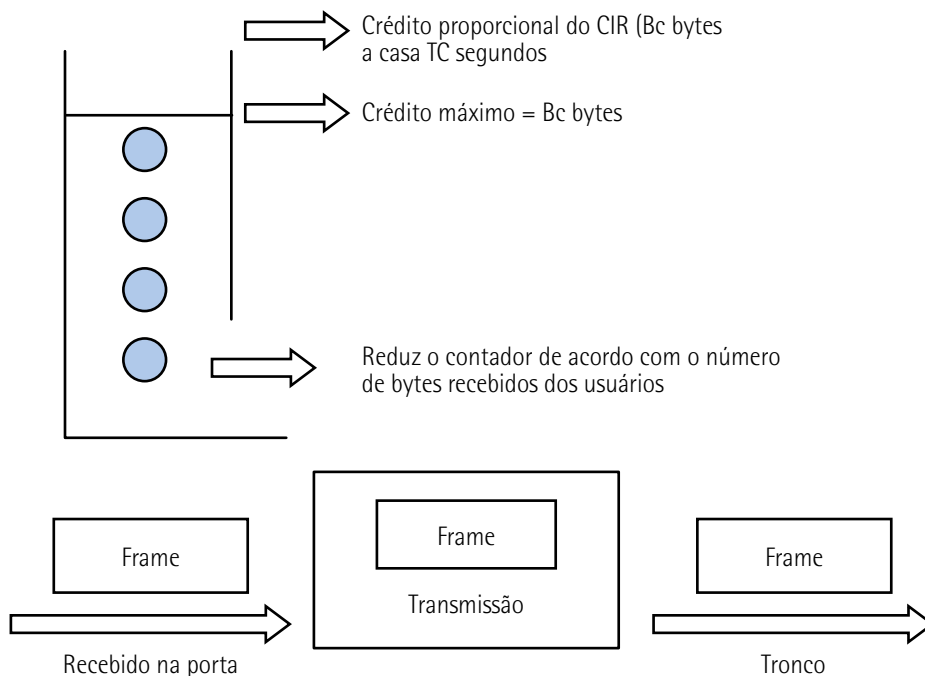


Figura 27 – CIR e o crédito em Bc bytes

Na imagem apresentada estamos usando o número de créditos em *Bc bytes*. Devemos lembrar que o valor real de *Bc* é expresso em *bits*. Os valores demonstrados para CIR e *Bc* possuem um impacto significativo no padrão de tráfego, e a variação desses parâmetros será demonstrada nos gráficos que seguem.

Quando alteramos os valores de *Bc* e mantemos o valor do CIR, alteramos também o tamanho da rajada (*burst*) e o intervalo entre elas.

Quando alteramos o valor de CIR e mantemos o valor do *Bc*, não acontece a alteração no tamanho da rajada (*burst*), mas altera-se o tempo determinante entre elas.

Implementação de EIR

A relação entre EIR e *Be* é dada por: $EIR = Be/Tc$.

No momento que o usuário esteja usando CIR e EIR, a quantidade total de informação que a rede poderá transferir (caso tenha recursos) será a soma dessas taxas, sendo que o total não poderá ultrapassar o valor da velocidade do acesso, conforme ilustrado na figura a seguir:

Por exemplo: CIR = 384 kbps EIR = 150 Kbps. Em condições normais a rede poderá tratar até CIR + EIR = 384 Kbps + 150 Kbps = 534 Kbps.

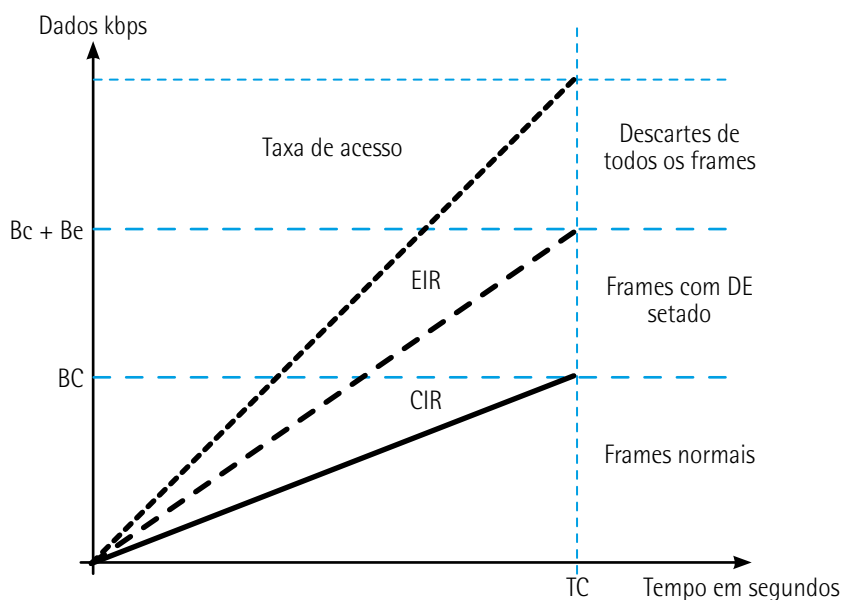


Figura 28 – Gráfico de registro CIR/EIR

A técnica EIR permite que quadros oriundos do usuário sejam eleitos como descartáveis (elegíveis ao descarte ou *discard eligible* – DE), sendo que *frames* poderão ser eleitos pela rede ou pelo usuário.

A rede promove o tratamento dos quadros DE como quadros em excesso, potencialmente descartáveis em caso de congestionamento moderado no interior do sistema de transmissão. Quadros que não sejam

marcados como DE somente serão descartados em caso de congestionamento severo da rede, e uma vez que o *bit* DE seja colocado em "1" pelo usuário, ele não será alterado pela rede (tráfego ignorado pelo sistema e encarado como tráfego de missão crítica, ou ainda dados que não podem ser enviados posteriormente).

O algoritmo para EIR tem funcionamento similar ao usado para CIR, ou seja, também utilizará um mecanismo de créditos com contador (Be bytes), sendo que esse contador será decrementado sempre que o contador Bc estiver zerado, então, ao ultrapassar o valor de CIR, a rede continuará recebendo quadros do usuário. Caso a rede esteja em situação normal de funcionamento, esses dados serão transferidos até que o contador seja zerado. Porém, a partir desse instante ($Be = 0$), a rede "poderá passar a" descartar todos os dados que venha a receber, já na porta de entrada (primeiro nó da rede), sempre lembrando que estes contadores voltam aos seus valores configurados a cada T_c segundos.

Quando o usuário enviar somente *frames* com o *bit* DE=0, todos os *frames* que forem considerados em excesso (acima do CIR) terão o *bit* DE alterado para "1" pela rede, conforme ilustrado na figura a seguir:

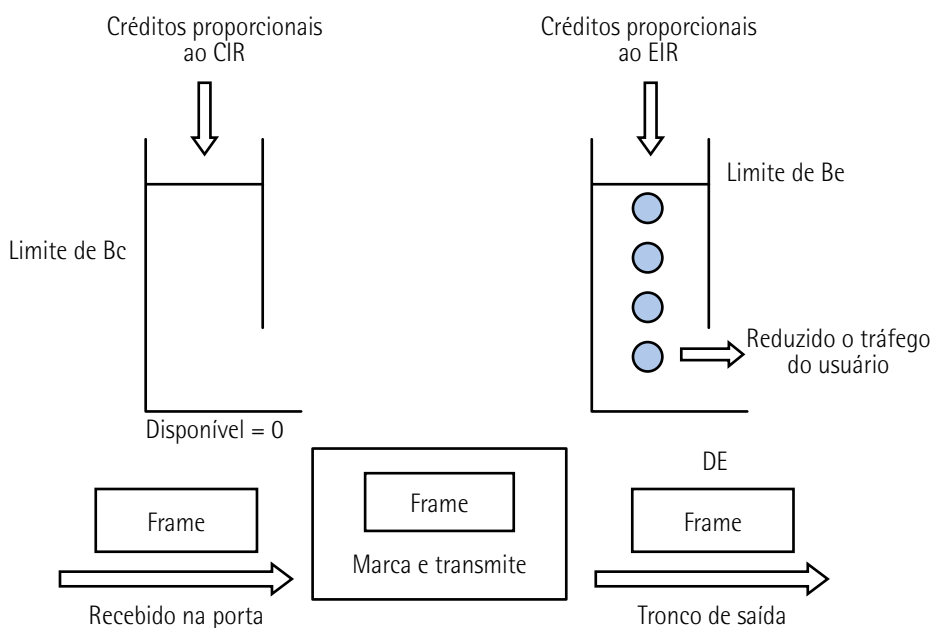


Figura 29 – Limites para Bc e Be

Na ocorrência de um usuário enviar quadros com o *bit* DE com o valor "1", o contador Bc não será alterado, e a rede irá tratar *frames* até que o contador Be esteja em zero, quando então "dará início" ao descarte de novos *frames* (independentemente do valor do contador Bc). O diagrama a seguir mostra esse processo:

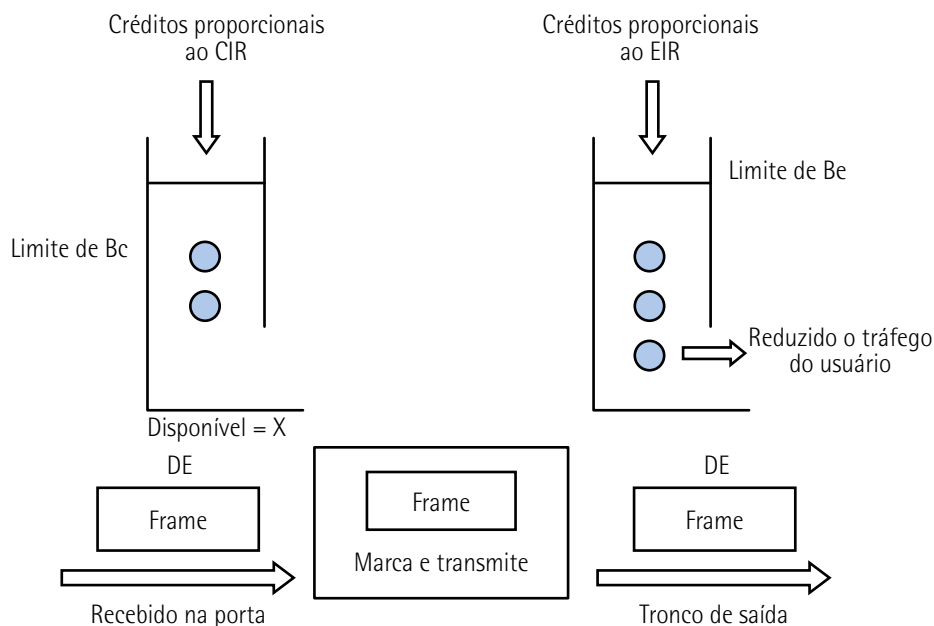


Figura 30 – Limites de CIR e EIR com pacote DE

De acordo com exata utilização do *bit* DE, com $DE=0$ ou $DE=1$, observando diferentes aplicações dentro de um mesmo PVC (circuito virtual permanente), o usuário pode definir qual aplicação (fluxo de dados) é mais importante ($DE=0$), lembrando que, em caso de congestionamento, é preciso verificar quais dados (de quais aplicações, de quais fluxos) poderão ser descartados (aqueles com $DE=1$).

2.1.11 Controle de congestionamento do *frame relay*

Teoricamente, os usuários podem enviar tantos dados quanto necessários pela rede, existindo apenas poucas restrições. Essa é uma das principais vantagens do protocolo *frame relay*, observando estritamente os ambientes de LANs (redes locais), em que o tráfego enviado para rede não possui mecanismos de previsão e ainda possui um perfil de rajada baseado em *bursts*.

Entretanto, se o *frame relay* fosse um protocolo que não se encarregasse de nenhuma restrição de tráfego, existiria essa possibilidade de os fluxos das redes serem congestionadas, devido à grande quantidade de dados que seriam enviados de forma simultânea. Nesses casos, uma das soluções para se resolver o problema de congestionamento é o emprego dos descartes de todos os quadros, aqueles que não conseguiríamos tratar. Para isso, avaliar o descarte de dados, sem levar em consideração uma necessidade individual de cada usuário ou fluxo de dados envolvidos, passa a ser uma solução que não é bem aceita para resolver o problema. Logo, o *frame relay* precisa pensar numa forma de garantir uma taxa de transmissão de dados para os usuários e para as suas aplicações, proporcionando, assim, um equilíbrio justo nos recursos usados dentro da rede.

O *frame relay* possui diversos mecanismos de controle de tráfego cujo objetivo é controlar substancialmente o congestionamento focado em controlar e limitar o fluxo de dados, observando sempre a manutenção da qualidade do serviço do protocolo e atribuindo menores taxas de descarte de quadros.

2.1.11.1 Os mecanismos

Notificação explícita de congestionamento (ECN)

Essa "notificação" faz uso dos *bits* dos campos do cabeçalho do quadro *frame relay*, FECN e BECN, observando o modo como os usuários reduzem sua demanda de recursos para que a rede possa retornar a sua operação normal (sem gargalos). Os *bits* ECN começam a ser enviados quando é identificado um congestionamento suave, que se caracteriza por baixos níveis de recursos, mas ainda são suficientes para continuar transmissão dos dados pela rede, e durante essa fase ainda não existe o descarte de quadros (que estiverem dentro dos padrões configurados).

Avaliando o nível de severidade do congestionamento, a rede poderá escolher um dos quatro métodos de controle do congestionamento propostos, conforme o quadro a seguir:

Quadro 2 – Níveis de volume de tráfego

Nível de congestionamento	Método de controle
Suave	Sub-rede envia FECN e BECN e não tem o descarte
Moderado	Descarta somente frames com DE=1
Pesado	Descarta frames com DE=1 e começa a descartar frames com DE=0
Severo	Descarta todos os novos frames para a proteção da sub-rede



Observação

Dependendo dos equipamentos que compõem a sub-rede, podem ser configurados os parâmetros e limiares analisados (limites operacionais) para se passar de um nível para outro, bem como as ações específicas (correções e ajustes, até descarte de quadros) a serem tomadas.

Rate enforcement (imposição de taxa)

A imposição de taxa é o mecanismo usado para impor explicitamente o controle de taxa atribuído, CIR e EIR, que possa realmente atuar, ou seja, caso a facilidade de imposição de taxa esteja habilitada em um determinado DLCI, a taxa máxima de dados que a rede poderá tratar neste circuito virtual estará restrita ao valor CIR + EIR (banda garantida mais bônus). No momento em que essa facilidade esteja desabilitada em um determinado DLCI, isso significa que não existirá nenhuma espécie de controle sobre o fluxo de informação para esse circuito virtual, e então todos os *frames* serão aceitos e transportados transparentemente sob condições normais da rede.

A imposição de taxa deve ser configurada em cada DLCI da interface e através do controle de taxa. Podemos definir as classes de serviço (fluxo de dados) conforme a tabela seguinte:

Tabela 7 – Imposição de taxa

Tipo	CIR	Bc	Be	TC
1	= 0	X	= 0	X
2	= 0	X	> 0	> 0
3	> 0	> 0	= 0	= Bc/CIR
4	> 0	> 0	> 0	= Bc/CIR

Atribuições de classe de serviço:

- Serviço tipo 1 (CIR=0, Be=0): não permite quaisquer dados do usuário dentro da rede. Esta configuração pode ser utilizada para desabilitar temporariamente o tráfego no DLCI.
- Serviço tipo 2 (CIR=0, Be>0): todos os quadros terão o *bit* DE setado para "1". O usuário poderá ter um *throughput*, caso a rede tenha disponibilidade, igual ao EIR configurado. Este é um serviço de menor prioridade no serviço *frame relay*.
- Serviço tipo 3 (CIR>0, Be=0): permite dados de usuário até a taxa CIR, com quadros descartados somente em condições de congestionamento severo. Este é um serviço de alta prioridade, pois a rede "garante" a entrega dos dados até o limite da banda contratada.
- Serviço tipo 4 (CIR>0, Be>0): os quadros em excesso (EIR) terão o *bit* DE colocado em "1". Permite dados de usuário até a taxa CIR + EIR, dando maior flexibilidade aos usuários da rede, sendo que os quadros poderão ser descartados em condições de congestionamento.

2.1.11.2 Rate adaptation

O modo *rate adaptation* (adaptação de taxa) permite que o serviço *frame relay* possa opcionalmente (caso configurado) prover o mecanismo de adaptação de taxa na ocorrência de congestionamento. Na verdade, é a rede provendo uma política para garantir que a carga oferecida para a rede seja reduzida em condições de congestionamento (anormalidade). Se o usuário observa a redução de sua carga para a rede devido a sua recepção de BECN, nenhum descarte será necessário no ponto de entrada da rede (porta de acesso).

Esse mecanismo provê um controle dinâmico dos dados entrantes na rede, pois quando o congestionamento for detectado a adaptação de taxa irá reduzir os valores de CIR e/ou EIR, diminuindo o tráfego na rede, e assim o congestionamento deverá diminuir ou até cessar, e, como resposta a essa nova condição, a adaptação de taxa irá aumentar gradualmente os valores de CIR e/ou EIR até atingirem seus valores configurados.

2.1.12 O protocolo de gerência da interface *frame relay*

Em função de uma necessidade de controle e também de gerenciamento das interfaces do protocolo *frame relay*, ainda, para possibilitar aos usuários da rede observar o *status* de suas conexões, foram inclusos dentro dos padrões do protocolo *frame relay* mecanismos de sinalização ativa. Um ponto importante no protocolo da sinalização foi o fato de ele ser projetado apenas para servir como um suplemento, que é base do protocolo *frame relay*; ainda assim, é perfeitamente possível sua implementação nas interfaces, sem os mecanismos de gerência ativados. Esses mecanismos possibilitam de forma bastante simples aos usuários ganharem maiores informações sobre o *status* dos seus circuitos virtuais, sendo isso simples motivo para serem considerados opcionais.

O protocolo de gerenciamento é nominado LMI (*local management interface* ou gerenciamento local da interface). Esse protocolo faz uso das DLCIs específicas para enviar seu grupo de mensagens diferentes daquelas usadas para tráfego de dados.

Das principais atribuições e aplicações do LMI sobre as interfaces do protocolo *frame relay*, interfaces nominadas UNI e NNI, observamos uma aplicação de uso, ainda, apenas local. O circuito virtual do usuário possui um mecanismo de monitoramento em cada interface lógica, as quais irão trocar informações de gerência, dando ao usuário a possibilidade de determinar o *status* de sua conexão de maneira fim a fim. A figura a seguir demonstra a aplicação do protocolo LMI.

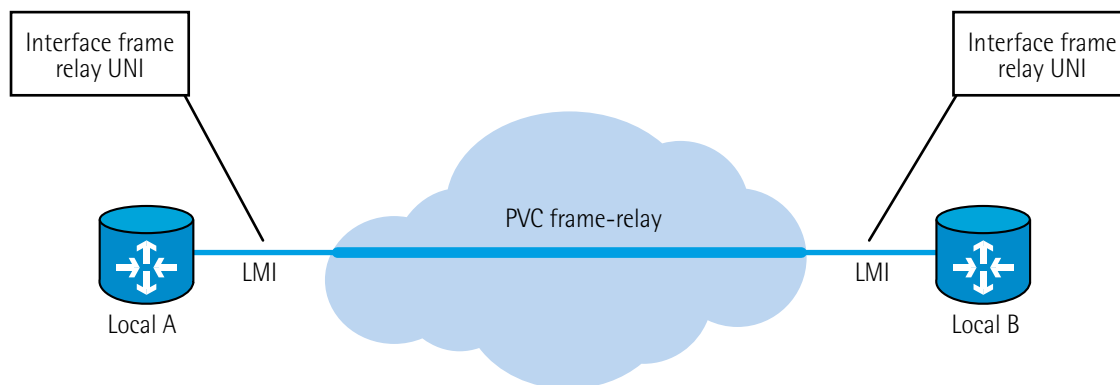


Figura 31 – Topologia lógica do LMI e PVC em *frame relay*

O protocolo LMI tem como funções básicas:

- Notificação da adição, deleção e presença de circuitos virtuais permanentes na interface.
- Troca de sequências de *polling* e respostas entre o dispositivo do usuário e a rede, para garantir a continuidade da operação de um enlace *frame relay*.

2.1.12.1 O funcionamento do protocolo LMI

O protocolo LMI implementa um *polling* periódico (também chamado de *heartbeat process*). Esse procedimento de *polling* consiste em duas mensagens: o *status* e o *status-enquiry*, as quais são utilizadas para executar diferentes atividades dentro do LMI, incluindo:

- Um mecanismo para a verificação da integridade do *link*.
- Uma notificação de adição e deleção de um circuito virtual permanente.
- Uma notificação de disponibilidade de um circuito virtual permanente.

O processo de *polling* consiste do seguinte: a cada N segundos o usuário envia uma mensagem de *status-enquiry* para a rede (o intervalo de tempo N é chamado de *polling interval*), e essa mensagem de *status-enquiry* solicita uma resposta de rede. A rede responde com uma mensagem de *status*, a qual então irá confirmar a integridade do *link*.

Após um determinado número de *status-enquiries* normais, o usuário solicita uma mensagem de *full status* em vez de uma simples verificação de integridade do *link*.

Para receber o *full status*, a rede deve responder com uma mensagem de *status* que proporciona informações (*information elements*) para cada circuito virtual permanente configurado nesse *link frame relay*. A falta do elemento de informação para um determinado circuito virtual permanente dentro da mensagem de *status* é interpretada pelo equipamento do usuário como uma deleção do circuito virtual permanente dessa interface *frame relay*.

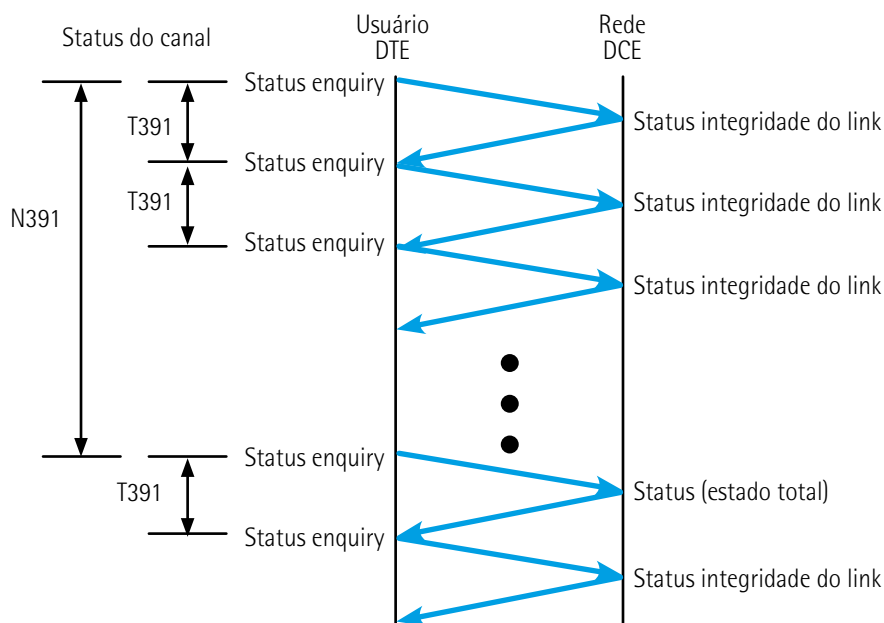


Figura 32 – Estado do canal DTE-DCE

2.1.12.2 Formatação básica do quadro do protocolo LMI

O protocolo LMI segue os padrões e regras do *frame relay* em relação à estrutura do quadro e operação do protocolo. A diferença está nas extensões do quadro para suportar o protocolo.

Entre os procedimentos orientados pelos comitês ANSI, ITU-T e Vendor Forum, esse formato possui pequenas diferenças, o que não os tornam menos compatíveis, ou seja, o procedimento que o usuário configurar em seu equipamento também deverá ser configurado na rede. Levando em conta que o LMI tem significado apenas local, é muito possível que seja configurado um determinado procedimento em uma ponta do circuito e outro procedimento na outra extremidade.

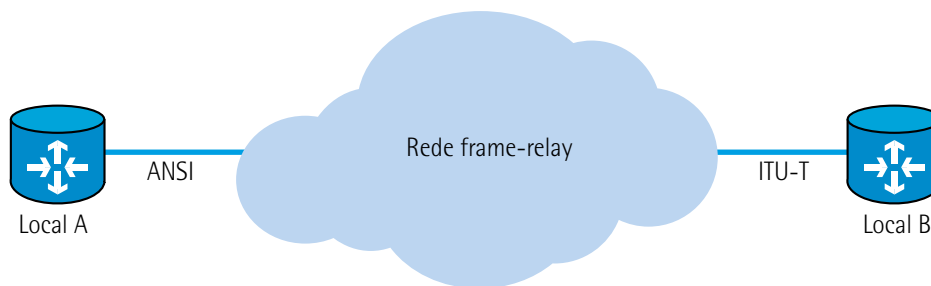


Figura 33 – Atribuições dos protocolos LMI no canal UNI

2.1.12.3 DLCIs/padrões utilizados no protocolo LMI

O modo de especificação que o usuário adota irá definir qual padrão de gerência será utilizado, bem como os respectivos DLCIs, conforme a tabela a seguir:

Tabela 8 – Designação dos padrões para LMI no mundo

Especificação	Padrão	DLCI
ANSI	Anexo D	0
ITU-T	Anexo A	0
Vendor Forum	LMI	1023

Procedimentos de operação do LMI para interfaces UNI/NNI

Os procedimentos de operação do protocolo LMI dependem do tipo de interface: UNI ou NNI.

Para uma interface UNI, a troca de mensagens *status-enquiry* e *status* é feita de uma maneira unidirecional, ou seja, o usuário envia o *status-enquiry* e a rede responde com *status*.

Para a interface NNI, a troca de mensagens *status-enquiry* e *status* é feita de uma maneira bidirecional, ou seja, as duas pontas enviam o *status-enquiry* e respondem com *status*.

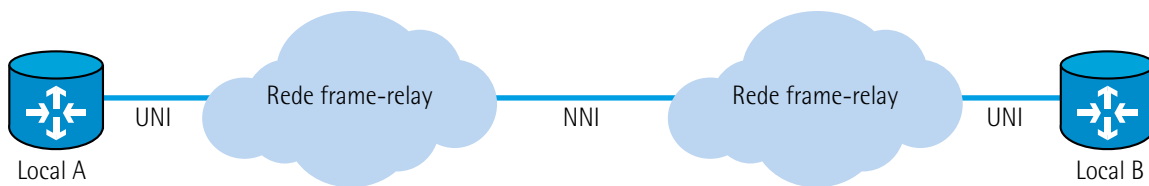


Figura 34 – Atribuição das interfaces UNI e NNI em *frame relay*

O método em si apresenta desvantagens aos procedimentos de atualização do *status* do protocolo LMI, observações importantes tanto do modo unidirecional quanto do bidirecional. Justamente, quanto ao atraso da informação para o usuário ou às sinalizações de erro para o *status* de rede, se ajustado o *polling* para 10 segundos e para 6 *enquiries* não *full*, solicitamos então um *full status*. Ele agora poderá levar 60 segundos para que um usuário seja informado da mudança de *status* de seus circuitos virtuais permanentes, e durante todo esse tempo o usuário poderá continuar a enviar dados para a rede. Isso é equivalente a aproximadamente 3,8 megabits de dados.

Por esse motivo, foi desenvolvido um procedimento de mensagem de atualização assíncrona (*asynchronous status*). O procedimento consiste na mesma mensagem de *status*, porém, com a possibilidade de envio dessas mensagens sempre que o estado de um CVP mudar na conexão *frame relay* (não depende de *polling*). As mensagens de atualização assíncrona contêm informação do circuito virtual permanente que teve o seu estado alterado, de ativo para inativo ou vice-versa.



Lembrete

As mensagens de *status* do circuito virtual LMI fornecem comunicação e sincronização entre dispositivos de *frame relay* DTE e DCE. Essas mensagens são usadas para relatar periodicamente o *status* do PVC, o que impede que os dados sejam enviados para buracos negros (ou seja, sobre destinos que não existem mais).

2.1.12.4 Situações de erro do protocolo LMI

O LMI é um protocolo de gerenciamento bastante simples e foi projetado para garantir a operação de uma interface *frame relay* com a mínima quantidade de informação necessária.

Entretanto, erros podem ocorrer nas interfaces *frame relay*, e tanto a rede quanto o equipamento do usuário devem ser capazes de reconhecer esses erros e proceder da maneira correta.

As condições nas quais a rede pode detectar erros numa interface UNI são:

- Recepção de um número de sequência inválido dentro de um elemento de informação da integridade do *link*.

- Não recebimento de uma mensagem de *status-enquiry* dentro de um período de tempo especificado (*timeout*), que possui o nome de T392.
- Perda de um frame LMI devido à detecção de um erro pelo FCS (essa situação será encarada como o não recebimento de uma mensagem de *status-enquiry*).

As condições nas quais o equipamento do usuário pode detectar erros numa interface UNI são:

- Recepção de um número de sequência inválido dentro de um elemento de informação da integridade do *link*.
- Não recebimento de uma mensagem de *status* dentro de um período de tempo (T391), após o envio de uma mensagem de *status-enquiry*.
- Perda de um frame LMI devido à detecção de um erro pelo FCS (essa situação será encarada como o não recebimento de uma mensagem de *status*).

2.1.13 Parâmetros configuráveis no protocolo LMI

Os parâmetros para o LMI Vendor Forum são especificados como nTx (para temporizadores) e nNx (para contadores), enquanto para os procedimentos ANSI e ITUT serão especificados como T39x (para temporizadores) e N39x (para contadores).

- nT1/T 391 *link integrity verification timer*: especifica o intervalo de tempo que o lado usuário espera antes de enviar a próxima mensagem de *status enquiry* para a rede (valor *default* = 10 seg).
- nT2/T 392 *polling verification timer*: especifica o intervalo de tempo que o lado rede espera receber a próxima mensagem de *status enquiry* (valor *default* = 15 seg).
- nN1/N 391 *full status polling cycle*: uma mensagem de *full status* é solicitada a cada N391 ciclos de *polling*. É considerado um ciclo de *polling* quando é recebido com sucesso, pelo lado usuário, uma mensagem de resposta à mensagem de *status enquiry* (valor *default* = 6).
- nN2/n 392 *error event threshold*: especifica o número de erros durante N393 eventos monitorados, após o qual o LMI será declarado inativo (valor *default* = 3).
- nN3/N393 *monitor events count*: especifica o número de eventos ocorridos, dos quais não mais que nN2/N392 erros são permitidos (valor *default* = 4).
- nT3 *message count check point timer*: especifica o intervalo de tempo dentro do qual um máximo de nN4 mensagens de *status enquiry* poderão ser enviadas pelo lado usuário.

- Não existe o equivalente ANSI ou ITU-T para este parâmetro (valor default = 20 seg).
- nN4 *maximum status enquiries*: especifica o número máximo de mensagens *status enquiry* que o lado do usuário pode enviar para rede no intervalo nT3. Não existe o equivalente ANSI ou ITU-T para este parâmetro (valor default = 5).



Resumo

Vimos nesta unidade que o *frame relay* surgiu como um divisor de águas na tecnologia de comunicação de longa distância. Foi a primeira tecnologia a buscar índices da qualidade de serviços em redes de longa distância, promovido por um consórcio e um fórum atuante, apoiado sobretudo pelo IEEE e ITU-T, no desenvolvimento de uma arquitetura completa e capaz de interconectar redes de continentes diferentes e ainda propiciar alto nível de confiabilidade e relativa capacidade de implementação ao abstrair os problemas e entregar serviços de dados, de voz e de vídeo.

O *frame relay* quebrou um paradigma, capacitando os administradores de redes a implementar suas arquiteturas e topologias indistintamente aos protocolos que eles precisam, ganhando flexibilidade em suas aplicações e fazendo com que as distâncias diminuam à medida que novas conexões forem embarcadas nas soluções.

Apoiado num forte apelo da formatação de circuitos em uma rede de pacotes, o *frame relay* quebra, mais uma vez, o paradigma da camada de enlace, transparecendo o seu melhor da tecnologia sem o emprego da camada de rede para apoiar comunicação entre as partes.



Exercícios

Questão 1. (Quadrix, 2014) Um protocolo que é resultado da combinação das funcionalidades de multiplexação estatística e compartilhamento de portas do X-25, com as características de alta velocidade e baixo atraso (*delay*) dos circuitos TDM e que utiliza circuitos digitais (PVC e SVC) é o:

- A) ATM.
- B) *Frame relay*.
- C) X-25.

D) ISDN.

E) Ethernet

Resposta correta: alternativa B.

Análise das alternativas

A) Alternativa incorreta.

Justificativa: a ATM (*asynchronous transfer mode*) é uma tecnologia de comunicação de dados de alta velocidade usada para interligar redes locais, metropolitanas e de longa distância para aplicações de dados, voz, áudio e vídeo.

B) Alternativa correta.

Justificativa: o *frame relay* é um protocolo WAN de alta performance que opera nas camadas física e de enlace do modelo OSI. Sendo descendente direto do X-25, utiliza-se das funcionalidades de multiplexação estatística e compartilhamento de portas, porém com a alta velocidade e baixo atraso (*delay*) dos circuitos TDM. O *frame relay* é baseado no uso de circuitos virtuais (VC). Um VC é um circuito de dados virtual bidirecional entre duas portas quaisquer da rede, que funciona como se fosse um circuito dedicado. Existem dois tipos de circuitos virtuais: o *permanent virtual circuit* (PVC) e o *switched virtual circuit* (SVC).

C) Alternativa incorreta.

Justificativa: a X-25 é um padrão de protocolo para comunicações para redes geograficamente distribuídas da ITU-T (International Telecommunication Union), setor de padronização de telecomunicações que define como devem ser estabelecidas e mantidas as conexões entre dispositivos de usuários e os dispositivos de rede. O X-25 foi projetado para operar sistemas de rede de dados. É tipicamente usado em redes de comutação de pacotes (PSNs) de provedores de serviços de telecomunicações. Os assinantes do serviço são tarifados de acordo com o uso do serviço.

D) Alternativa incorreta.

Justificativa: o ISDN (*integrated services digital network*), tecnologia que também recebe o nome de RDSI (Rede Digital de Serviços Integrados), é um serviço disponível em centrais telefônicas digitais que permite acesso à internet e se baseia na troca digital de dados em que são transmitidos pacotes por multiplexagem (possibilidade de estabelecer várias ligações lógicas numa ligação física existente) sobre condutores de "par-trançado".

