

# Introdução ao Frame Relay

Prof. José Marcos Câmara Brito

Inatel - 05/99

# Objetivo

- Prover o usuário com uma rede privativa virtual (VPN) capaz de suportar aplicações que requeiram altas taxas de transmissão (T1/E1).
- No protocolo Frame Relay uma série de funções, que existiam nos protocolos anteriores (ex.: X.25), são minimizadas ou eliminadas.

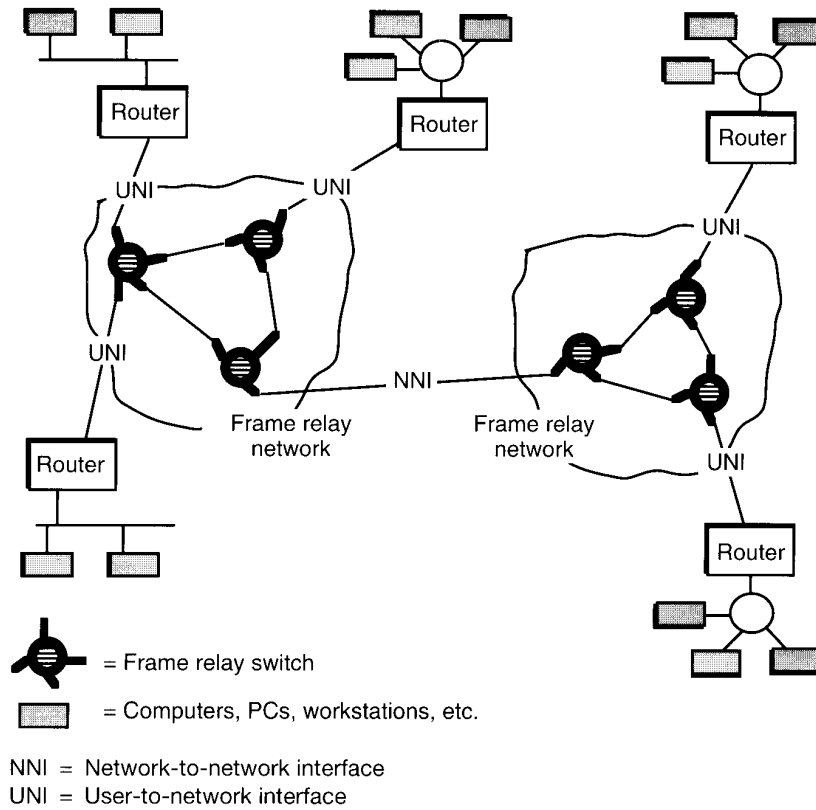
# Topologia típica

- O dispositivo do usuário é conectado à rede Frame Relay através de um roteador ou algum outro dispositivo de acesso Frame Relay (FRAD - Frame Relay Access Device), que implementa o protocolo UNI.
  - Esta abordagem não é obrigatória, mas provê operação transparente para o usuário.

# Topologia típica

- Se o Frame Relay é implementado estritamente de acordo com os padrões ANSI e ITU-T, as interfaces físicas são baseadas na RDSI. Contudo, muitas aplicações usam circuitos E1/T1/
- Os padrões Frame Relay especificam as interfaces UNI e NNI (network-to-network); o implementador define a operação interna da rede.

# Topologia típica



# Camadas da rede Frame Relay

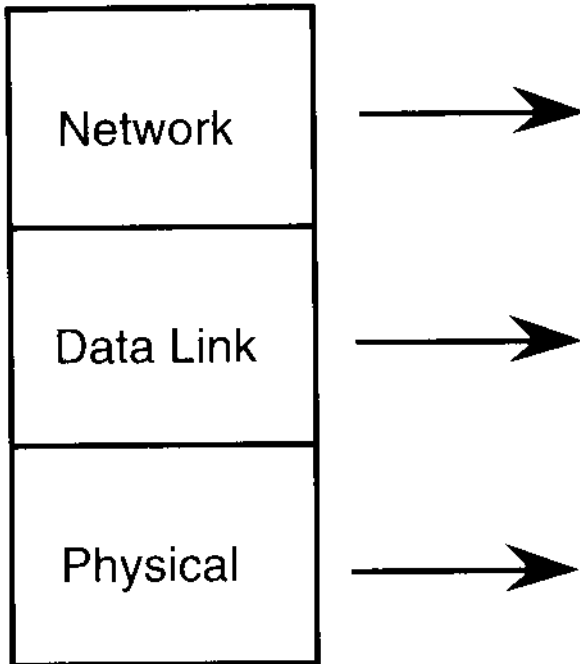
- A rede Frame Relay é concebida para eliminar e/ou combinar muitas operações residentes nas camadas 2 e 3 de um modelo de 7 camadas convencional. Esta abordagem resulta em aumento de vazão e diminuição de atraso (se comparado com X25)

# Camadas da rede Frame Relay

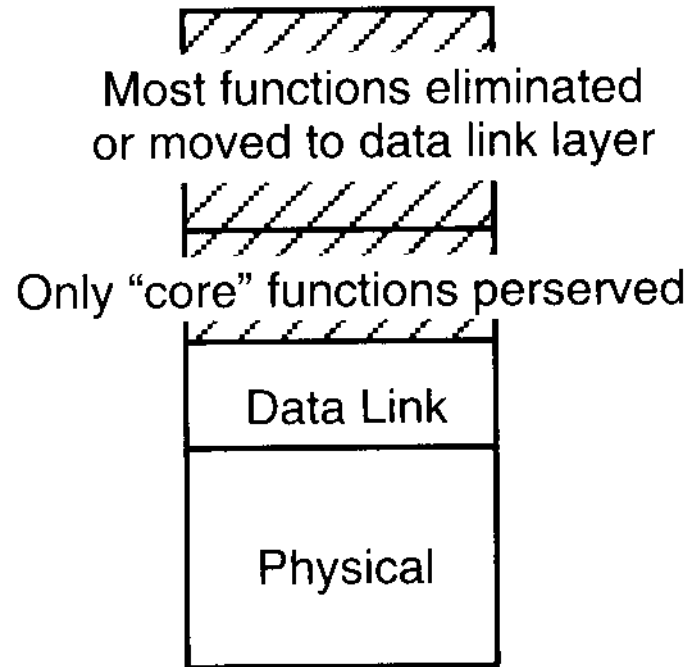
- Frame Relay utiliza PDUs de comprimento variável, suportando a interconexão de diferentes tipos de redes (LANs e WANs).
  - Unidades de dados de comprimento variável se traduz em atraso variável; característica que não é adequada para sistemas que são sensíveis a atraso (voz e vídeo, por exemplo). Esta questão vem sendo estudada, no sentido de viabilizar o tráfego de voz sobre Frame Relay com QoS.

# Camadas da rede Frame Relay

Typical stack

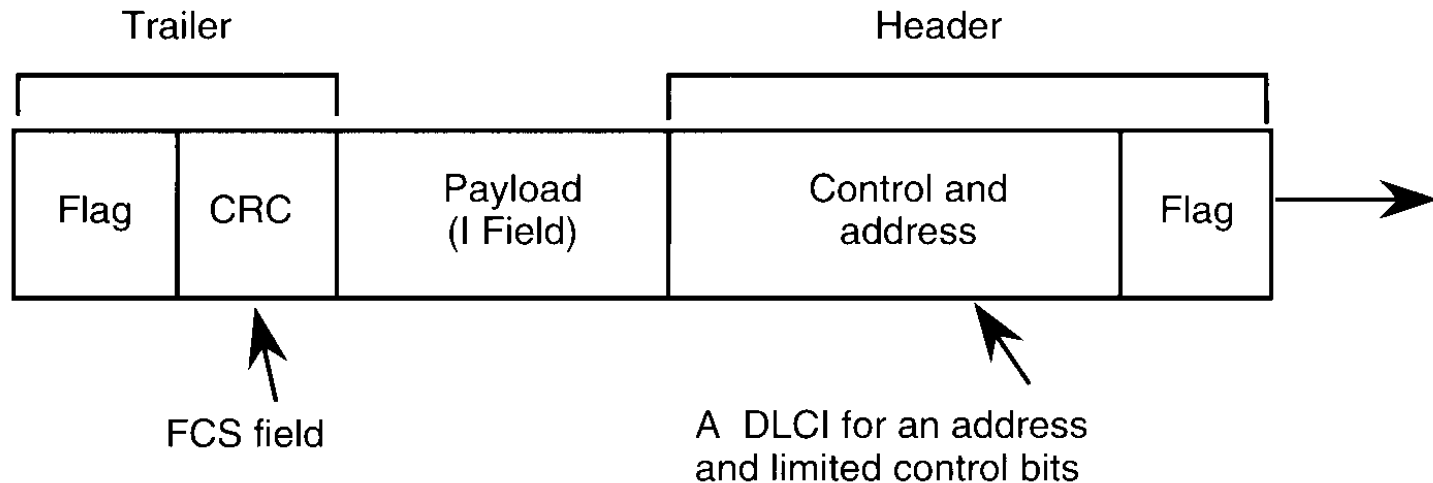


Frame relay stack



# Quadro do Frame Relay

- Derivado do HDLC. Funções de endereçamento e controle (reduzido) estão em um mesmo campo



# Funções núcleo do Frame Relay

- Delimitação e alinhamento de quadro (flag)
- Transparência dos flags (bit stuffing)
- Multiplexagem e demultiplexagem de circuitos virtuais, através do uso do campo DLCI no quadro. Os campos de payload dos quadros no canal podem conter tráfego de múltiplos usuários; cada campo de payload é identificado com um único DLCI.

# Funções núcleo do Frame Relay

- O sistema deve verificar se o quadro possui um número inteiro de octetos.
- O sistema deve verificar se o tamanho do quadro não excede os limites mínimo e máximo (se e quando fixados).
- O sistema deve ser capaz de detectar erros de transmissão (campo FCS), erros de formatação e outros erros operacionais.

# Identificador de conexão de enlace de dados (DLCI)

- O Frame-Relay usa o identificador de conexão de enlace de dados para identificar o usuário de destino. O DLCI é um número de 10 bits semelhante ao número de circuito virtual de um protocolo de camada de rede. Os 10 bits podem ser expandidos com a opção de endereçamento estendido.

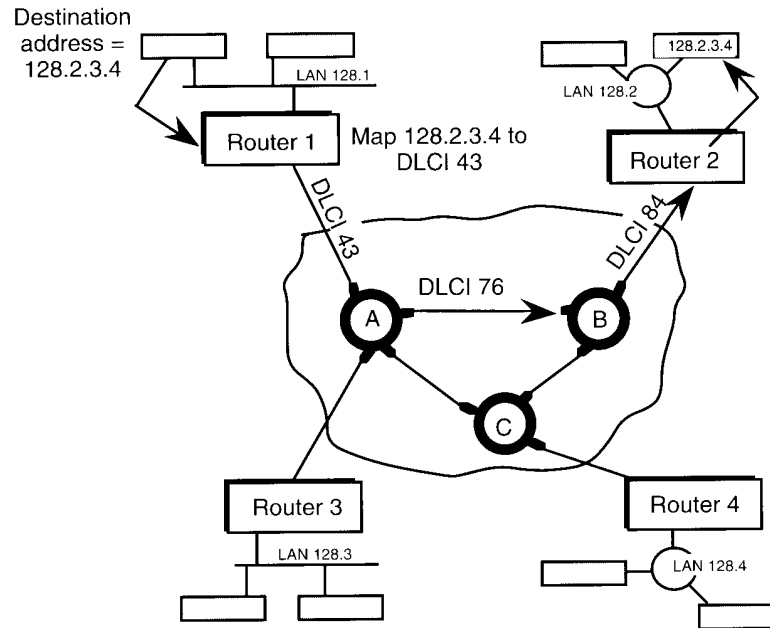
# Identificador de conexão de enlace de dados (DLCI)

- Os DLCIs são pré-mapeados para o nó de destino. O roteador encaminha o tráfego com base no valor do DLCI, que serve como parâmetro de entrada para consulta a sua tabela de roteamento.
- A operação dentro da rede pode ser através do DLCI ou de outra forma qualquer (por exemplo, operação não-orientada a conexão)

# Identificador de conexão de enlace de dados (DLCI)

- A função de conversão de endereços é fundamental para a operação da rede, embora não definida pelo Frame Relay. A figura ilustra esta função, o endereço IP é transportado no payload do usuário, e utilizado pelo roteador 2 para encaminhar a mensagem.
- Alguns fabricantes adicionam campos de controle proprietários para o transporte do payload para a UNI de recepção. Isto permite que o comutador (nó da rede) possa suportar diversas especificações de UNI (tais como: Frame-Relay, X.25, SMDS, etc.)

# Identificador de conexão de enlace de dados (DLCI)



= Frame relay switch

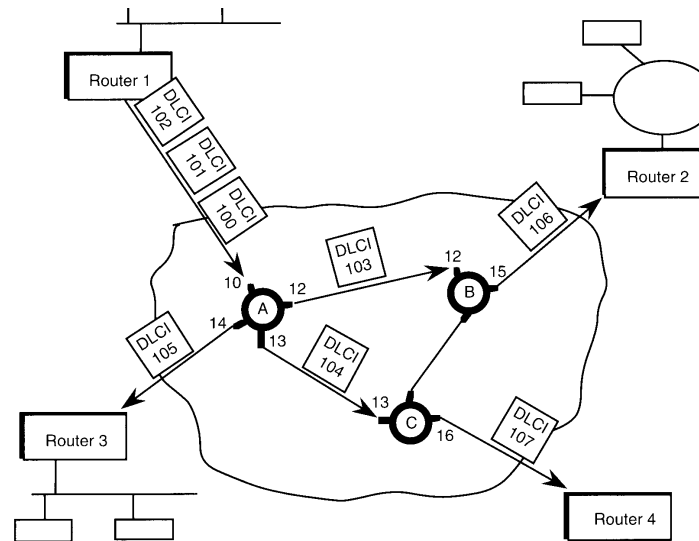


= Computers, PCs, workstations, etc.

# Operação do DLCI (exemplo)

- Roteador 1 envia tráfego para três LANs conectadas aos roteadores 2, 3 e 4.
- O tráfego consiste de três quadros com os seguintes destinos:
  - DLCI 100: roteador 2
  - DLCI 101: roteador 4
  - DLCI 102: roteador 3

# Operação do DLCI (exemplo)



Partial routing table at switch A

Line In	DLCI	Line Out	DLCI
10	100	12	103
10	101	13	104
10	102	14	105

Partial routing table at switch B

Line In	DLCI	Line Out	DLCI
12	103	15	106

Partial routing table at switch C

Line In	DLCI	Line Out	DLCI
13	104	16	107

# Controle de erro

- A técnica CRC é utilizada para detectar erros nos quadros transmitidos.
- A verificação pode ser feita nó-a-nó ou apenas no último nó da rede (a opção é do implementador).
- Um quadro com erro é descartado pela rede, mas nenhum NAK é gerado para o transmissor.

# Gerenciamento de tráfego

- O Frame-Relay técnicas de controle de fluxo implícitas para gerenciar o tráfego do usuário.
  - Nestas técnicas a rede não impede o usuário de transmitir, mas informa ao mesmo que em caso de congestionamento seu tráfego será descartado.
- O cabeçalho do quadro Frame-Relay é utilizado pelo dispositivo do usuário e pela rede para gerenciar e controlar o fluxo de tráfego.



# Campos do cabeçalho

- DLCI
- C/R - bit de comando/resposta. Não é usado pela rede Frame-Relay.
- EA - bit de extensão de endereço. Utilizado para estender o cabeçalho para 3 ou 4 octetos.
- FECN - bit de notificação (para frente) explícita de congestionamento; usada para notificar um usuário a upstream de problemas de congestionamento.

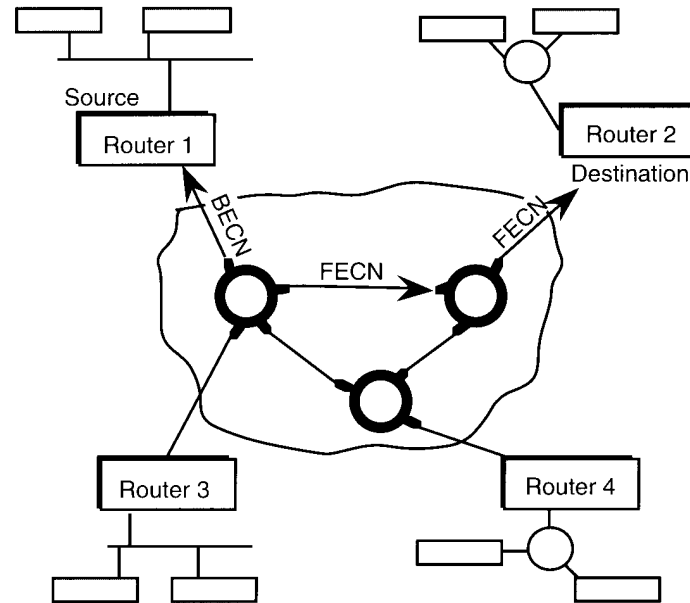
# Campos do cabeçalho

- BECN - bit de notificação (para trás) explícita de congestionamento; usado para notificar um usuário a downstream de problemas de congestionamento.
- DE - bit de elegibilidade de descarte; utilizado para marcar quadros para possíveis descartes.

# FECN e BECN - Exemplo de operação

- Comutador A começa a enfrentar problemas de congestionamento:
  - BECN é enviado em um quadro a downstream para notificar a fonte do tráfego.
  - FECN é enviado a upstream para notificar o destino do tráfego. Isto é feito pois o dispositivo de destino pode influenciar o dispositivo de origem (por exemplo, em alguns protocolos, se o destino atrasa o envio de ACKs, o fluxo de geração de pacotes na origem é reduzido).

# FECN e BECN - Exemplo de operação



= Frame relay switch



= Computers, PCs, workstations, etc.

# FECN e BECN

- A implementação da funcionalidade oferecida por estes bits não é obrigatória. Alguns fabricantes adotam a filosofia de confiar na camada de transporte para controlar o fluxo dos dispositivos dos usuários, não implementando o controle de fluxo pelos bits BECN e FECN.

# Consolidated Link Layer Management (CLLM)

- Os padrões Frame-Relay provêm um número limitado de funções de diagnóstico e gerência da rede, que são agrupadas sob os procedimentos CLLM.

# Consolidated Link Layer Management (CLLM)

- O CLLM utiliza o DLCI 1023 para enviar mensagens aos nós a downstream.
  - A reserva de um DLCI para controle permite à rede enviar tráfego para um dispositivo de usuário ou seu roteador independente do tráfego recebido do nó a upstream.
  - O CLLM inclui um código de diagnóstico no quadro para descrever o tipo de problema encontrado pela rede.
  - Os DLCIs afetados são listados em um campo deste quadro, e são tipicamente os DLCIs que devem controlar o fluxo em seu tráfego.

# Mensagens CLLM

- Congestionamento na rede, tráfego excessivo, curta duração
- Congestionamento na rede, tráfego excessivo, longa duração
- Falha de equipamento ou facilidade, curta duração
- Falha de equipamento ou facilidade, longa duração
- Ação de manutenção, curta duração
- Ação de manutenção, longa duração
- Desconhecida, curta duração
- Desconhecida, longa duração

# Bit de elegibilidade de descarte (DE)

- Em algumas implementações o usuário faz  $DE = 1$  para sinalizar à rede os pacotes que devem ser descartados em caso de problemas.
- O bit DE pode não ser implementado. Neste caso o descarte dos pacotes é feito pela rede de forma aleatória.

# Taxa de informação contratada

- O usuário estima a taxa média de tráfego gerado em condições normais, que é denominada de CIR. Este parâmetro é incorporado ao contrato de serviço entre o usuário e a rede.
- A rede monitora o tráfego do usuário. Se o tráfego ultrapassa o valor CIR, os bits DE são feitos iguais a um, tornando os quadros elegíveis para descarte em caso de congestionamento. Portanto, a rede transporta o tráfego que ultrapassa CIR desde que não haja congestionamento.

# Comitted Burst Size (Bc) e Excess Burst Size (Be)

- A forma de utilização destes parâmetros na rede é opção do implementador.
  - Em algumas redes o usuário pode transmitir à taxa de acesso por um dado tempo (os conceitos de Bc e Be e CIR não são utilizados).
- Bc é a máxima quantidade de dados (em bits) que o usuário pode entregar à rede em um dado intervalo de tempo (T). -  $CIR = Bc / T$ 
  - O valor de Bc é definido durante o estabelecimento da chamada ou pré-definido no caso de PVC.

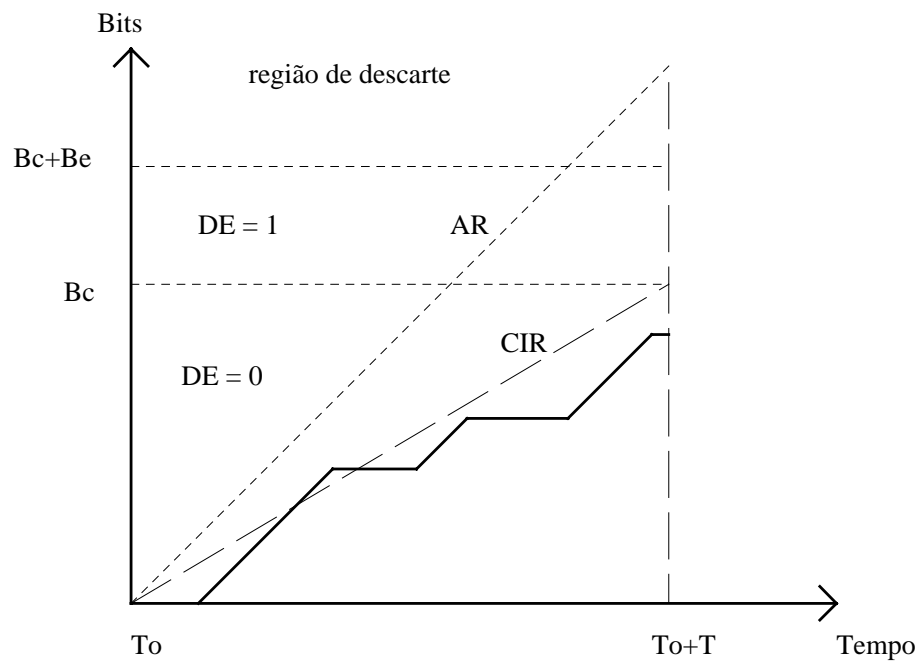
# Comitted Burst Size ( $B_c$ ) e Excess Burst Size ( $B_e$ )

- $B_e$  descreve a máxima quantidade de dados (em bits) que o usuário pode enviar, excedendo  $B_c$ , durante o intervalo de tempo  $T$ .
  - O valor de  $B_e$  também identifica o número máximo de bits que a rede tentará entregar, excedendo  $B_c$ , durante o intervalo  $T$ .
  - O valor de  $B_e$  também é negociado no momento do estabelecimento da conexão.
  - A probabilidade de entrega de  $B_e$  é menor do que a de  $B_c$ .

# Ex.: Tráfego abaixo de $B_c$

- Três quadros são transmitidos dentro do intervalo  $T$ . A taxa de transmissão é idêntica à taxa de acesso.
- A CIR é ultrapassada temporariamente durante a transmissão do primeiro quadro, mas isto não acarreta problema pois  $B_c$  não foi ultrapassado.
- A quantidade total de bits transmitidos não excede  $B_c$ .
  - A rede encaminha os quadros normalmente.

# Ex. Tráfego abaixo de $B_c$

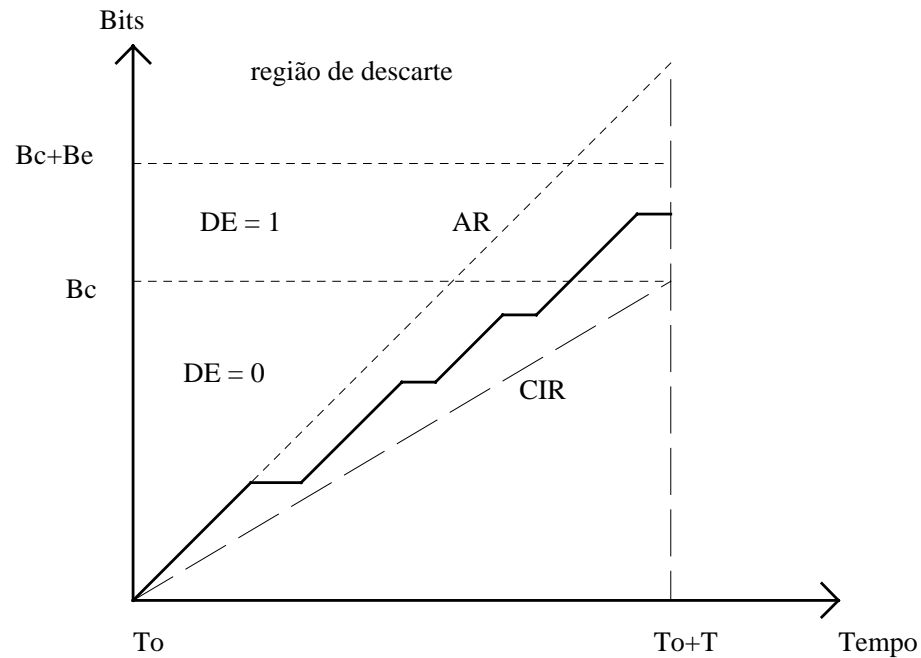


AR = Taxa de acesso

# Ex. Tráfego excede $B_c$ mas é menor que $B_c + B_e$

- Os três primeiros quadros são transmitidos sem ultrapassar  $B_c$ .
- O quarto quadro resulta em um número total de bits transmitidos dentro do intervalo  $T$  maior do que  $B_c$ . O quarto quadro é marcado para eventual descarte pela rede ( $DE = 1$ ).

# Ex. Tráfego excede $B_c$ mas é menor que $B_c + B_e$

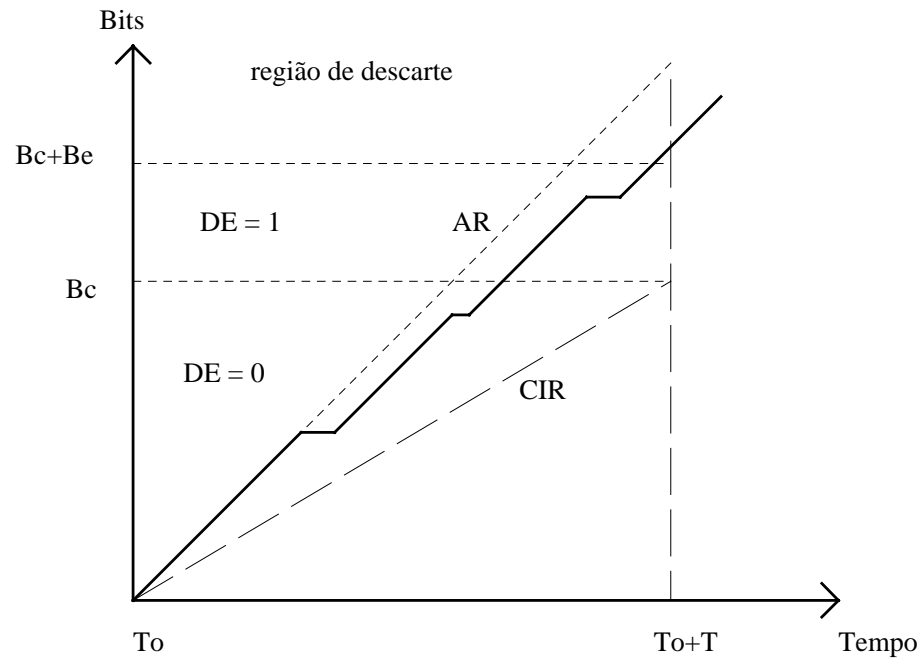


AR = Taxa de acesso

## Ex. Tráfego excede $B_c + B_e$

- Dois primeiros quadros não excedem  $B_c$  e são transmitidos normalmente.
- Terceiro quadro excede  $B_c$  e é marcado com  $DE = 1$  (elegível para descarte)
- Quarto quadro excede  $B_c + B_e$  e é descartado.

# Ex. Tráfego excede $B_c + B_e$



AR = Taxa de acesso

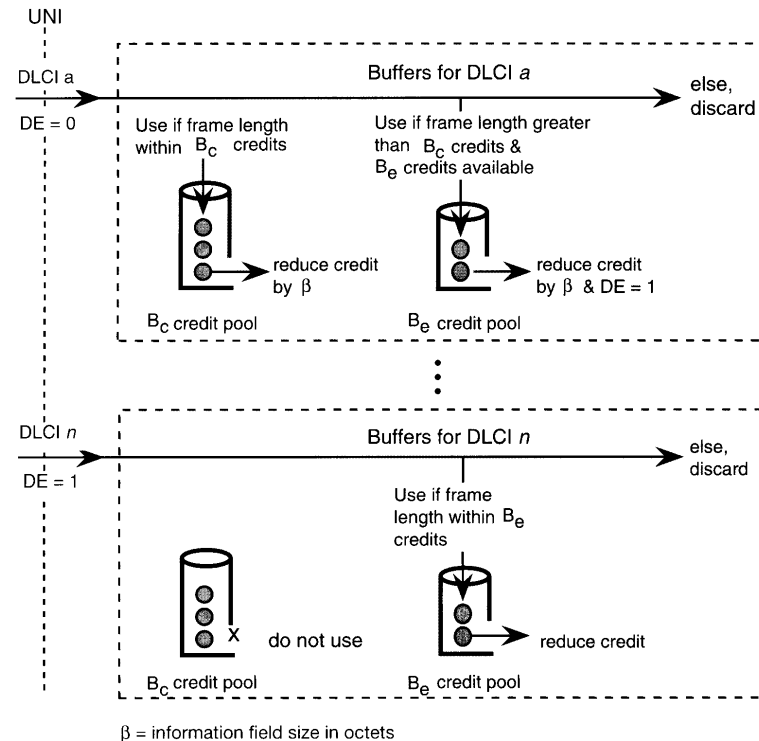
# Exemplo de mecanismo de policiamento de tráfego

- Quando um DLCI é associado a um PVC ou SVC, os parâmetros Bc, Be e CIR são estabelecidos e os seguintes valores são inicializados:
  - $Bc\_credits = Bc$
  - $Be\_credits = Be$
  - $T = Bc / CIR$
  - Contador = DT (ex. 125 ms)

# Exemplo de mecanismo de policiamento de tráfego

- Quando um quadro chega o procedimento da rede segue o indicado nas figuras
  - Quadros com  $DE = 0$  são tratados de forma diferente de quadros que já chegam com  $DE = 1$
- Quando DT expira, Bc\_credits e Be\_credits são recalculados.

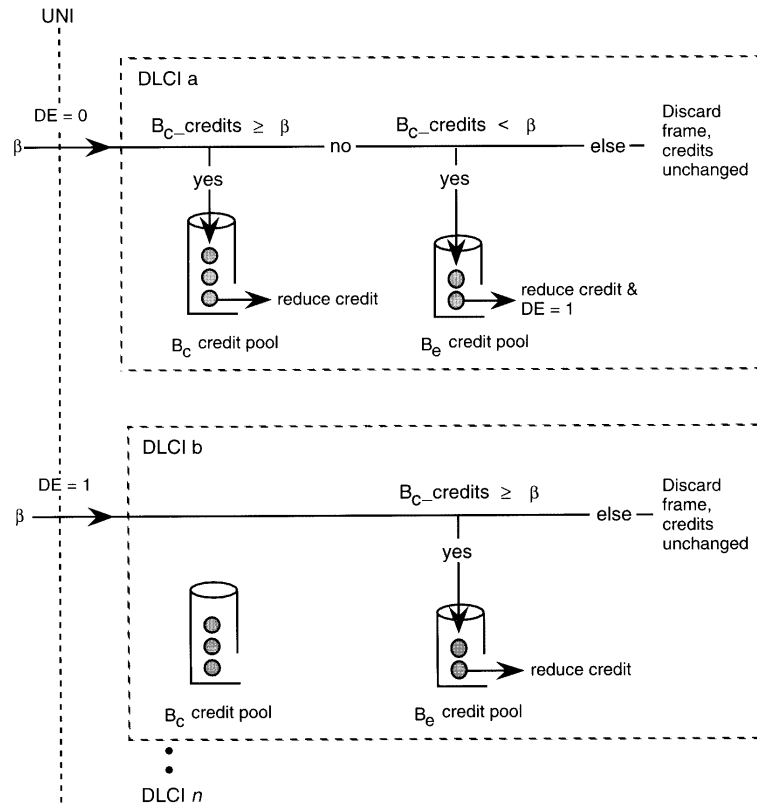
# Exemplo de mecanismo de policiamento de tráfico



Upon  $\Delta T$  expiring: (a)  $B_{c\_credits} = \text{Min} [B_{c\_credits} + (B_c * (\Delta T/T_c)), B_c]$   
 (b)  $B_{e\_credits} = \text{Min} [B_{e\_credits} + (B_c * (\Delta T/T_c)), B_e]$

Note: Each DLCI has  $B_c$  and  $B_e$  credit pools.

# Exemplo de mecanismo de policiamento de tráfico



$\beta$  = information field size in octets

Note: Each DLCI has  $B_C$  and  $B_E$  credit pools.

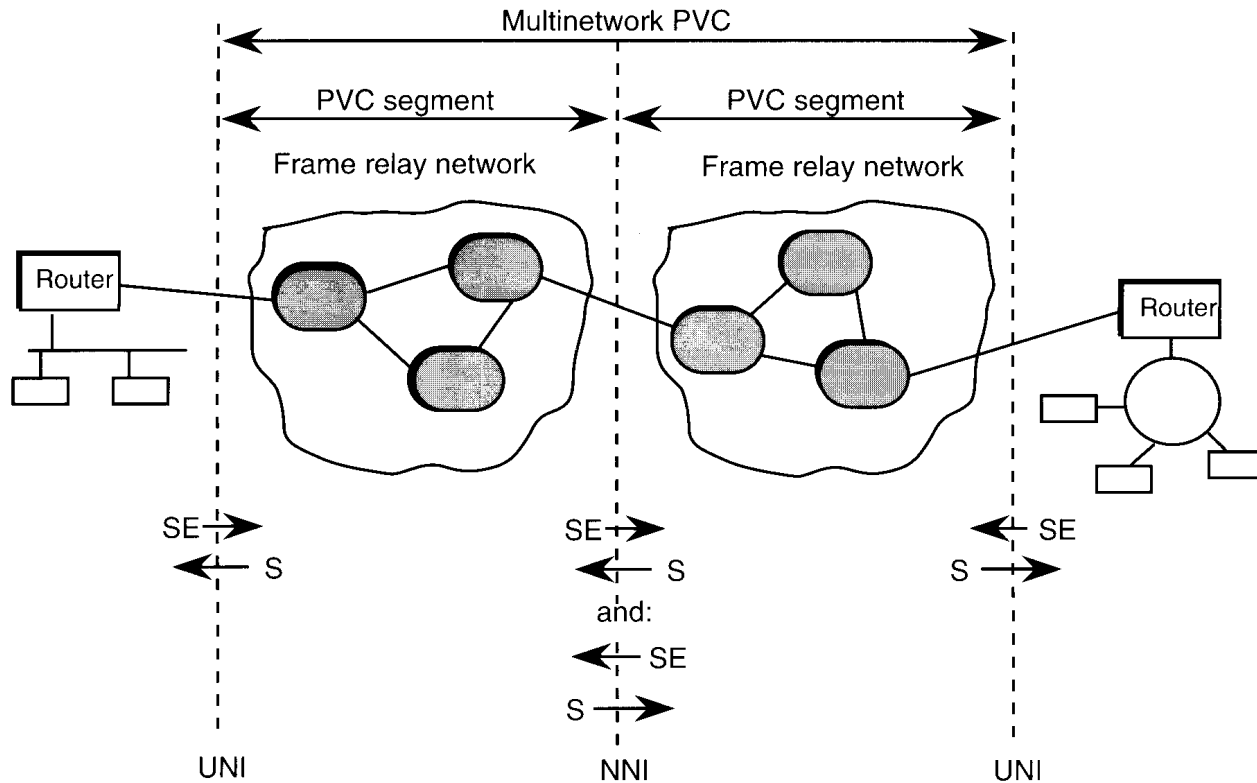
# Leaking CIR x Fast Forward CIR

- Leaking CIR: quadros são recebidos pelo comutador na velocidade do enlace e atrasados para “casar” esta velocidade com a CIR
- Fast Forward CIR: quadros são enviados tão rápido quanto possível (taxa do enlace) com o uso de mecanismo de créditos ( $B_c$  e  $B_e$ ) para policiamento do tráfego.

# Network-to-Network Interface (NNI)

- Define os procedimentos para a interconexão de redes Frame-Relay diferentes.
- As mensagens enviadas pela NNI são encapsuladas em um quadro de informação não-numerado HDLC (UI).
- Os bits BECN, FECN e DE não são usados e são feitos iguais a zero.

# Interface NNI



# Operações na NNI

- São executadas através da troca de mensagens S (Status) e SE (Status Enquiry) que contém informações sobre o status dos PVCs.

# Mensagens SE, S e FS

- Status Enquiry: Mensagem que requisita o status de um PVC ou PVCs, ou requisita a verificação do status de um enlace físico.
- Status (S): Mensagem que reporta o status de um PVC ou reporta o status de um enlace físico. Esta mensagem é enviada em resposta a uma mensagem SE.
- Full Status (FS): mensagem que reporta o status de todos os PVCs no enlace físico.

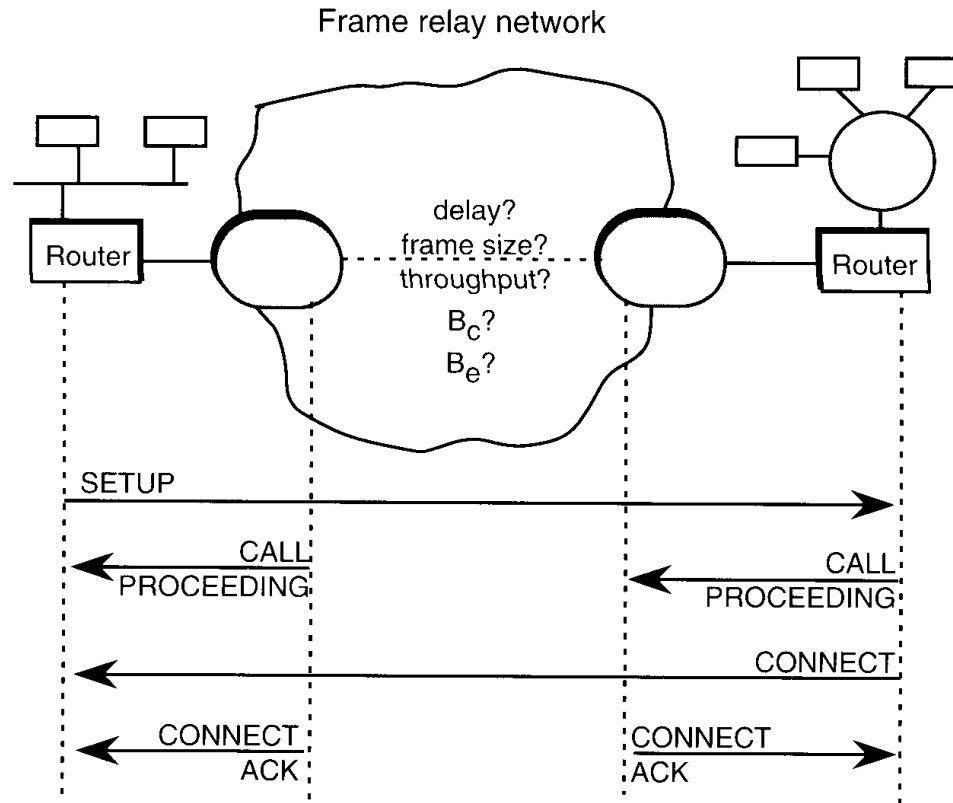
# Operações na NNI

- Notificação da adição de um PVC
- Notificação da extinção de um PVC
- Notificação de disponibilidade (ou não) de segmento PVC
  - A operação PVC através de mais de uma rede Frame Relay é chamada de um PVC multi-redes. Cada peça do PVC provido por cada rede é um segmento PVC.

# Operações na NNI

- Verificação de enlaces entre nós Frame-Relay
- Verificação de nós Frame-Relay

# Operação SVC



# Operação SVC

- Usuário chamador envia uma mensagem de SETUP para a rede Frame-Relay
- A rede ao receber a mensagem de SETUP envia uma mensagem de CALL PROCEEDING para o usuário chamador, enquanto examina se os serviços requisitados para esta chamada podem ser suportados. Se positivo, a mensagem de SETUP é encaminhada ao usuário chamado.

# Operação SVC

- O usuário chamado responde com uma mensagem de CALL PROCEEDING.
- Se a mensagem é aceita, o usuário chamado envia uma mensagem de CONNECT para a rede, que a encaminha ao usuário chamador.
- O usuário chamador envia um CONNECT ACK. para a rede, que envia também um CONNECT ACKNOWLEDGE.
- A chamada está completada.

# Conteúdo da mensagem de SETUP

- DLCI a ser associado à chamada
- Endereço explícito do usuário chamado (E.164, X.121 ou IP)
- Atraso fim-a-fim requisitado
- Comprimento máximo de quadro suportado nesta sessão
- Throughput requerido (entrante e saínte)
- Bc requisitado (entrante e saínte)
- Be requisitado (entrante e saínte)

# Frame Relay e outros protocolos

- Frame Relay é transportado pelo ATM através da AAL 5
- Outros protocolos são encapsulados em um quadro Frame Relay para transporte pela rede Frame Relay (RFC 1294).

# Referência bibliográficas

- Livro Básico
  - Emerging Communications Technologies (second edition) - Uyles Black - Prentice Hall, 1997.
- Outras Referências
  - Frame Relay: redes, protocolos & serviços - Antonio José Figueiredo Enne - Axcel Books, 1998.