



UEA

UNIVERSIDADE
DO ESTADO DO
AMAZONAS



Escola Superior de Tecnologia – EST
Curso de Engenharia Elétrica
Redes de Comunicações de Dados I

M.Sc. Bruno da Gama Monteiro

Manaus - AM
2021

Sumário

1 Questões de Projeto

1.1 Serviços Oferecidos à Camada de Rede

1.2 Enquadramento

1.3 Controle de Erros

1.4 Controle de Fluxo

Camada de Enlace de Dados

- Transforma a camada física, um recurso de transmissão bruto, em um *link* responsável pela comunicação de dados nó-a-nó (*hop-to-hop*).
- Entre as responsabilidades específicas da camada de enlace temos o *framing*, endereçamento, controle de fluxo, controle de erros e controle de acesso ao meio de transmissão.
- Divide o fluxo de bits recebidos da camada de rede em unidades de dados gerenciáveis denominadas frames.

Camada de Enlace de Dados

- Acrescenta um cabeçalho ao frame para definir os endereços do emissor e do receptor.
- Se a velocidade com que os dados podem ser absorvidos pelo receptor for menor que a velocidade na qual os dados são produzidos no emissor, a camada de enlace impõe mecanismos de controle de fluxo para evitar que o receptor fique sobrecarregado.

Camada de Enlace de Dados

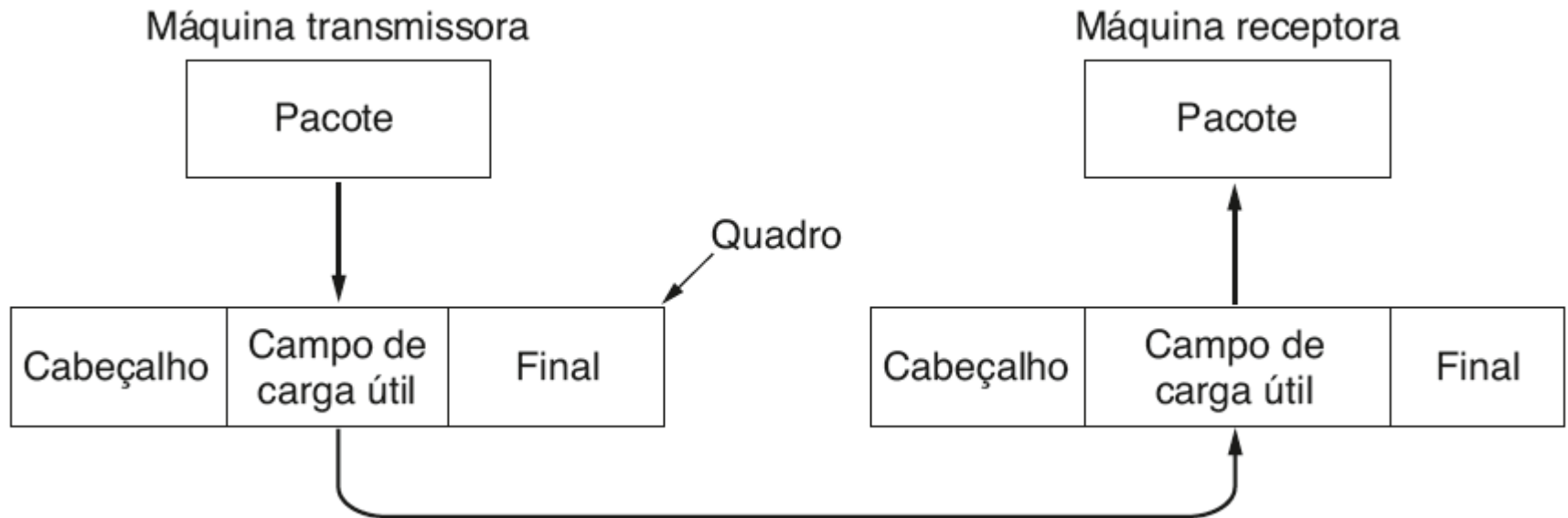
- Acrescenta confiabilidade à camada física adicionando mecanismos de detecção e retransmissão de frames corrompidos, duplicados ou perdidos.
- Quando dois ou mais dispositivos são conectados a um mesmo link, os protocolos da camada de enlace são necessários para determinar qual dispositivo terá o controle sobre o link em dado momento.

1 Questões de Projeto

- A camada de enlace de dados executa diversas funções específicas. Dentre elas estão as seguintes:
 - 1) Fornecer uma interface de serviço bem definida a camada de rede.
 - 2) Lidar com erros de transmissão.
 - 3) Regular o fluxo de dados, isto é, receptores lentos não podem ser atropelados por transmissores rápidos.
- Para alcançar esses objetivos, a camada de enlace de dados recebe os pacotes da camada de rede e os encapsula em **quadros** para transmissão.

1 Questões de Projeto

- Cada quadro contém um cabeçalho (*header*) de quadro, um campo de carga útil (*payload*), que conterá o pacote, e um final (*trailer*) de quadro, como mostra a figura. O **gerenciamento de quadros** constitui o **núcleo das atividades da camada de enlace de dados**.



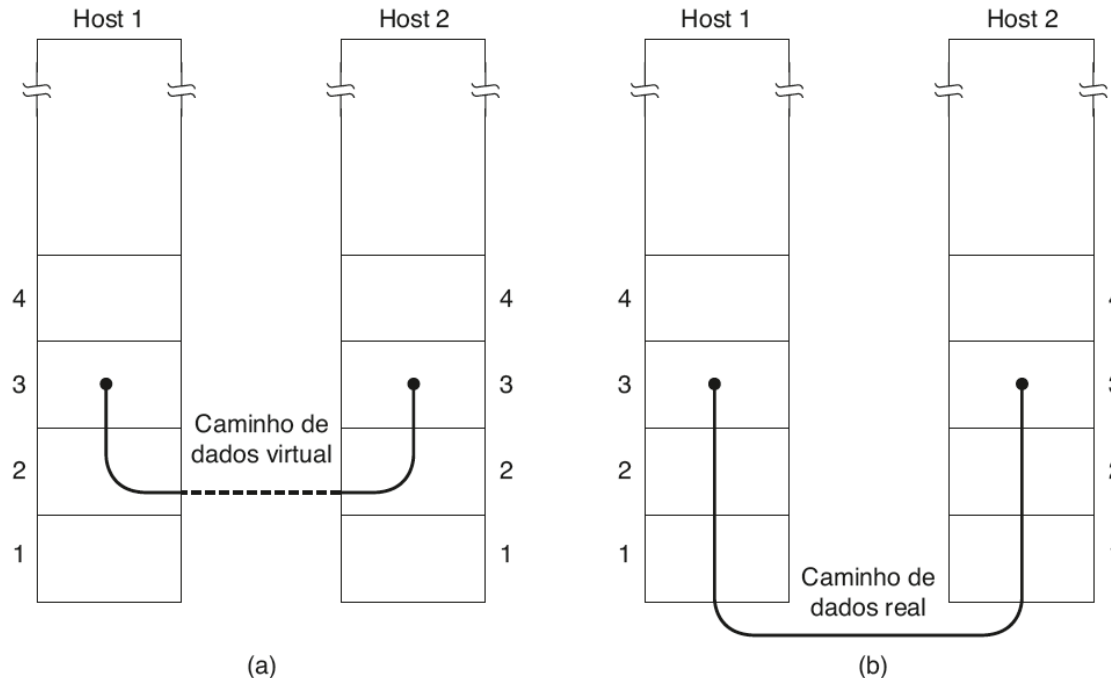
Relação entre pacotes e quadros

1.1 Serviços Oferecidos à Camada de Rede

- **Função da Camada de Enlace de Dados:** Fornecer serviços à camada de rede.
- O principal serviço é transferir dados da camada de rede da máquina de origem para a camada de rede da máquina de destino. Na camada de rede da máquina de origem, há um processo que entrega alguns bits a camada de enlace de dados para transmissão ao destino.

1.1 Serviços Oferecidos à Camada de Rede

- A tarefa da camada de enlace de dados é transmitir os bits a máquina de destino, de forma que eles possam ser entregues a camada de rede dessa máquina, como mostra a figura.



(a) Comunicação virtual. (b) Comunicação real.

1.1 Serviços Oferecidos à Camada de Rede

- A camada de enlace de dados pode ser projetada de modo a oferecer diversos serviços, geralmente temos 3 serviços oferecidos :
 1. Serviço sem conexão e sem confirmação.
 2. Serviço sem conexão com confirmação.
 3. Serviço orientado a conexões com confirmação.

1.1 Serviços Oferecidos à Camada de Rede

Serviço sem conexão e sem confirmação faz a máquina de origem enviar quadros independentes à máquina de destino, sem confirmação alguma de recebimento pela máquina destino.

Se um quadro for perdido devido a ruídos na linha, **não haverá nenhuma tentativa** de detectar a perda ou de recuperá-lo na camada de enlace de dados. **Exemplo: Ethernet**

Classe de serviço apropriada quando a taxa de erros é muito baixa, e a recuperação fica a cargo de camadas mais altas. **Muito usada em LANs.**

1.1 Serviços Oferecidos à Camada de Rede

- **Serviço sem conexão com confirmação** ainda não há conexões lógicas sendo usadas, mas cada quadro enviado é individualmente confirmado, levando em consideração a confiabilidade de transmissão.
- O transmissor sabe se um quadro chegou corretamente ou não. Caso não tenha chegado dentro de um intervalo de tempo específico, o quadro poderá ser enviado outra vez. Esse serviço é útil em canais não confiáveis, como os sistemas sem fio.

Exemplo: **padrão 802.11 (WiFi)**

1.1 Serviços Oferecidos à Camada de Rede

- **Serviço orientado a conexões.** É o serviço mais sofisticado que a camada de enlace de dados é capaz de oferecer à camada de rede.
- Neste caso as máquinas de origem e destino estabelecem uma conexão antes de os dados serem transferidos. Cada quadro enviado pela conexão é numerado, e a camada de enlace de dados garante que cada quadro será de fato recebido.
- Além disso, essa camada garante que todos os quadros serão recebidos uma única vez e na ordem correta.

1.1 Serviços Oferecidos à Camada de Rede

- **Serviço orientado a conexões.**
- É apropriado para enlaces longos, não confiáveis, como um **canal de satélite**.
- Se neste exemplo fosse utilizado um **serviço não orientado a conexão com confirmação**, todas as confirmações poderiam fazer com que um quadro fosse enviado e recebido várias vezes, causando desperdício de largura de banda.

1.1 Serviços Oferecidos à Camada de Rede

- **Serviço orientado a conexões.**

Neste caso, as transferências passam por **três fases distintas**:

1. **Primeira fase:** a conexão é estabelecida, fazendo-se ambos os lados inicializarem as variáveis e os contadores necessários para controlar os quadros que são recebidos e os que não são.
2. **Segunda fase:** um ou mais quadros são realmente transmitidos.
- 3.
4. **Terceira fase:** a conexão é desfeita, liberando-se as variáveis, os buffers e os outros recursos usados para mantê-la.

1.2 Enquadramento

A camada física recebe um fluxo de bits brutos e tenta entregá-lo ao destino. Não há uma garantia de que esse fluxo de bits seja livre de erros. O número de bits recebidos pode ser menor, igual ou maior que o número de bits transmitidos, e eles podem ter valores diferentes dos bits originalmente transmitidos.

A camada de enlace de dados é responsável por detectar e, se necessário, corrigir erros.

1.2 Enquadramento

- Em geral, a estratégia adotada pela camada de enlace de dados é dividir o fluxo de bits em quadros e calcular o total de verificação (*checksum*) em relação a cada quadro.
- Quando um quadro chega a seu destino, o total de verificação é recalculado. Se o total de verificação recém-calculado for diferente do que está contido no quadro, a camada de enlace de dados saberá que houve um erro e tomará providências para lidar com ele.

1.2 Enquadramento

- A divisão do fluxo de bits em quadros é complexa.
- Uma forma de obter esse enquadramento é inserir intervalos de tempo entre os quadros, de modo muito semelhante aos espaços entre as palavras de um texto comum.

2 Enquadramento

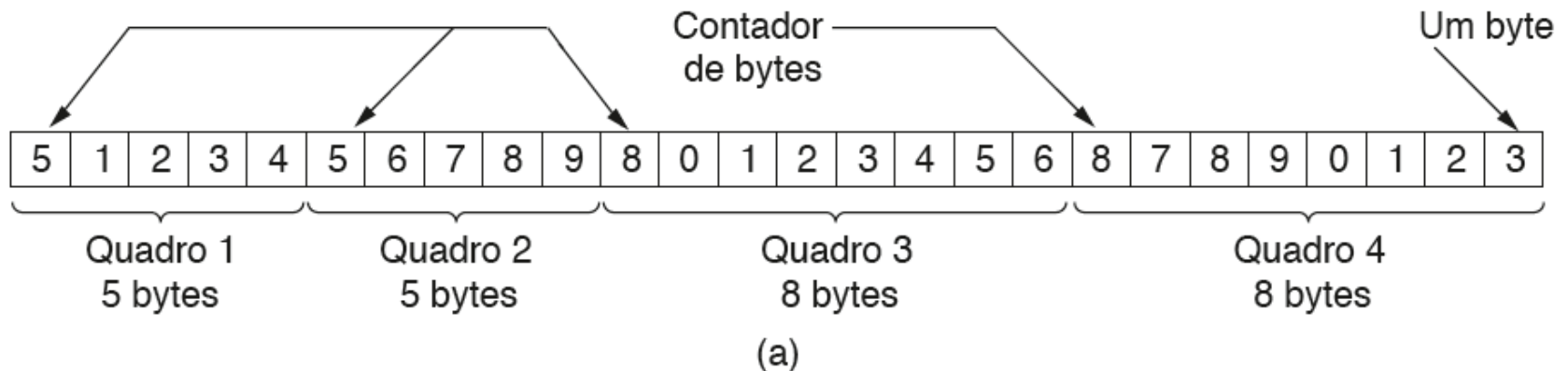
- Como é muito arriscado contar com a temporização para marcar o início e o fim de cada quadro, outros métodos foram criados. Existem quatro métodos:
- 1. Contagem de caracteres.
- 2. Bytes de flags, com inserção de bytes.
- 3. Flags iniciais e finais, com inserção de bits.
- 4. Violações de codificação da camada física.

1.2 Enquadramento

- O primeiro método de enquadramento utiliza um **campo no cabeçalho** para especificar o número de caracteres do quadro.
- Quando vê o número de caracteres neste campo, a camada de enlace de destino sabe quantos caracteres devem vir em seguida e, conseqüentemente, onde está o fim do quadro.

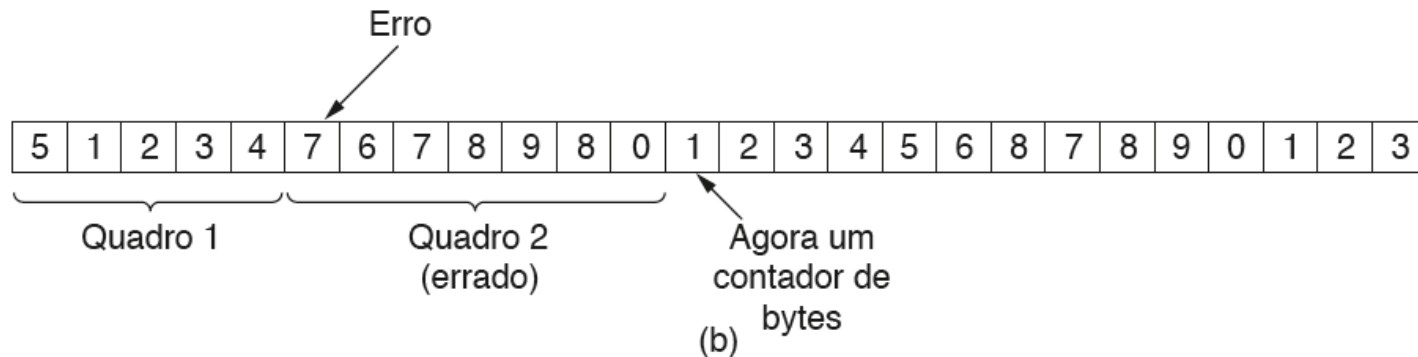
1.2 Enquadramento

- Essa técnica é mostrada na figura(a) para quatro quadros, de tamanhos 5, 5, 8 e 8 caracteres, respectivamente.



1.2 Enquadramento

- O problema com esse algoritmo é que a contagem pode ser adulterada por um erro de transmissão.
- Por exemplo, se a contagem 5 no segundo quadro da figura (b) se tornar 7, o destino perdera a sincronização e não será capaz de localizar o início do quadro seguinte.



1.3 Controle de Erros

Detecção e Correção de Erros

- ❖ Redes de computadores devem ser capazes de transferir dados de um dispositivo a outro com precisão.
- ❖ Na maior parte das aplicações, uma rede deve garantir que os dados recebidos sejam idênticos àqueles enviados. Dados transmitidos de um nó ao nó seguinte, podem ser corrompidos no caminho.
- ❖ Diversos fatores podem alterar um ou mais bits de uma mensagem. Algumas aplicações exigem mecanismos eficientes para a detecção e correção de **erros**.

1.3 Controle de Erros

Detecção e Correção de Erros

- ❖ **Os dados podem ser corrompidos durante uma transmissão. Algumas aplicações exigem que os erros sejam detectados e corrigidos.**
- ❖ Algumas aplicações são capazes de tolerar certo nível reduzido de erros.
 - ✓ Por exemplo, erros aleatórios em transmissões de áudio e vídeo podem ser toleráveis, mas, quando transferimos texto, esperamos alto grau de precisão

1.3 Controle de Erros

Tipos de erros

Quando uma cadeia de bits flui de um ponto a outro de uma rede de computadores, estão sujeitos a alterações imprevisíveis por causa das **interferências** que podem modificar as características do sinal.

Em um erro de bit, um 0 passa a ser 1 e um 1 passa a ser 0. Em um erro em rajada, vários bits são corrompidos.

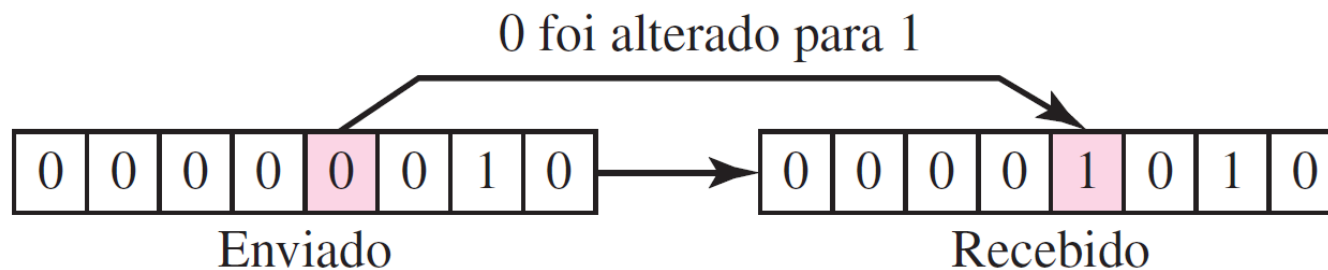
Exemplo: uma rajada de 1/100 s de ruídos impulsivos em uma transmissão com uma taxa de dados de 1.200 bps poderia alterar todos os 12 bits de informação ou parte deles.

1.3 Controle de Erros

Erro de Bit

O termo **erro de bit** significa que apenas 1 bit de determinada unidade de dados (por exemplo, um byte, caractere ou pacote) foi alterado de 1 para 0 ou de 0 para 1.

Em um erro de bit, apenas 1 bit na unidade de dados é alterado.

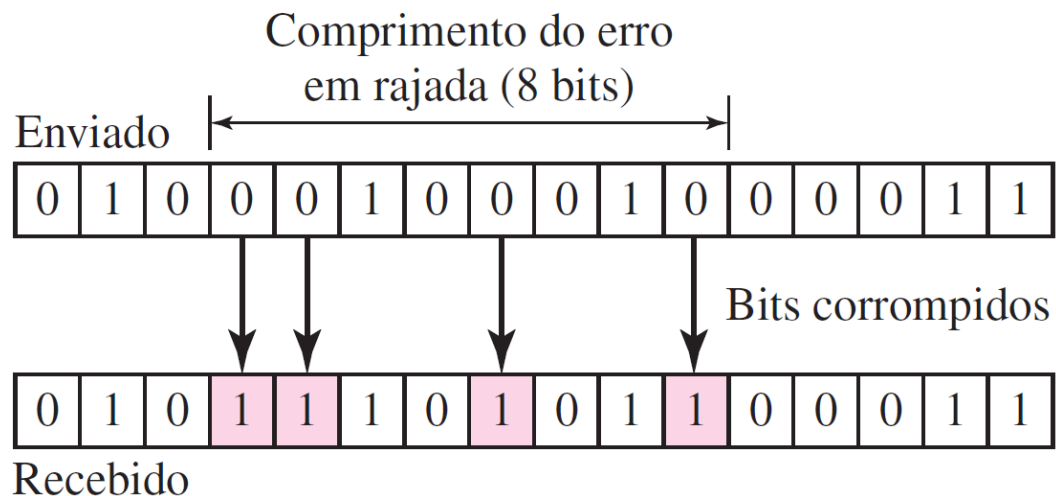


1.3 Controle de Erros

Erros em Rajada

O termo **erros em rajada** significa que 2 ou mais bits na unidade de dados foram corrompidos.

Um erro em rajada significa que 2 ou mais bits na unidade de dados foram corrompidos.



1.3 Controle de Erros

Redundância

O conceito mais importante na detecção e correção de erros é a **redundância**. Para sermos capazes de detectar ou corrigir erros, precisamos enviar alguns bits extras redundantes junto com os dados. Esses bits redundantes são acrescentados pelo emissor e posteriormente retirados pelo receptor. Sua presença possibilita que o receptor detecte ou corrija bits corrompidos.

Para detectar ou corrigir erros, precisamos enviar bits extras (redundantes) juntos com os dados.

1.3 Controle de Erros

- Após lidarmos com o problema da delimitação do início e do fim de cada quadro, vamos ao problema seguinte: como ter certeza de que todos os quadros serão entregues na camada de rede de destino, e na ordem apropriada?
- Suponha que o transmissor simplesmente continue a enviar os quadros sem se importar em saber se eles estão chegando de maneira correta. Essa pode ser uma ótima opção para serviços sem conexão e sem confirmação, mas sem dúvida não seria boa para serviços orientados a conexões confiáveis.

1.3 Controle de Erros

- Principais técnicas:

- ❖ *Feedback*

- ❖ *Timers*

- ❖ Sequenciamento

1.3 Controle de Erros

- A forma mais comum de garantir uma entrega confiável é dar ao transmissor algum tipo de ***feedback*** sobre o que esta acontecendo no outro extremo da linha.
- Normalmente, o protocolo solicita que o receptor retorne quadros de controle especiais com confirmações positivas ou negativas sobre os quadros recebidos.
- Se receber uma confirmação positiva, o transmissor saberá que o quadro chegou em segurança ao destino. Uma confirmação negativa significa que algo saiu errado e que o quadro deve ser retransmitido.

1.3 Controle de Erros

- Uma complicação adicional decorre da possibilidade de problemas de *hardware* fazerem com que um quadro desapareça completamente. Neste caso, o receptor não reagira de forma alguma.
- Um protocolo no qual o transmissor envia um quadro e depois espera por uma confirmação, positiva ou negativa, **permanecera suspenso para sempre** caso um quadro tenha sido completamente perdido.

1.3 Controle de Erros

- Essa possibilidade é tratada com a introdução de **timers** na camada de enlace de dados.
- Quando o transmissor envia um quadro, em geral ele também inicializa um timer.
- O **timer** é ajustado para ser desativado após um intervalo suficientemente longo para o quadro chegar ao destino, ser processado e ter sua confirmação enviada de volta ao transmissor.
- Em geral, o quadro será recebido de forma correta e a confirmação voltará antes de se alcançar o **timeout** (tempo limite) do **timer** e, nesse caso, o timer será cancelado.

1.3 Controle de Erros

- No entanto, se a confirmação ou o quadro se perder, o **timer** será desativado, alertando o transmissor para um problema potencial.
- A solução óbvia é simplesmente transmitir o quadro outra vez. Entretanto, quando os quadros são transmitidos várias vezes, existe o perigo de o receptor aceitar o mesmo quadro duas ou mais vezes e de repassá-lo a camada de rede mais de uma vez.
- Para impedir que isso aconteça, geralmente é necessário atribuir números de **sequência** aos quadros enviados, para que o receptor possa distinguir as retransmissões dos quadros originais.

1.4 Controle de Fluxo

- Outra questão de projeto importante que ocorre na camada de enlace de dados (e também em camadas mais altas) é aquela em que um transmissor quer enviar quadros mais rapidamente do que o receptor é capaz de aceitar.
- Essa situação pode ocorrer com facilidade quando o transmissor está funcionando em um computador rápido (ou levemente carregado) e o receptor está utilizando um computador lento (ou fortemente carregado).

1.4 Controle de Fluxo

- São usadas comumente duas abordagens para evitar tal situação.
- ❖ **Controle de fluxo baseado em *feedback*:** o receptor envia de volta ao transmissor informações que permitem ao transmissor enviar mais dados, ou que pelo menos mostram ao transmissor qual a situação real do receptor.
- ❖ **Controle de fluxo baseado na velocidade:** o protocolo tem um mecanismo interno que limita a velocidade com que os transmissores podem enviar os dados, sem usar o feedback do receptor.

Referências

TANENBAUM, Andrew. S; Wetherall, David. **Redes de Computadores**. 5.ed. Traduzido por Daniel Vieira. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011. Tradução de: Computer networks.

FIM

Básica:

- 1 STALLINGS, William, Data and computer communications – Prentice Hall – 1997.
- 2 KUROSE, James F., Redes de computadores e a internet. Ed. São Paulo, 2006.
- 3 TANENBAUM, André S., rede de Computadores, Ed. Campos, 2003.

Complementar:

- 4 SOUZA, Lindeberg Barros, Redes de Computadores: Dados, Voz, Imagem, Ed. Érica, 2005.
- 5 SOARES, Luiz Fernando Gomes, Rede de Computadores: Das redes LANs, MANs e WANs Redes ATM – Ed. Campos, 1995
- 6 SOARES, Neto Vicente. Telecomunicação – Redes de alta velocidade – Ed. Érica, 2005.