

Nível de Enlace

Cabe ao nível físico transportar bits do transmissor para o receptor. Durante a transmissão os bits podem sofrer alterações indesejáveis provocadas por uma série de razões: ruído eletromagnético, perda de sincronismo entre o transmissor e o receptor, defeitos nos componentes que implementam os circuitos de transmissão e recepção etc.

É função do nível de enlace detectar e, opcionalmente, corrigir os erros que por ventura ocorram no nível físico.

Para executar essa função a cadeia de bits enviada ao nível de enlace é organizada em conjuntos de bits denominados *quadros*. Na montagem dos quadros, o nível de enlace acrescenta uma seqüência de bits adicionais denominados *Frame Check Sequence* (FCS), cuja função é permitir a detecção de erros. Os bits adicionais são computados através de um algoritmo (teste de redundância cíclica, paridade etc.) que recebe como entrada os bits do quadro e fornece como resultado o FCS. Quando o quadro é recebido pelo destinatário o FCS é recomputado e comparado ao FCS recebido no quadro; se forem diferentes, o nível de enlace conclui que ocorreu um erro durante a transmissão. Uma vez detectado o erro, o quadro é descartado e opcionalmente é enviado um aviso ao sistema que o transmitiu.

Alternativamente o nível de enlace pode utilizar bits de redundância que lhe permitam não só detectar erros, mas também corrigi-los, sem a necessidade de retransmissão. A correção de erros @m retransmissão é particularmente útil em enlaces onde o custo de comunicação e o retardo de transferência são elevados, como por exemplo, em enlaces de satélites.

7.1 - Principais Funções do Nível de Enlace

A delimitação de quadros e o controle de erros são as principais funções do nível de enlace. Outra função normalmente realizada nesse nível é o controle do fluxo de transmissão no enlace. Nesta seção mostraremos as técnicas mais usadas para a realização dessas funções.

7.1.1 Delimitação de Quadros

Para criar e reconhecer os limites dos quadros são usados basicamente quatro métodos.

O primeiro deles é *a contagem de caracteres*. Nesse método um campo sol no cabeçalho informa o número de caracteres do quadro.

O segundo método baseia-se na utilização de *caracteres delimitadores* e na *transparência de caracteres*. Esse método utiliza caracteres especiais para indicar o início e o final do quadro. O problema dessa abordagem é que os caracteres delimitadores podem aparecer entre os dados transmitidos no quadro. Para contornar esse problema toda vez que um delimitador aparece nos dados, é inserido dele um outro caracter especial. Quando o destinatário recebe um delimitador precedido do caracter especial ele conclui que nesse caso o caracter delimitador faz parte dos dados do quadro.

O terceiro método utiliza seqüências especiais de bits, denominadas *flags*, para delimitar os quadros e *transparência de bits (bit stuffing)* para evitar que ocorrências da seqüência delimitadora nos dados sejam interpretadas incorretamente. O protocolo HDLC utiliza essa técnica e usa o padrão (go, 0 1 1 1 1 1 0) como delimitador. Sempre que o transmissor encontra cinco bits consecutivos iguais a 1 nos dados que vai transmitir, ele insere (*stuffs*) um bit 0 na cadeia de bits. Quando o receptor encontra cinco bits I consecuti vos, seguidos de um bit 0, ele automaticamente retira (*destuffs*) o bit 0.

O quarto método baseia-se na *violação de códigos* do nível físico. Esse método só pode ser usado em redes cuja códição dos bits no meio físico possui alguma forma de redundância.

7.1.2 - Controle de Erros no Enlace

O nível de enlace, além de detectar erros que ocorrem no nível físico, fornece mecanismos para corrigi-los. Para garantir transmissões confiáveis através de retransmissão, o procedimento em geral utilizado é fazer com que o destinatário de um quadro envie ao remetente quadros especiais carregando avisos de reconhecimento positivo ou negativo dos quadros recebidos. Um reconhecimento positivo indica que o quadro chegou corretamente ao seu destino, por outro lado o reconhecimento negativo indica que o quadro chegou com erro ao destino e deve ser enviado novamente.

Para tratar erros que destroem completamente os quadros (de informação ou de reconhecimento) ou modificam o campo endereço de origem, ao enviar um quadro, o transmissor utiliza um temporizador para medir um intervalo de tempo (timeout) suficiente para que o quadro chegue ao seu destino, seja processado, o reconhecimento seja enviado e chegue ao transmissor. Se o reconhecimento não chegar dentro desse intervalo de tempo o quadro é retransmitido, evitando que o transmissor fique parado indefinidamente à espera do reconhecimento. Nessa técnica, como os quadros podem ser transmitidos mais de uma vez, eles são

numerados para permitir que o receptor possa distinguir quadros originais de cópias.

Devemos notar que o controle de erro pode ser realizado a contento apenas com o reconhecimento positivo e o temporizador. O reconhecimento negativo, no entanto, acelera o processo de envio de informação, diminuindo os retardos. O reconhecimento pode ser um quadro de controle do nível 2, ou pode ser transportado de carona em um campo de controle de um quadro de informação (piggybacking).

Os três procedimentos mais utilizados para controlar erros são: algoritmo de bit alternado (stop-and-wait), janela n com retransmissão integral (go-back-n) e janela n com retransmissão seletiva (selective repeat).

No algoritmo de bit alternado o transmissor só envia um novo quadro quando recebe o reconhecimento do quadro enviado anteriormente. Considerando que os quadros podem ser transmitidos mais de uma vez, é necessário numerá-los para que o receptor possa, distinguir quadros originais de retransmissões. Como o transmissor só envia um novo quadro depois do P0 anterior ser reconhecido, só é preciso um bit para diferenciar quadros sucessivos. O primeiro quadro é numerado com o bit 0, o segundo com o bit 1 o terceiro com o bit 0, e assim sucessivamente.