

Redes de computadores II

Camada de enlace de dados

Um protocolo da camada de enlace é usado para transportar um datagrama por um enlace individual. O protocolo da camada de enlace define o formato dos pacotes trocados entre os nós nas extremidades do enlace, bem como as ações realizadas por esses nós ao enviar e receber os pacotes.

Uma característica importante da camada de enlace é que um datagrama pode ser transportado por diferentes protocolos de enlace nos diferentes enlaces no caminho. Por exemplo, um datagrama pode ser transportado pelo protocolo Ethernet no primeiro enlace e por um protocolo WAN nos enlaces intermediários.

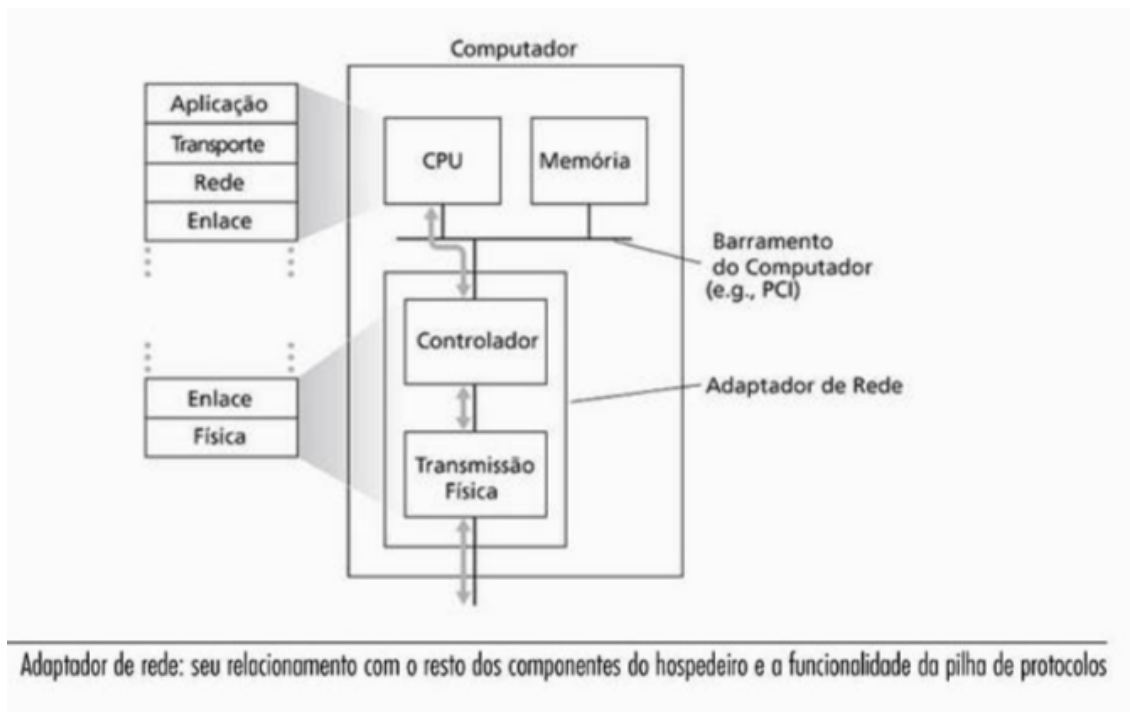
O serviço básico da camada de enlace é mover um datagrama de um nó até outro nó adjacente, porém, os detalhes do serviço podem variar de um protocolo da camada de enlace para outro. Entre os possíveis serviços que podem ser oferecidos por um protocolo da camada de enlace, estão:

- Enquadramento de dados → Quase todos os protocolos da camada de enlace encapsulam cada datagrama de camada de rede dentro de um quadro de camada de enlace antes de transmiti-lo pelo enlace. Um quadro consiste em um campo de dados no qual o datagrama da camada de rede é inserido e em uma série de campos de cabeçalho.
- Acesso ao enlace → Um protocolo de controle de acesso ao meio especifica as regras segundo as quais um quadro é transmitido pelo enlace. Para enlaces ponto a ponto que tem um único remetente em uma extremidade e um único receptor na outra extremidade, o protocolo MAC é simples (ou inexistente). Esses protocolos passam a ser necessários quando vários nós compartilham um único enlace de broadcast.
- Entrega confiável → Garantir que o transporte de cada datagrama entre um enlace e outro vai ocorrer sem erros. Semelhante ao que acontece na camada de transporte, um serviço de entrega confiável é obtido por meio de reconhecimentos e retransmissões.
- Controle de fluxo → Os nós de cada lado de um enlace têm uma capacidade limitada de armazenar quadros. O controle de fluxo envolve enviar os dados a uma velocidade em que o receptor seja capaz de processar sem estourar o limite de capacidade de recepção.
- Detecção de erros → Muitos protocolos da camada de enlace oferecem um mecanismo para detectar a presença de erros. Isso é feito obrigando o nó transmissor a enviar bits de detecção de erros no quadro e obrigando o nó receptor a realizar uma verificação de erros.
- Correção de erros → É semelhante à detecção de erros, porém o receptor não apenas detecta o erros, mas determina exatamente em que lugar do quadro os erros ocorreram, com isso, o erro pode ser corrigido em alguns casos.
- Half-duplex e full-duplex → Com transmissão full-duplex, os nós em ambas as extremidades de um enlace podem transmitir pacotes ao mesmo tempo. Com transmissão half-duplex, um nó não pode transmitir e receber pacotes ao mesmo tempo.

Fica claro que muitos serviços fornecidos pela camada de enlace de dados apresentam grandes paralelos com os serviços fornecidos pela camada de transporte.

Implementação da camada de enlace

Na maior parte, a camada de enlace é implementada em um adaptador de rede, por vezes também conhecido como **controlador de interface de rede (NIC)**. No núcleo do adaptador de rede está o controlador da camada de enlace, normalmente um único chip que implementa vários serviços da camada de enlace. Dessa forma, muito da funcionalidade do controlador da camada de enlace é implementado em hardware.



Técnicas de detecção e correção de erros

O desafio de um receptor é determinar se os dados D' recebidos são iguais aos dados D originais. Vale ressaltar que a detecção de erros nem sempre garante que um datagrama não contém erros. É possível que a camada de enlace não detecte um erro e o pacote corrompido seja passado para a camada de rede.

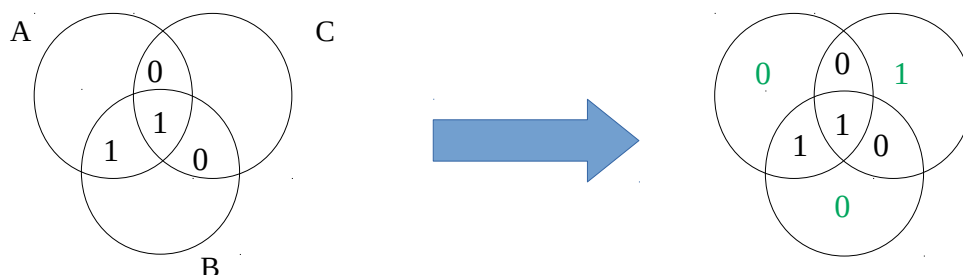
Serão apresentadas três técnicas utilizadas para detecção de erros nos dados transmitidos.

* Verificações de paridade

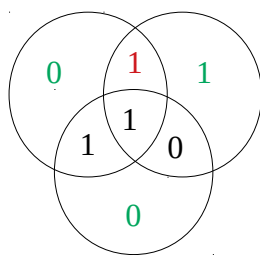
Uma forma extremamente simples de se detectar erros é utilizar um bit de paridade. Essa técnica consiste em “forçar” os bits transmitidos a serem sempre par, desse modo, se ao transmitir um dado juntamente com um bit de paridade, o valor for ímpar, fica claro que ocorreu um erro em algum dos bits.

Essa técnica permite em muitos casos, detectar o bit exato onde ocorreu o erro, com isso, é possível corrigi-lo sem a necessidade de retransmissão. Para ficar mais claro como essa técnica funciona, vamos imaginar a transmissão de 4 bits. Para visualizar esse problema, vamos alocar esses bits em regiões A, B e C em um diagrama, onde o primeiro bit vai para a região AB, o segundo bit vai para a região ABC, o terceiro bit vai para a região AC e o quarto bit vai para a região BC.

Após essa inserção dos bits em regiões, o objetivo é adicionar um bit de paridade em cada região, de modo a fazer com que, ao somar os valores das regiões, se obtenha um número par. Por exemplo, vamos utilizar o número 1100 na detecção de erros por paridade, utilizando a lógica que foi explicada, o diagrama ficará assim:



Nessa figura, os bits de paridade estão em verde. Agora, imagine que ocorreu um erro no terceiro bit (região AC), a imagem ficará assim:



Nesse caso, o erro é detectado pois as regiões A e C passam a ter um valor ímpar ao somar os bits. Nesse caso inclusive, a única mudança possível que faz com que os valores voltem ao normal é alterar o bit da região AC para 0, com isso o erro pode ser corrigido.

A verificação de erros por paridade possui um problema, que é o fato de que os bits podem ser alterados e ainda assim gerar valores válidos com relação a paridade.

*Métodos de soma de verificação

O método de soma de verificação é o método que o UDP utiliza no seu checksum. Os bytes de dados são tratados como inteiros de 16 bits e somados. O complemento de 1 dessa soma forma a soma de verificação.

Esse método é extremamente simples, mas não fornece tanta segurança em termos de correção de erros quanto outras técnicas.

*Verificação de redundância cíclica (CRC)

Códigos de CRC também são conhecidos como **códigos polinomiais**, já que é possível considerar a cadeia de bits a ser enviada como um polinômio cujos coeficientes são os valores 0 e 1 na cadeia de bits. As operações nas cadeias de bits são interpretadas como aritmética polinomial.

Nessa técnica, primeiramente o transmissor e o receptor devem concordar com um padrão de bits conhecido como **gerador (G)**. Para uma dada parcela de dados (D), o remetente escolherá r bits adicionais (R), e os anexará a D, de modo que o padrão de $d + r$ bits resultante (interpretado como um número binário) seja divisível exatamente por G.

Com isso, o processo de verificação de erros com CRC é simples: O receptor divide os $d+r$ bits recebidos por G. Se o resto for diferente de zero, o receptor saberá que ocorreu um erro; caso contrário, os dados são aceitos como corretos.



Exemplo:

$G = 0010 \rightarrow 2$

$D = 11111 \rightarrow 31$

$R = 0001 \rightarrow 1$

Padrão de bits a ser transmitido $d+r = 100000$ (32). $G = 0010$ (2). Ao dividir 100000 por 0010, o resto da divisão é 0.

Se ocorrer um erro em algum bit no padrão de bits e ao dividir, o resto da divisão não for 0, os dados não são aceitos como corretos.

Referências bibliográficas:

TANENBAUM, Andrew. S. Redes de Computadores. São Paulo: *Pearson*, 5ª Ed. 2011.

KUROSE, James F.; ROSS, Keith W. Redes de Computadores e a Internet – Uma Abordagem Top-Down. São Paulo: *Pearson*, 6ª Ed. 2013.