

INTERCONEXÃO E PROTOCOLOS DE REDES

PROTOCOLOS DE REDE - MODELO OSI

Autor: Me. Ramiro Sebastião Córdova Júnior

Revisor: Luciana de Castro Lugli

INICIAR

introdução

Introdução

A palavra protocolo num contexto geral serve para definir regras para determinadas situações. Por exemplo, para nos comunicarmos com outra pessoa devemos iniciar a conversa com uma saudação, a pessoa deve estar prestando atenção na nossa fala e por aí vai. No contexto de redes de computadores os protocolos têm a mesma função.

Imaginem como seria navegar na internet sem regras bem estabelecidas de comunicação? Devemos perceber que hoje em dia diferentes tipos de dispositivos, de inúmeros fabricantes diferentes podem acessar a internet. Os protocolos de comunicação garantem que todos conversem no mesmo “idioma” (fazendo uma analogia com a fala).

Nesta unidade, estudaremos o porquê da utilização dos protocolos, além de detalharmos as pilhas de protocolo do modelo *Open System Interconnection* (OSI), que foi o precursor em se tratando de padronização de comunicação para redes de computadores. Ao longo da unidade, todas as camadas do modelo OSI serão detalhadas, o que permitirá um melhor entendimento dos padrões de comunicação.

Visão Geral de Protocolos de Comunicação

Um protocolo de rede define regras e convenções para comunicação entre os dispositivos que compõem uma rede através de mecanismos que permitem aos dispositivos se identificarem e estabelecerem conexões entre si. Além disso, os protocolos utilizam regras de formatação que especificam como os dados são empacotados (ou encapsulados) nas mensagens de comunicação que são enviadas e recebidas.

Os protocolos modernos utilizados em redes de computadores geralmente usam técnicas de comutação de pacotes para enviar e receber mensagens. Essas mensagens são divididas em pedaços e esses pedaços são montados no destino. Centenas de diferentes protocolos de rede de computadores foram desenvolvidos, cada um projetado para fins e ambientes específicos.

Em uma rede de computadores, os protocolos são capazes de trabalhar com processos em larga escala, dividindo-os em tarefas ou pequenas e específicas funções. Isso ocorre nas diferentes camadas da rede e cada função deve cooperar na sua camada para concluir a tarefa principal. O termo pilha de protocolos (ou família) refere-se a um conjunto de protocolos de rede menores que atuam em conjunto.

Geralmente, os protocolos são criados de acordo com o padrão do setor por várias organizações de rede ou de tecnologia da informação. Os seguintes grupos definiram e publicaram diferentes protocolos de rede:

- *The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE);*
- *The Internet Engineering Task Force (IETF);*
- *The International Organization for Standardization (ISO);*
- *The International Telecommunications Union (ITU);*
- *The World Wide Web Consortium (W3C).*

Embora modelos de protocolo de rede geralmente funcionam de maneiras semelhantes, cada protocolo é único e opera da maneira específica detalhada pela organização que o criou. Os protocolos mais recentes, utilizados em larga escala na internet são desenvolvidos pela IETF, IEEE e ISO. Nos sites dessas organizações é possível consultar a descrição dos protocolos que elas desenvolvem. Esses detalhes de funcionamento dos protocolos são organizados em documentos chamados de RFC *Request for Comments* (RFC). No Quadro 2.1 podemos ver as RFCs que regulamentam os principais protocolos utilizados na internet.

Quadro 2.1 - Exemplos de protocolos e suas RFCs

Fonte: Adaptado de IETF (2019, on-line).

praticar

Vamos Praticar

As RFCs são documentos desenvolvidos por entidades que regulamentam padrões de comunicação de dados a nível mundial e podem ser acessados pela internet. No que diz respeito aos protocolos de comunicação, assinale a alternativa que apresenta qual a principal função de uma RFC.

- ☐ **a)** Descrever o funcionamento do IEEE.
- ☐ **b)** Descrever o funcionamento da comutação de dados.
- ☐ **c)** Descrever o funcionamento dos protocolos de comunicação.
- ☐ **d)** Definir o número de protocolos que podem ser criados por ano.
- ☐ **e)** Definir regras para os usuários que acessam a internet.

Apresentação do Modelo OSI

O grande desafio que surgiu com a popularização das redes de computadores foi a compatibilidade entre as soluções desenvolvidas por diferentes fabricantes. A necessidade de padronização entre as tecnologias fez com que surgisse o modelo *Open Systems Interconnection* (OSI) de interconexão. Basicamente, a ideia do modelo é a capacidade de enxergar em níveis hierárquicos (camadas) o processo de comunicação entre sistemas, independentemente do fabricante. Ou seja, o modelo OSI fornece um padrão para que diferentes sistemas possam se comunicar.

eflita
eflita

entamente, por se tratar de um modelo conceitual, parece que o modelo OSI não é
tante para o funcionamento de redes de computadores. Porém, devido à sua simplicidade
tendimento que é proporcionada pela divisão categorizada das camadas que compõem o
lo, é possível que engenheiros, desenvolvedores e profissionais de um modo geral
dam o funcionamento de um processo de comunicação em rede. Sem esse modelo
itual, teríamos hoje a difusão de redes de computadores? Como seria o desenvolvimento
luções?

: Elaborado pelo autor.

O modelo OSI pode ser visto como uma linguagem universal para redes de computadores. Esse modelo é baseado no conceito de dividir um sistema de comunicação em sete camadas abstratas empilhadas. As tarefas são subdivididas em tarefas menores e tratadas especificamente nas camadas. A Figura 2.1 permite visualizar o empilhamento das 7 camadas do modelo OSI.



Figura 2.1 - Camadas do Modelo OSI

Fonte: Michael Borgers / 123RF.

Nesse modelo, cada camada serve a camada acima dela e, por sua vez, é servida pela camada abaixo. Portanto, em uma determinada mensagem entre dois hosts haverá um fluxo de dados nas camadas do computador de origem na rede e depois nas camadas do computador de destino. Somente a camada de aplicativo, que fica na parte superior da pilha, não fornece serviços para uma camada de nível superior.

saiba mais
Saiba mais

Você sabia que existem diferentes protocolos de rede e cada um atua em camadas específicas do modelo OSI? O artigo científico “As camadas do modelo OSI: Revisitando suas funcionalidades e respectivos protocolos” exemplifica serviços e protocolos de rede relacionando com suas camadas de atuação no modelo. Saiba mais visitando o link.

Fonte: Elaborado pelo autor

ACESSAR

O modelo OSI pode ser dividido em 2 blocos maiores conforme a finalidade. O primeiro bloco, composto pelas camadas de Aplicação, Apresentação e Sessão, define como os hosts vão se comunicar entre si. Já o segundo bloco, composto pelas camadas de Transporte, Rede, Enlace e Física, define como os dados irão trafegar de uma ponta a outra da conexão.

praticar
Vamos Praticar

O modelo OSI é dividido em 7 camadas que se comunicam entre si. Ainda pode existir uma subdivisão em 2 grandes blocos, um composto em grande parte por *software* e outro composto quase que exclusivamente por *hardware*. Assinale a alternativa que apresenta o bloco em que a camada de Sessão fica.

- ☐ **a)** No bloco que controla o meio físico.
- ☐ **b)** No bloco que controla os pacotes enviados.
- ☐ **c)** No bloco que controla o roteamento.
- ☐ **d)** No bloco que controla as interrupções de sistema.
- ☐ **e)** No bloco que controla as comunicações do *host*.

Detalhamento das Camadas do Modelo OSI

O modelo OSI é composto por 7 camadas que se comunicam entre si. Nesta seção serão apresentadas cada uma das camadas com as suas características.

Camada de Aplicação

Essa é a única camada que interage diretamente com os dados do usuário. Aplicativos de software, como navegadores da Web e clientes de e-mail, por exemplo, contam com a camada de aplicação para iniciar as comunicações. Mas deve ficar explícito que os aplicativos de software não fazem parte da camada de Aplicação, em vez disso, a camada de Aplicação é responsável pelos protocolos e manipulação de dados que o software utiliza para apresentar dados significativos ao usuário. No caso de navegadores Web e *software* de e-mail, os protocolos da camada de aplicação utilizados podem ser o *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) e o SMTP.

A camada de Aplicação utiliza requisições de usuários da rede para selecionar os serviços que devem ser entregues às camadas mais abaixo. Nessa camada devem ser providos todos os serviços que têm relação com o usuário, ou seja, é nela que os processos de rede que são iniciados pelos usuários iniciam suas ações.

A divulgação dos serviços que podem ser utilizados pelos clientes pode ser através de métodos ativos ou passivos. No caso dos métodos ativos, os serviços são divulgados via *broadcast* (uma mensagem recebida por todos dispositivos da rede). Já nos métodos passivos, existe um registro central com os serviços suportados que pode ser consultado pelos usuários. Esses serviços podem ser consultados via interrupção de chamadas, operação remota ou operação de cooperação.

- **Interrupção de chamadas:** quando o aplicativo utilizado pelo usuário faz uma requisição de serviço ao sistema operacional. O mesmo verifica se a requisição é local (resolvida pelo próprio sistema operacional) ou se utiliza recursos de rede (nesse caso é enviada ao servidor do serviço). Quando ocorre, há um redirecionador para determinar qual servidor irá retornar;
- **Operação remota:** o próprio sistema operacional realiza uma conexão direta entre o solicitante e o servidor;
- **Operação de cooperação:** os recursos são compartilhados entre o solicitante e o servidor, fazendo com que a coordenação dos recursos entre os computadores que estão cooperando seja totalmente compartilhada.

Camada de Apresentação

Essa camada é a principal responsável pela preparação dos dados para que possam ser usados pela camada de Aplicação, ou seja, a camada de Apresentação faz com que os dados fiquem “apresentáveis” para os aplicativos consumirem. A camada de Apresentação é responsável pela tradução, criptografia e compactação de dados em uma comunicação em rede.

Dois dispositivos que se comunicam podem estar usando métodos de codificação diferentes, portanto, a camada de apresentação é responsável por converter os dados recebidos em uma sintaxe que a camada de aplicação do dispositivo receptor consiga entender.

Se os dispositivos que estiverem se comunicando estejam utilizando criptografia, a camada de apresentação adiciona a criptografia na ponta do remetente, bem como decodifica a criptografia na ponta do receptor para que ele possa apresentar à camada de Aplicação dados que foram criptografados.

A camada de Apresentação também é responsável por compactar os dados que recebe da camada de Aplicação antes de entregá-los à camada de Sessão. Isso ajuda a melhorar a velocidade e a eficiência da comunicação, minimizando a quantidade de dados que serão transferidos.

Camada de Sessão

Essa é a camada responsável pela abertura e encerramento da comunicação de dados entre os dois dispositivos. O tempo entre o momento em que a comunicação inicia e se encerra é conhecido como a Sessão. Essa camada garante que a sessão permaneça aberta por tempo suficiente para transferir todos os dados que estão sendo trocados e se encerre ao fim da transmissão para evitar o desperdício de recursos de rede.

A camada de Sessão também sincroniza a transferência de dados com os pontos de verificação. Por exemplo, se um arquivo de 10 megabytes estiver sendo transferido, a camada de Sessão poderá definir um ponto de verificação a cada 2 *megabytes*. No caso de uma desconexão ou falha após a transferência de 5 *megabytes*, a sessão pode ser retomada a partir do último ponto de verificação, o que significa que apenas mais 6 *megabytes* de dados precisam ser transferidos. Sem os pontos de verificação, toda a transferência teria que começar novamente do zero.

As funções nessa camada envolvem configuração, coordenação (quanto tempo um sistema deve esperar por uma resposta, por exemplo), autenticação, término da conexão e reconexão após uma interrupção.

Camada de Transporte

A camada de Transporte é responsável pela comunicação de ponta a ponta entre dois dispositivos. Isso inclui pegar dados da camada de Sessão e dividi-los em pedaços chamados segmentos antes de enviá-los para a camada de Rede. A camada de Transporte no dispositivo receptor é responsável por remontar os segmentos em dados para que a camada de Sessão possa utilizá-los. O exemplo mais conhecido da Camada de Transporte é o *Transmission Control Protocol* (TCP), construído sobre o *Internet Protocol* (IP), também conhecido como TCP / IP.

A camada de Transporte também é responsável pelo controle de fluxo e controle de erros. O controle de fluxo determina uma velocidade ótima de transmissão para garantir que um emissor com uma conexão rápida não sobrecarregue um receptor com uma conexão lenta. Nessa camada é realizado o controle de erros na extremidade de recebimento, garantindo que os dados recebidos sejam completos e solicitando uma retransmissão, caso não sejam.

Existem 3 fases definidas pelo modelo OSI para regular a operação na camada de transporte: (i) Estabelecimento da sessão; (ii) Transferência; e (iii) Terminação.

Na fase de Estabelecimento da Sessão, é realizada a conexão entre as funções de serviços e as camadas mais altas, além das negociações relacionadas à qualidade dos serviços de conexão. A fase de Transferência, como o próprio nome diz, realiza a transferência dos dados conforme a qualidade estabelecida. Na fase de Terminação são encerradas as conexões com notificações sendo enviadas para emissor e receptor.

Camada de Rede

Essa camada é responsável por facilitar a transferência de dados entre duas redes diferentes. Se os dois dispositivos que estão se comunicando estiverem na mesma rede, a camada de Rede será desnecessária. A camada de Rede divide os segmentos da camada de Transporte em unidades menores, chamadas pacotes, no dispositivo do emissor e remontando esses pacotes no dispositivo receptor. A camada de Rede também encontra o melhor caminho físico para os dados chegarem ao seu destino, processo conhecido como roteamento.

Os protocolos da camada de Rede conseguem realizar esse roteamento empacotando dados com as informações corretas do endereço de rede, selecionando as rotas de rede apropriadas e encaminhando os dados empacotados até a camada de Transporte.

Os roteadores são muitas vezes chamados de dispositivos da camada 3 (ou *layer 3*). Isso se deve ao fato de que na pilha das camadas a camada de rede é a terceira (de baixo para cima). A definição do melhor caminho para enviar os dados na rede da

origem para o destino é definida com base nas condições da rede, na prioridade do serviço e outros fatores. Dois exemplos de protocolos que atuam nessa camada são o protocolo IP e o IPv6.

Camada de Enlace de Dados

A camada de Enlace de dados é muito semelhante à camada de Rede, exceto que a camada de Enlace de dados facilita a transferência de dados entre dois dispositivos na mesma rede, ou seja, sem a necessidade de roteamento. Essa camada recebe pacotes da camada de Rede e divide-os em pedaços menores chamados de quadros. Assim como a camada de Rede, a camada de enlace de dados também é responsável pelo controle de fluxo e controle de erros na comunicação, pois a camada de transporte realiza o controle de fluxo e controle de erros para comunicações entre redes diferentes.

Pode-se dizer que a camada de enlace é a principal responsável pela identificação exclusiva de cada dispositivo existente em uma rede local. Essa camada tem como característica também realizar a divisão entre *hardware* e *software*, sendo dividida em duas subcamadas. Uma das subcamadas realiza toda interface com a camada de rede, quase que totalmente via software; e a outra subcamada realiza a interface com a camada física sendo implementada em grande parte por *hardware* e com uma pequena porção de *firmware*.

Camada Física

A camada Física inclui o equipamento físico envolvido na transferência de dados como cabos e comutadores; é também responsável pela conversão dos fluxos de bits (sequência de 0s e 1s). A camada Física de ambos os dispositivos também deve concordar com uma convenção de sinal para que os *bits* possam ser distinguidos nas duas pontas.

É a camada mais baixa do modelo OSI e determina como as conexões físicas da rede devem ser configuradas e como os bits serão representados. Os bits podem trafegar através de sinais elétricos, sinais óticos ou via ondas de rádio. Do ponto de vista das funções da camada Física podemos identificar 4 funções distintas:

- **Configuração da linha:** é a definição do modo que dois ou mais dispositivos podem ser conectados fisicamente;
- **Transmissão de dados:** é a definição do modo de transmissão (*simplex*, *half-duplex* ou *full-duplex* entre dois dispositivos na rede;
- **Topologia:** definição da maneira como os dispositivos de rede estão organizados fisicamente;
- **Sinais:** definição do tipo de sinal a ser transmitido.

Modelo OSI

No modelo OSI todas as camadas possuem suas funções específicas e podem interagir com as camadas superiores e inferiores. O infográfico apresenta de maneira sintética a função de cada uma das camadas do modelo OSI.



praticar

Vamos Praticar

A camada de Sessão é responsável pela abertura e encerramento da comunicação de dados entre dois dispositivos, além de fornecer suporte durante o processo de comunicação, como, por exemplo, registros de *logs*. Qual o método que essa camada utiliza para sincronização do o envio dos dados?

- ☐ **a)** Através da inserção de pontos de verificação.
- ☐ **b)** Através da utilização de *timers*.
- ☐ **c)** Através da utilização de *frames*.
- ☐ **d)** Através da utilização de pacotes.
- ☐ **e)** Através da utilização do sistema operacional em rede.

Cabeçalhos nas Camadas do Modelo OSI

Quando dois dispositivos desejam se comunicar através de uma rede, eles fazem isso construindo pacotes de dados e enviando-os um ao outro. Um pacote de dados é basicamente um dado estruturado, em que os dados reais da carga útil estão aninhados dentro das etiquetas (*tags*) de cabeçalho. Os dados da *tag* de cabeçalho contêm informações para ajudar a rotear os pacotes de dados. Essas *tags* de cabeçalho são aninhadas dentro de outras *tags* de cabeçalho, que, por sua vez, são aninhadas dentro de outras *tags* de cabeçalho.

Uma boa analogia a ser feita é imaginar um pacote de dados semelhante a uma carta escrita à mão (carga útil dos dados - *payload*) que é colocada dentro de um envelope contendo um endereço escrito (cabeçalho do pacote, juntamente com suas informações), que por sua vez é colocado dentro de um envelope maior contendo outro endereço escrito (outro cabeçalho), e assim por diante até que forme a rota para entrega da carta.

No modelo OSI, cada camada realiza pedidos que podem ser dados ou informações adicionadas a um cabeçalho com informações da camada em questão. Esses dados passam por todas as camadas, da camada 7 até a camada 1 e são enviados pelo meio

físico e na outra ponta sobem da camada 1 até a camada 7. Quando os dados estão na direção de cima para baixo no modelo OSI, eles vão sendo adicionados a esses dados os cabeçalhos das camadas e quando os dados estão subindo as camadas do modelo OSI, esses cabeçalhos vão sendo removidos. Na Figura 2.2 é possível verificar os cabeçalhos sendo adicionados à medida que são percorridas as camadas do modelo OSI.

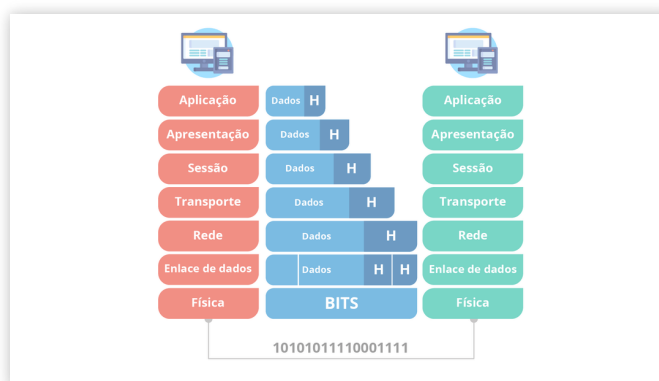


Figura 2.2 - Fluxo de dados do Modelo OSI com a adição de cabeçalhos

Fonte: Adaptado de Tanenbaum (2003).

As informações adicionadas nos cabeçalhos (H) são essenciais para que cada camada do modelo OSI possa se comunicar adequadamente com a outra, realizando as tarefas específicas esperadas em cada uma das camadas. Esses cabeçalhos também podem ser chamados de *headers*.

Cabeçalho na Camada de Aplicação

Existem muitos serviços (a nível de sistema operacional) de rede disponíveis entre a camada de aplicação e os usuários. Para fins de exemplo, vamos utilizar o serviço de manipulação das mensagens (X.400) para mostrar a interação entre um usuário e a camada de aplicação. Na Figura 2.3 é possível visualizar o fluxo dos dados desde a solicitação do usuário até a entrega para a camada de apresentação.

Cabeçalho na Camada de Apresentação

Na interação entre a camada de Apresentação e a camada de Sessão, os dados são repassados com a adição do cabeçalho de apresentação (h6), conforme pode ser visto na Figura 2.4. Quando a interação é realizada da camada de sessão para a camada de aplicativo acontece o inverso, ou seja, é removido o cabeçalho h6.

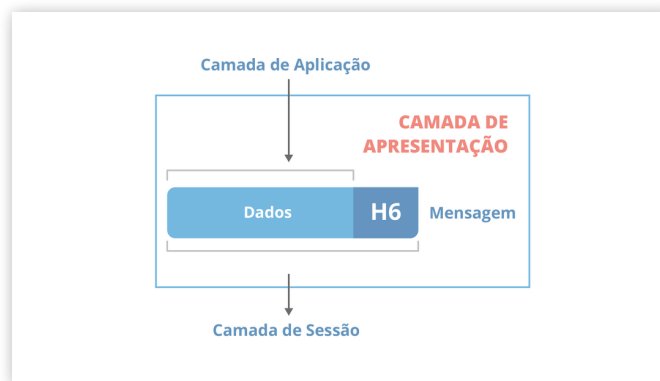


Figura 2.4 - Cabeçalho na camada de Apresentação
Fonte: Adaptado de Forouzan (2009).

Cabeçalho na Camada de Sessão

Na relação entre as camadas de Apresentação e Sessão, além da adição do cabeçalho de sessão (h5), podem ser adicionados pontos de sincronização para o fluxo de dados, caso ocorra alguma falha durante a transmissão. Isso garante que não será necessário retransmitir todos os dados novamente. Essa interação entre as camadas de sessão e transporte pode ser observada na Figura 2.5.

Cabeçalho na Camada de Transporte

Na camada de Transporte, ocorre a quebra dos dados oriundos da camada de Sessão em segmentos e em cada um dos segmentos é acionado um cabeçalho (h4). Esses segmentos são repassados para a camada de Rede, como pode ser observado na Figura 2.6.

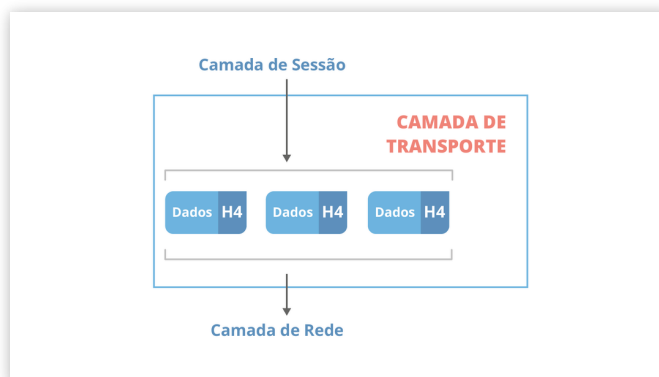


Figura 2.6 - Cabeçalho na camada de Transporte

Fonte: Adaptado de Forouzan (2009).

Cabeçalho na Camada de Rede

O cabeçalho (h3) da camada de Rede é adicionado aos dados (que nesse caso são os pacotes) para serem encaminhados a cada de enlace de dados, conforme pode ser visto na Figura 2.7. No caso da interação entre a camada de Rede e a camada de Transporte, esse cabeçalho é removido.

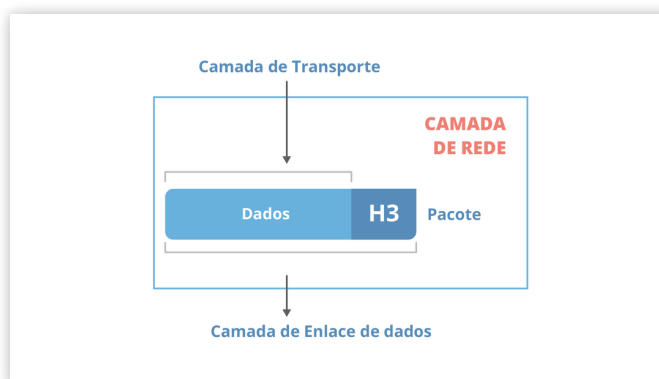


Figura 2.7 - Cabeçalho na camada de rede

Fonte: Adaptado de Forouzan (2009).

Cabeçalho na Camada de Enlace de Dados

Na interação entre a camada de Enlace e a camada Física, além do cabeçalho (h2) da camada, é possível identificar um bloco de informações diferente (t2), conforme é apresentado na Figura 2.8. Esse bloco indica a terminação desse conjunto de dados. Esse conjunto total de dados é chamado de quadro (ou frame) e é enviado à camada Física para ser transmitido em um fluxo de *bits*.

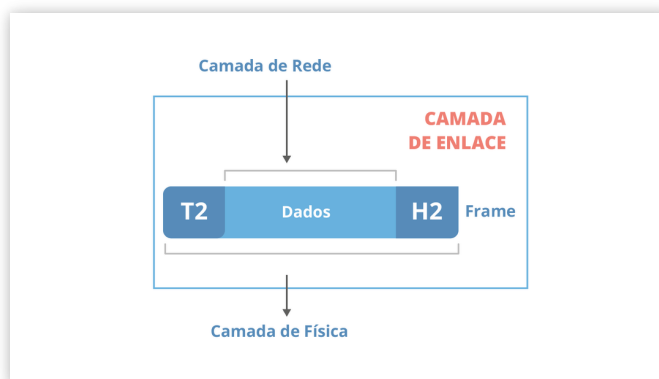


Figura 2.8 - Cabeçalho na camada de enlace de dados

Fonte: Adaptado de Forouzan (2009).

Cabeçalho na Camada Física

Na camada Física, os dados recebidos da camada de Enlace são um fluxo de bits com algumas informações de controle da transmissão. Na Figura 2.9 é possível visualizar essa interação entre as camadas de Enlace e Física.

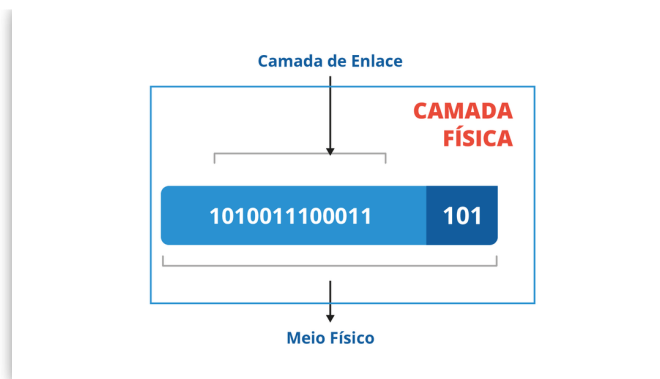


Figura 2.9 - Cabeçalho na camada física

Fonte: Adaptado de Forouzan (2009).

A partir dessa análise das adições e remoções de cabeçalho, fica bem mais fácil de entender o conceito de pilhas de protocolos. As pilhas de protocolos do modelo OSI são grupos hierárquicos trabalhando em conjunto para regulamentar as transmissões em redes de computadores.

praticar

Vamos Praticar

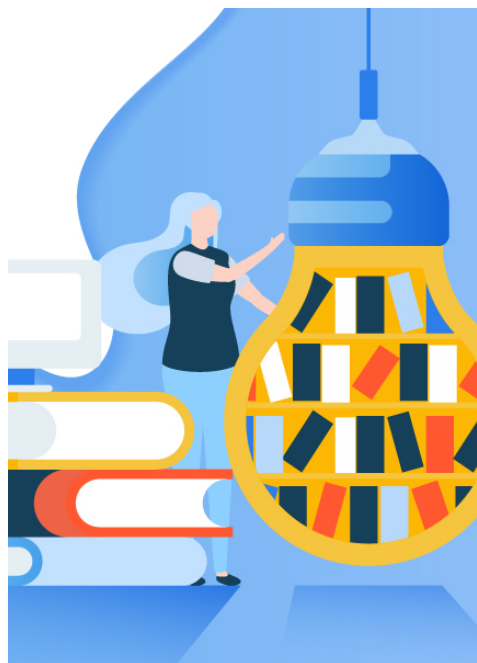
Na interação entre uma camada e outra do modelo OSI de referência é realizada a adição ou a remoção de um cabeçalho com informações referentes à camada. Esse processo acontece nas duas pontas da conexão. Em uma das pontas é realizada a adição de cabeçalhos nas interações das camadas e na outra ponta da conexão acontece a remoção desses cabeçalhos. Em qual das camadas, que além do cabeçalho da camada, é inserido um bloco que indica a terminação de um conjunto de dados?

- ☐ **a)** Camada de Aplicação.
- ☐ **b)** Camada de Apresentação.

- ☐ **c)** Camada de Rede.
 - ☐ **d)** Camada Física.
 - ☐ **e)** Camada de Enlace de dados.
-

indicações

Material Complementar



LIVRO

Arquitetura de Redes de Computadores

Luiz Paulo Maia

Editora: LTC

Edição: 2

ISBN: 978-8521622543

Comentário: Essa edição do livro apresenta toda estrutura necessária para comunicações em redes de computadores com uma linguagem atual e didática.

WEB

OSI: Camada de Sessão

Ano: 2014

Comentário: O vídeo indicado apresenta uma explicação prática e com uma linguagem bem acessível sobre o funcionamento da camada de sessão do modelo OSI. Para conhecer mais sobre o filme, acesse o link disponível em:

ACESSAR

conclusão

Conclusão

Ao aprofundarmos o estudo de protocolos de rede é possível concluir que o modelo OSI é fundamental para que a comunicação de dados em rede possa funcionar nos mais variados dispositivos. A padronização da comunicação garante que profissionais de TI das mais variadas áreas possam entender o contexto geral que permeia a comunicação, dividindo esse conhecimento em camadas.

As 7 camadas propostas no modelo OSI são uma forma de abstrair funcionalidades importantes no contexto de comunicação em redes. O modelo não especifica o funcionamento dos protocolos de redes, mas sim como deve ser a utilização de cada protocolo nas camadas específicas. Isso garante que equipamentos de rede heterogêneos consigam se comunicar entre si.

referências

Referências Bibliográficas

COMER, D. E. **Redes de Computadores e Internet-6**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2016.

FOROUZAN, B. A. **Comunicação de dados e redes de computadores**. Porto Alegre: AMGH Editora, 2009.

IETF, **Internet Engineering Task Force**, [Online] Disponível em: <https://www.ietf.org/>. Acesso em: 20 Dez 2019.

ISO. International Standard Organization, **Great things happen when the world agrees**. 2015. Disponível em: <https://www.iso.org/home.html>. Acesso em: 7 dez. 2019.

KUROSE, J. F.; ROSS, K. W. **Redes de Computadores e a Internet: uma abordagem top-down**. Pearson Addison Wesley, 2007.

TANENBAUM, A. S. **Redes de computadores**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2003.