

2021

Introdução às redes



CCNA CISCO

**Módulo VI – A Camada de
Enlace de Dados**

1/1/2021

Índice

6 - Camada de Enlace de dados

- 6.0 - Introdução
 - 6.0.1 - Por que devo cursar este módulo?
 - 6.0.2 - O que vou aprender neste módulo?
- 6.1 - Finalidade da Camada de Enlace de Dados
 - 6.1.1 - A Camada de Enlace
 - 6.1.2 - IEEE 802 Subcamadas de link de dados de LAN/MAN
 - 6.1.3 - Fornecimento de Acesso ao Meio Físico
 - 6.1.4 - Padrões da Camada de Enlace de Dados
 - 6.1.5 - Verifique seu entendimento - Finalidade da camada de enlace de dados
- 6.2 - Topologias
 - 6.2.1 - Topologias Físicas e Lógicas
 - 6.2.2 - As topologias de WAN
 - 6.2.3 - Topologia de WAN ponto a ponto
 - 6.2.4 - Topologias LAN
 - 6.2.5 - Comunicação em half e full duplex
 - 6.2.6 - Métodos de controle de acesso
 - 6.2.7 - Acesso baseado em contenção - CSMA / CD
 - 6.2.8 - Acesso baseado em contenção - CSMA / CA
 - 6.2.9 - Verifique sua compreensão - Topologias
- 6.3 - Quadro de Enlace de Dados
 - 6.3.1 - O Quadro
 - 6.3.2 - Campos do Quadro
 - 6.3.3 - Endereços da camada 2
 - 6.3.4 - Quadros de LAN e WAN
 - 6.3.5 - Verifique sua compreensão - quadro de link de dados
- 6.4 - Módulo Prática e Quiz
 - 6.4.1 - O que eu aprendi neste módulo?
 - 6.4.2 - Teste de Módulo - Camada de Link de Dados

Introdução

6.0.1 Por que devo cursar este módulo?

Bem-vindo à camada de link de dados!

Toda rede tem componentes físicos e mídia conectando os componentes. Diferentes tipos de mídia precisam de informações diferentes sobre os dados para aceitá-los e movê-lo através da rede física. Pense desta forma: uma bola de golfe bem lançada se move pelo ar rápido e longe. Ela também pode se mover através da água, mas não tão rápido ou tão longe, a menos que seja ajudado por um golpe mais forte. Isso ocorre porque a bola de golfe está viajando através de um meio diferente; água em vez de ar.

Os dados devem ter ajuda para movê-lo em diferentes mídias. A camada de link de dados fornece essa ajuda. Como você deve ter adivinhado, essa ajuda difere com base em vários fatores. Este módulo fornece uma visão geral desses fatores, como eles afetam os dados e os protocolos projetados para garantir a entrega bem-sucedida. Vamos começar!

6.0.2 O que vou aprender neste módulo?

Título do módulo: Camada de link de dados

Objetivo do módulo: Explicar como o controle de acesso à mídia na camada de link de dados possibilita a comunicação entre redes.

Título do Tópico	Objetivo do Tópico
Finalidade da camada de link de dados	Descrever o objetivo e a função da camada de enlace de dados na preparação comunicação para transmissão em meios específicos.
Topologias	Comparar as características dos métodos de controle de acesso à mídia na WAN e Topologias de LAN.
Quadro de link de dados	Descrever as características e as funções do quadro de link de dados.

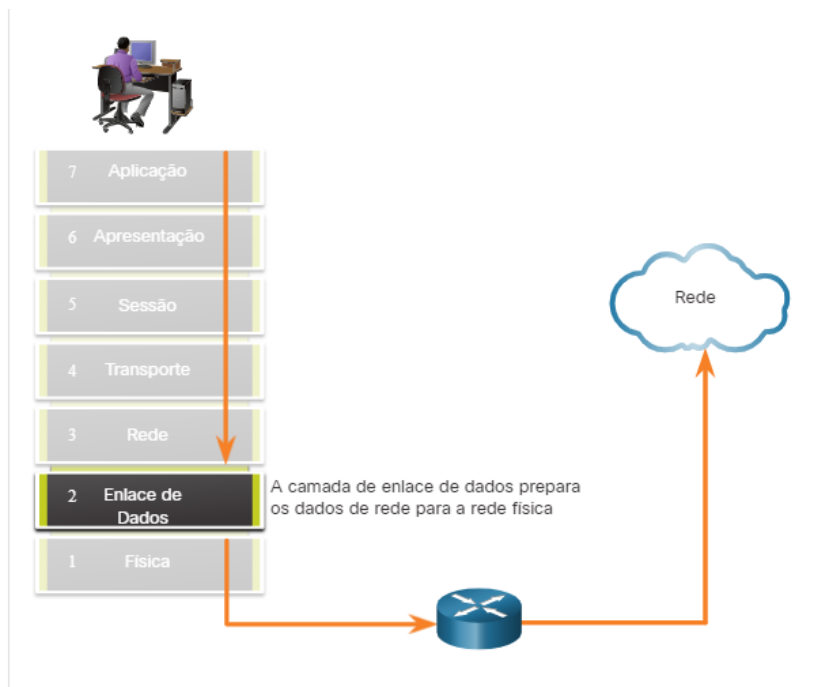
6.1 Finalidade da Camada de Enlace de Dados

6.1.1 A Camada de Enlace

A camada de enlace de dados do modelo OSI (Camada 2), conforme mostrado na figura, prepara os dados da rede para a rede física. A camada de enlace de dados é responsável pela placa de interface de rede (NIC) para comunicações de placa de interface de rede. A camada de enlace de dados faz o seguinte:

- Permite que as camadas superiores acessem a mídia. O protocolo de camada superior não está completamente ciente do tipo de mídia que é usado para encaminhar os dados.
- Aceita dados, geralmente pacotes de Camada 3 (ou seja, IPv4 ou IPv6), e os encapsula em quadros da Camada 2.
- Controla como os dados são colocados e recebidos na mídia.
- Troca quadros entre pontos de extremidade através da mídia de rede.
- Recebe dados encapsulados, geralmente pacotes de Camada 3, e os direciona para o protocolo de camada superior apropriado.
- Executa a detecção de erros e rejeita qualquer quadro corrompido.

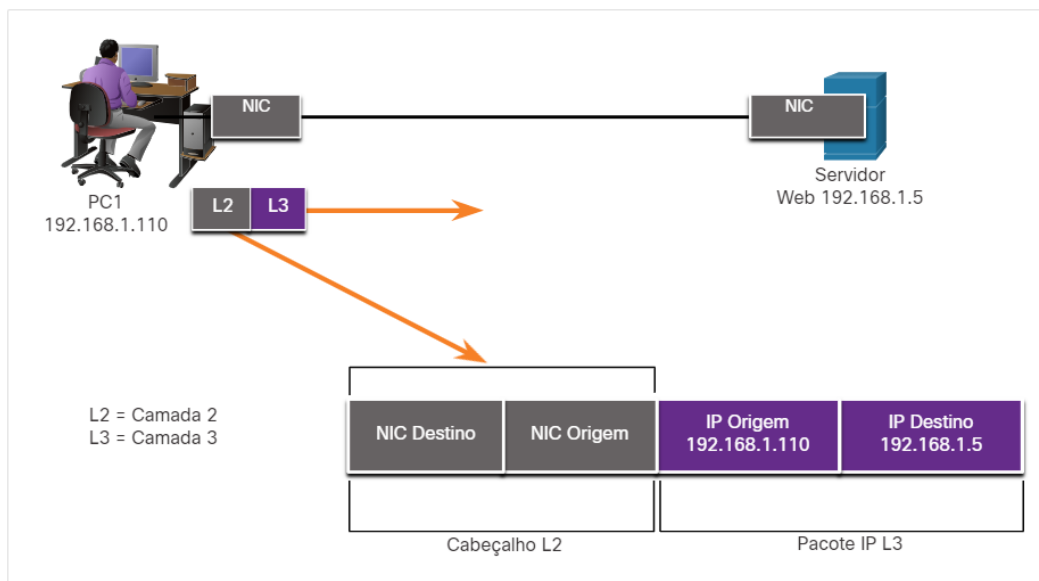
A imagem mostra as sete camadas do modelo OSI em ordem de cima para baixo, Camada 7, Aplicação, Apresentação da Camada 6, Sessão da Camada 5, Transporte da Camada 4, Rede da Camada 3, Link de Dados da Camada 2, Camada 1 Física. A camada de link de dados é realçada e ao lado da camada de link de dados é texto informando A camada de link de dados prepara dados de rede para a rede física. Uma seta representando o fluxo de tráfego de um usuário sentado acima da camada de aplicativo é desenhada sobre o modelo OSI até um roteador e terminando em uma nuvem de rede.



Em redes de computadores, um nó é um dispositivo que pode receber, criar, armazenar ou encaminhar dados ao longo de um caminho de comunicação. Um nó pode ser um dispositivo final, como um laptop ou telefone celular, ou um dispositivo intermediário, como um switch Ethernet.

Sem a camada de enlace de dados, um protocolo de camada de rede, como o IP, teria de estar preparado para se conectar a cada tipo de meio físico que poderia existir ao longo do caminho. Além disso, toda vez que uma nova tecnologia ou meio de rede fosse desenvolvido, o IP teria que se adaptar.

A figura exibe um exemplo de como a camada de link de dados adiciona informações de destino Ethernet da Camada 2 e NIC de origem a um pacote da Camada 3. Em seguida, ele converteria essa informação para um formato suportado pela camada física (ou seja, Camada 1).



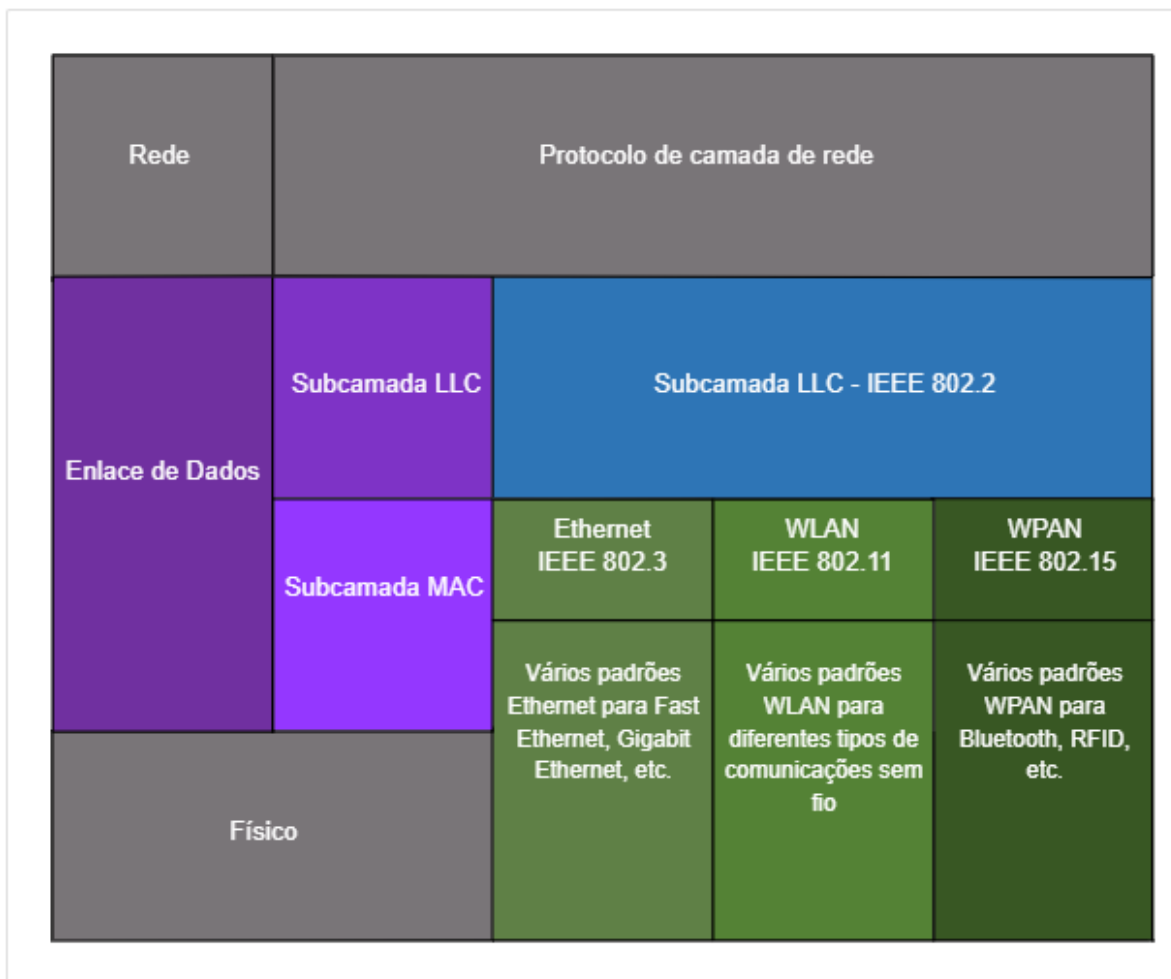
A imagem mostra um usuário em um computador desktop com o endereço IP 192.168.1.110 enviando tráfego de sua NIC para a NIC de um servidor Web com o endereço IP 192.168.1.5. Uma caixa com o rótulo L2, representando o cabeçalho da Camada 2 e uma caixa com o rótulo L3 representando o cabeçalho da Camada 3 são mostradas pelo usuário. Uma seta da caixa L2 aponta para uma caixa retangular maior com a NIC de destino de texto e a NIC de origem para representar o endereço da Camada 2 de destino e o endereço da Camada 3 de destino. À direita do cabeçalho L2 está uma caixa retangular chamada L3 IP Packet que tem texto indicando o endereço IP de origem 192.168.1.110 e o endereço IP de destino de 192.168.1.5.

6.1.2 IEEE 802 Subcamadas de link de dados de LAN/MAN

Os padrões IEEE 802 LAN/MAN são específicos para LANs Ethernet, LANs sem fio (WLAN), redes pessoais sem fio (WPAN) e outros tipos de redes locais e metropolitanas. A camada de link de dados LAN/MAN IEEE 802 consiste nas seguintes duas subcamadas:

- **Logical Link Control (LLC)** - Esta subcamada IEEE 802.2 comunica entre o software de rede nas camadas superiores e o hardware do dispositivo nas camadas inferiores. Ela coloca a informação no quadro que identifica qual protocolo de camada de rede está sendo usado para o quadro. Essas informações permitem que vários protocolos da camada 3, como IPv4 e IPv6, usem a mesma interface de rede e mídia.
- **Controle de Acesso a Mídia (MAC)** — Implementa esta subcamada (IEEE 802.3, 802.11 ou 802.15) no hardware. É responsável pelo encapsulamento de dados e controle de acesso à mídia. Ele fornece endereçamento de camada de link de dados e é integrado com várias tecnologias de camada física.

A figura mostra as duas subcamadas (LLC e MAC) da camada de link de dados.



A imagem é de uma tabela com três linhas para camadas Rede, Link de Dados e Física. A linha superior da tabela tem Network and Network Layer Protocol. A segunda linha tem ligação de dados e é further dividido em duas linhas, uma para subcamada LLC e uma para subcamada MAC. A Sublayer LLC tem uma coluna informando Sublayer LLC - IEEE 802.2. A Sublayer MAC tem três colunas indicando Ethernet IEEE 802.3, WLAN 802.11 e WPAN IEEE 802.15. Sob a coluna Ethernet 802.3, entre a subcamada MAC e a camada Física, ela indica vários padrões Ethernet para Fast Ethernet, Gigabit Ethernet etc. Sob a coluna WLAN IEEE 802.11, entre a subcamada MAC e a camada Física, ela indica vários padrões WLAN para diferentes tipos de wireless comunicações. Sob a coluna WPAN entre a subcamada MAC e a camada física, ele indica vários padrões WPAN para Bluetooth, RFID, etc.

A subcamada LLC pega os dados do protocolo de rede, que geralmente é um pacote IPv4 ou IPv6, e adiciona informações de controle da camada 2 para ajudar a entregar o pacote ao nó de destino.

A subcamada MAC controla a NIC e outro hardware responsável pelo envio e recebimento de dados no meio LAN/MAN com ou sem fio.

A subcamada MAC fornece encapsulamento de dados:

- **Delimitação de quadros** - O processo de enquadramento fornece delimitadores importantes para identificar campos dentro de um quadro. Esses bits de delimitação promovem a sincronização entre os nós de transmissão e de recepção.
- **Endereçamento** - Fornece endereçamento de origem e destino para transportar o quadro da Camada 2 entre dispositivos na mesma mídia compartilhada.
- **Detecção de erro** - Inclui um trailer usado para detectar erros de transmissão.

A subcamada MAC também fornece controle de acesso a mídia, permitindo que vários dispositivos se comuniquem através de uma mídia compartilhada (half-duplex). As comunicações full-duplex não exigem controle de acesso.

6.1.3 Fornecimento de Acesso ao Meio Físico

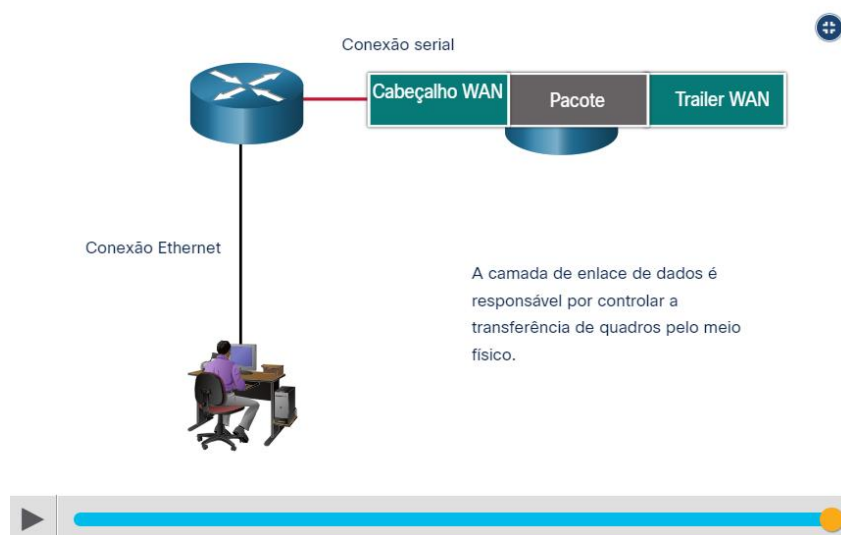
Cada ambiente de rede que os pacotes encontram à medida que eles viajam de um host local a um host remoto pode ter diferentes características. Por exemplo, uma LAN Ethernet geralmente consiste em muitos hosts que disputam o acesso na mídia da rede. A subcamada MAC resolve isso. Com links seriais, o método de acesso só pode consistir em uma conexão direta entre apenas dois dispositivos, geralmente dois roteadores. Portanto, eles não exigem as técnicas empregadas pela subcamada MAC IEEE 802.

As interfaces de roteador encapsulam o pacote no quadro apropriado. Um método adequado de controle de acesso de mídia é usado para acessar cada link. Em qualquer troca de pacotes de camada de rede pode haver várias transições de camadas de enlace de dados e de meios físicos.

Em cada salto ao longo do caminho, um roteador executa as seguintes funções da Camada 2:

1. Aceita um quadro de um meio;
2. Desencapsula o quadro;
3. Encapsula novamente o pacote em um novo quadro;
4. Encaminha o novo quadro apropriado para o meio desse segmento da rede física.

Pressione Play para ver a animação. O roteador da figura tem uma interface Ethernet para se conectar à LAN e uma interface serial para se conectar à WAN. À medida que o roteador processa os quadros, ele usará os serviços da camada de enlace de dados para receber o quadro de um meio, desencapsulá-lo para a PDU de Camada 3, encapsular novamente a PDU em um novo quadro e colocar o quadro no meio do próximo link da rede.



Esta animação ilustra como um quadro da Camada 2 é encapsulado e desencapsulado à medida que viaja em uma rede. Um usuário envia um quadro Ethernet para o roteador gateway padrão. Quando o roteador recebe o quadro, ele desencapsula o quadro Ethernet para ler seu conteúdo. Em seguida, ele processa o pacote da Camada 3 e toma uma decisão de roteamento para escolher uma interface serial como a interface de saída para o endereço IP do próximo salto. Em seguida, o roteador reencapsula o pacote em um novo quadro da Camada 2 e o envia para o próximo roteador através do link serial.

6.1.4 Padrões da Camada de Enlace de Dados

Os protocolos da camada de enlace de dados geralmente não são definidos por RFCs (Request for Comments), ao contrário dos protocolos das camadas superiores do conjunto TCP / IP. A Internet Engineering Task Force (IETF) mantém os protocolos e serviços funcionais do conjunto de protocolos TCP/IP nas camadas superiores, mas eles não definem as funções e a operação da camada de acesso à rede TCP/IP.

As organizações de engenharia que definem padrões abertos e protocolos que se aplicam à camada de acesso à rede (ou seja, as camadas físicas e de link de dados OSI) incluem o seguinte:

- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
- International Telecommunication Union (ITU)
- International Organization for Standardization (ISO)
- American National Standards Institute (ANSI)

Os logotipos dessas organizações são mostrados na figura.

Logotipos da Organização de Engenharia



6.1.5 Verifique seu entendimento - Finalidade da camada de enlace de dados

Verifique sua compreensão da camada de link de dados escolhendo a melhor resposta para as seguintes perguntas.

1. Qual é outro nome para a camada de enlace de dados OSI?
 - Camada 1
 - Camada 2
 - Camada 3
 - Camada 6
2. A camada de enlace de dados IEEE 802 LAN/MAN consiste em quais duas subcamadas? (Escolha duas.)
 - ☐ Protocolo de controle de rede
 - ☐ Controle de Link Lógico, LLC
 - ☐ Controle de Acesso ao Meio
 - ☐ Protocolo de controle de link
3. Qual é a responsabilidade da subcamada MAC?
 - Adiciona endereços da Camada 3 ao quadro
 - Comunica-se com a camada de rede (Camada 3)
 - Fornece o método para obter o quadro ligado e fora da mídia
 - Transmite os bits na mídia
4. Qual função da Camada 2 executa um roteador? (Escolha três.)
 - ☐ Aceita um quadro de um meio
 - ☐ Descapsula o quadro
 - ☐ Refere-se à tabela de roteamento da Camada 3 para uma rede de destino correspondente
 - ☐ Encapsula novamente o pacote em um novo quadro
5. O método de controle de acesso à mídia usado depende de dois critérios?
 - ☐ Protocolo IP da camada 3
 - ☐ Compartilhamento de mídia

- ☐ Topologia
- ☐ Protocolo da camada de transporte
- ☐ Tipo de dados

6. Qual organização define padrões para a camada de acesso à rede (ou seja, as camadas físicas e de enlace de dados OSI)?
- ☐ Cisco
 - ☐ IANA
 - ☐ IEEE
 - ☐ IETF

✓ Bom trabalho!

Você identificou com sucesso as respostas corretas.

1. A camada de link de dados é a Camada 2 do modelo OSI.
2. A camada de link de dados consiste em duas subcamadas. Estes são o Controle de Link Lógico (LLC) e o Controle de Acesso à Mídia (MAC)
3. A subcamada MAC da camada de link de dados é responsável por obter quadros dentro e fora da mídia.
4. Os roteadores executam quatro funções na Camada 2. Eles aceitam um quadro da mídia, desencapsulam o pacote de um quadro, reencapsulam o pacote em um novo quadro e encaminha o novo quadro apropriado para o meio desse segmento da rede física.
5. Os dois critérios para determinar o método de controle de acesso de mídia usado são o tipo de compartilhamento de mídia envolvido e a topologia.
6. O IEEE define padrões para a camada de acesso à rede TCP/IP, que são as camadas físicas e de link de dados OSI.

1. Qual é outro nome para a camada de enlace de dados OSI?

✓ Você entendeu!

- ☐ Camada 1
- ☒ Camada 2
- ☐ Camada 3
- ☐ Camada 6

2. A camada de enlace de dados IEEE 802 LAN/MAN consiste em quais duas subcamadas? (Escolha duas.)

✓ Você entendeu!

- ☐ Protocolo de controle de rede
- ☒ Controle de Link Lógico, LLC
- ☒ Controle de Acesso ao Meio
- ☐ Protocolo de controle de link

3. Qual é a responsabilidade da subcamada MAC?

✓ Você entendeu!

- ☐ Adiciona endereços da Camada 3 ao quadro
- ☐ Comunica-se com a camada de rede (Camada 3)
- ☒ Fornece o método para obter o quadro ligado e fora da mídia
- ☐ Transmite os bits na mídia

4. Qual função da Camada 2 executa um roteador? (Escolha três.)

✓ Você entendeu!

- ☒ Aceita um quadro de um meio
- ☒ Desencapsula o quadro
- ☐ Refere-se à tabela de roteamento da Camada 3 para uma rede de destino correspondente
- ☒ Encapsula novamente o pacote em um novo quadro

5. O método de controle de acesso à mídia usado depende de dois critérios?

✓ Você entendeu!

- ☐ Protocolo IP da camada 3
- ☒ Compartilhamento de mídia
- ☒ Topologia
- ☐ Protocolo da camada de transporte
- ☐ Tipo de dados

6. Qual organização define padrões para a camada de acesso à rede (ou seja, as camadas físicas e de enlace de dados OSI)?

✓ Você entendeu!

- ☐ Cisco
- ☐ IANA
- ☒ IEEE
- ☐ IETF

6.2 Topologias

6.2.1 Topologias Físicas e Lógicas

Como você aprendeu no tópico anterior, a camada de link de dados prepara os dados da rede para a rede física. Ela deve conhecer a topologia lógica de uma rede para poder determinar o que é necessário para transferir quadros de um dispositivo para outro. Este tópico explica as maneiras pelas quais a camada de link de dados funciona com diferentes topologias de rede lógica.

A topologia de uma rede é a organização, ou o relacionamento, dos dispositivos de rede e as interconexões entre eles.

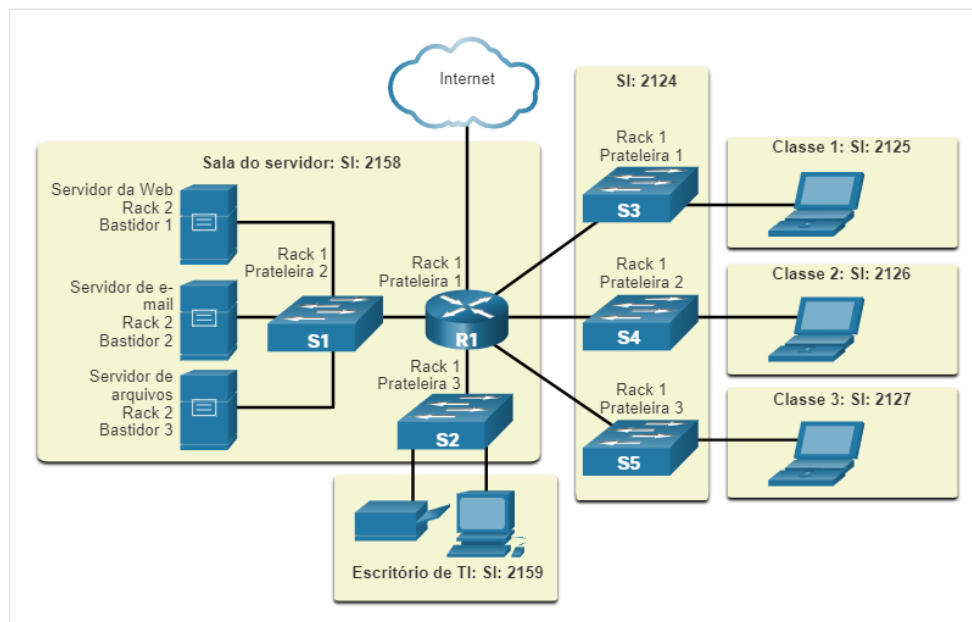
Existem dois tipos de topologias usadas ao descrever redes LAN e WAN:

- **Topologia física** - Identifica as conexões físicas e como os dispositivos finais e intermediários (ou seja, roteadores, computadores e pontos de acesso sem fio) são interconectados. A topologia também pode incluir a localização específica do dispositivo, como o número do quarto e a localização no rack do equipamento. As topologias físicas são geralmente ponto a ponto ou estrela.
- **Topologia lógica** - refere-se à maneira como uma rede transfere quadros de um nó para o próximo. Esta topologia identifica conexões virtuais usando interfaces de dispositivo e esquemas de endereçamento IP da Camada 3.

A camada de enlace de dados “vê” a topologia lógica da rede quando controla o acesso de dados ao meio físico. É a topologia lógica que influencia o tipo de enquadramento de rede e o controle de acesso ao meio usado.

A figura exibe uma topologia **física** de exemplo para uma rede de amostra pequena.

A topologia da rede física mostra seis salas, cada uma destacada em uma caixa amarela clara, com vários dispositivos de rede e cabeamento. No lado esquerdo está a sala do servidor rotulada sala 2158. Ele contém um roteador rotulado R1 montado no rack 1 prateleira com seis conexões de cabo. Um cabo na parte superior se conecta a uma nuvem rotulada como Internet. Um cabo à esquerda se conecta a um interruptor rotulado S1 montado no rack 1 prateleira 2. S1 está conectado a três servidores: um servidor web montado no rack 2 prateleira 1, um servidor de e-mail montado no rack 2 prateleira 2, e um servidor de arquivos montado no rack 2 prateleira 3. Um cabo conectado à parte inferior do R1 se conecta a um switch rotulado S2 montado no rack 1 prateleira 3. O S2 tem duas conexões que levam a uma impressora e um PC no escritório de TI rotulado sala 2159. R1 tem três cabos à direita conectados a três interruptores localizados na sala 2124. O interruptor superior é rotulado S3 e montado no rack 1 prateleira 1. O interruptor do meio é rotulado S4 e montado no rack 1 prateleira 2. O interruptor inferior é rotulado S5 e montado no rack 1 prateleira 3. S3 tem um cabo à esquerda conectado a um laptop em uma sala rotulada classe 1 quarto 2125. S4 tem um cabo à esquerda conectado a um laptop em uma sala rotulada classe 2 quarto 2126. S5 tem um cabo à esquerda conectado a um laptop em uma sala rotulada classe 3 quarto 2127.

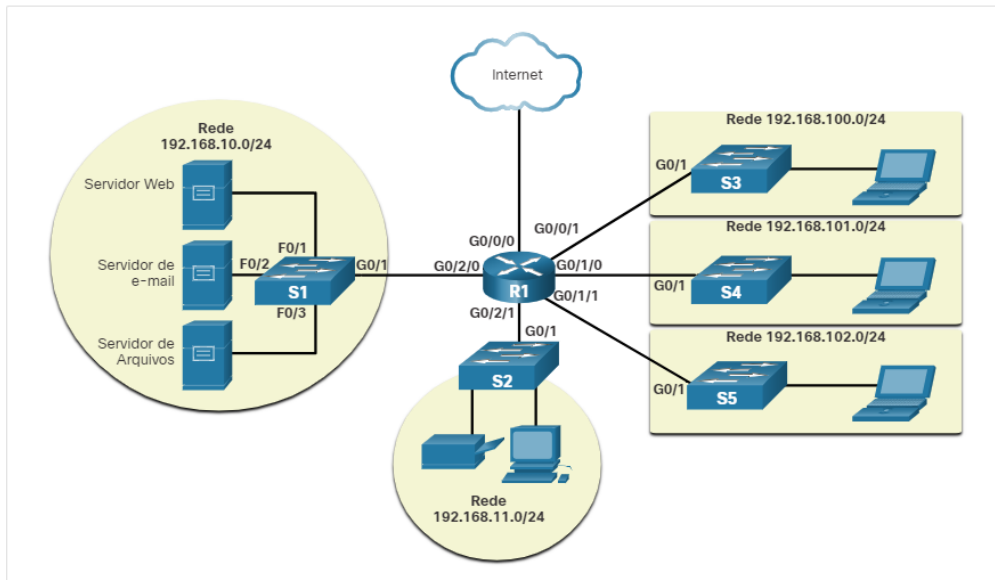


A próxima figura exibe uma topologia **lógica** de exemplo para a mesma rede.

A topologia de rede lógica mostra dispositivos, rótulos de porta e o esquema de endereçamento de rede. No meio da imagem é um roteador rotulado R1. Uma porta rotulada G0/0/0 se conecta a uma nuvem na Internet com o rótulo superior. Uma porta rotulada G0/2/0 conecta-se à esquerda a um switch rotulado S1 na porta G0/1. S1 está conectado a três servidores. S1 e os servidores são destacados em um círculo amarelo claro com a rede 192.168.10.0/24 escrita na parte superior. A porta F0/1 em S1 se conecta a um servidor web. A porta F0/2 em S1 se conecta a um servidor de e-mail. A porta F0/3 em S1 se conecta a um servidor de arquivos. A porta G0/0/1 em R1 se conecta na parte inferior a um switch rotulado S2. S2 se conecta a uma impressora e um PC, todos os quais são destacados em um círculo amarelo claro com a rede 192.168.11.0/24 escrita na parte inferior. À direita de R1 estão três conexões adicionais, cada uma conectando a um switch na porta G0/1 que é então conectado a um laptop na porta F0/1. Cada

switch e laptop são destacados em amarelo e o endereço de rede mostrado. A porta G0/0/1 de R1 se conecta na parte superior a um switch rotulado S3 na rede 192.168.100.0. A porta G0/1/0 de R1 se conecta no meio a um switch rotulado S4 na rede 192.169.101.0. A porta G0/1/1 em R1 se conecta na parte inferior a um switch rotulado S5 na rede 192.168.102.0. R1 se conecta à Internet na interface G0/0/0.

Topologia Lógica

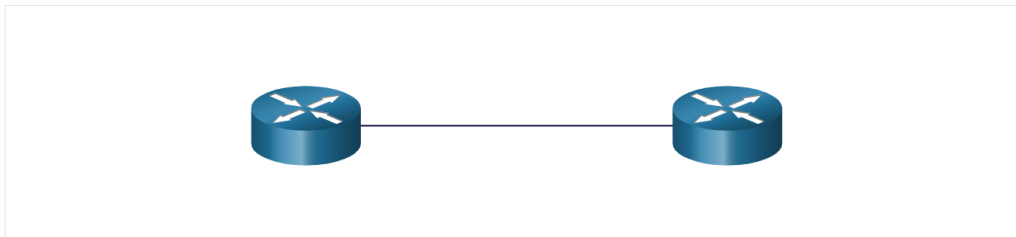


6.2.2

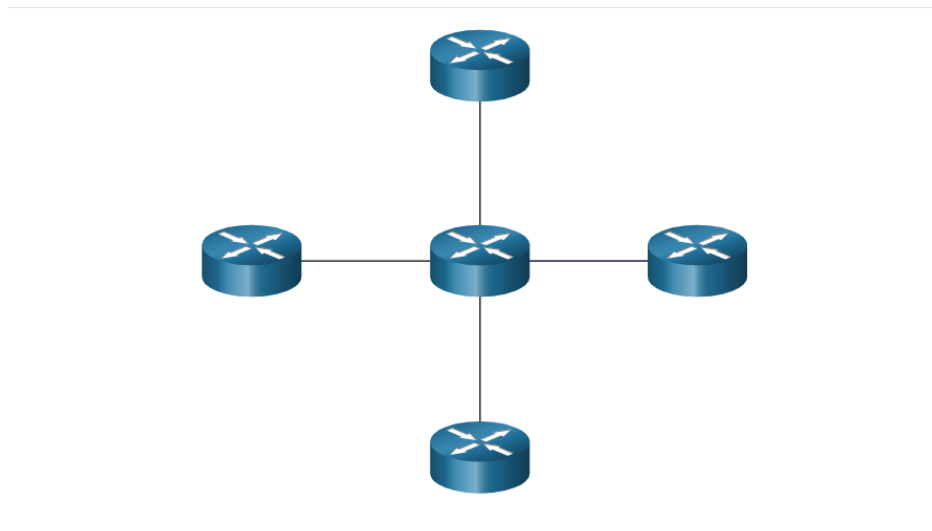
6.2.2 As topologias de WAN

As figuras ilustram como as WANs são comumente interligadas usando três topologias WAN físicas comuns.

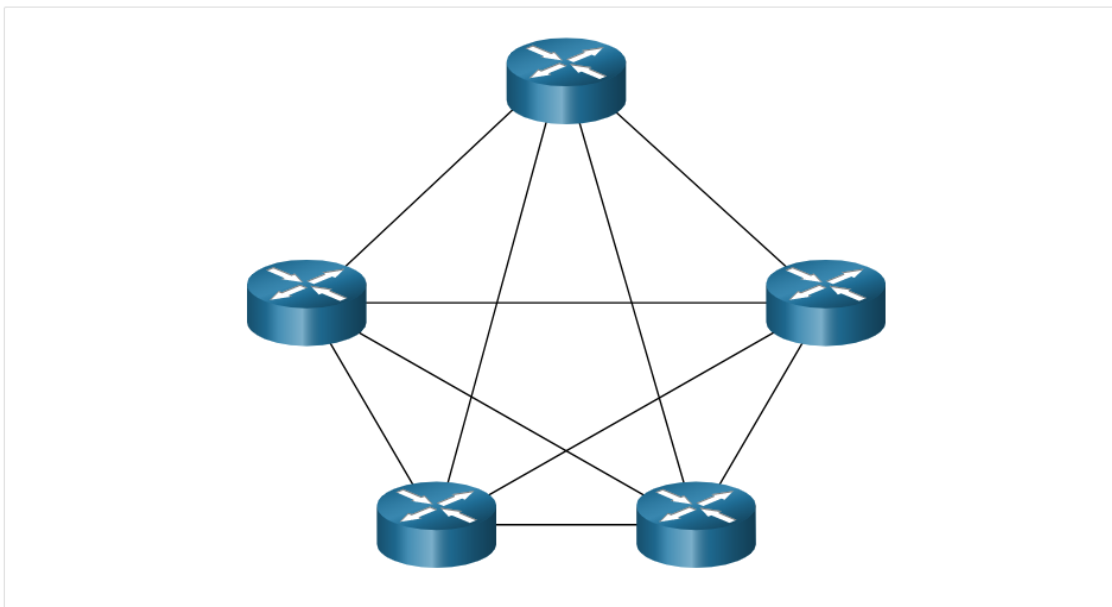
Ponto a Ponto: Esta é a topologia WAN mais simples e comum. Consiste em uma ligação permanente entre dois pontos finais.



Estrela: Esta é uma versão WAN da topologia em estrela na qual um site central interconecta sites de filial através do uso de links ponto a ponto. Os sites de filiais não podem trocar dados com outros sites de filiais sem passar pelo site central.



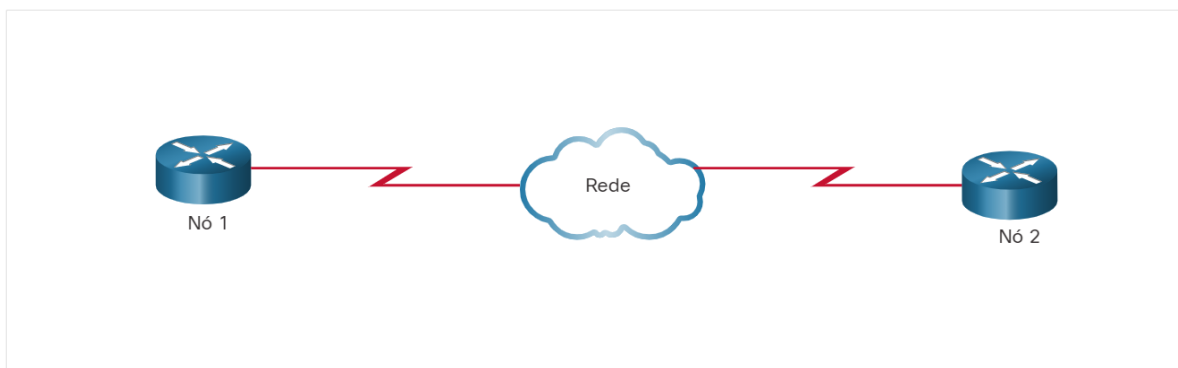
Malha: Essa topologia fornece alta disponibilidade, mas requer que todos os sistemas finais estejam interconectados a todos os outros sistemas. Portanto, os custos administrativos e físicos podem ser significativos. Cada link é essencialmente um link ponto a ponto para outro nó.



Um híbrido é uma variação ou combinação de qualquer topologia. Por exemplo, uma malha parcial é uma topologia híbrida em que alguns dispositivos finais, mas não todos, são interconectados.

6.2.3 Topologia de WAN ponto a ponto

As topologias ponto a ponto físicas conectam diretamente dois nós, como mostrado na figura. Nessa organização, dois nós não têm de compartilhar o meio físico com outros hosts. Além disso, ao usar um protocolo de comunicação serial como o protocolo ponto a ponto (PPP), um nó não precisa determinar se um quadro de entrada é destinado a ele ou a outro nó. Portanto, os protocolos de enlace de dados podem ser muito simples, assim como todos os quadros no meio físico podem trafegar apenas para os dois nós ou a partir deles. O nó coloca os quadros na mídia em uma extremidade e esses quadros são retirados da mídia pelo nó na outra extremidade do circuito ponto a ponto.



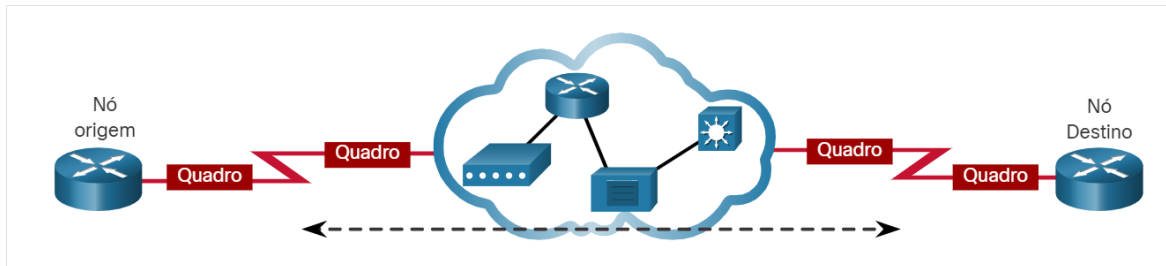
A imagem mostra um exemplo de rede ponto a ponto que consiste em dois roteadores, rotulados Node 1 e Nó 2, cada um conectado a uma nuvem de rede através de links WAN.

As topologias ponto-a-ponto são limitadas a dois nós.

Observação: Uma conexão ponto a ponto via Ethernet requer que o dispositivo determine se o quadro de entrada está destinado a esse nó.

Um nó de origem e destino pode ser indiretamente conectado entre si por alguma distância geográfica, usando vários dispositivos intermediários. No entanto, o uso de dispositivos físicos na rede não afeta a topologia lógica, conforme ilustrado na figura. Na figura, adicionar conexões físicas intermediárias pode não alterar a topologia lógica. A conexão lógica ponto a ponto é a mesma.

A imagem mostra um exemplo de rede ponto a ponto que consiste em dois roteadores, rotulados Nó de Origem e Nó de Destino, cada um conectado a uma nuvem de rede através de links WAN. Os dois roteadores são mostrados enviando quadros para a nuvem de rede.



6.2.4 Topologias LAN

Em LANs multiacesso, os dispositivos finais (isto é, nós) são interligados usando topologias estelares ou estelares estendidas, como mostrado na figura. Neste tipo de topologia, os dispositivos finais são conectados a um dispositivo intermediário central, neste caso, um switch Ethernet. A **extended star** estende essa topologia interconectando vários switches Ethernet. As topologias em estrela e estendidas são fáceis de instalar, muito escalonáveis (fáceis de adicionar e remover dispositivos finais) e fáceis de solucionar problemas. As primeiras topologias em estrela interconectavam dispositivos finais usando hubs Ethernet.

Às vezes, pode haver apenas dois dispositivos conectados na LAN Ethernet. Um exemplo são dois roteadores interconectados. Este seria um exemplo de Ethernet usado em uma topologia ponto a ponto.

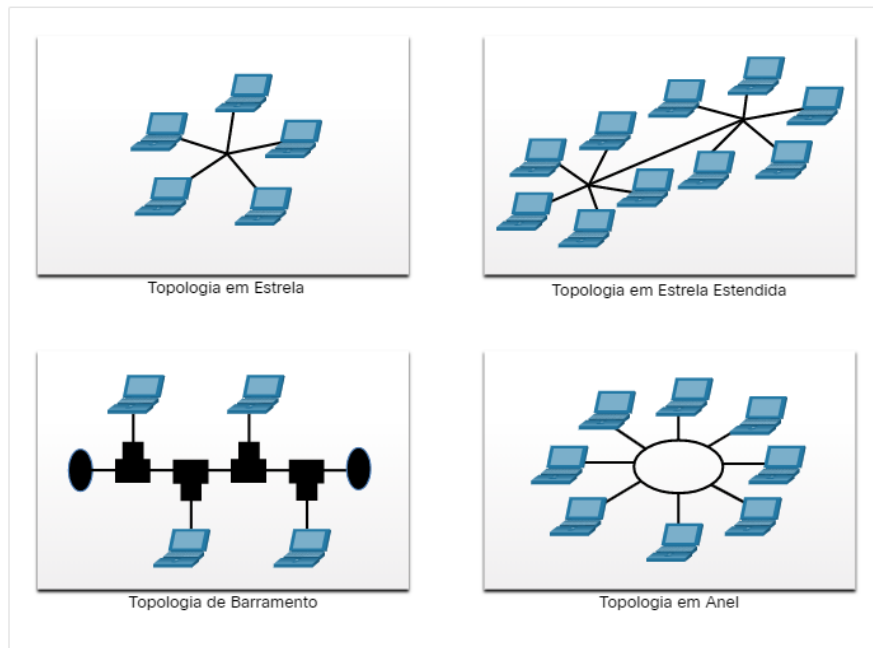
Topologia de redes Legadas

As primeiras tecnologias Ethernet e Token Ring LAN legadas incluíam dois outros tipos de topologias:

- **Barramento** - Todos os sistemas finais são encadeados e terminados de alguma forma em cada extremidade. Os dispositivos de infraestrutura, como switches, não são necessários para interconectar os dispositivos finais. As redes Ethernet herdadas costumavam ser topologias de barramento usando cabos coaxiais, porque era barato e fácil de configurar.
- **Anel** - Os sistemas finais são conectados ao respectivo vizinho formando um anel. O anel não precisa ser terminado, ao contrário da topologia de barramento. As redes de interface de dados distribuídos de fibra herdada (FDDI) e Token Ring usavam topologias de anel.

As figuras ilustram como os dispositivos finais são interconectados nas LANs. Nos desenhos de rede, é comum ter uma linha reta representando uma LAN Ethernet, inclusive estrela simples e estrela estendida.

Topologias Físicas

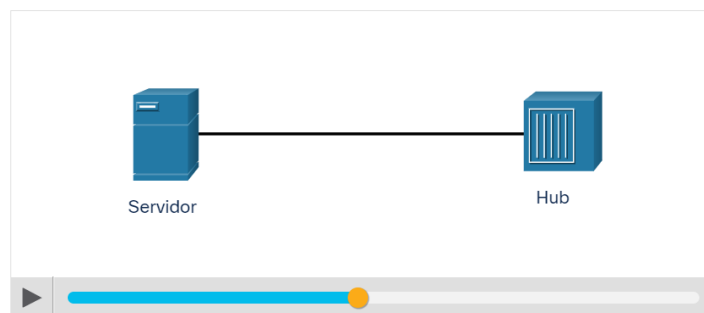


6.2.5 Comunicação em half e full duplex

Compreender a comunicação duplex é importante ao discutir topologias de LAN porque se refere à direção da transmissão de dados entre dois dispositivos. Existem dois modos comuns de duplex.

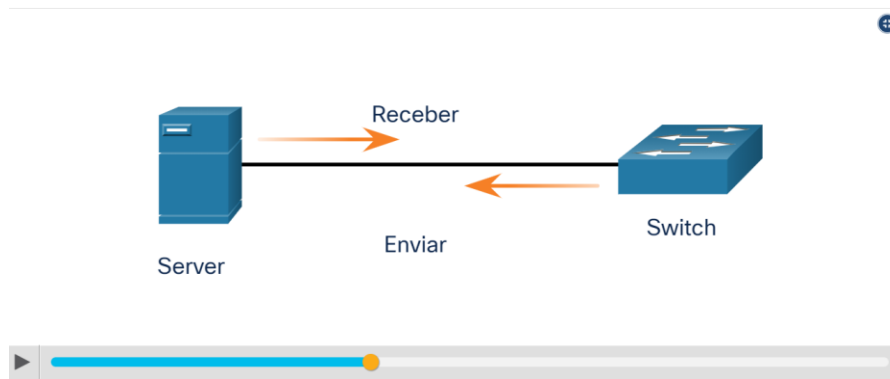
Comunicação Half-duplex

Ambos os dispositivos podem transmitir e receber no meio físico, mas não podem fazer isso simultaneamente. WLANs e topologias de barramento herdadas com hubs Ethernet usam o modo half-duplex. O half-duplex permite que apenas um dispositivo envie ou receba por vez na mídia compartilhada. Clique em reproduzir na figura para ver a animação mostrando a comunicação half-duplex.



Comunicação Full-duplex

Ambos os dispositivos podem transmitir e receber simultaneamente na mídia compartilhada. A camada de enlace de dados supõe que o meio físico está disponível para transmissão para ambos os nós a qualquer momento. Os comutadores Ethernet operam no modo full-duplex por padrão, mas podem operar no modo half-duplex se estiverem conectados a um dispositivo como um hub Ethernet. Clique em Reproduzir na figura para ver a animação mostrando a comunicação full-duplex.



Em resumo, as comunicações half-duplex restringem a troca de dados a uma direção de cada vez. O modo full-duplex permite o envio e o recebimento simultâneos de dados.

É importante que duas interfaces interconectadas, como uma NIC de host e uma interface em um comutador Ethernet, operem usando o mesmo modo duplex. Caso contrário, haverá uma incompatibilidade de duplex que criará ineficiência e latência no link.

6.2.6 Métodos de controle de acesso

LANs Ethernet e WLANs são exemplos de redes multiacesso. Uma rede multiacesso é uma rede que pode ter dois ou mais dispositivos finais tentando acessar a rede simultaneamente.

Algumas redes multiacesso requerem regras para controlar como os dispositivos compartilham a mídia física. Existem dois métodos básicos de controle de acesso para meio físico compartilhado.

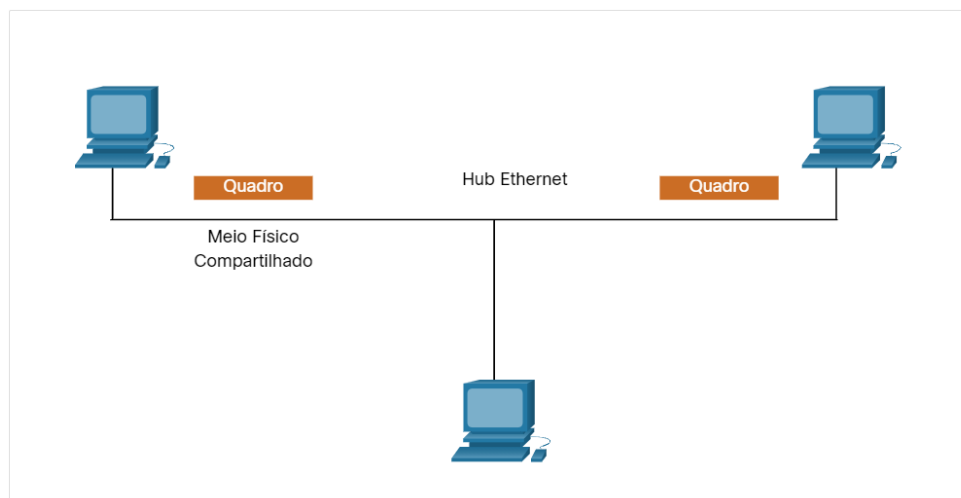
- Acesso baseado em contenção
- Acesso controlado

Acesso baseado em Contenção

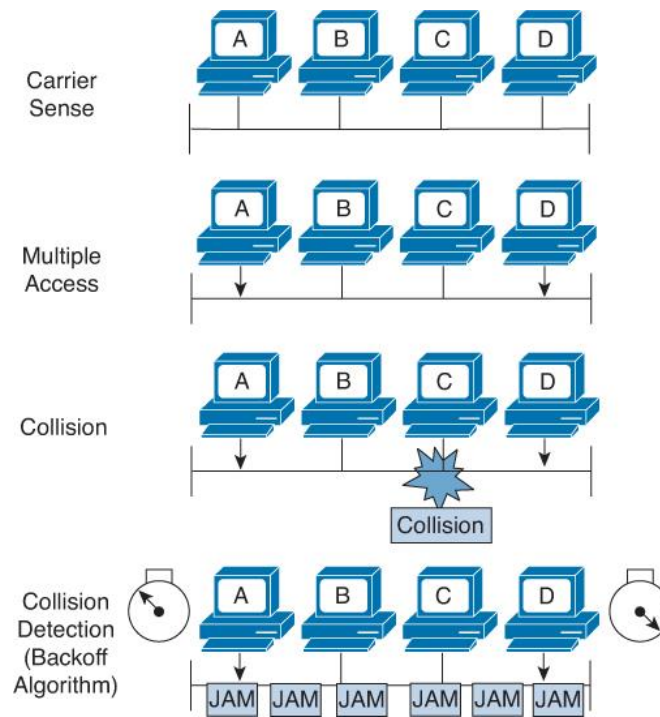
Em redes multiacesso baseadas em contenção, todos os nós estão operando em half-duplex, competindo pelo uso do meio. No entanto, apenas um dispositivo pode enviar por vez. Portanto, há um processo se mais de um dispositivo transmitir ao mesmo tempo. Exemplos de métodos de acesso baseados em contenção incluem o seguinte:

- Acesso múltiplo com detecção de colisão (CSMA/CD) usado em **LANs Ethernet** de topologia de barramento herdada
- Acesso múltiplo por operadora com prevenção de colisão (CSMA/CA) usado em **LANs sem fio**

A imagem mostra três PCs conectados a um hub Ethernet. Dois dos PCs estão enviando quadros simultaneamente.



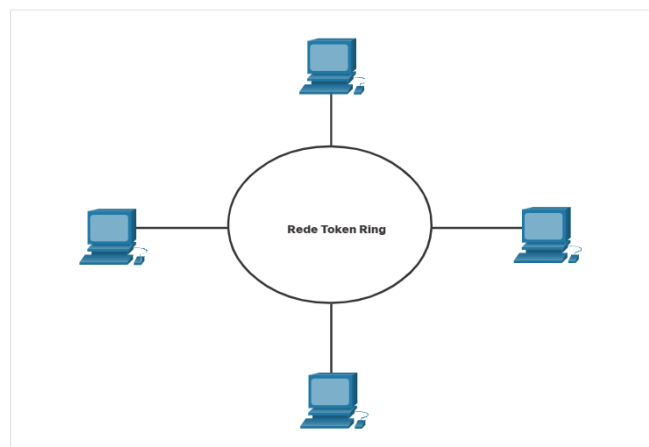
- CSMA/CA - Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance. Acesso múltiplo com verificação de portadora com anulação/prevenção de colisão)
- CSMA/CD - Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection. Acesso múltiplo com detecção de colisão



Acesso Controlado

Em uma rede multiacesso controlada, cada nó tem seu próprio tempo para usar o meio. Esses tipos determinísticos de redes herdadas são ineficientes porque um dispositivo deve aguardar sua vez para acessar o meio. Exemplos de redes multiacesso que usam acesso controlado incluem o seguinte:

Anel de token *legado* ARCNET



Cada nó deve aguardar sua vez para acessar a mídia de rede.

Observação: Atualmente, as redes Ethernet operam em full-duplex e não exigem um método de acesso.

6.2.7 Acesso baseado em contenção - CSMA/CD

Exemplos de redes de acesso baseadas em contenção incluem o seguinte:

- LAN sem fio (usa CSMA/CA)
- LAN Ethernet de topologia de barramento legado (usa CSMA/CD)
- LAN Ethernet herdada usando um hub (usa CSMA/CD)

Essas redes operam no modo half-duplex, o que significa que apenas um dispositivo pode enviar ou receber de cada vez. Isso requer um processo que determine quando um dispositivo pode enviar e o que acontece quando vários dispositivos enviam ao mesmo tempo.

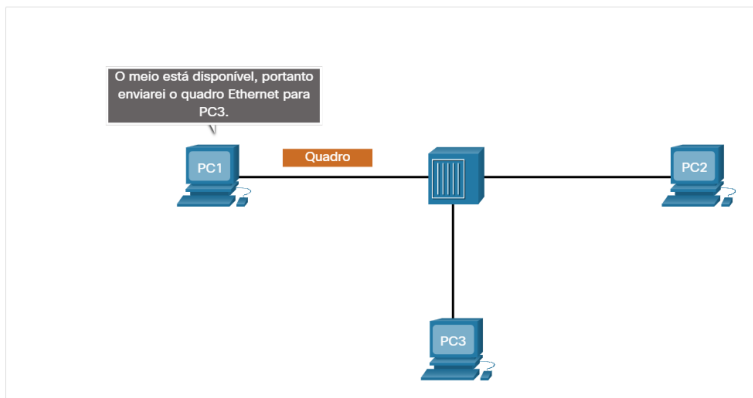
Se dois dispositivos transmitirem simultaneamente, ocorre uma colisão. Para LANs Ethernet herdadas, ambos os dispositivos detectam a colisão na rede. Esta é a parte de detecção de colisão (CD) do CSMA/CD. A NIC compara os dados

transmitidos com os dados recebidos ou reconhecendo que a amplitude do sinal é maior que o normal na mídia. Os dados enviados por ambos os dispositivos serão corrompidos e precisarão ser reenviados.

PC1 envia um quadro

O PC1 tem um quadro Ethernet para enviar ao PC3. A placa de rede PC1 precisa determinar se algum dispositivo está transmitindo na mídia. Se ele não detectar um sinal de operadora (em outras palavras, não estiver recebendo transmissões de outro dispositivo), ele assumirá que a rede está disponível para envio.

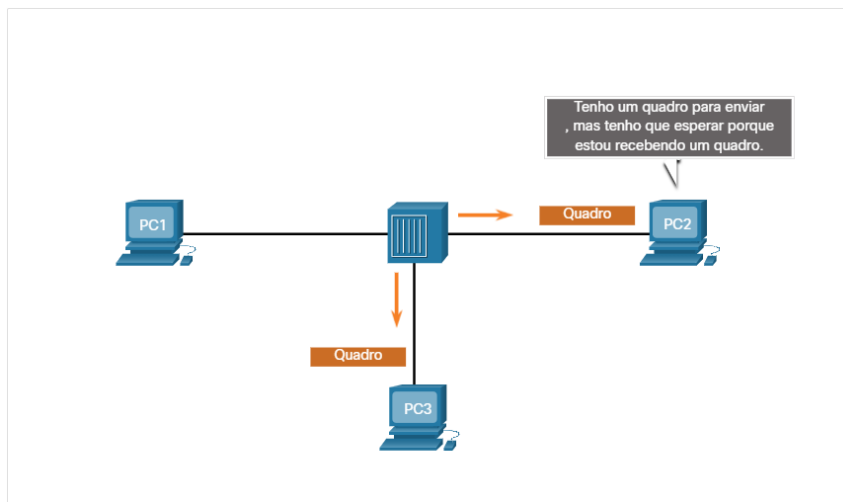
A placa de rede PC1 envia o quadro Ethernet quando a mídia está disponível, conforme mostrado na figura.



O hub recebe o quadro

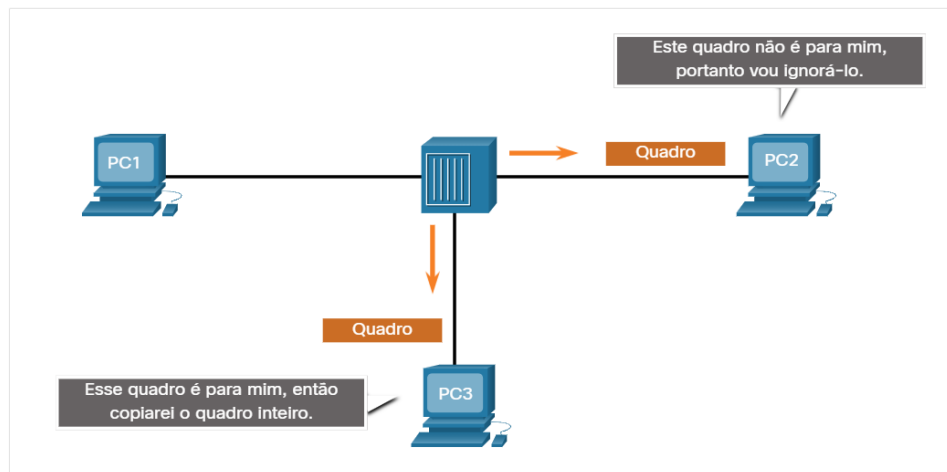
O hub Ethernet recebe e envia o quadro. Um hub Ethernet também é conhecido como repetidor multiporta. Quaisquer bits recebidos em uma porta de entrada são regenerados e enviados para todas as outras portas, conforme mostrado na figura.

Se outro dispositivo, como o PC2, quiser transmitir, mas estiver recebendo um quadro no momento, deverá aguardar até que o canal esteja limpo, como mostra a figura.



O Hub Envia o Quadro

Todos os outros dispositivos conectados ao hub receberão o quadro. No entanto, como o quadro possui um endereço de link de dados de destino para PC3, somente esse dispositivo aceitará e copiará o quadro inteiro. Todas as outras NICs do dispositivo ignoram o quadro, como mostrado na figura.

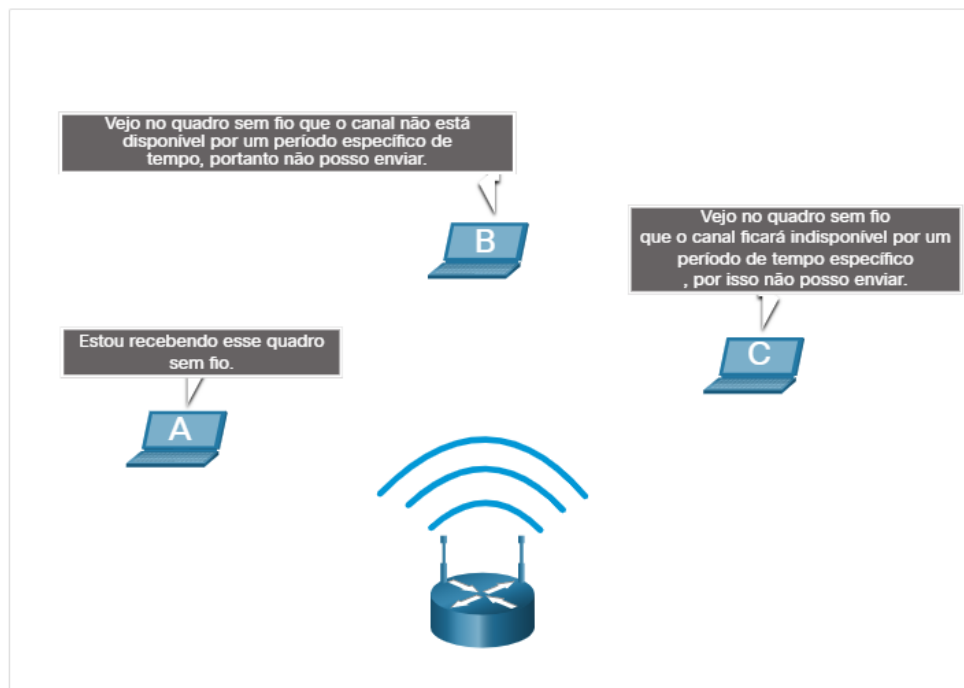


6.2.8 Acesso baseado em contenção - CSMA/CA

Outra forma de CSMA usada pelas WLANs IEEE 802.11 é o acesso múltiplo por detecção de portadora/prevenção de colisão (CSMA/CA).

O CSMA/CA usa um método semelhante ao CSMA/CD para detectar se a mídia está livre. O CSMA/CA usa técnicas adicionais. Em ambientes sem fio pode não ser possível para um dispositivo detectar uma colisão. O CSMA/CA não detecta colisões, mas tenta evitá-las esperando antes de transmitir. Cada dispositivo que transmite inclui o tempo necessário para a transmissão. Todos os outros dispositivos sem fio recebem essas informações e sabem quanto tempo a mídia ficará indisponível.

Na figura, se o host A estiver recebendo um quadro sem fio do ponto de acesso, os hosts B e C também verão o quadro e por quanto tempo a mídia ficará indisponível.



Depois que um dispositivo sem fio enviar um quadro 802.11, o receptor retornará uma confirmação para que o remetente saiba que o quadro chegou.

Quer se trate de uma LAN Ethernet que use hubs, ou uma WLAN, os sistemas baseados em contenção não escalam bem sob uso intenso.

Observação: As LANs Ethernet que usam comutadores não usam um sistema baseado em contenção porque o comutador e a NIC do host operam no modo full-duplex.

6.2.9 Verifique sua compreensão - Topologias

Verifique seu entendimento das topologias escolhendo a melhor resposta para as seguintes perguntas. 1. Qual topologia exibe endereços IP da camada de dispositivo de rede?

- ☐ Topologia aérea
- ☐ Topologia de endereço IP
- ☐ Topologia lógica
- ☐ Topologia física

2. Que tipo de rede usaria ponto-a-ponto, hub e spoke ou topologias de malha?

- ☐ PAN
- ☐ LAN (Local Area Network)
- ☐ WLAN
- ☐ WAN (Wide Area Network)

3. Qual topologia LAN é uma topologia híbrida?

- ☐ Barramento (bus)
- ☐ Estrela estendida (extended star)
- ☐ Anel
- ☐ Estrela

4. Qual método de comunicação duplex é usado em WLANs?

- ☐ Duplex completo
- ☐ Half duplex
- ☐ Simplex

5. Qual método de controle de acesso de mídia é usado em LANs Ethernet herdadas?

- ☐ Portadora sente múltiplos abortamentos de acesso / colisão
- ☐ Detecção de portadora acesso múltiplo / prevenção de colisão
- ☐ Detecção de portador múltiplo / destruição por colisão
- ☐ Detecção de acesso múltiplo / colisão com detecção de porta do gargalo.

1. Qual topologia exibe endereços IP da camada de dispositivo de rede?

☒ Você entendeu!

- ☐ Topologia aérea
- ☐ Topologia de endereço IP
- ☒ Topologia lógica
- ☐ Topologia física

2. Que tipo de rede usaria ponto-a-ponto, hub e spoke ou topologias de malha?

☒ Você entendeu!

- ☐ PAN
- ☐ LAN (Local Area Network)
- ☐ WLAN
- ☒ WAN (Wide Area Network)

3. Qual topologia LAN é uma topologia híbrida?

☒ Você entendeu!

- ☐ Barramento (bus)
- ☒ Estrela estendida (extended star)
- ☐ Anel
- ☐ Estrela

4. Qual método de comunicação duplex é usado em WLANs?

☒ Você entendeu!

- ☐ Duplex completo
- ☒ Half duplex
- ☐ Simplex

5. Qual método de controle de acesso de mídia é usado em LANs Ethernet herdadas?

☒ Você entendeu!

- ☐ Portadora sente múltiplos abortamentos de acesso / colisão
- ☐ Detecção de portadora acesso múltiplo / prevenção de colisão
- ☐ Detecção de portador múltiplo / destruição por colisão
- ☒ Detecção de acesso múltiplo / colisão com detecção de portadora

6.3 Quadro de Enlace de Dados

6.3.1 O Quadro

Este tópico discute detalhadamente o que acontece com o quadro do link de dados à medida que ele se move através de uma rede. As informações anexadas a um quadro são determinadas pelo protocolo que está sendo usado.

A camada de link de dados prepara os dados encapsulados (geralmente um pacote IPv4 ou IPv6) para o transporte pela mídia local, encapsulando-o com um cabeçalho e um trailer para criar um quadro.

O protocolo de link de dados é responsável pelas comunicações NIC para NIC dentro da mesma rede. Embora existam muitos protocolos de camada de enlace de dados diferentes que descrevem os quadros de camada de enlace de dados, cada tipo de quadro tem três partes básicas:

- Cabeçalho;

- Dados;
- Trailer.

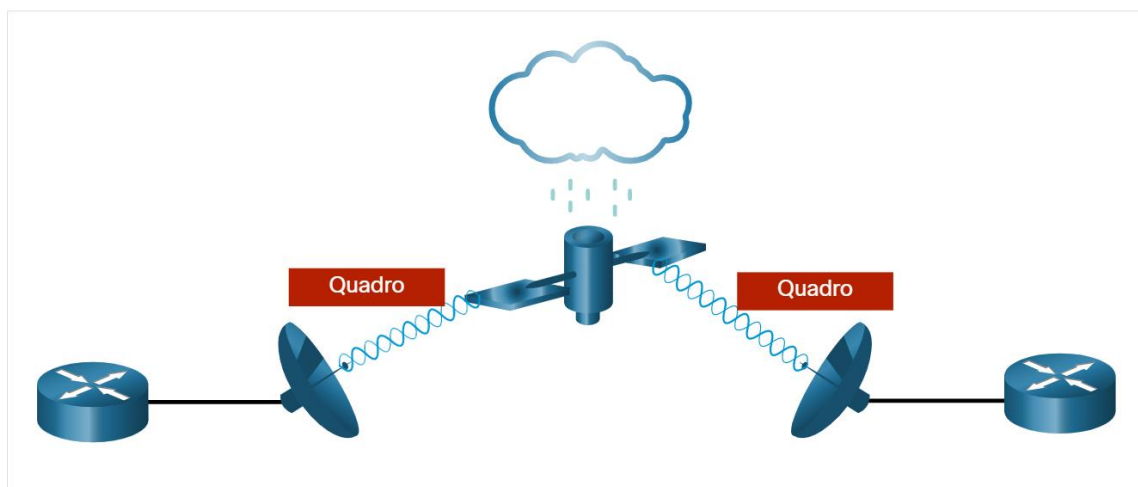
Ao contrário de outros protocolos de encapsulamento, a camada de link de dados acrescenta informações na forma de um trailer no final do quadro.

Todos os protocolos da camada de enlace de dados encapsulam os dados dentro do campo de dados do quadro. No entanto, a estrutura do quadro e os campos contidos no cabeçalho e trailer variam de acordo com o protocolo.

Não há uma estrutura de quadro que satisfaça a todas as necessidades de todo transporte de dados através de todos os tipos de mídia. Dependendo do ambiente, a quantidade de informações de controle necessária no quadro varia para corresponder às exigências de controle de acesso ao meio físico e à topologia lógica. Por exemplo, um quadro WLAN deve incluir procedimentos para evitar colisões e, portanto, requer informações de controle adicionais quando comparado a um quadro Ethernet.

Conforme mostrado na figura, em um ambiente frágil, são necessários mais controles para garantir a entrega. Os campos de cabeçalho e de trailer aumentam à medida que mais informações de controle são necessárias.

Dois roteadores que se comunicam através de uma WAN sem fio através de uma conexão via satélite



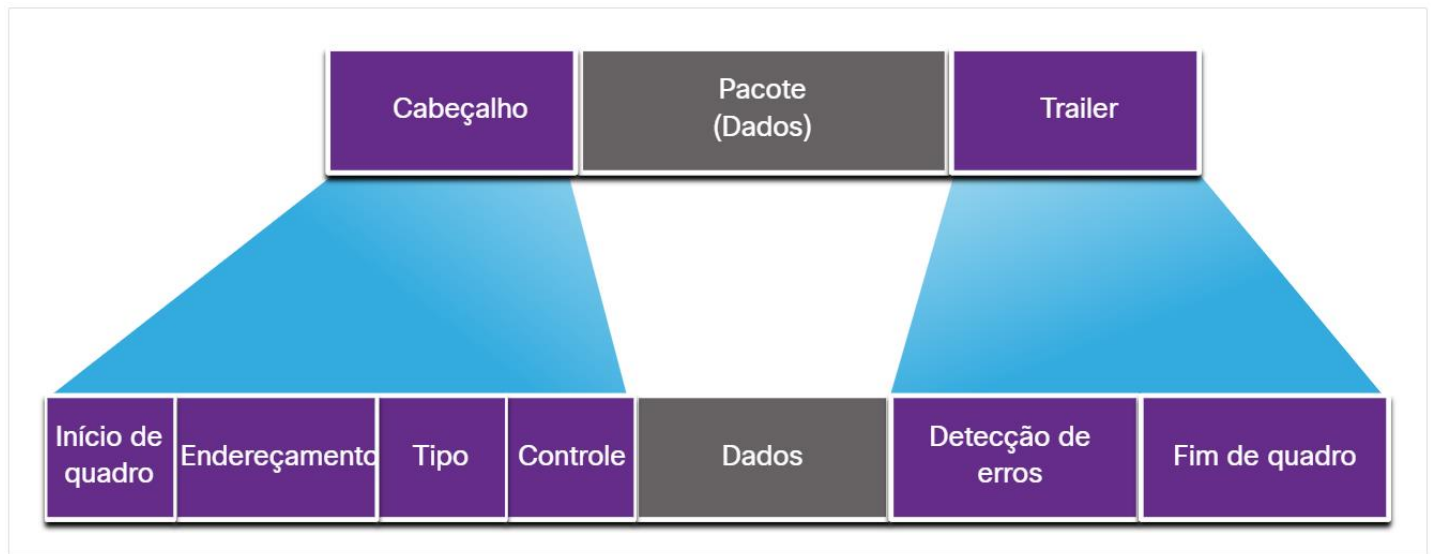
É necessário um maior esforço para garantir a entrega. Isso significa sobrecarga maior e taxas de transmissão mais lentas.

6.3.2 Campos do Quadro

O enquadramento quebra o fluxo em agrupamentos decifráveis, com a informação de controle inserida no cabeçalho e trailer como valores em diferentes campos. Esse formato fornece aos sinais físicos uma estrutura reconhecida por nós e decodificada em pacotes no destino.

Os campos de quadro genérico são mostrados na figura. Nem todos os protocolos incluem todos esses campos. Os padrões para um protocolo de enlace de dados específico definem o formato real do quadro.

A imagem mostra um pacote de dados encapsulado por um cabeçalho de link de dados e um trailer de link de dados. O cabeçalho do link de dados é dividido em para campos: início do quadro, endereçamento, tipo e controle. O trailer do link de dados é dividido em dois campos: Detecção de erro e parada de quadros.



Os campos de quadro incluem o seguinte:

- **Sinalizadores de início e fim do quadro** Usado para identificar os limites de início e fim do quadro.
- **Endereçamento** - indica os nós de origem e destino na mídia.
- **Tipo** - identifica o protocolo da camada 3 no campo de dados.
- **Controle** - Identifica serviços especiais de controle de fluxo, como qualidade de serviço (QoS). A QoS dá prioridade ao encaminhamento para certos tipos de mensagens. Por exemplo, os quadros de voz sobre IP (VoIP) normalmente recebem prioridade porque são sensíveis ao atraso.
- **Dados** - Contém a carga útil do quadro (ou seja, cabeçalho do pacote, cabeçalho do segmento e os dados).
- **Detecção de Erro** - Incluído após os dados para formar o trailer.

Os protocolos da DLL acrescentam um trailer ao final de cada quadro. Em um processo chamado detecção de erros, o trailer determina se o quadro chegou sem erros. Ele coloca um resumo lógico ou matemático dos bits que compõem o quadro no trailer. A camada de enlace de dados adiciona detecção de erro porque os sinais na mídia podem estar sujeitos a interferências, distorções ou perdas que alterariam substancialmente os valores de bits que esses sinais representam.

Um nó de transmissão cria um resumo lógico dos conteúdos do quadro, conhecido como valor de verificação de redundância cíclica (cyclic redundancy check - CRC) Este valor é colocado no campo FCS (Sequência de Verificação de Quadro) para exibição ou conteúdo do quadro. No trailer Ethernet, o FCS fornece um método para o nó de recebimento determinar se o quadro apresentou erros de transmissão.

6.3.3 Endereços da camada 2

Endereços da camada 2A camada de link de dados fornece o endereçamento usado no transporte de um quadro através de uma mídia local compartilhada. Os endereços de dispositivos nesta camada são chamados de endereços físicos. O endereçamento da camada de enlace de dados está contido no cabeçalho do quadro e especifica o nó destino do quadro na rede local. Normalmente, ele está no início do quadro, portanto, a NIC pode determinar rapidamente se ela corresponde ao seu próprio endereço de Camada 2 antes de aceitar o restante do quadro. O cabeçalho do quadro também pode conter o endereço de origem do quadro.

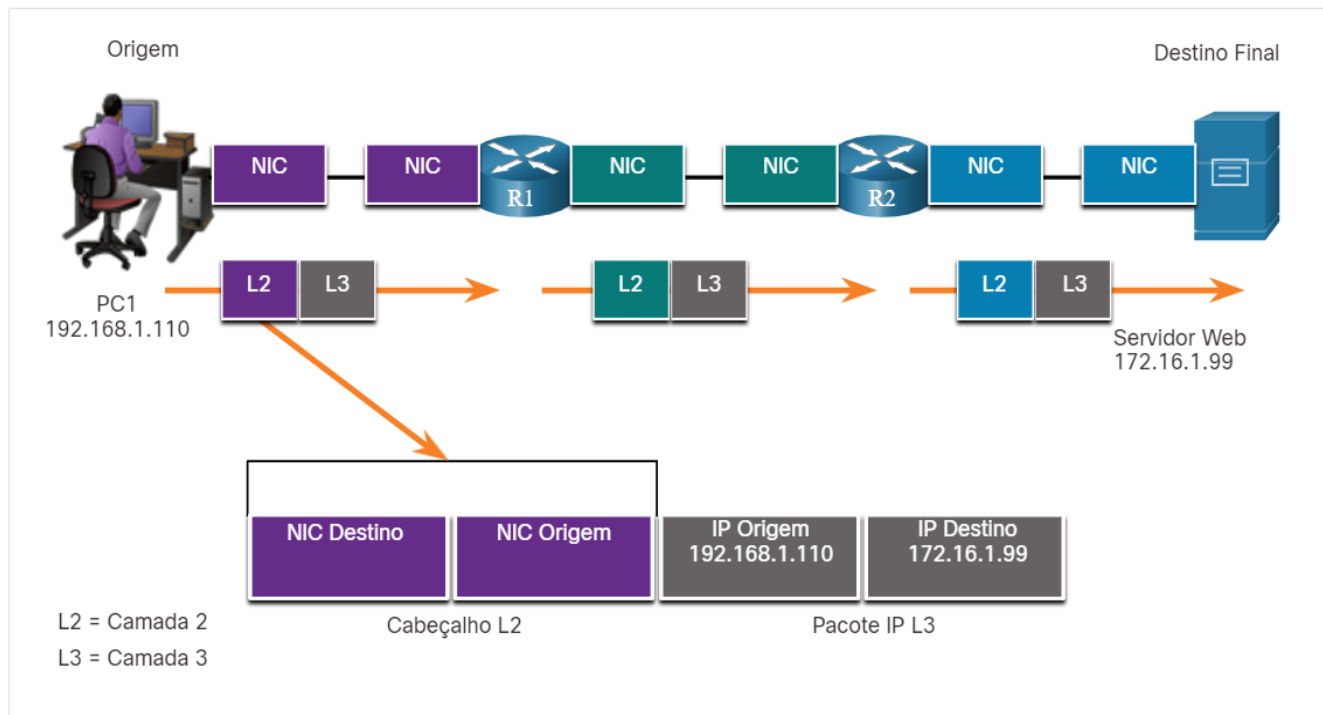
Diferente dos endereços lógicos de Camada 3, que são hierárquicos, os endereços físicos não indicam em qual rede o dispositivo está localizado. Em vez disso, o endereço físico é um endereço exclusivo do dispositivo específico. Um dispositivo ainda funcionará com o mesmo endereço físico da Camada 2, mesmo que o dispositivo se mova para outra rede ou sub-rede. Portanto, os endereços de Camada 2 são usados apenas para conectar dispositivos dentro da mesma mídia compartilhada, na mesma rede IP.

As figuras ilustram a função dos endereços das camadas 2 e 3. Conforme o pacote IP viaja do host para o roteador, de roteador para roteador e de roteador para host, em cada ponto ao longo do caminho, o pacote IP é encapsulado em um novo quadro de enlace de dados. Cada quadro de link de dados contém o endereço de link de dados de origem da NIC que está enviando o quadro e o endereço de link de dados de destino da NIC que está recebendo o quadro.

Clique em cada botão abaixo para obter mais informações.

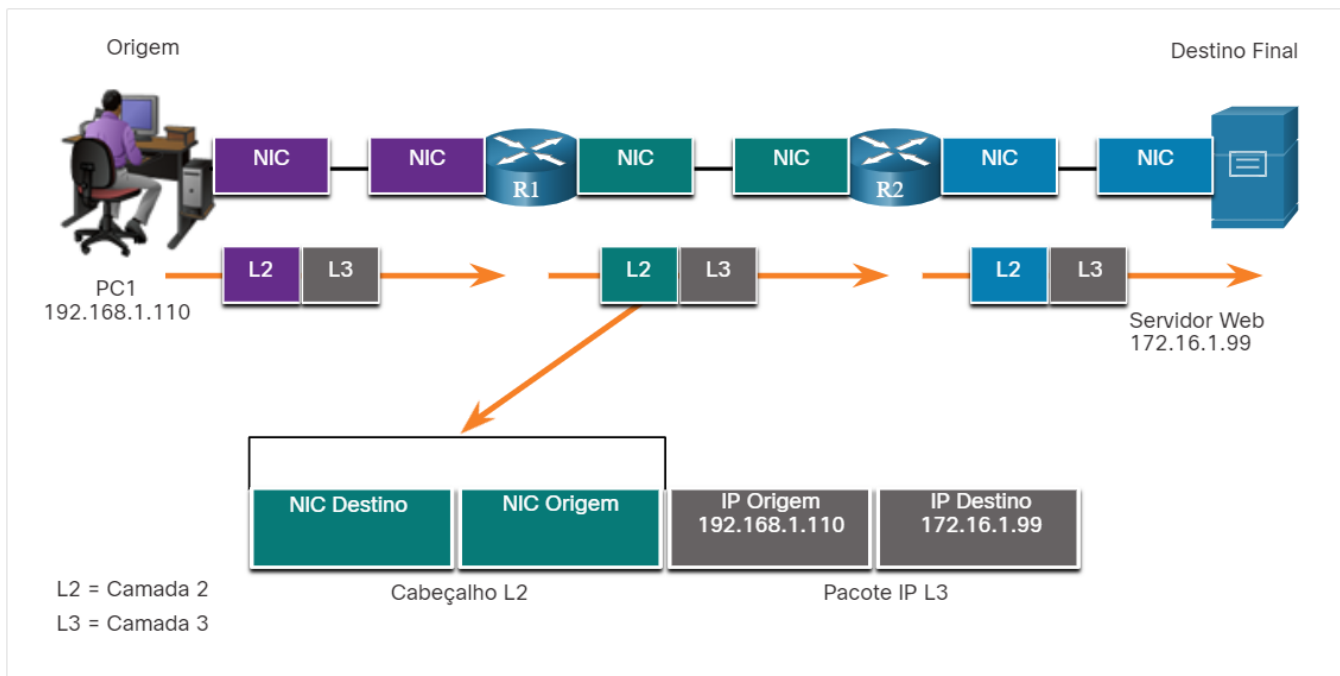
Host para Roteador

O host de origem encapsula o pacote IP da Camada 3 em um quadro da Camada 2. No cabeçalho do quadro, o host adiciona seu endereço da Camada 2 como origem e o endereço da Camada 2 para R1 como destino.



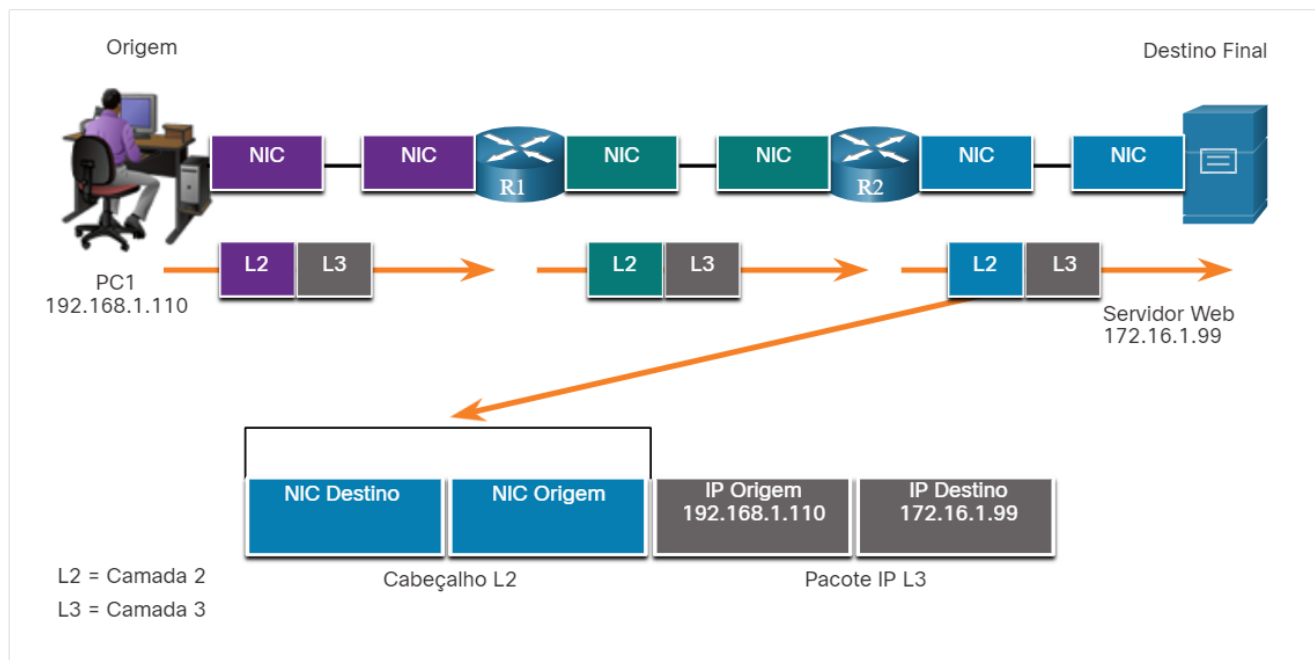
Roteador para roteador

R1 encapsula o pacote IP da Camada 3 em um novo quadro da Camada 2. No cabeçalho do quadro, R1 adiciona seu endereço de Camada 2 como origem e o endereço de Camada 2 para R2 como destino.



Roteador para host

R2 encapsula o pacote IP da Camada 3 em um novo quadro da Camada 2. No cabeçalho do quadro, R2 adiciona seu endereço de Camada 2 como origem e o endereço de Camada 2 para o servidor como destino.



O endereço da camada de enlace de dados é usado apenas para entrega local. Os endereços nessa camada não têm significado além da rede local. Compare isso com a Camada 3, na qual os endereços no cabeçalho do pacote são transportados do host origem para o host destino, apesar do número de saltos de rede ao longo da rota.

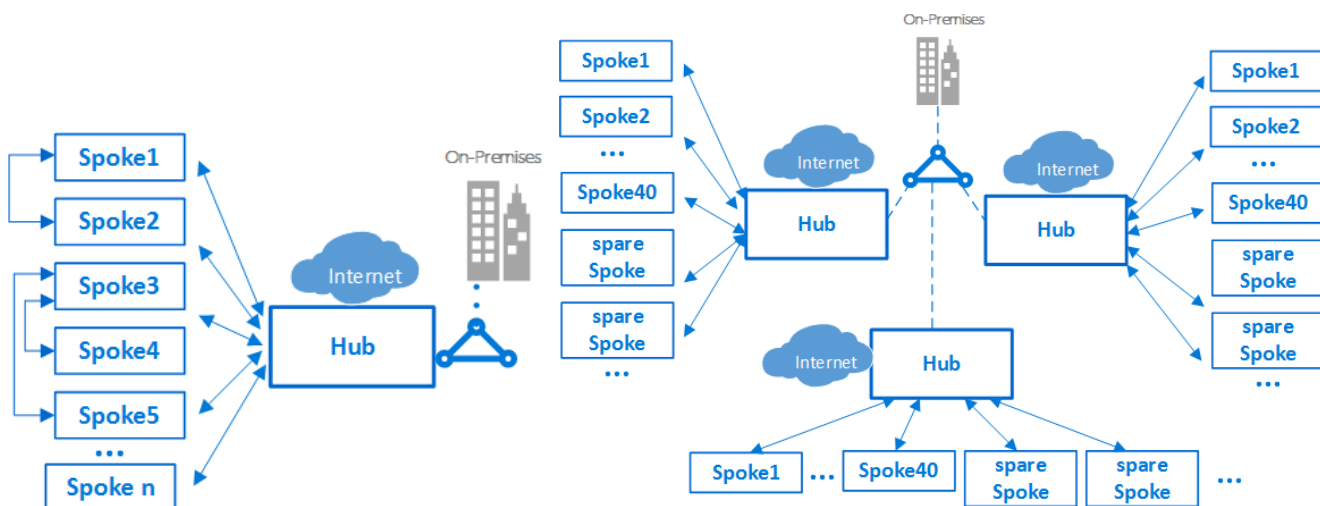
Se os dados precisarem passar para outro segmento de rede, será necessário um dispositivo intermediário, como um roteador. O roteador deve aceitar o quadro com base no endereço físico e desencapsula o quadro para examinar o endereço hierárquico, que é o endereço IP. Usando o endereço IP, o roteador pode determinar a localização da rede do dispositivo de destino e o melhor caminho para alcançá-lo. Quando sabe para onde encaminhar o pacote, o roteador cria um novo quadro para o pacote e o novo quadro é enviado para o próximo segmento de rede em direção ao seu destino final.

6.3.4 Quadros de LAN e WAN

Protocolos Ethernet são usados por LANs com fio. As comunicações sem fio se enquadram nos protocolos WLAN (IEEE 802.11). Esses protocolos foram projetados para redes multiacesso.

As WANs tradicionalmente usavam outros tipos de protocolos para vários tipos de topologias ponto a ponto, hub-spoke e malha completa. Alguns dos protocolos WAN comuns ao longo dos anos incluíram:

- Protocolo ponto a ponto (PPP);
- Controle de Enlace de Dados de Alto Nível (HDLC);
- Frame Relay;
- Modo de Transferência Assíncrona (ATM);
- X.25;



Esses protocolos de Camada 2 agora estão sendo substituídos na WAN por Ethernet.

Em uma rede TCP/IP, todos os protocolos de Camada 2 do modelo OSI trabalham com o IP na Camada 3 do modelo. No entanto, o protocolo de Camada 2 usado depende da topologia lógica e do meio físico.

Cada protocolo desempenha controle de acesso ao meio para as topologias lógicas da Camada 2 especificadas. Isso significa que vários dispositivos de rede diferentes podem agir como nós que operam na camada de enlace de dados ao implementar esses protocolos. Esses dispositivos incluem as NICs em computadores, bem como as interfaces em roteadores e switches de Camada 2.

O protocolo da camada 2 usado para uma topologia de rede específica é determinado pela tecnologia usada para implementar essa topologia. A tecnologia usada é determinada pelo tamanho da rede, em termos do número de hosts e do escopo geográfico, e dos serviços a serem fornecidos pela rede.

Uma LAN normalmente usa uma tecnologia de alta largura de banda capaz de suportar um grande número de hosts. A área geográfica relativamente pequena de uma LAN (um único edifício ou um campus com vários edifícios) e sua alta densidade de usuários tornam essa tecnologia econômica.

No entanto, o uso de uma tecnologia de alta largura de banda geralmente não é economicamente viável para WANs que abrangem grandes áreas geográficas (cidades ou várias cidades, por exemplo). O custo dos links físicos de longa distância e a tecnologia usada para transportar os sinais por essas distâncias geralmente resultam em menor capacidade de largura de banda.

A diferença na largura de banda resulta normalmente no uso de diferentes protocolos para LANs e WANs.

Os protocolos da camada de enlace de dados incluem:

- Ethernet;
- 802.11 sem fio;
- Protocolo ponto a ponto (PPP);
- Controle de Enlace de Dados de Alto Nível (HDLC);
- Frame Relay.

Clique em Reproduzir para ver uma animação de exemplos de protocolos da camada 2.

uma representação de uma rede constituída por LANs e WANs interligadas

6.3.5 Verifique sua compreensão - quadro de link de dados

Verifique seu entendimento das topologias escolhendo a melhor resposta para as seguintes perguntas.

1. O que a camada de link de dados adiciona a um pacote da Camada 3 para criar um quadro? (Escolha duas.)
 - ☐ flags
 - ☐ número sequencial
 - ☐ cabeçalho
 - ☐ trailer
2. Qual é a função do último campo em um quadro de camada de link de dados?
 - ☐ Para determinar se o quadro experimentou erros de transmissão
 - ☐ Para identificar serviços especiais de controle de fluxo, como qualidade de serviço (QoS)
 - ☐ Para identificar os limites inicial e final do quadro
 - ☐ Para identificar o protocolo da camada 3 no campo de dados
3. O que lista os campos de endereço da Camada 2 e da Camada 3 na ordem correta?
 - ☐ endereço NIC de destino, endereço NIC de origem, endereço IP de origem, endereço IP de destino
 - ☐ endereço NIC de origem, endereço NIC de destino, endereço IP de origem, endereço IP de destino
 - ☐ endereço NIC de destino, endereço NIC de origem, endereço IP de destino, endereço IP de origem
 - ☐ endereço NIC de origem, endereço NIC de destino, endereço IP de destino, endereço IP de origem
4. Quais dos seguintes são os protocolos de camada de link de dados? (Escolha três.)
 - ☐ 802.11
 - ☐ Ethernet
 - ☐ IP
 - ☐ PPP

☐ UDP

1. O que a camada de link de dados adiciona a um pacote da Camada 3 para criar um quadro? (Escolha duas.)

☒ Você entendeu!

- ☐ flags
- ☐ número sequencial
- ☒ cabeçalho
- ☒ trailer

2. Qual é a função do último campo em um quadro de camada de link de dados?

☒ Você entendeu!

- ☒ Para determinar se o quadro experimentou erros de transmissão
- ☐ Para identificar serviços especiais de controle de fluxo, como qualidade de serviço (QoS)
- ☐ Para identificar os limites inicial e final do quadro
- ☐ Para identificar o protocolo da camada 3 no campo de dados

3. O que lista os campos de endereço da Camada 2 e da Camada 3 na ordem correta?

☒ Você entendeu!

- ☒ endereço NIC de destino, endereço NIC de origem, endereço IP de origem, endereço IP de destino
- ☐ endereço NIC de origem, endereço NIC de destino, endereço IP de origem, endereço IP de destino
- ☐ endereço NIC de destino, endereço NIC de origem, endereço IP de destino, endereço IP de origem
- ☐ endereço NIC de origem, endereço NIC de destino, endereço IP de destino, endereço IP de origem

4. Quais dos seguintes são os protocolos de camada de link de dados? (Escolha três)

☒ Você entendeu!

- ☒ 802.11
- ☒ Ethernet
- ☐ IP
- ☒ PPP
- ☐ UDP

☒ Bom trabalho!

Você identificou com sucesso as respostas corretas.

1. A camada de link de dados adiciona um cabeçalho que contém o endereço de Camada 2 de origem e destino e um trailer que contém uma sequência de verificação de quadros (FCS).
2. O último campo no quadro do link de dados é a sequência de verificação de quadros (FCS) que é usada para determinar se o quadro sofreu erros de transmissão.
3. A ordem correta dos campos de endereço da Camada 2 e da Camada 3 é: endereço NIC de destino, endereço NIC de origem, endereço IP de origem, endereço IP de destino
4. 802.11, Ethernet e PPP são protocolos de camada 2. IP é Camada 3 e UDP é Camada 4.

Você respondeu 4 das 4 perguntas corretamente.