



Módulo 7: Switching Ethernet

Versão original: Cisco Network Academy

Versão modificada: Eduardo Costa

Introdução às redes v7.0 (ITN)



Objetivos do módulo

Título do módulo: Switching Ethernet

Objetivo do módulo: Explique como a Ethernet funciona em uma rede comutada.

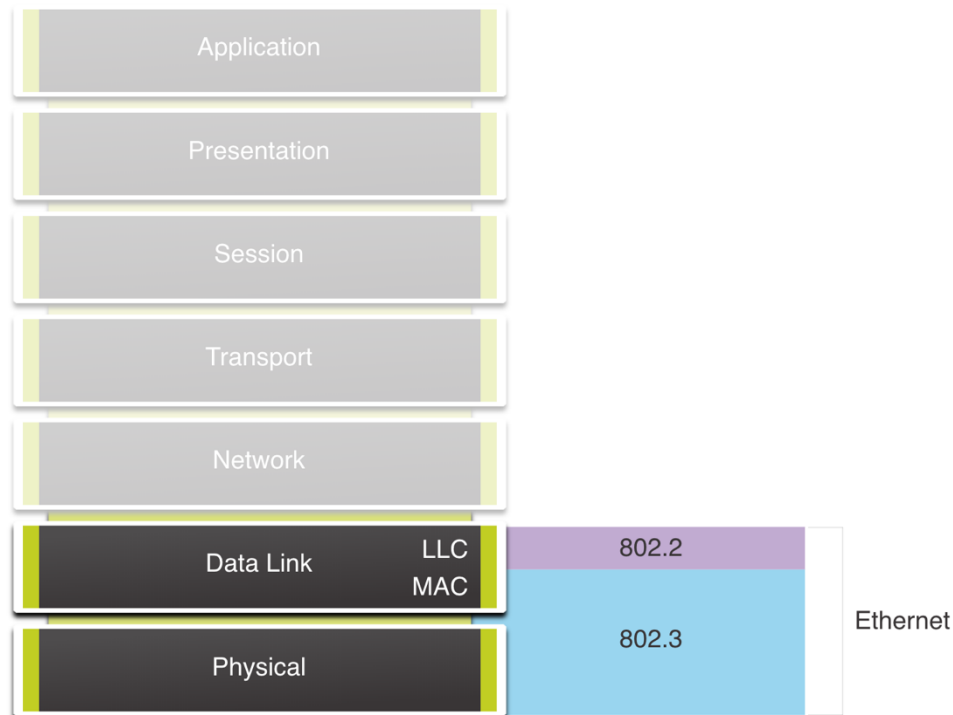
Título do Tópico	Objetivo do Tópico
Quadro Ethernet	Explicar como as subcamadas da Ethernet se relacionam com os campos do quadro.
Endereços MAC Ethernet	Descrever o endereço MAC da Ethernet.
A tabela de endereços MAC	Explicar como um switch cria a sua tabela de endereços MAC e encaminha os quadros.
Métodos de comutação e velocidades de comutação	Descrever os métodos de comutação dos switches e as configurações da porta disponíveis nas portas de switches de camada 2.

7.1 Quadros Ethernet

Quadro Ethernet

Encapsulamento Ethernet

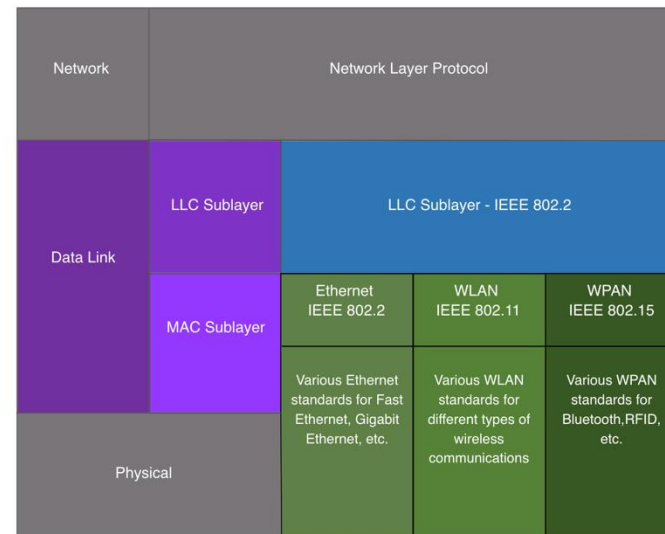
- Ele funciona na camada de ligação de dados e na camada física.
- É uma família de tecnologias de rede definidas nos standards IEEE 802.2 e 802.3.



Subcamadas da camada de ligação de dados

Os standards LAN/MAN 802, incluindo Ethernet, funcionam usando duas subcamadas separadas da camada de ligação de dados:

- **Subcamada LLC:** (IEEE 802.2) Coloca informações no quadro para identificar qual o protocolo da camada de rede que é usado pelo quadro.
- **Subcamada MAC:** (IEEE 802.3, 802.11 ou 802.15) Responsável pelo encapsulamento de dados e controle de acesso ao meio, e fornece endereçamento de camada de ligação de dados.



Quadro Ethernet

Subcamada MAC

A subcamada MAC é responsável pelo encapsulamento de dados e acesso ao meio.

Encapsulamento de dados

O encapsulamento de dados IEEE 802.3 inclui o seguinte:

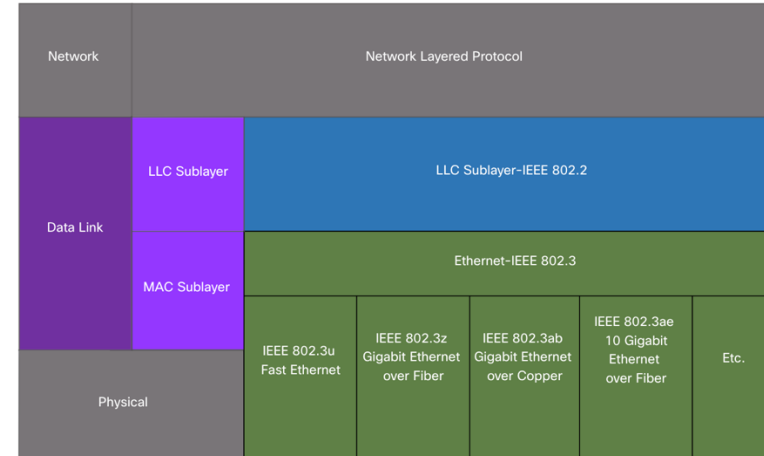
1. **Quadro Ethernet** - Estrutura interna do quadro Ethernet.
2. **Endereçamento Ethernet** - O quadro Ethernet inclui os endereços MAC de origem e de destino para entregar o quadro Ethernet da NIC Ethernet para a NIC Ethernet na mesma LAN.
3. **Detecção de erro Ethernet** - O quadro Ethernet inclui um trailer de sequência de verificação de quadros (FCS – Frame Check Sequence) usado para detecção de erros.

Quadro Ethernet

Subcamada MAC

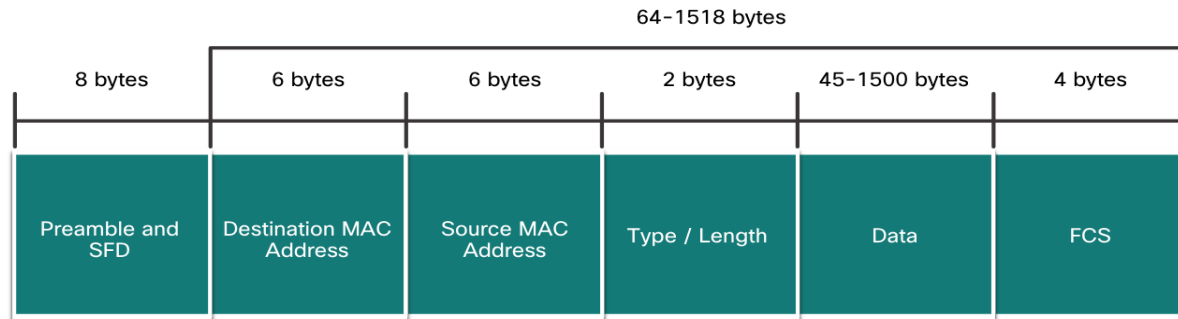
Acesso ao meio

- A subcamada MAC IEEE 802.3 inclui as especificações para diferentes padrões de comunicação Ethernet em vários tipos de meio, incluindo cobre e fibra.
- Ethernet herdada (legacy) usa uma topologia de barramento ou hubs, e é um meio partilhado, half-duplex. A Ethernet num meio half-duplex usa um método de acesso baseado em contenção, detecção de múltiplos acessos/colisões (CSMA/CD).
- As LANs Ethernet de hoje usam switches que funcionam em full-duplex. As comunicações full-duplex com switches Ethernet não exigem controle de acesso através do CSMA/CD.



Campos do quadro Ethernet

- O tamanho mínimo de quadro Ethernet é 64 bytes e o máximo é 1518 bytes. O campo de preâmbulo não é incluído ao descrever o tamanho do quadro.
- Qualquer quadro com menos de 64 bytes de comprimento é considerado um "fragmento de colisão" ou "runt frame" e é automaticamente eliminado. Quadros com mais de 1.500 bytes de dados são considerados "jumbo" ou "baby giant".
- Se o tamanho de um quadro transmitido for menor que o mínimo ou maior que o máximo, o dispositivo receptor elimina o quadro. É provável que quadros perdidos sejam resultado de colisões ou outros sinais indesejados. Eles são considerados inválidos. Os quadros jumbo geralmente são suportados pela maioria dos switches e NICs Fast Ethernet e Gigabit Ethernet.



direitos reservados.

7.2 Endereço MAC Ethernet

Endereços Ethernet MAC

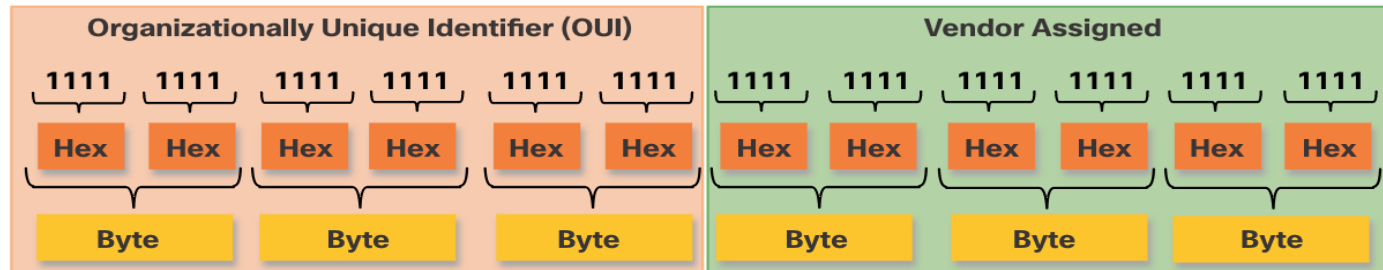
Endereços MAC e hexadecimal

- Um endereço MAC Ethernet consiste num valor binário de 48 bits, expresso usando 12 valores hexadecimais.
- Dado que 8 bits (um byte) é um agrupamento binário comum, os binários 00000000 a 11111111 podem ser representados em hexadecimal como o intervalo de 00 a FF,
- Ao usar hexadecimal, os zeros à esquerda são sempre exibidos para concluir a representação de 8 bits. Por exemplo, o valor binário 0000 1010 é representado em hexadecimal como 0A.
- Números hexadecimais são frequentemente representados pelo valor precedido por **0x** (por exemplo, 0x73) para distinguir entre valores decimal e hexadecimais na documentação.
- O hexadecimal também pode ser representado por um subscript 16, ou o número hexadecimal seguido por um H (por exemplo, 73H).

Endereços Ethernet MAC

Endereços MAC da Ethernet

- Nma LAN Ethernet, todos os dispositivos de rede estão conectados ao mesmo meio partilhado. O endereço MAC fornece um método para identificar o dispositivo na camada de ligação de dados do modelo OSI.
- Um endereço MAC Ethernet é um endereço de 48 bits expresso usando 12 dígitos hexadecimais. Como um byte é igual a 8 bits, também podemos dizer que um endereço MAC tem 6 bytes de comprimento.
- Todos os endereços MAC devem ser exclusivos do dispositivo Ethernet ou da interface Ethernet. Para garantir isso, todos os fornecedores que vendem dispositivos Ethernet devem registar-se no IEEE para obter um código hexadecimal exclusivo de 6 (ou seja, 24 bits ou 3 bytes) chamado identificador exclusivo organizacional (OUI).
- Um endereço MAC Ethernet consiste em um código OUI do fornecedor de 6 símbolos hexadecimais seguido de um valor atribuído pelo fornecedor de 6 símbolos hexadecimais.



Endereços Ethernet MAC

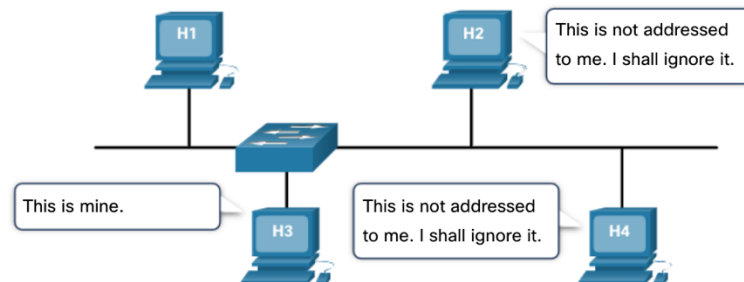
Processamento de Quadros

- Quando um dispositivo está a encaminhar uma mensagem para uma rede Ethernet, o cabeçalho Ethernet inclui um endereço MAC de origem e um endereço MAC de destino.
- Quando uma NIC recebe um quadro Ethernet, examina o endereço MAC de destino para verificar se corresponde ao seu endereço MAC físico armazenado na RAM. Se não houver correspondência, o dispositivo eliminará o quadro. Caso haja correspondência, passará o quadro para as camadas OSI superiores, onde ocorre o processo de desencapsulamento.

Nota: As NICs Ethernet também aceitarão quadros se o endereço MAC de destino for uma transmissão ou um grupo multicast do qual o host seja membro.

- Qualquer dispositivo que seja a origem ou o destino de um quadro Ethernet terá uma NIC Ethernet e, portanto, um endereço MAC. Isso inclui estações de trabalho, servidores, impressoras, dispositivos móveis e routers..

Destination Address	Source Address	Data
CC:CC:CC:CC:CC:CC	AA:AA:AA:AA:AA:AA	Encapsulated data
Frame Addressing		



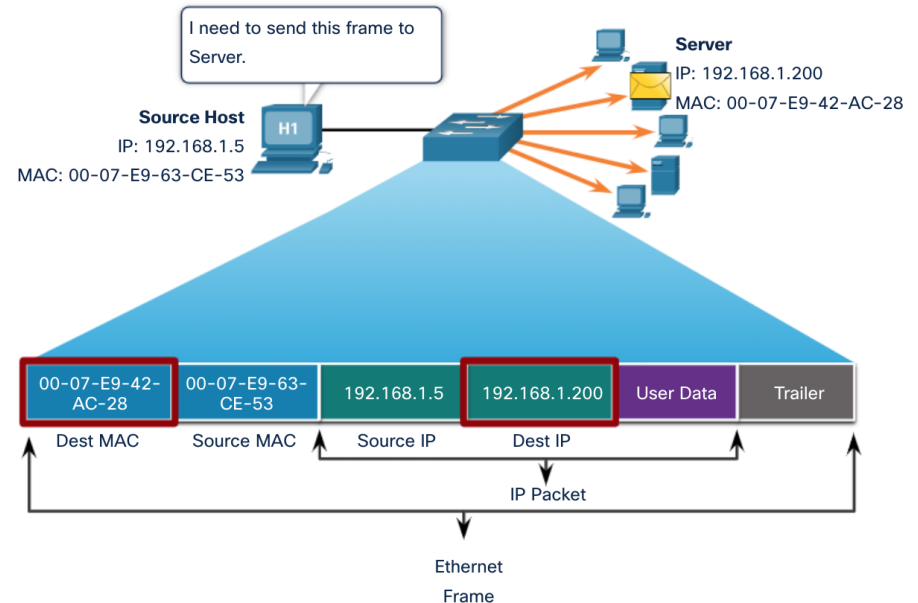
Endereços Ethernet MAC

Endereços MAC unicast

Na Ethernet, são utilizados endereços MAC diferentes para comunicação unicast, broadcast e multicast da Camada 2.

- Um endereço MAC de unicast é o endereço exclusivo usado quando um quadro é enviado de um único dispositivo de transmissão para um único dispositivo de destino.
- O processo que um host de origem usa para determinar o endereço MAC de destino associado a um endereço IPv4 é conhecido como ARP (Address Resolution Protocol). O processo que um host de origem usa para determinar o endereço MAC de destino associado a um endereço IPv6 é conhecido como ND (Neighbour Discovery Protocol).

Nota: O endereço MAC de origem deve sempre ser um unicast.

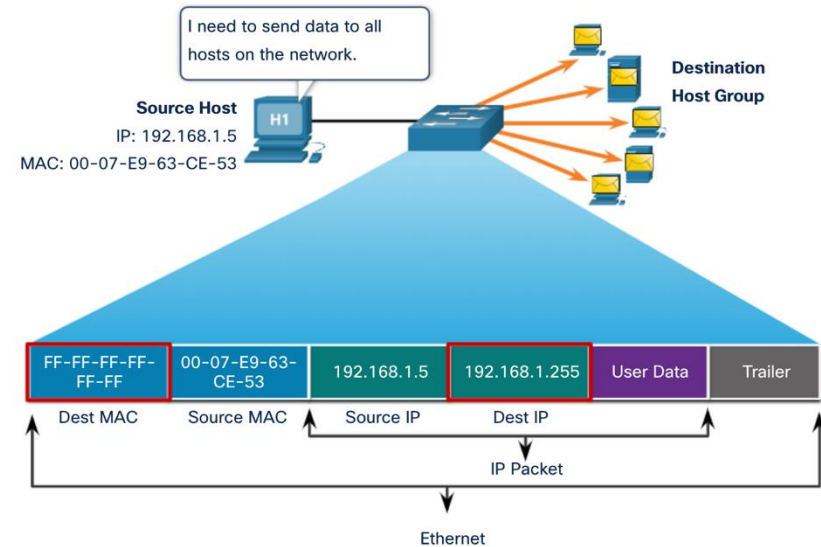


Endereços Ethernet MAC

Endereços MAC broadcast

Um quadro de transmissão Ethernet é recebido e processado por cada dispositivo na LAN Ethernet. As características de um broadcast Ethernet são os seguintes:

- Possui um endereço MAC de destino de FF-FF-FF-FF-FF-FF em hexadecimal (48 endereços em binário).
- Inunda todas as portas de um switch Ethernet, exceto a porta de entrada. Um quadro Ethernet não é encaminhado por um router.
- Se os dados encapsulados forem um pacote de broadcast IPv4, isso significa que o pacote contém um endereço IPv4 de destino que possui todos os 1s na parte do host. Essa numeração no endereço significa que todos os hosts naquela rede local (domínio de broadcast) receberão e processarão o pacote.

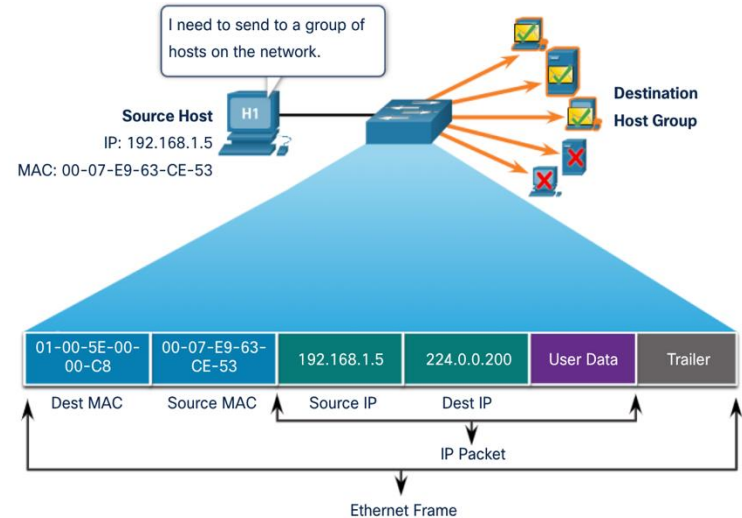


Endereços Ethernet MAC

Endereços MAC Multicast

Um quadro de multicast Ethernet é recebido e processado por um grupo de dispositivos que pertencem ao mesmo grupo de multicast.

- Há um endereço MAC de destino 01-00-5E quando os dados encapsulados são um pacote multicast IPv4 e um endereço MAC de destino de 33-33 quando os dados encapsulados são um pacote multicast IPv6.
- Há outros endereços MAC de destino multicast reservados para quando os dados encapsulados não são IP, como Spanning Tree Protocol (STP).
- São inundadas todas as portas de um switch Ethernet, exceto a porta de entrada, a menos que o switch esteja configurado para espionagem multicast. Não é encaminhado por um router, a menos que o roteador esteja configurado para encaminhar pacotes multicast.
- Como os endereços multicast representam um grupo de endereços (às vezes chamado de grupo de hosts), eles só podem ser utilizados como destino de um pacote. A origem sempre será um endereço unicast.
- Assim como nos endereços unicast e broadcast, o endereço IP multicast requer um endereço MAC multicast correspondente.



7.3 A tabela de endereços MAC

A tabela de endereços MAC

Fundamentos do switch

- Um switch Ethernet da camada 2 usa endereços MAC da camada 2 para tomar decisões de encaminhamento. Desconhece completamente os dados (protocolo) que estão sendo transportados na parte de dados do quadro, como um pacote IPv4, uma mensagem ARP ou um pacote ND IPv6. O switch toma decisões de encaminhamento com base apenas nos endereços MAC Ethernet da camada 2.
- Um switch Ethernet examina sua tabela de endereços MAC para tomar uma decisão de encaminhamento para cada quadro, ao contrário dos hubs Ethernet legacy que repetem bits em todas as portas, exceto a porta de entrada.
- Quando um switch é ligado, a tabela de endereços MAC está vazia.

Nota: A tabela de endereços MAC às vezes é chamada de tabela de CAM – Content Addressable Memory.

Aprendizagem e comutação do Switch

Examine o endereço MAC de origem (Aprende)

Todos os quadros que entram num switch são testados com o objetivo de procura de informações novas. Esse teste é feito observando o endereço MAC de origem do quadro e o número da porta em que o quadro foi recebido no switch. Se o endereço MAC de origem não existe, é adicionado à tabela juntamente com o número da porta de entrada. Se o endereço MAC de origem existe, o switch atualiza o timer de atualização dessa entrada. Por omissão, a maioria dos switches Ethernet mantém uma entrada na tabela por 5 minutos.

Nota: Se o endereço MAC de origem existir na tabela, mas numa porta diferente, o switch tratará isso como uma nova entrada. A entrada é substituída usando o mesmo endereço MAC, mas com o número de porta mais atual.

Aprendizagem e comutação do Switch (Cont.)

Localiza o endereço MAC de destino (Encaminha)

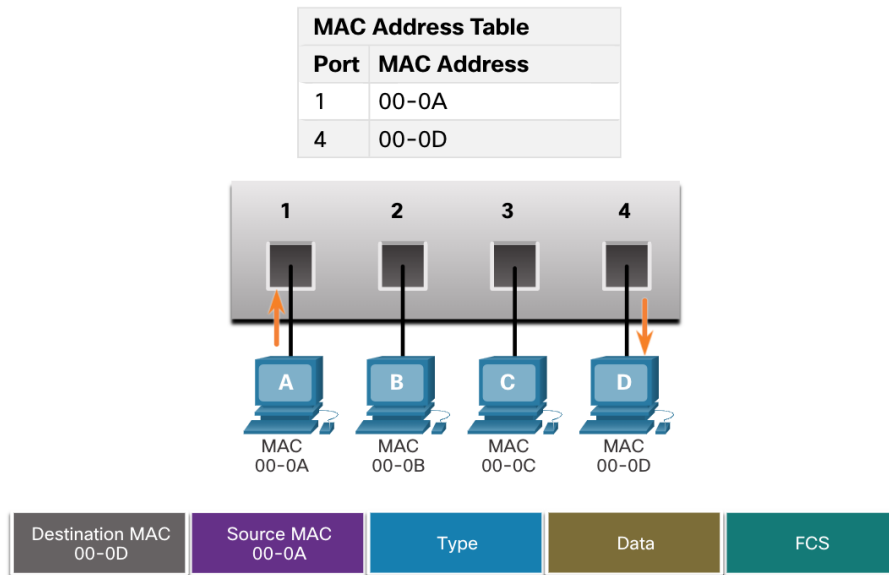
Se o endereço MAC de destino for um endereço unicast, o switch procurará uma correspondência entre o endereço MAC de destino do quadro e uma entrada na tabela de endereços MAC. Se o endereço MAC de destino estiver na tabela, ele encaminhará o quadro pela porta especificada. Se o endereço MAC de destino não estiver na tabela, o switch encaminhará o quadro por todas as portas, exceto a de entrada. Isso é chamado de unicast desconhecido.

Nota: Se o endereço MAC de destino for um endereço de broadcast ou multicast, o quadro também será enviado para todas as portas, exceto a porta de entrada.

A tabela de endereços MAC

Filtragem de quadros

À medida que um switch recebe quadros de dispositivos diferentes, ele é capaz de preencher a sua tabela de endereços MAC examinando o endereço MAC de origem de cada quadro. Quando a tabela de endereços MAC do switch contém o endereço MAC de destino, ele pode filtrar o quadro e encaminhá-lo para uma única porta.



7.4 Métodos de Comutação e Velocidades de Comutação

Métodos de comutação de quadros nos switches da Cisco

Os switches usam um dos seguintes métodos de encaminhamento para o comutação (switching) de dados entre as suas portas de rede:

- **Comutação de armazenamento e encaminhamento (Store-and-Forwarding)** - Este método de encaminhamento de quadros recebe o quadro inteiro e calcula o CRC. Se o CRC é válido, o switch procura o endereço de destino, que determina a interface de saída. Em seguida, o quadro é encaminhado para fora pela porta correta.
- **Comutação de corte (Cut-through)** - Esse método de encaminhamento de quadros encaminha o quadro antes de ser totalmente recebido. Pelo menos o endereço de destino do quadro deve ser lido para que o quadro possa ser encaminhado.
- Uma grande vantagem da comutação **Store-and-Forward** é que determinado se um quadro tem erros antes de o propagar. Quando um erro é detectado num quadro, o switch elimina-o. A eliminação de quadros com erros reduz o consumo de largura de banda por dados corrompidos.
- A comutação **Store-and-Forward** é necessária para a análise de qualidade de serviço (QoS) em redes convergentes onde é necessária a classificação de quadros para priorização de tráfego. Por exemplo, os fluxos de dados de voz sobre IP (VoIP) precisam ter prioridade sobre o tráfego de navegação na web.

Métodos de Comutação e Velocidades de Comutação

Switches cut-through

Na comutação **cut-through**, o switch trata os dados assim que eles são recebidos, mesmo que a transmissão não tenha sido concluída. O switch armazena em buffer apenas o quadro suficiente para ler o endereço MAC de destino, para que possa determinar qual a porta para onde deve encaminhar os dados. O switch não realiza nenhuma verificação de erros no quadro.

Há duas formas de comutação **cut-through**:

- **Comutação de avanço rápido (Fast-Forward)**- Oferece o menor nível de latência encaminhando imediatamente um pacote após a leitura do endereço de destino. Como a comutação fast-forward começa o encaminhamento antes de receber todo o pacote, alguns pacotes podem ser retransmitidos com erros. A NIC de destino descarta o pacote defeituoso após a receção. A comutação fast-forward é o método cut-through típico.
- **Comutação sem fragmentos (Fragment-free)** - Um compromisso entre a alta latência e a alta integridade da comutação **Store-and-Forward** e a baixa latência e a integridade reduzida da comutação **Fast-Forward**, o switch armazena e executa uma verificação de erro nos primeiros 64 bytes do quadro antes de encaminhar. Como a maioria dos erros de rede e colisões ocorrem durante os primeiros 64 bytes, isso garante que uma colisão não ocorreu antes de encaminhar o quadro.

Métodos de Comutação e Velocidades de Comutação

Buffer de memória nos Switches

Um switch Ethernet pode usar uma técnica de buffer para armazenar quadros antes de encaminhá-los ou quando a porta de destino estiver ocupada devido ao congestionamento.

Método	Descrição
Memória por porta	<ul style="list-style-type: none">• Os quadros são armazenados em filas associadas a portas específicas de entrada e saída.• Um quadro é transmitido para a porta de saída somente quando todos os quadros à frente na fila foram transmitidos com êxito.• É possível que um único quadro atrase a transmissão de todos os quadros na memória caso uma porta de destino esteja ocupada.• Esse atraso ocorre mesmo se os outros quadros puderem ser transmitidos para portas de destino que estejam livres.
Memória partilhada	<ul style="list-style-type: none">• Deposita todos os quadros num buffer de memória comum partilhado por todas as portas do switch e a quantidade de memória buffer necessária por uma porta é alocada dinamicamente.• Os quadros no buffer são dinamicamente associados à porta de destino, permitindo que um pacote seja recebido numa porta e depois transmitido noutra porta, sem movê-lo para uma fila diferente.

- O buffer de memória compartilhada também resulta em quadros maiores que podem ser transmitidos com menos quadros eliminados. Isso é importante com a comutação assimétrica, que permite taxas de dados diferentes em portas diferentes. Portanto, mais largura de banda pode ser dedicada a determinadas portas (por exemplo, porta do servidor).

Métodos de Comutação e Velocidades de Comutação

Duplex e velocidade

Duas das configurações mais básicas de um switch são as configurações de largura de banda ("velocidade") e duplex para cada porta de switch individual. É fundamental que as configurações de duplex e largura de banda correspondam entre a porta do switch e os dispositivos conectados.

Há dois tipos de configurações duplex usadas para comunicação numa rede Ethernet:

- **Full-duplex** - As duas extremidades da conexão podem enviar e receber simultaneamente.
- **Half-duplex** - Somente uma extremidade da conexão pode enviar de cada vez.

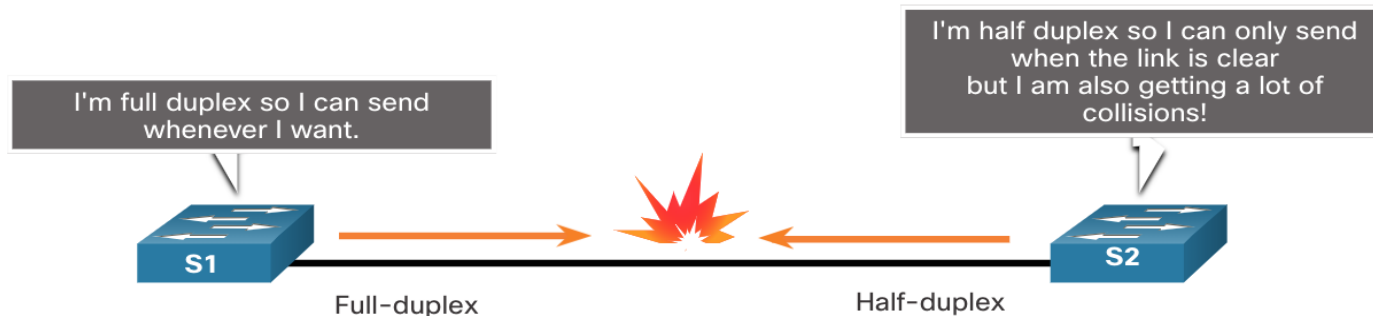
A negociação automática é uma função opcional encontrada na maioria dos switches Ethernet e das placas de interface de rede (NICs). Permite que dois dispositivos negociem automaticamente as melhores capacidades de velocidade e duplex.

Nota: As portas Gigabit Ethernet operam apenas em full-duplex.

Métodos de Comutação e Velocidades de Comutação

Duplex e velocidade

- A incompatibilidade duplex é uma das causas mais comuns de problemas de desempenho nos links Ethernet 10/100 Mbps. Ocorre quando uma porta na ligação funciona em half-duplex, enquanto que a outra porta funciona em full-duplex.
- Isso pode ocorrer quando uma ou ambas as portas numa ligação são redefinidas e o processo de negociação automática não resulta nos dois extremos da ligação com a mesma configuração.
- Também pode ocorrer quando os usuários reconfiguram um lado de uma ligação e esquecem de reconfigurar o outro. Os dois lados de uma ligação devem estar ambos com a negociação automática ligada ou desligada. A prática recomendada é configurar ambas as portas de switch Ethernet como full-duplex.



Métodos de Comutação e Velocidades de Comutação

Auto-MDIX

As conexões entre dispositivos exigiram o uso de um cabo cruzado ou direto. O tipo de cabo necessário dependia do tipo de dispositivos a interligar.

Observação: Uma conexão direta entre um router e um host requer uma conexão cruzada.

- Hoje em dia a maioria dos dispositivos de switch agora suporta o recurso de Auto-MDIX (Automatic Medium-Dependent Interface Crossover). Quando ativado, o switch detecta automaticamente o tipo de cabo conectado à porta e configura as interfaces de acordo.
- O recurso auto-MDIX é ativado por omissão em switches que executam o Cisco IOS Release 12.2 (18) SE ou posterior. No entanto, o recurso pode ser desativado. Por esse motivo, você sempre deve usar o tipo de cabo correto e não confiar no recurso Auto-MDIX.
- O Auto-MDIX pode ser reativado usando o comando **mdix auto** no modo de interface configuration.

7.5 - Sumário

O que aprendi neste módulo?

- A Ethernet funciona na camada de ligação de dados e na camada física. Os padrões Ethernet definem os protocolos da Camada 2 e as tecnologias da Camada 1.
- Ethernet usa as subcamadas LLC e MAC da camada de ligação de dados para funcionar.
- Os campos de quadro Ethernet são: preâmbulo e delimitador de quadro inicial, endereço MAC de destino, endereço MAC de origem, EtherType, dados e FCS.
- O endereçamento MAC fornece um método para identificação de dispositivo na camada de ligação de dados do modelo OSI.
- Um endereço MAC Ethernet é um endereço de 48 bits expresso usando 12 dígitos hexadecimais ou 6 bytes.
- Quando um dispositivo está encaminhando uma mensagem para uma rede Ethernet, o cabeçalho Ethernet inclui os endereços MAC de origem e de destino. Na Ethernet, são utilizados diferentes endereços MAC para comunicação unicast, broadcast e multicast da Camada 2.

O que aprendi neste módulo? (Cont.)

- Um switch Ethernet da camada 2 toma as decisões de encaminhamento com base apenas nos endereços MAC da camada 2 Ethernet.
- O switch cria a tabela de endereços MAC dinamicamente examinando o endereço MAC de origem dos quadros recebidos numa porta.
- O switch encaminha quadros procurando uma correspondência entre o endereço MAC de destino no quadro e uma entrada na tabela de endereços MAC.
- Os switches usam um dos seguintes métodos de encaminhamento para alternar dados entre portas de rede: **Store-and-forward switching** ou **Cut-through switching**. Duas variantes de **Cut-through** são **Fast-forward switching** e **Fragment-free**.
- Dois métodos de armazenamento em buffer de memória são memória baseada em porta e memória partilhada.
- Existem dois tipos de configurações duplex usadas para comunicações numa rede Ethernet: full-duplex e half-duplex.