

Pós-Graduação em Engenharia de Redes e Sistemas de Telecomunicações

Redes Locais e Metropolitanas – TP310

Fabiano Valias de Carvalho
(fabiano@inatel.br)

2010

Programa

1. Parte I – Redes Cabeadas
 - Introdução; Ethernet (802.3); Token Ring (802.5); FDDI (X3T9.5)
2. Parte II – Redes sem Fio
 - Características; Arquiteturar; Protocolos; Formatos de Quadro, Padrões
3. Parte III – MetroEthernet
 - Redes EPON (802.3ah); Redes RPR (802.17);

	Inatel Instituto Nacional de Telecomunicações 3
	Nota Final / Conceito Avaliação • Listas de exercícios - peso 2,5 • Trabalho - peso 2,5 • Avaliação individual, sem consulta - peso 5 Conceito Final – Conceito A: $NF \geq 85$ – Conceito B: $70 \leq NF < 85$ – Conceito C: $50 \leq NF < 70$ – Conceito D: $NF < 50$ – Conceito E: NC

	Inatel Instituto Nacional de Telecomunicações 4
	Bibliografia • <i>Redes de Computadores</i> - Andrew S. Tanenbaum, 4ª edição. Editora Campus, 2003. • <i>Redes de Computadores e a Internet. Uma Abordagem Top-Down</i> - James F. Kurose e Keith W. Ross, 5ª edição. Pearson - Addison Wesley, 2010. • <i>Cisco CCNA: Guia de Certificação do Exame</i> – Wendell Odom, 3ª edição. Alta Books, 2004. • <i>Redes de Computadores. Das LANs, MANs e WANs às Redes ATM</i> - Luis Fernando Gomes Soares - Guido Lemos - Sérgio Colcher, 2ª edição. Campus, 1995.

Bibliografia

- *Redes de Computadores* - Andrew S. Tanenbaum
 - Capítulo 4 - A Sub Camada de Controle de Acesso ao Meio
- *Redes de Computadores e a Internet. Uma Abordagem Top-Down*
 - Capítulo 5 - A Camada de Enlace e Redes Locais

Parte I – Redes Cabeadas

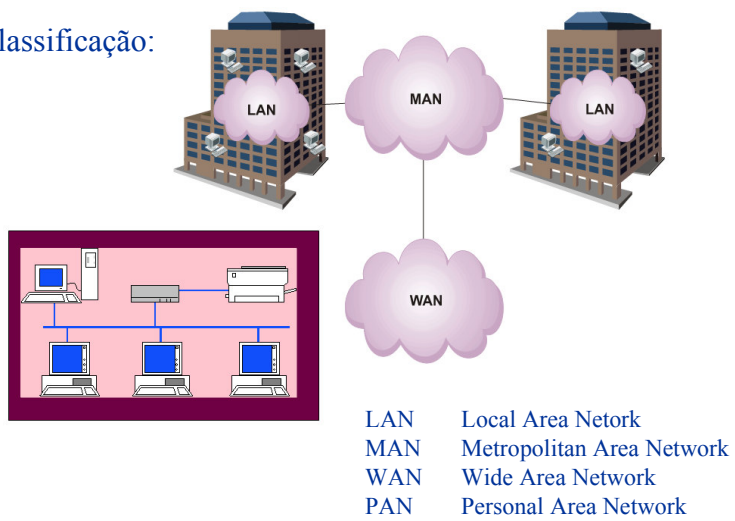
1. Introdução
 - Evolução
 - Camada de Enlace LAN
 - Endereçamento LAN
 - Protocolo CSMA/CD
 - Dispositivos LAN
2. Padrão IEEE 802.3 (Ethernet)
 - Histórico
 - Características de Funcionamento
 - Ethernet Legada (10 Mbps)
 - Fast Ethernet (100 Mbps)
 - Gigabit Ethernet (1 e 10 Gbps)
3. Padrão IEEE 802.5 (Token Ring) – Visão Geral
4. Padrão ANSI X3T9.5 (FDDI) – Visão Geral

1. Introdução

Evolução das Redes Locais

Evolução - LANs

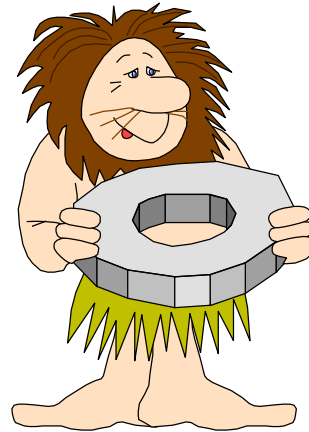
- Classificação:



Evolução - LANs

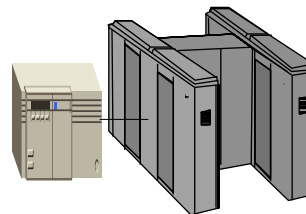
- Década de 50:

Computadores
- a nova roda -



Evolução - LANs

- Sistema de processamento em *batch*



Evolução - LANs

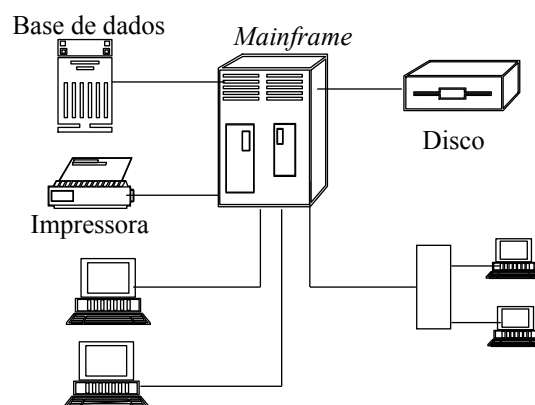


- Década de 60:

Processamento centralizado

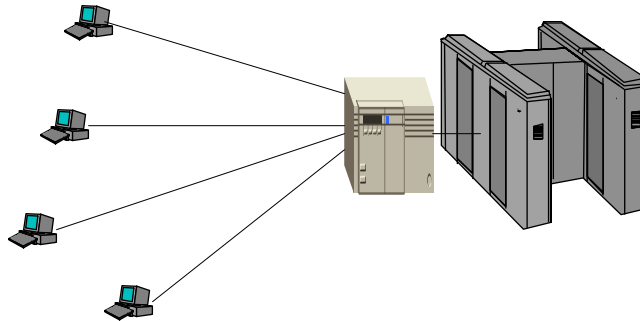
- mainframes
- terminais “burros”

Evolução - LANs



Evolução - LANs

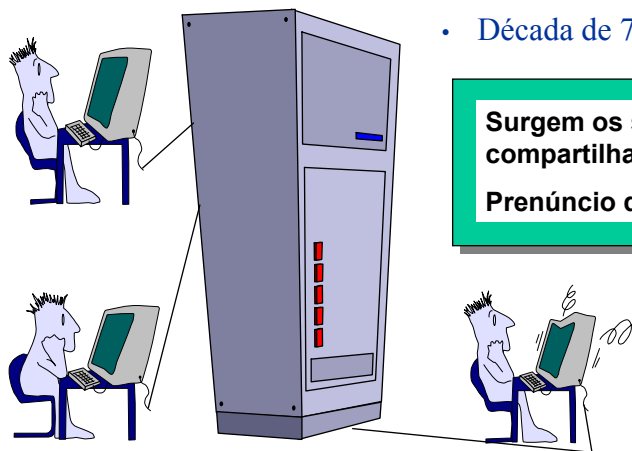
- Sistemas de time sharing



Evolução - LANs

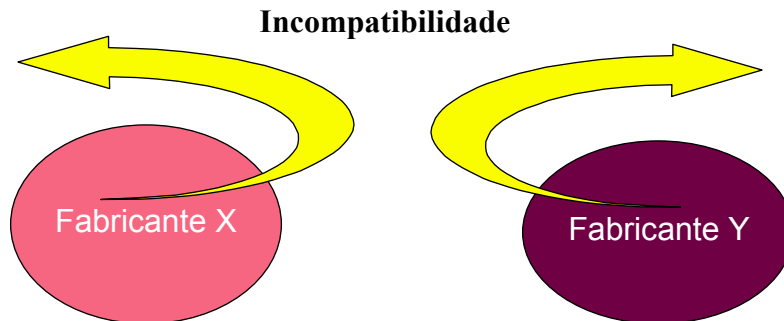
- Década de 70:

**Surgem os sistemas
compartilhados.
Prenúncio de redes.**



Evolução - LANs

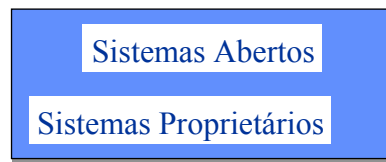
- *Década de 70 - medo do caos*



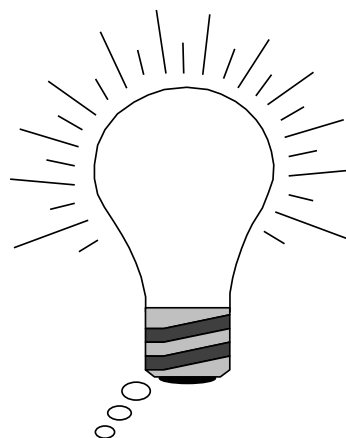
Evolução - LANs

◆ **Década de 70:**

- Padronização



- Longa distância (WAN)
- Microcomputadores
 - Redes locais (LAN)



Evolução - LANs

- Década de 80:
 - Padronização
 - Sistemas ~~Proprietários~~ **X**
 - Sistemas Abertos
 - Investimentos crescentes
 - Novas tecnologias e padrões
 - Popularização/Credibilidade
 - Microcomputadores
 - “a comunicação simplifica a vida”



Evolução - LANs

- Década de 90:
 - Tecnologias mais eficientes e mais baratas
 - Aumento de largura de banda
- Década de 00
 - Mobilidade



Evolução - LANs



- Futuro:
 - Redes domésticas?
 - Redes *ad-hoc*?
 - Redes *mesh*?



Evolução - LANs

- Redes domésticas
 - Computadores
 - PC, notebook, PDA, periféricos compartilhados.
 - Entretenimento
 - TV, DVD, VCR, filmadora, câmera fotográfica, som, MP3.
 - Telecomunicações
 - Telefone, celular, interfone, fax.
 - Utilidades do lar
 - Microondas, refrigerador, relógio, forno, luzes.
 - Telemetria
 - Alarme (fumaça, roubo), termostato, câmera do bebê.

Evolução - LANs

- Redes Domésticas
 - Gerenciamento fácil.
 - Confiáveis e seguras.
 - Com alta performance e baixo custo.
- Propriedades diferentes
 - Fácil instalação.
 - A rede e os dispositivos têm que ser infalíveis.
 - Baixo custo.
 - Alta capacidade - multimídia.
 - Expansível - padrões estáveis por décadas.
 - Segurança e confiabilidade.

Características - LANs

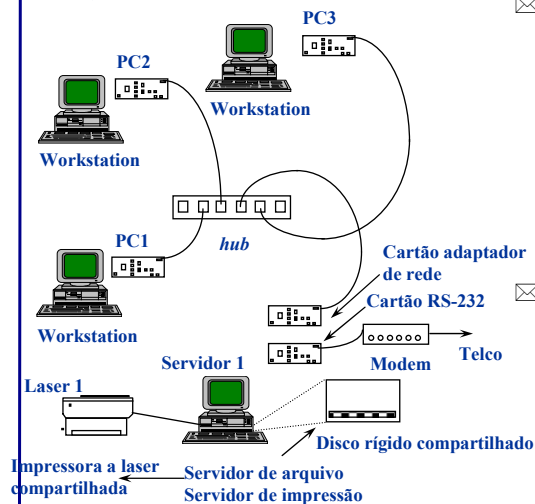
- Propriedades requeridas:
 - Oferecer uma fácil instalação e gerenciamento.
 - A rede e os dispositivos têm que funcionar, e de maneira confiável.
 - Dispositivos de baixo custo.
 - Alta capacidade e alto desempenho.
 - A rede deve ser escalável, permitindo sua expansão de maneira fácil (padrões estáveis por décadas).
 - Oferecer segurança.

Características - LANs

- Operam dentro de uma área geográfica limitada.
- Permitem o acesso múltiplo a meios físicos com uma grande largura de banda.
- Controle privativo da rede, sob administração local
- Fornece conectividade ininterrupta aos serviços locais
- Conecta dispositivos fisicamente adjacentes

Características - LANs

Componentes de uma rede local



☒ Físicos

- ☐ computadores
- ☐ periféricos
- ☐ cabos
- ☐ hubs
- ☐ conectores
- ☐ placas de rede
- ☐ etc

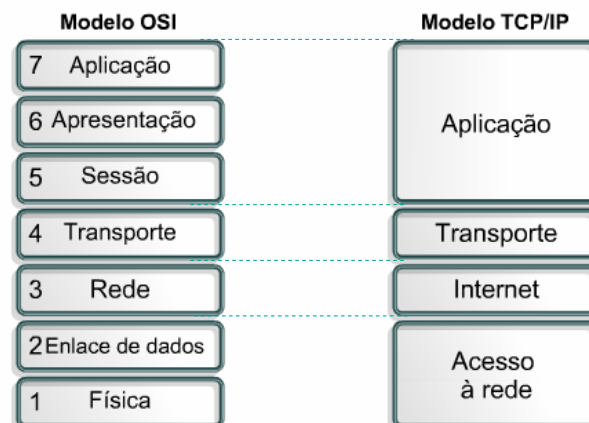
☒ Lógico

- ☐ SOR*
- ☐ drivers de dispositivo
- ☐ protocolos de comunicação
- ☐ aplicativos

*SOR - Sistema operacional de rede

Camada de Enlace - LAN

Camada de Enlace - LANs



Camada de Enlace - LANs

- Os padrões IEEE para LANs envolvem apenas as duas primeiras camadas do Modelo OSI:
 - Camada Física
 - Camada de Enlace
- A Camada de enlace é subdividida em duas subcamadas:
 - LLC (Logical Link Control)
 - MAC (Media Access Control)

Camada de Enlace - LANs

A subcamada LLC

É definida no padrão IEEE 802.2, permitindo que a camada de enlace funcione independentemente das tecnologias existentes (esta camada independe da tecnologia)

A subcamada MAC

Trata dos protocolos que um host segue para acessar os meios físicos (Camada Física), sendo portanto dependente da tecnologia.

Camada de Enlace - LANs

Padrões IEEE 802.x

- Padrões para os níveis físico e de enlace
- Exemplos:
 - IEEE 802.3 (Ethernet)
 - IEEE 802.5 (Token Ring)
 - IEEE 802.11 (Wi-Fi)

OSI		IEEE		
Enlace	LLC	802.2		
	MAC			
Físico		802.3	802.5	802.11

Camada de Enlace - LANs

L L C	IEEE 802.2			
	Serviço sem reconhecimento e sem conexão			
	Serviço orientado a conexão			
M A C	IEEE802.3	IEEE802.5	FDDI	IEEE802.11
	Método de acesso CSMA/CD	Método de acesso Token	Método de acesso Token	Método de acesso CSMA/CA
F Í S I C A	Coaxial Fibra Óptica Par Trançado	Par Trançado STP	Fibra Óptica	Ondas de Rádio
	10, 100, 1000 e 10000 Mbps	4 e 16 Mbps	100 Mbps	1, 2, 11 e 54Mbps

Camada de Enlace - LANs

Funções da camada de enlace de dados:

- Fornecer interface de serviço à camada de rede.
- Tratar os *frames (quadros)* da camada 2 (como os bits são agrupados - enquadramento).
- Tratar erros de transmissão (não é o caso das LANs, havendo erro terá que ser tratado pelas camadas mais altas).
- Controlar o fluxo de quadros (ajustando estações lentas e estações rápidas).

Camada de Enlace - LANs

- Um protocolo da camada de enlace é usado para transportar um datagrama sobre um enlace individual.
- Um protocolo da camada de enlace define:
 - Formato das unidades de dados.
 - Ações realizadas nos nós ao enviar e receber essas unidades.
- Um quadro da camada de enlace encapsula um datagrama da camada de rede e o envia à camada física .
- Formato de quadro genérico:

Campo de Início de Quadro	Campo de Endereço	Campo Tipo/Compri mento	Campo de Dados	Campo FCS
---------------------------------	----------------------	-------------------------------	----------------	-----------

Camada de Enlace - LANs

- Ações realizadas por um protocolo da camada de enlace ao enviar e receber quadros:
 - Detecção de erros
 - Ex. CRC.
 - Retransmissão?
 - Stop-and-Wait; Go-Back-N; Selective-Repeat
 - Controle de fluxo
 - Janelas deslizantes
 - Controle de Acesso
 - FDMA; TDMA; CDMA/CD; CDMA/CA; Token; Polling.

Camada de Enlace - LANs

- Exemplos de protocolos da camada de enlace:
 - Ethernet
 - Token Ring
 - FDDI
 - HDLC
 - PPP
 - ATM
 - Frame Relay

Camada de Enlace - LANs

A Camada de Enlace é Responsável pela Alocação Dinâmica de Canais em LANs

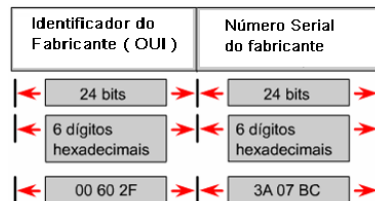
- Premissas fundamentais
 - Modelo da estação: N estações independentes que geram quadros para transmissões
 - Canal único: um canal para as transmissões
 - Colisão: quadros transmitidos simultaneamente
 - Tempo
 - contínuo
 - segmentado(slotted)
 - Há ou não detecção de portadora

Endereçamento LAN

Endereçamento - LAN

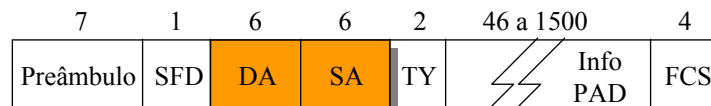
Endereço Físico

- O endereço físico (MAC) está associado ao adaptador de rede (NIC).
- Constituído de 48 bits, representados na forma hexadecimal
 - 00-06-5B-28-82-2B
- O endereço físico (MAC) está no adaptador do nó.
- Quando um adaptador é fabricado um endereço LAN é gravado na ROM.



Endereçamento - LAN

- O endereço MAC e o quadro Ethernet



Endereçamento - LAN

Protocolo ARP (RFC 826 – Nov/82)

- O ARP (*Address Resolution Protocol*) faz o mapeamento do endereço lógico (IP) em endereço físico (MAC).
- ARP é considerado um protocolo da camada de rede responsável pela obtenção do endereço físico (camada de enlace) do host destino .
- As tabelas ARP são mantidas na memória (RAM) das estações para “aprenderem” os endereços.

Endereçamento - LAN

Protocolo ARP

- A solicitação ARP é feita através de um quadro enviado em broadcast.
 - Todas as estações desta rede devem processar o ARP
- A estação cujo IP coincide responde com seu endereço físico.
- Se o IP destino pertence a outra rede, o roteador responde com o MAC de sua interface (Gateway Padrão)

Endereçamento - LAN

Tabela ARP

```

Prompt de comando
Microsoft Windows 2000 [Versão 5.00.2195]
(C) Copyright 1985-2000 Microsoft Corp.

Z:\>arp -a

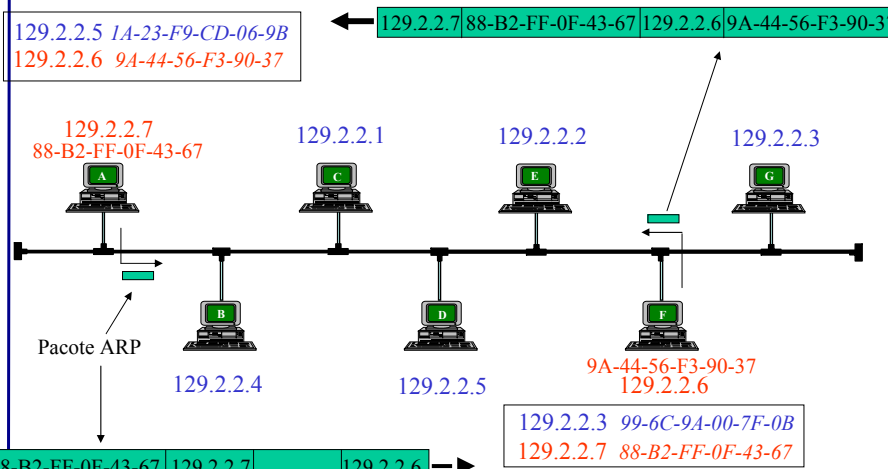
Interface: 192.168.10.84 on Interface 0x1000003
Endereço IP      Endereço físico      Tipo
192.168.10.5      00-b0-d0-79-10-73      dinâmico
192.168.10.20     00-b0-d0-d0-50-96      dinâmico
192.168.10.193    00-c0-9f-35-ad-8d      dinâmico
192.168.10.202    00-c0-9f-0c-2a-00      dinâmico
192.168.10.204    00-0f-20-cf-74-5c      dinâmico

Z:\>
  
```

Endereçamento - LAN

ARP Address Resolution Protocol

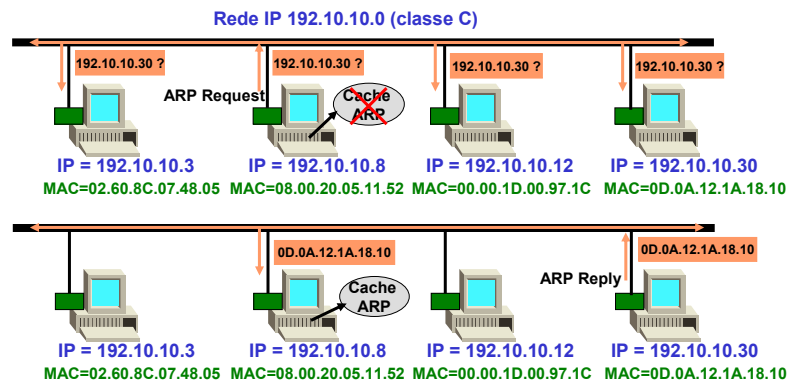
Resposta ao ARP



Endereçamento - LAN

Protocolo ARP

Exemplo: host **192.10.10.8** deseja enviar mensagem IP para host **192.10.10.30**



Endereçamento - LAN

ARP Address Resolution Protocol

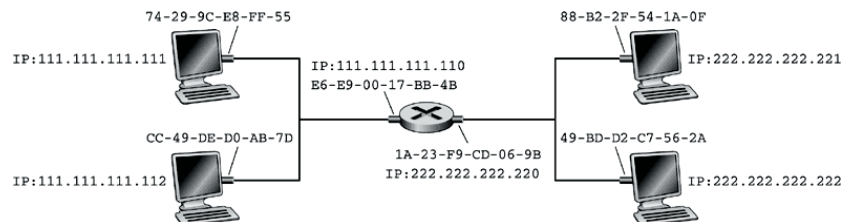


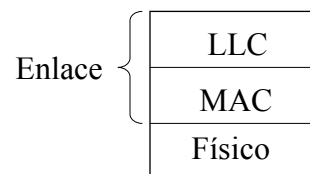
Fig. 5.21 - Kurose

Protocolo CSMA/CD

Protocolo CSMA/CD

Múltiplo Acesso

- Redes divididas em duas categorias
 - ponto-a-ponto
 - **canais de difusão**
- Responsabilidade da subcamada de enlace MAC (Medium Access Control)

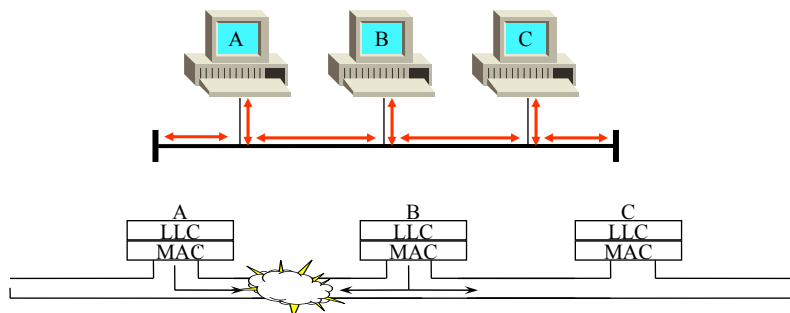


Protocolo CSMA/CD

- Alocação estática:
 - FDMA
 - TDMA
 - CDMA
- Alocação dinâmica:
 - Protocolos
 - Aloha
 - Slotted Aloha
 - CSMA (*Carrier Sense Multiple Access*)
 - CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*)
 - CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*)
 - Polling e Passagem de Ficha

Protocolo CSMA/CD

- As redes locais trabalham com canais de difusão.
- Em qualquer rede por difusão a questão fundamental é determinar quem tem direito de usar o canal quando há uma disputa por ele.



Protocolo CSMA/CD

Alocação Dinâmica de Canais em LANs

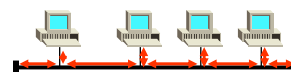
- Premissas fundamentais
 - Modelo da estação: N estações independentes que geram quadros para transmissões
 - Canal único: um canal para as transmissões
 - Colisão: quadros transmitidos simultaneamente
 - Há ou não detecção de portadora

Tanenbaum Cap.4.1 pag.279

Protocolo CSMA/CD

Alocação Dinâmica de Canais em LANs

Nó sempre transmite à taxa total do canal.



- Quando ocorre colisão os sinais são sobrepostos no tempo e o sinal resultante é adulterado.
- Tempo contínuo: transmissão pode acontecer em qualquer instante, não existe relógio mestre.
- Tempo segmentado: transmissões de quadro sempre começam no início de um slot.
- Quando não há a detecção da portadora somente mais tarde a estação consegue saber se a transmissão foi ou não bem sucedida.
- A premissa do canal único é o cerne da questão. Não existe comunicação externa, as estações não podem levantar as mãos para que o mestre as chame.

Protocolo CSMA/CD

Alocação Dinâmica de Canais em LANs

- Protocolos de Acesso Múltiplo com Acesso Aleatório
 - Aloha
 - Slotted Aloha
 - CSMA (*Carrier Sense Multiple Access*)
 - CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*)
 - CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*)
- Protocolos de Alocação por Demanda
 - Polling
 - Passagem de Ficha

Tanenbaum Cap.4.2 pag.281

Protocolo CSMA/CD

Protocolos de Acesso Aleatório - CSMA



- Método que “tenta” evitar a colisão
- “Escuta” o meio antes de transmitir
- Podem abortar a transmissão de quadros colididos (CSMA/CD) - eficiência
- Existem várias estratégias
 - np-CSMA
 - p-CSMA
 - CSMA/CD

CSMA - *Carrier Sense Multiple Access*

np - *non persistent*

Protocolo CSMA/CD

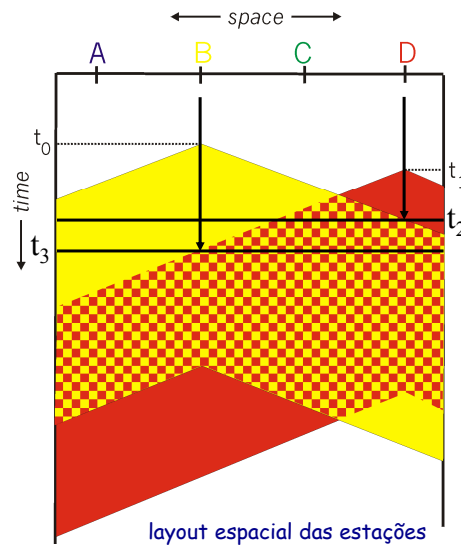
CSMA Colisões

Colisões ainda podem ocorrer:

por causa do tempo de propagação, um nó não pode escutar o outro, mesmo se a transmissão já tiver começado

Colisão:

pacote inteiro transmitido
desperdício de tempo



Kurose-Ross Cap.5.3.2 pag.316 / Tanenbaum Cap.4.2.2 pag.286

Protocolo CSMA/CD

Controle de Acesso ao Meio: CSMA/CD

- O método de acesso CSMA/CD executa três funções:
 - Transmitir e receber quadros de dados
 - Decodificar quadros de dados e verificar se os endereços são válidos, antes de passá-los às camadas superiores do modelo OSI
 - Detectar erros dentro dos quadros de dados ou na rede

Protocolo CSMA/CD

Operação do CSMA/CD

- Quando um nó deseja enviar dados, ele verifica primeiramente se os meios da rede estão ocupados.
- Se a rede estiver ocupada, aguarda até que fique desocupada.
- Se determinar que a rede não está ocupada, começa a transmitir.
- Ao transmitir um quadro, o nó “escuta” o meio para garantir que nenhuma outra estação esteja transmitindo ao mesmo tempo (colisão).

Protocolo CSMA/CD

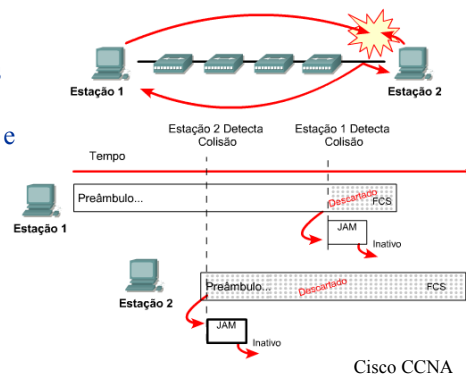
Operação do CSMA/CD

- Os dispositivos de rede detectam a ocorrência de uma colisão pelo aumento da amplitude do sinal nos meios físicos da rede.
- Quando ocorre uma colisão, cada um dos nós que está transmitindo continuará a transmitir por um curto espaço de tempo, para garantir que todos os dispositivos identifiquem a colisão.
- Depois que todos os dispositivos detectaram a colisão, um algoritmo de recuo (backoff) será invocado e a transmissão será interrompida.
- Os nós param então de transmitir durante um tempo aleatório determinado pelo algoritmo de backoff.
- Quando este período expirar, cada um dos nós envolvidos poderá tentar obter acesso aos meios físicos da rede.

Protocolo CSMA/CD

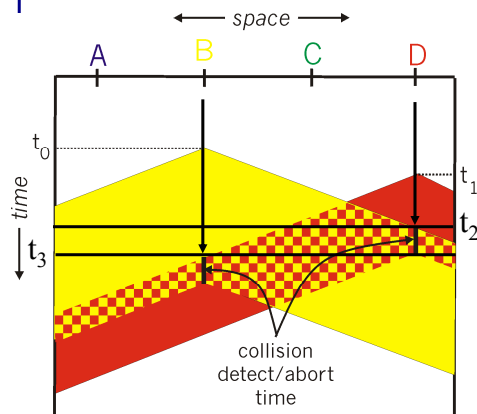
Operação do CSMA/CD

- Sinal de bloqueio (jam signal)
 - Garante que quaisquer dados sendo transmitidos sejam completamente corrompidos e todas as estações tenham a oportunidade de detectar a colisão.
 - Tempo de 48 bits



Protocolo CSMA/CD

Diagrama espacial - colisão



T_0 : Nó B inicia a transmissão

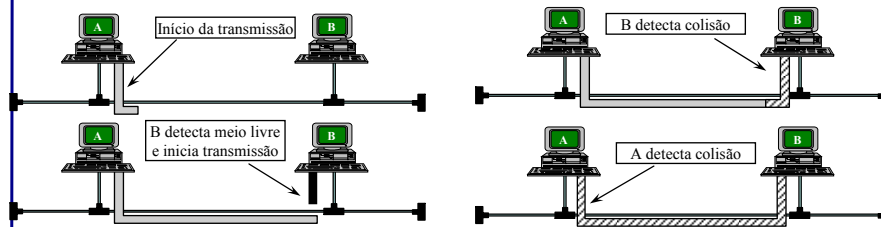
T_1 : Nó D inicia a transmissão

T_2 : Sinal de B chega em D

T_3 : Sinal de D chega em B

Protocolo CSMA/CD

Quadro Mínimo



$$M \geq 2 \cdot R \cdot t_p \text{ [bits]}$$

O quadro mínimo garante que a colisão será detectada

Protocolo CSMA/CD

Exercício

- Tanenbaum - Exercício 21, pag. 340
 - Considere a construção de uma rede CSMA/CD que funciona a 1 Gbps sobre um cabo de 1 km, sem repetidores. A velocidade do sinal no cabo é 200.000 km/s. Qual é o tamanho mínimo de quadro?

Protocolo CSMA/CD

Exercício

- Tanenbaum - Exercício 19, página 340
 - Uma LAN CSMA/CD de 10 Mbps (não 802.3) com extensão de 1 km tem uma velocidade de propagação de 200 m/μs. Não são permitidos repetidores nesse sistema. Os quadros de dados têm 256 bits, incluindo 32 bits de cabeçalho, verificação de erro e outras formas de *overhead*. O primeiro *slot* de bits depois de uma transmissão bem-sucedida é reservado para o receptor capturar o canal com o objetivo de enviar um quadro de confirmação de 32 bits. Qual será a taxa de dados efetiva, excluindo o *overhead*, se partirmos do princípio de que não há colisões?

Dispositivos de uma LAN

Dispositivos - LAN

Repetidor

- A finalidade de um repetidor é gerar os sinais da rede novamente e os retemporizar no nível do bit para que eles trafeguem em uma distância maior nos meios.

Transceiver

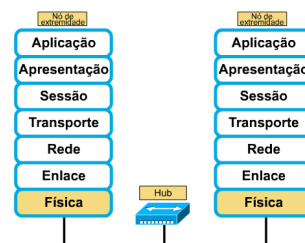
- Sua função é converter um tipo de sinal ou conector em outro.



Dispositivos - LAN

Hub

- Atua como um repetidor com múltiplas portas, retransmitindo o sinal recebido por uma de suas portas através das demais.
- Além de receber e regenerar sinais, os hubs executam as seguintes funções:
 - teste de integridade de cada link.
 - detecção e manipulação do excesso de colisões.

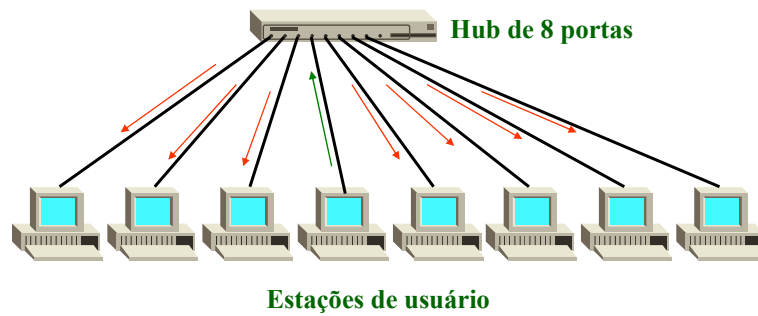


Cisco CCNA

Dispositivos - LAN

Hub

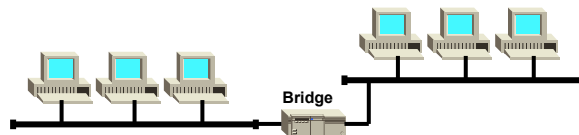
- Operação:



Dispositivos - LAN

Bridges (Pontes)

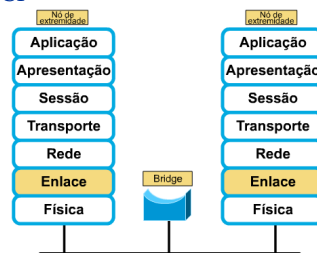
- São equipamentos utilizados para conectar segmentos diferentes de uma mesma rede
- Podem também interconectar segmentos de redes heterogêneas na camada de enlace
 - Ex.: segmento Ethernet com segmento Token Ring
- Possibilitam o isolamento do tráfego entre esses segmentos de rede
 - * Grande vantagem



Dispositivos - LAN

Bridges (Pontes)

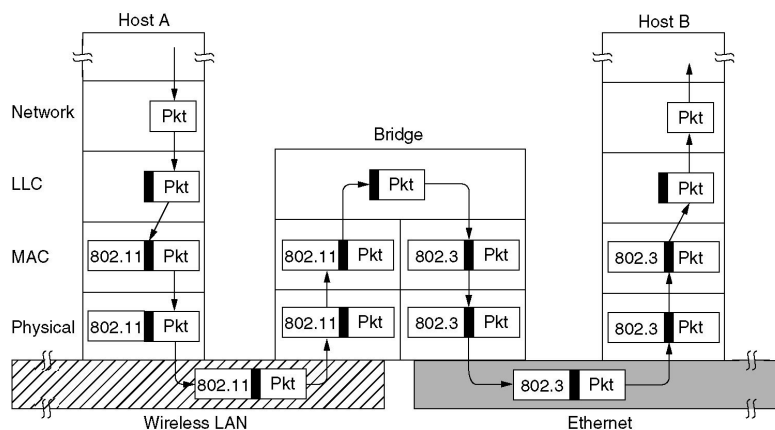
- Características:
 - Transparência
 - Não necessitam de endereçamento (exceto para gerência)
 - Utilizam os endereços MAC para o encaminhamento dos quadros
 - Operam na camada 2 do modelo OSI



Cisco CCNA

Dispositivos - LAN

Ex.: - bridge de 802.x para 802.y



Tanenbaum - Cap.4.7.1

Dispositivos - LAN

Ex.: - bridge de 802.x para 802.y

- ☒ Cada uma das LANs usa um formato de quadro específico
- ☒ LANs interconectadas não necessariamente funcionam na mesma taxa de dados
- ☒ LANs 802 têm tamanho de quadro diferentes

802.3	Destination address	Source address	Length	Data		Pad	Check-sum

802.11	Frame control	Dur-ation	Address 1	Address 2	Address 3	Seq.	Address 4	Data	Check-sum

802.16	0	E	Type	C	I	E	K	Length	Connection ID	Header CRC	Data	Check-sum

Tanenbaum Cap.4.4 pag.351

Dispositivos - LAN

Bridge - Operação

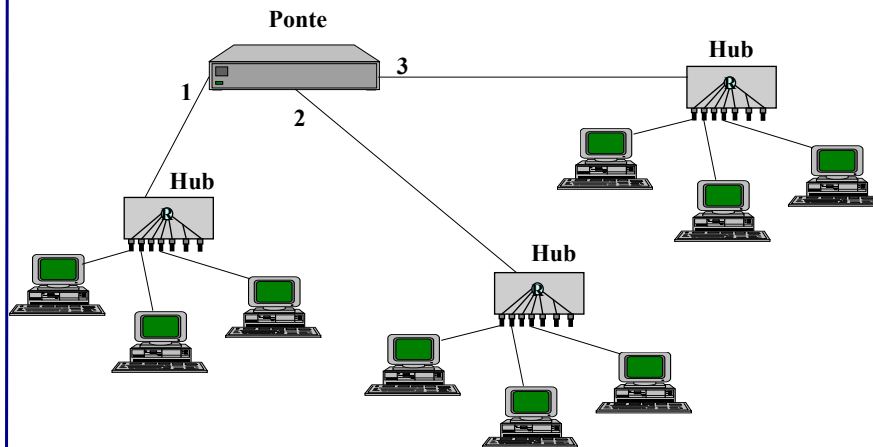
- Sua função é tomar decisões sobre repassar ou não os quadros para o próximo segmento da rede
 - filtra o tráfego entre dois ou mais segmentos de LAN
- As decisões baseadas em uma tabela de bridge, em função do endereço MAC destino do quadro recebido
- Aprendizagem, não precisa de configuração; tabela é atualizada dinamicamente.

Endereço MAC	Interface	Horário
62-FE-F7-11 -89-A3	1	9h32
7C-BA-B2-B4-91-10	3	9h36
...	...	...

Kurose/Ross - Cap.5.6.2 – Figura 5.29

Dispositivos - LAN

Bridge - Operação



Dispositivos - LAN

Bridge - Operação

- Se o dispositivo de destino estiver no mesmo segmento que o quadro, a bridge (filtra) esse quadro.
- Se o dispositivo de destino estiver em um segmento diferente, a bridge encaminha esse quadro ao segmento apropriado.
- Se o endereço de destino for desconhecido para a bridge, o quadro é enviado a todos os segmentos com exceção daquele de onde foi recebido (flooding).

Endereço MAC	Interface	Horário
62-FE-F7-11 -89-A3	1	9h32
7C-BA-B2-B4-91-10	3	9h36
...	...	...

Dispositivos - LAN

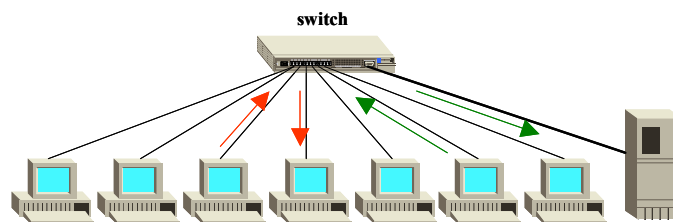
Switch (Comutador)

- Reduzem o congestionamento das LANs Ethernet aumentando sua largura de banda e reduzindo as colisões
→ aumentam seu desempenho.
- Permite que muitos usuários se comuniquem em paralelo através da utilização de circuitos virtuais e segmentos dedicados de rede em um ambiente virtualmente livre de colisões.
- Preserva todo o cabeamento e hardware existentes na mudança de ambiente de LAN compartilhada (hub) para LAN comutada (switch)

Dispositivos - LAN

Switch - Operação

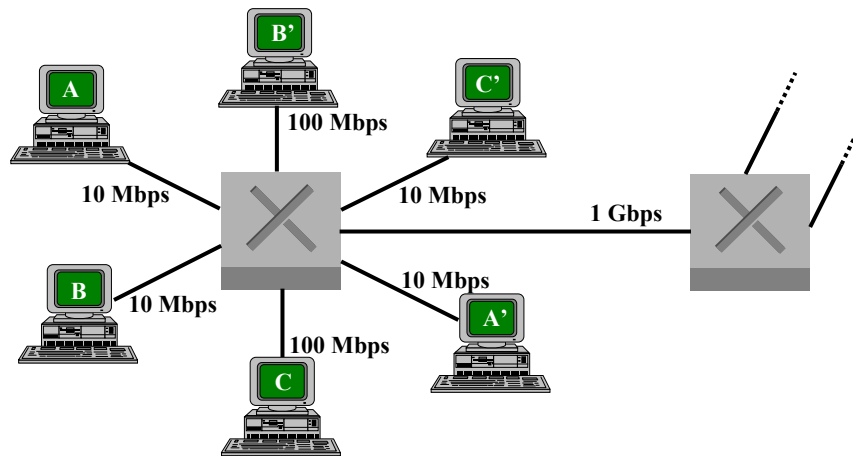
- Assim como as bridges, comutam quadros das portas de entrada para as portas de saída com base na sua tabela de comutação (endereços MAC)



Endereço MAC	Interface	Horário
62-FE-F7-11 -89-A3	1	9h32
7C-BA-B2-B4-91-10	3	9h36
...	...	...

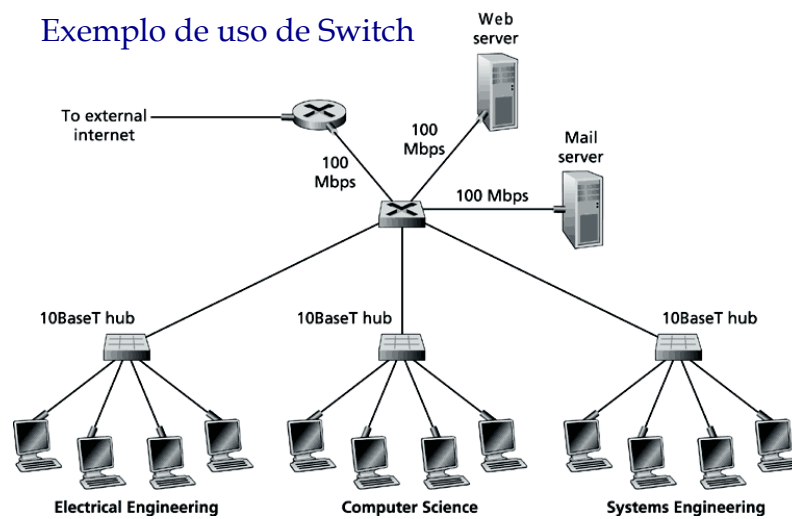
Dispositivos - LAN

Exemplo de uso de Switch



Dispositivos - LAN

Exemplo de uso de Switch



Dispositivos - LAN

Switch - Técnicas de Comutação

- Storage and Forward (armazena e encaminha)
 - Quadro é recebido por completo no buffer, para então realizar a localização na tabela.
 - Permite verificação - CRC
- Cut-Through (encaminhamento rápido)
 - Fast Forward
 - espera apenas a recepção do endereço MAC destino para realizar a localização na tabela
 - Fragment Free
 - espera a recepção dos primeiros 64 bytes (tamanho mínimo do quadro Ethernet), evitando que quadros colididos sejam retransmitidos

Dispositivos - LAN

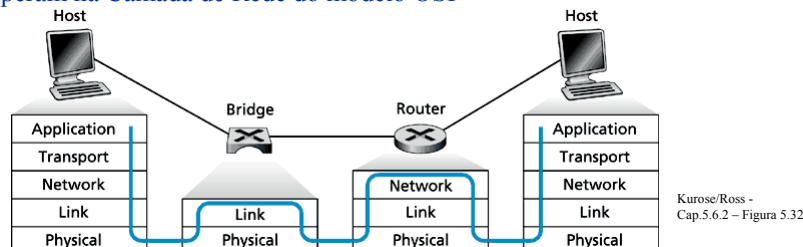
Comutação Acelerada Cut-Through Switching

- Se a parte final do pacote ainda não chegou, mesmo assim a parte inicial já começa a ser transmitida.
- Antes de começar a transmitir deve chegar a parte do pacote que contém o endereço de destino.
- Atraso só é reduzido quando o enlace de saída está levemente carregado.

Dispositivos - LAN

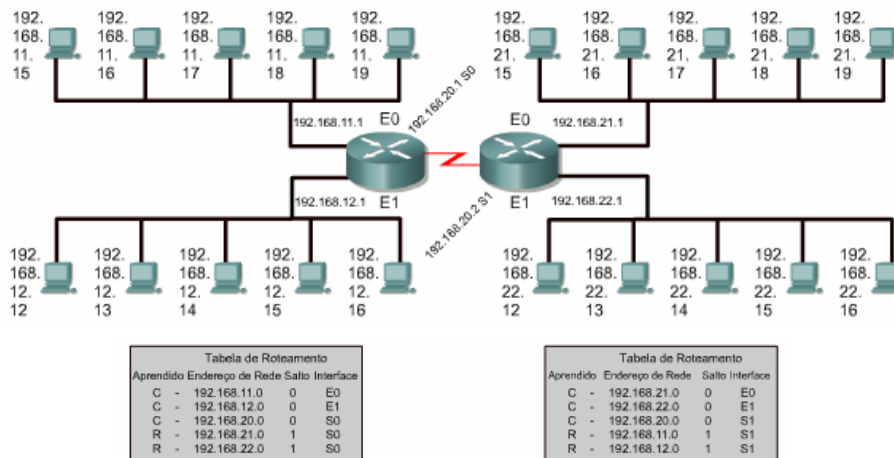
Roteador

- Permite interconectar redes lógicas distintas
 - Conectam redes locais diferentes
 - Conectam redes locais com redes longa-distância
- Dentro de um ambiente de rede local bloqueia os broadcasts, fornece serviços de resolução de endereços locais, como ARP e RARP e pode segmentar a rede usando uma estrutura de sub-redes.
- Operam na Camada de Rede do modelo OSI



Dispositivos - LAN

Roteador - Operação



Dispositivos - LAN

Comparação entre os Dispositivos de Interconexão

	hubs	bridges	routers	Ethernet switches
traffic isolation	no	yes	yes	yes
plug and play	yes	yes	no	yes
optimal routing	no	no	yes	no
cut-through	yes	no	no	yes

Segmentação de LANs

Segmentação

- Processo pelo qual se divide uma rede em vários domínios de colisão (camada 2) ou vários domínios de broadcast (camada 3)

Microsegmentação

- Segmento de rede onde existem apenas dois hosts (o host e a porta do switch onde a máquina está conectada)
- Cada porta do switch possui um único host

Segmentação de LANs

Domínio de colisão

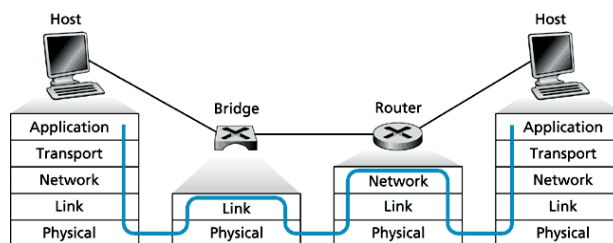
- Grupo de hosts que compartilham um mesmo segmento físico
- Quanto maior o número de hosts, maior a probabilidade de colisões
 - Para dividir domínios de colisão → dispositivos de camada 2

Domínio de broadcast

- Grupo de hosts que compartilham um mesmo segmento lógico (uma mesma rede ou sub-rede)
 - Para dividir domínios de broadcast → dispositivos de camada 3

Segmentação de LANs

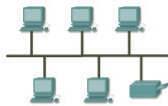
- Bridges/Pontes comutam quadros (camada 2)
 - Segmentam a rede isolando domínios de colisão
- Roteadores comutam pacotes (camada 3).
 - Segmentam a rede isolando domínios de broadcast



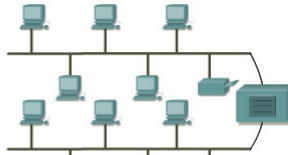
Segmentação de LANs

- Dispositivos de camada 1 permitem apenas estender os domínios de colisão

O Acesso Compartilhado é um Domínio de Colisão



Domínio de Colisão - Estendido pelo Repetidor



Domínio de Colisão - Criado pelo hub



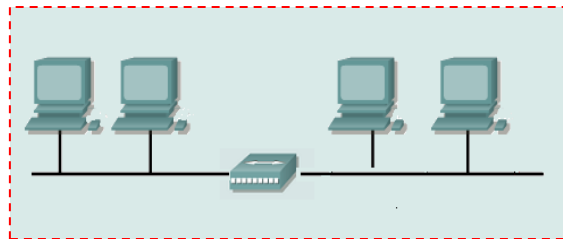
Domínio de Colisão - Estendido pelo Repetidor



Cisco CCNA

Segmentação de LANs

Segmento de rede - camada 1



--- 1 domínios de colisão
--- 1 domínio de broadcast

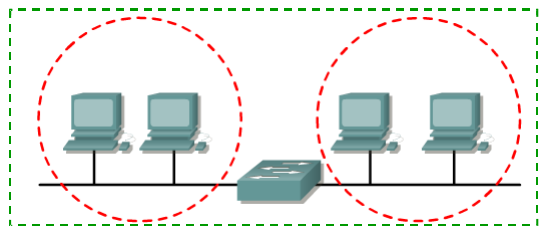
Segmentação de LANs

Segmentação da rede – camada 2

- Bridge
 - Geralmente possui apenas duas portas e divide a rede em dois segmentos (dois domínios de colisão)
 - Permite criar domínios de colisão, mas não adiciona domínios de broadcast (não tem efeito sobre a propagação de broadcast)
- Switch
 - É essencialmente uma bridge rápida multiportas, que pode conter dezenas de portas (cada porta cria seu próprio domínio de colisão)

Segmentação de LANs

Segmentação da rede – camada 2

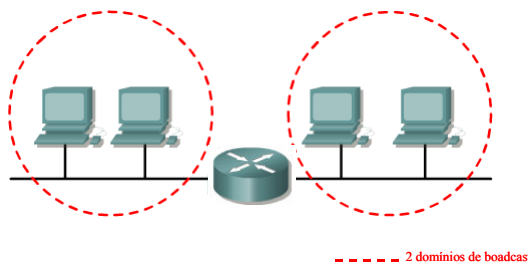


--- 2 domínios de colisão
--- 1 domínio de broadcast

Segmentação de LANs

Segmentação da rede – camada 3

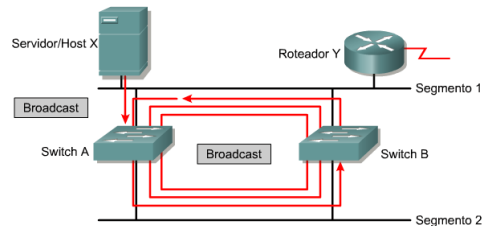
- Roteador
 - Permite dividir, além do domínio de colisão, domínios de broadcast
 - Cada sub-rede constitui um novo domínio de broadcast



Segmentação de LANs

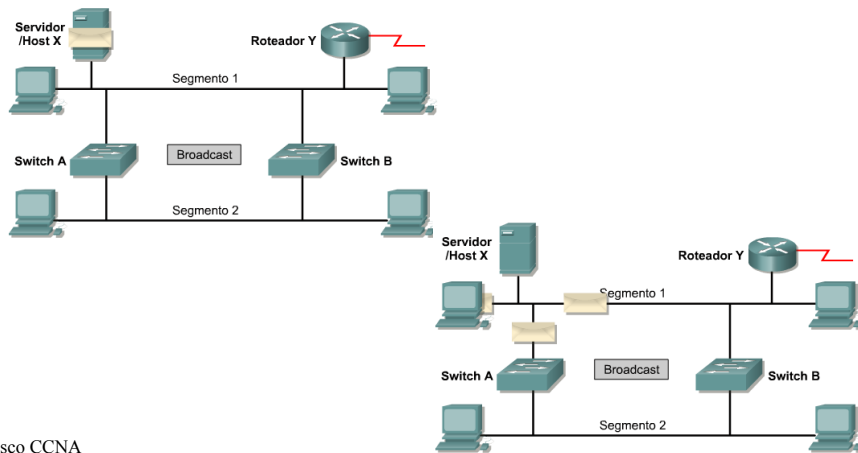
STP - Spanning-Tree Protocol

- Redes comutadas são freqüentemente projetadas com caminhos redundantes para proporcionar confiabilidade e tolerância a falhas.
- Esses caminhos redundantes podem ter efeitos colaterais indesejáveis: loops de comutação, que podem resultar em tempestades de broadcast (número de quadros cresce exponencialmente).
- A função do STP é neutralizar a possibilidade desses loops



Segmentação de LANs

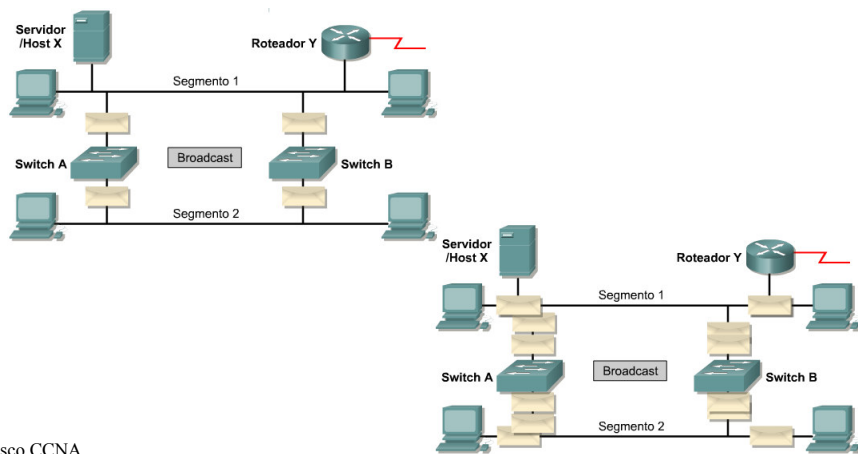
STP - Spanning-Tree Protocol



Cisco CCNA

Segmentação de LANs

STP - Spanning-Tree Protocol



Cisco CCNA

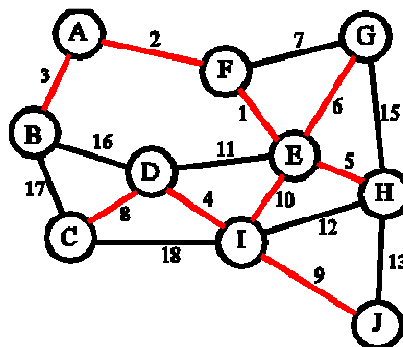
Segmentação de LANs

STP - Spanning-Tree Protocol

- Cada switch da rede local envia mensagens denominadas BPDUs (Bridge Protocol Data Units) a todas as suas portas para informar aos outros switches da sua existência e para eleger uma bridge raiz para a rede.
- Os switches então usam o STA (Spanning-Tree Algorithm) para resolver e suspender os caminhos redundantes.
- O resultado da resolução e eliminação de loops com a utilização de STP é a criação de uma árvore hierárquica lógica sem loops.
 - No entanto, os caminhos alternativos ainda estarão disponíveis, caso sejam necessários.

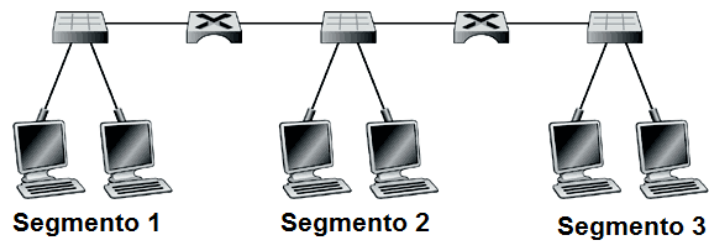
Segmentação de LANs

STP - Spanning-Tree Protocol



Segmentação de LANs

- Este tipo de segmentação não é recomendada.



2. Padrão IEEE 802.3 (Ethernet)

Ethernet - Características

Evolução

- Início dos anos 70 – Xerox – Bob Metcalfe e David Boggs
 - Base: Universidade do Havaí – Abramson – ALOHAnet
 - Meio compartilhado (coaxial) com uso do CSMA/CD
- Consórcio DIX (Digital-Intel-Xerox) – 1980
- Padrão IEEE 802.3 – 1985
 - Ethernet comutada nos anos 90

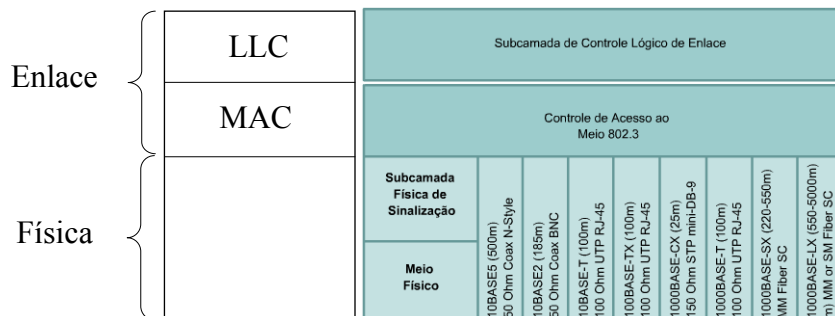
Vantagens

- Simplicidade e facilidade de manutenção
- Capacidade de introdução de novas tecnologias
- Confiabilidade
- Instalação e atualização econômicas

Ethernet - Características

IEEE 802.3 e o Modelo OSI

- Os padrões IEEE envolvem apenas as duas primeiras camadas do Modelo OSI, camadas Física e Enlace, onde a camada de enlace é ainda subdividida em duas subcamadas: LLC (Logical Link Control) e MAC (Media Access Control)



Cisco CCNA

Ethernet - Características

Padrão IEEE 802.3 e o Modelo OSI

E N L A C E F Í S I C A	L	IEEE 802.2 Serviço sem reconhecimento e sem conexão	I E E E 8 0 2 . 3
	L		
	C		
	M	Método de acesso CSMA/CD	
	A		
	C		
		Coaxial bandabase 10 Mbps (fino e grosso)	
		Par Trançado 10, 100, 1.000 e 10.000 Mbps	
		Fibra 10 Gbps	

Ethernet - Características

Subcamada LLC (Logical Link Control)

- A função da subcamada LLC é permitir que a camada de enlace funcione independentemente das tecnologias existentes.
- O LLC pega os dados do protocolo de rede e adiciona informações de controle para ajudar na entrega desse pacote ao seu destino.
 - Adiciona dois componentes de endereçamento da especificação 802.2 (LLC): o Destination Service Access Point (DSAP) e o Source Service Access Point (SSAP).
- Esse pacote é empacotado novamente, trafega para a subcamada MAC para ser tratado pela tecnologia específica para encapsulamento
- O LLC é definido na especificação IEEE 802.2 e suporta tanto serviços sem conexão quanto serviços orientados para conexão, usados por protocolos de camadas superiores.

Ethernet - Características

Subcamada MAC (Media Access Control)

- A subcamada de Controle de Acesso ao Meio (MAC - Media Access Control) trata dos protocolos que um host segue para acessar os meios físicos.

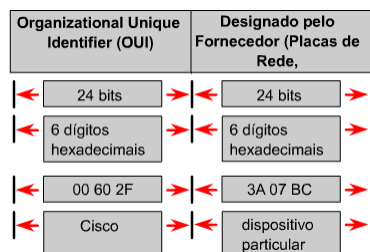
Resumindo (funções da camada de enlace-camada 2):

- Se comunica com as camadas de nível superior através do Controle Lógico de Enlace (LLC - Logical Link Control).
- Usa uma convenção de endereçamento simples (nomeação refere-se à atribuição de identificadores exclusivos: endereços MAC).
- Usa o enquadramento para organizar ou agrupar os dados.
- Usa o Controle de Acesso ao Meio (MAC - Media Access Control) para permitir que um computador transmita, em um grupo onde todos os computadores estejam tentando transmitir ao mesmo tempo.

Ethernet - Características

Endereçamento MAC

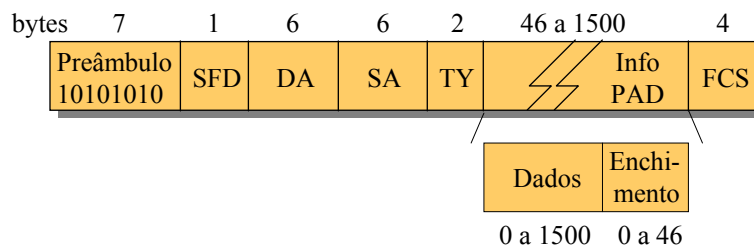
- Endereçamento Físico
- Endereço não hierárquico



Cisco CCNA

Ethernet - Características

FORMATO DO QUADRO

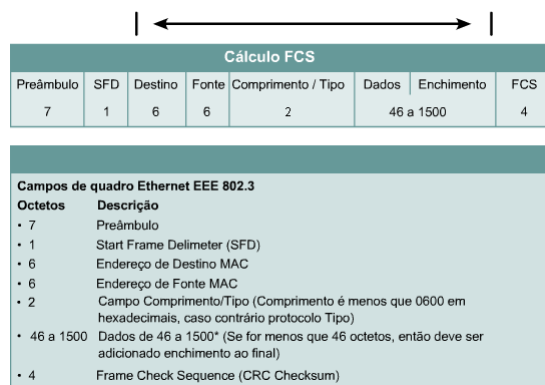


- Quadros válidos - 64 bytes (512 bits)
- Preâmbulo - 10MHz por 5,6µs
- SFD - 10101011
- TY - Type - multiplexar os quadros para diferentes protocolos - IP tem número próprio
- PAD - *Packet Assembler Disassembler*

Kurose-Ross Cap.5.5 pag.324 / Tanenbaum Cap.4.3.1 pag.315

Ethernet - Características

Formato do quadro Ethernet IEEE 802.3



Cisco CCNA

Ethernet - Características

Formato do quadro Ethernet II (DIX)

Preâmbulo	Destino	Fonte	Tipo	Dados	Enchimento	FCS
8	6	6	2	46 a 1500		4

Octetos	Descrição
• 8	Preâmbulo (terminando no padrão 10101011, o 802.3 SFD)
• 6	Endereço de Destino MAC
• 6	Endereço de Fonte MAC
• 46 a 1500	Dados de 46 a 1500* (Se for menos que 46 octetos, então deve ser adicionado enchimento ao final)
• 2	Campo de Tipo
• 4	Frame Check Sequence (CRC Checksum)

- Padrão introduzido por DIX.
- Usado pelas redes TCP/IP
- Usa campo de Tipo para determinar o protocolo de camada superior.
- Exemplos de Tipo:
 - 0x0800=IPv4
 - 0x0806=ARP

Cisco CCNA

Ethernet - Características

Formato do quadro Ethernet

- Preâmbulo: padrão de uns e zeros alternantes usado para a sincronização da temporização em Ethernet assíncrona de 10 Mbps. As versões mais rápidas da Ethernet são síncronas, e essa informação de temporização é redundante mas mantida para fins de compatibilidade.
- Delimitador de Início de Quadro: campo de um octeto que marca o final das informações de temporização e contém a sequência de bits 10101011.
- Endereço de Destino: contém o endereço de destino MAC.
- Endereço de Origem: endereço de origem MAC.

Ethernet - Características

Formato do quadro Ethernet

- Comprimento/Tipo (se inferior a 1536 decimal (0x600) indica o comprimento):
 - O valor do tipo especifica o protocolo da camada superior.
 - O valor do comprimento indica o número de bytes de dados que vêm depois desse campo.
- Dados e enchimento (padding), se necessário, pode ser de qualquer tamanho desde que não exceda o tamanho máximo do campo (MTU = 1500 octetos). O quadro Ethernet deve ter entre 64 e 1518 octetos.
- FCS: controle de erros. Contém um valor CRC de 4 bytes criado pelo dispositivo emissor e recalculado pelo dispositivo receptor para verificar se há quadros danificados.

Ethernet - Características

Serviço não orientado à conexão.

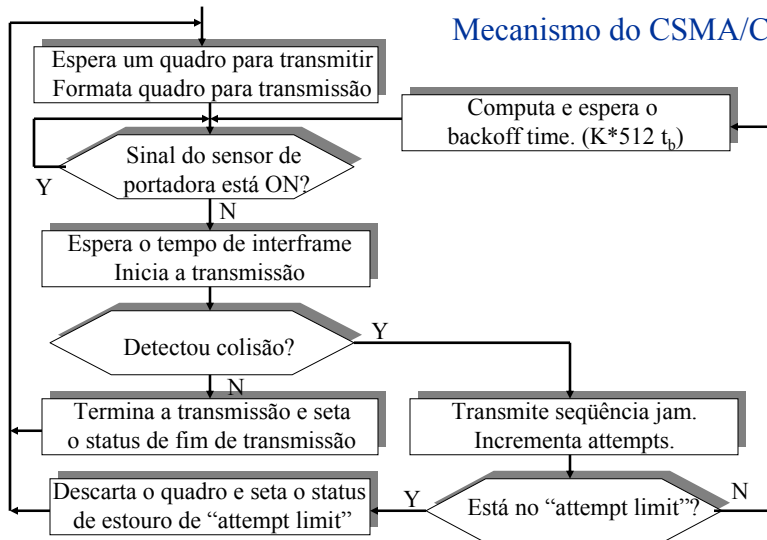
- O datagrama é encapsulado e enviado ao destinatário sem estabelecer conexão.
- Análogo ao serviço de datagrama IP da camada 3 e ao serviço UDP da camada 4.

Serviço não confiável.

- Destinatário não envia confirmação, nem em caso de erro. O datagrama é simplesmente descartado.
- Em caso de erro (checksum) as camadas superiores não confirmam o recebimento e o remetente retransmite.

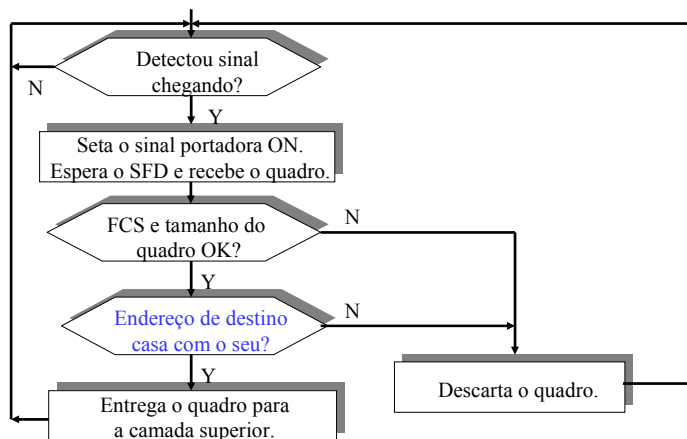
Ethernet - Características

Mecanismo do CSMA/CD - Tx



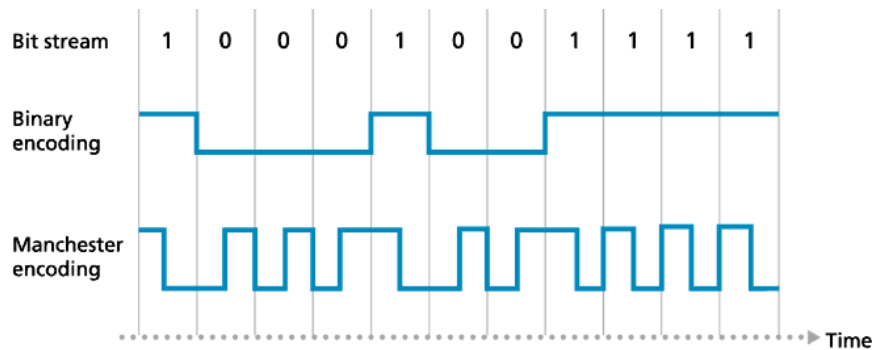
Ethernet - Características

Mecanismo do CSMA/CD - Rx



Ethernet - Características

Ethernet - Codificação de Linha



Codificação Manchester

Ethernet - Características

Autonegociação

- Com o crescimento da Ethernet (10/100/1000 Mbps), uma exigência era possibilitar a interoperabilidade de cada uma destas tecnologias, a ponto de permitir a conexão direta entre diferentes interfaces.
- Foi elaborado então um processo denominado Autonegociação de velocidades em half-duplex ou full-duplex.
- A Autonegociação é realizada pela transmissão de uma rajada de Link Pulses 10BASE-T de cada um dos parceiros interligados.
- A rajada comunica as capacidades da estação transmissora ao seu parceiro interligado. Após ambas as estações interpretarem o que a outra parte está oferecendo, cada uma alterna para a configuração de desempenho conjunto mais alto e estabelecem um link naquela velocidade.

Ethernet - Características

Protocolo de Auto-Negociação

- Para meios com cabo metálico.
- Possibilita configuração automática em um link ponto-a-ponto de:
 - Taxa de transmissão.
 - Modo de operação.
- Ocorre na inicialização do link, antes de qualquer envio de dados.
- Cada porta do *switch* negocia de forma independente com a estação conectada ao seu link.

Ethernet - Características

Protocolo de Auto-Negociação

- O enlace é continuamente monitorado, para em caso de interrupção, aconteça a Auto-Negociação em seu retorno.
- A sinalização de Auto-Negociação é composta por 33 pulsos curtos (100 ns).
 - 17 pulsos com informação de clock.
 - 16 pulsos com dados para negociação.

D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15
S0	S1	S2	S3	S4	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	RF	Ack	NP

Ethernet - Características

Protocolo de Auto-Negociação

Bit	Nome do Campo	Descrição
D0-D4	Campo Seletor - Tipo de Tecnologia (S0 a S4)	Identifica o tipo de tecnologia LAN utilizada. Para Ethernet: S0 = 1 e S1=S2=S3=S4=0
D5-D12	Campo de Recurso de Tecnologia (A0 a A7)	Indica recursos suportados pela interface. A0: 10Base-T A1: 10Base-T <i>full-duplex</i> A2: 100Base-TX A3: 100Base-TX <i>full-duplex</i> A4: 100Base-T4 A5: Operação PAUSE para controle de fluxo A6 e A7: Reservados
D13	Indicador de falha remota	
D14	Indicador de recebimento	D14=1, sucesso no recebimento
D15	Sinalização de próxima página	D15=1, mais mensagem na próxima página

Ethernet – 10 Mbps

Ethernet de 10 Mbps

- Ethernet 10BASE5, 10BASE2 e 10BASE-T são consideradas Ethernet Legadas (Antigas)
- As quatro características comuns em todos os tipos de Ethernet legadas são: os parâmetros de temporização, o formato de quadros, o processo de transmissão e as regras básicas de projeto

Ethernet - Características

PARÂMETROS IEEE 802.3 (Ethernet)

Taxa de bits (Bit rate)	10 Mbps (Manchester)
Tempo de quadro (Slot time)	512 bit times (51,2 μ s)
Tempo entre quadros (Interframe gap)	9,6 μ s
Limite de tentativas (Attempt limit)	16
Limite do <i>Backoff</i> (Backoff limit)	$2^{10} = 1024$
Tamanho rajada de ruído (Jam size)	48 bits
Tamanho máximo do quadro (Maximum frame size)	1518 octetos
Tamanho mínimo do quadro (Minimum frame size)	512 bits (64 bytes)

- $2500[m] / 2 \times 10^8[m/s] = 12,5\mu s * 2 = 25\mu s$ (propagação).
- $25\mu s$ propagação + $25\mu s$ repetidores = $50\mu s$.
- Equivale a 500 bits para 10Mbps ($50\mu s * 10Mbps = 500bits$).
- O padrão especifica para o pior caso um atraso de propagação de $50\mu s$, incluindo o atraso dos repetidores.

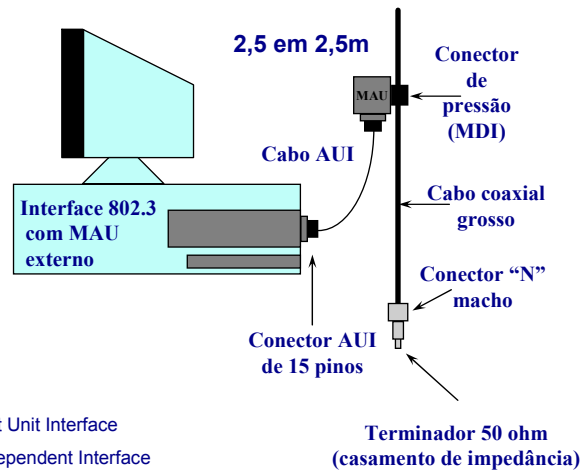
Ethernet – 10 Mbps

Ethernet 10Base5 (1980)

- Taxa de transmissão: 10 Mbps
- Meio: cabo coaxial grosso (thicknet)
- Codificação: manchester
- Transmissão: half-duplex
- Comprimento do cabo: 500 m por segmento/máximo de 5 segmentos

Ethernet – 10 Mbps

Ethernet 10Base5 (1980)



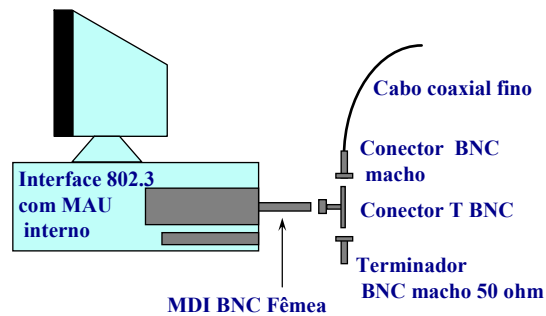
AUI - Attachment Unit Interface

MDI - Medium Dependent Interface

Ethernet – 10 Mbps

Ethernet 10Base2 (1985)

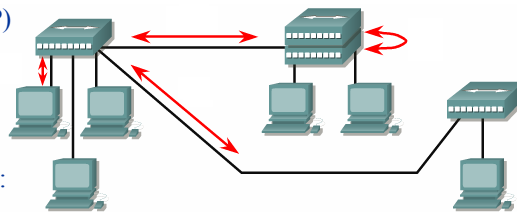
- Taxa de transmissão: 10 Mbps
- Meio: cabo coaxial fino (thinnet)
- Codificação: manchester
- Transmissão: half-duplex
- Comprimento do cabo: 185 m por segmento/máximo de 5 segmentos



Ethernet – 10 Mbps

Ethernet 10BaseT (1990)

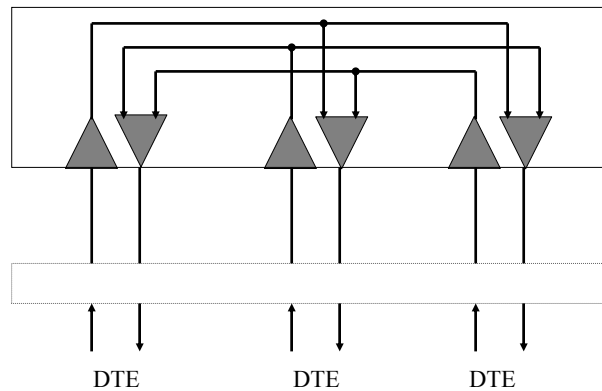
- Taxa de transmissão:
 - 10 Mbps
- Meio:
 - Par trançado (UTP)
 - Categoria 3 ou superior
- Codificação:
 - Manchester
- Comprimento do cabo:
 - 100 m
- Topologia:
 - Estrela ou estrela estendida)
- Conector: RJ45



Cisco CCNA

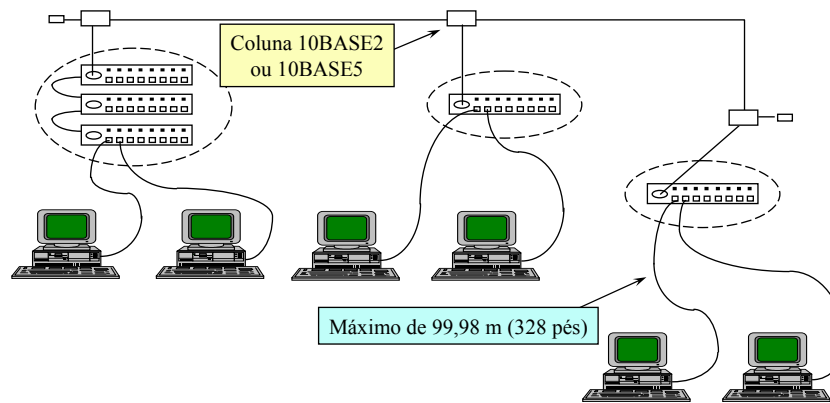
Ethernet – 10 Mbps

Ethernet 10BaseT (1990)



Ethernet – 10 Mbps

Ethernet 10BaseT (1990)



Ethernet – 10 Mbps

Padrões para o nível físico

– Ethernet Legada

Name	Cable	Max. seg.	Nodes/seg.	Advantages
10Base5	Thick coax	500 m	100	Original cable; now obsolete
10Base2	Thin coax	185 m	30	No hub needed
10Base-T	Twisted pair	100 m	1024	Cheapest system
10Base-F	Fiber optics	2000 m	1024	Best between buildings

Tanenbaum - Cap.4.3.1 – Figura 4.13

Ethernet – 100 Mbps

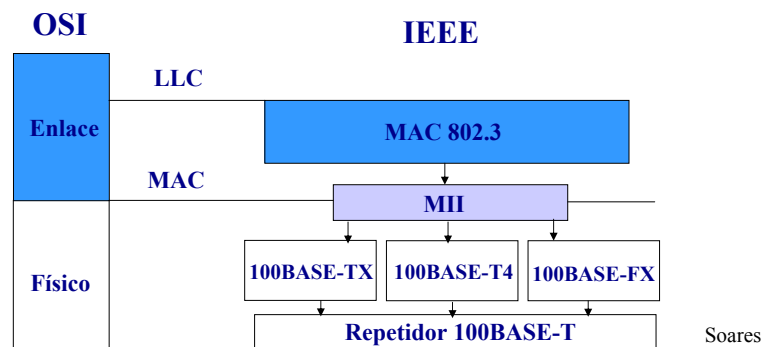
Fast Ethernet - IEEE 802.3u

- Início dos trabalhos em 1992, finalizado em 1995.
- Razões para se continuar com o padrão Ethernet*.
 - Necessidade de retrocompatibilidade.
 - Novo protocolo - problemas imprevistos.
 - Rapidez para terminar o trabalho antes que a tecnologia fosse alterada.

*Tanenbaum

Ethernet – 100 Mbps

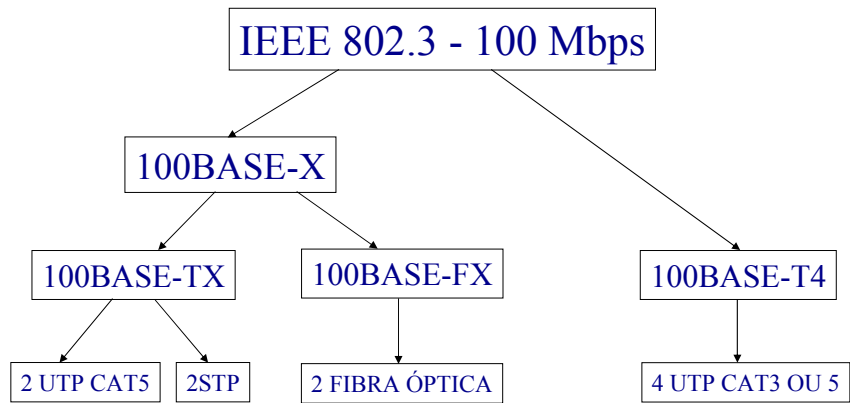
Fast Ethernet - IEEE 802.3u - Camadas



MII - Media Independent Interface

Ethernet – 100 Mbps

Fast Ethernet - IEEE 802.3u



Stallings

Ethernet – 100 Mbps

Fast-Ethernet

- 100BASE-TX
 - Dois pares de cabo UTP ou STP – categoria 5
 - Codificação/Decodificação: 4B/5B + MLT-3
- 100BASE-FX
 - Dois pares de cabos de fibra óptica multimodo
 - Codificação/Decodificação: 4B/5B + NRZ-1
- 100BASE-T4
 - Quatro pares de cabo UTP ou STP – categoria 3
 - Codificação/Decodificação: 8B/6T

Ethernet – 100 Mbps

- Cabeamento para Fast-Ethernet
 - Máximo 100 metros.
 - Uso de hub.
 - Podem usar enlaces de fibra para conectar hubs.

Name	Cable	Max. segment	Advantages
100Base-T4	Twisted pair	100 m	Uses category 3 UTP
100Base-TX	Twisted pair	100 m	Full duplex at 100 Mbps 2 CAT 5 UTP
100Base-FX	Fiber optics	2000 m	Full duplex at 100 Mbps; long runs
100Base-T2	Twisted pair	100 m	Uses category 3 UTP; full-duplex

Fibra multimodo.

Ethernet – 100 Mbps

Fast-Ethernet

- Parâmetros de temporização

Parâmetro	Valor
Bit Time (tempo de bit)	10 nanoseconds (ns)
Slot Time	512 tempos de bit, 64 octetos
Interframe Spacing (espaçamento entre quadros)	96 bits
Collision Attempt Limit	16
Collision Backoff Limit	10
Collision Jam Size	48 bits
Maximum Untagged Frame Size	1518 octetos
Minimum Frame Size	512 bits (64 octetos)

Cisco CCNA

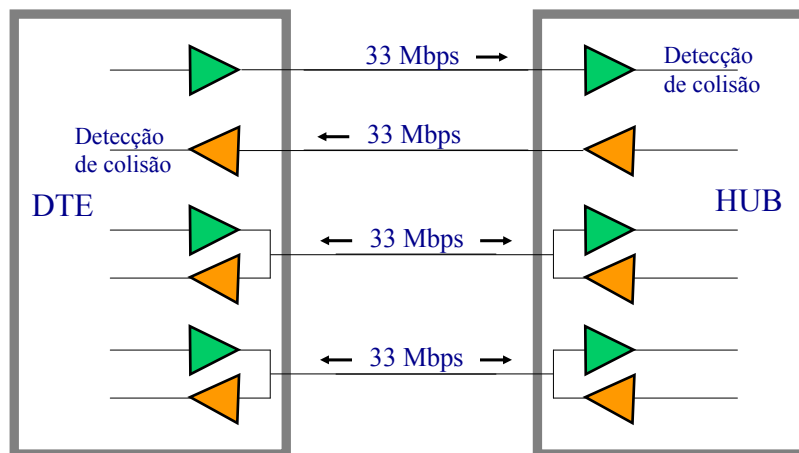
Ethernet – 100 Mbps

Fast Ethernet - Camada Física

- 100Base-T4
 - 4 pares UTP categoria 3,4 ou 5.
 - *Half-duplex*.
 - Enquanto 3 pares são usados para transferência de dados o quarto par detecta colisões.
 - Codificação 8B6T.

Fast Ethernet - Camada Física

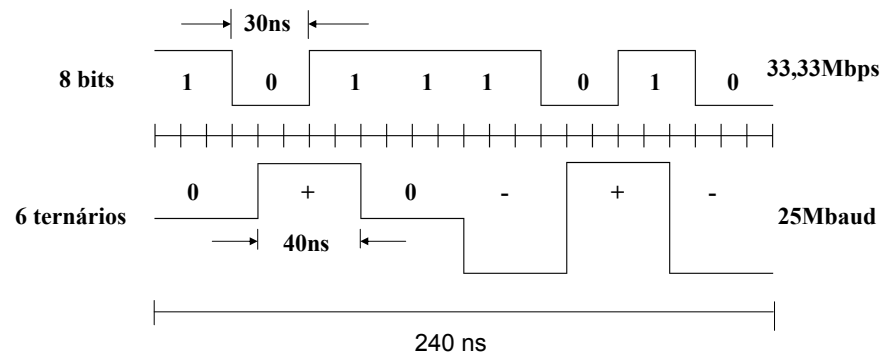
- 100Base-T4



Enquanto 3 pares transmitem dados o quarto detecta colisão.

Ethernet – 100 Mbps

- 100Base-T4 (8B/6T)

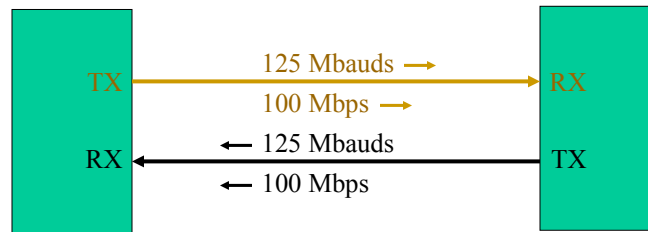


Ethernet – 100 Mbps

- 100Base-T2
 - 2 pares UTP categoria 3,4 ou 5.
 - *Full-duplex*.
 - Sinalização de linha quinária.
 - Taxa de sinalização de linha de 25 Mbaud.
 - Uso de DSP (Digital Signal Processing).

Ethernet – 100 Mbps

- 100Base-TX
 - 2 pares UTP categoria 5.
 - Full-duplex ponto-a-ponto.
 - 2 pares, um para transmitir e outro para receber, a uma taxa de relógio de 125 MHz.
 - Codificação 4B5B (eficiência 80%).
 - Compatível com FDDI na camada física.



Ethernet – 100 Mbps

Camada Física

100Base-TX

Codificação 4B5B

Símbolo	Valor (5 bits)
Símbolos de dados	
0000	11110
0001	01001
0010	10100
0011	10101
0100	01010
0101	01011
0110	01110
0111	01111
1000	10010
1001	10011
1010	10110
1011	10111
1100	11010
1101	11011
1110	11100
1111	11101
Símbolos de controle	
Quiet	00000
Idle	11111
Halt	00100
Starting Delimeter J	11000
Starting Delimeter K	10001
Starting Delimeter T	01101
Control Reset	00111
Control Set	11001

Ethernet – 1000 Mbps

Gigabit Ethernet

- Trabalhos de padronização iniciados em 1996 e finalizados em 1999.
- Objetivos
 - Permitir operações half-duplex e full-duplex em velocidades de 1000Mbps.
 - Utilizar o formato do quadro Ethernet 802.3.
 - Utilizar método de acesso CSMA/CD para um domínio de colisão.
 - Oferecer compatibilidade com as tecnologias 10Base-T e 100Base-T.

Ethernet – 1000 Mbps

Gigabit Ethernet

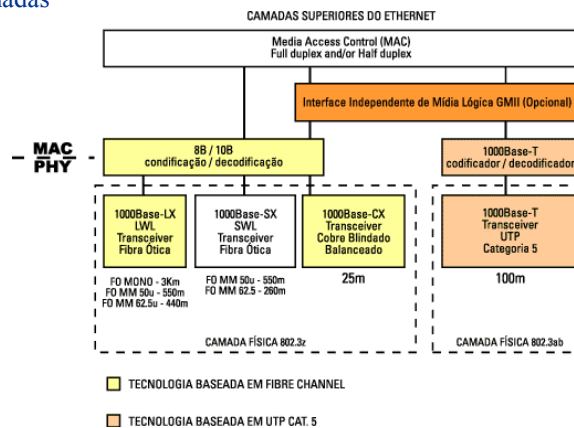
- Características
 - IEEE 802.3z: Fibra óptica (e par metálico STP**).
 - IEEE 802.3ab: Par metálico UTP (1000Base-T).
 - Total compatibilidade com os sistemas Ethernet já existentes.
 - Alterações somente na camada física.
 - » Codificação de linha 8B/10B + NRZ – fibra óptica.
 - » Codificação de bloco 4D-PAM5 para par trançado.
 - Operação full-duplex a 1000 Mbps para canais ponto a ponto.

** sem implementação

Ethernet – 1000 Mbps

Gigabit Ethernet

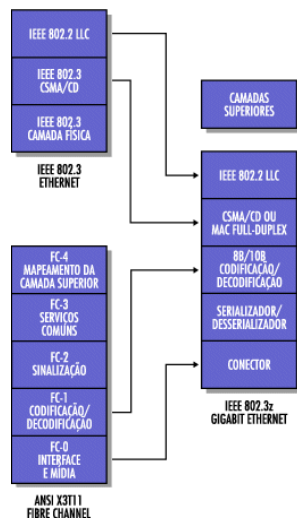
– Camadas



GMII - Gigabit Medium Independent Interface

Ethernet – 1000 Mbps

Gigabit Ethernet Pilha de Protocolos

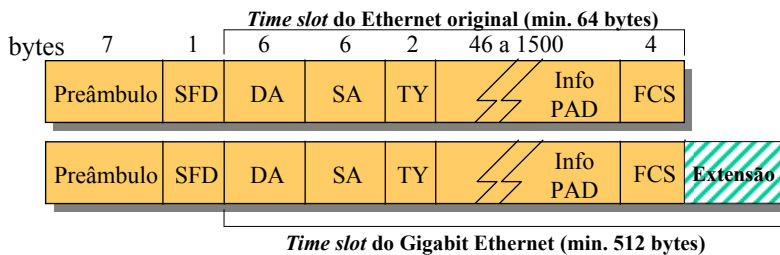


- Para fibra óptica foram adotadas as especificações do já estabelecido padrão ANSI X3T11 *Fibre Channel*, para sinalização de camada física.

Ethernet – 1000 Mbps

Gigabit Ethernet

- Formato do quadro:
 - Time slot estendido de 64 para 512 bytes
 - Desempenho resolvido com o packet bursting.
 - Extensão adicionada/retirada pelo hardware Tx/Rx



Ethernet – 1000 Mbps

Gigabit Ethernet

- O padrão 1000BASE-X (IEEE 802.3z) especifica 1 Gbps full-duplex sobre fibra óptica.
- O padrão 1000BASE-T (IEEE 802.3ab) usa par trançado balanceado categoria 5, ou acima.
- 1000BASE-T, 1000BASE-SX e 1000BASE-LX usam os mesmos parâmetros de temporização

Ethernet – 1000 Mbps

Gigabit Ethernet

– Camada Física

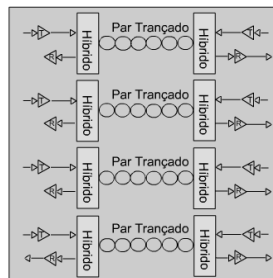
Name	Cable	Max. segment	Advantages
1000Base-SX	Fiber optics	550 m	Multimode fiber (50, 62.5 microns)
1000Base-LX	Fiber optics	5000 m	Single (10 μ) or multimode (50, 62.5 μ)
1000Base-CX	2 Pairs of STP	25 m	Shielded twisted pair
1000Base-T	4 Pairs of UTP	100 m	Standard category 5 UTP

Tanenbaum – Cap. 4.3.8 - Figura 4.23

Ethernet – 1000 Mbps

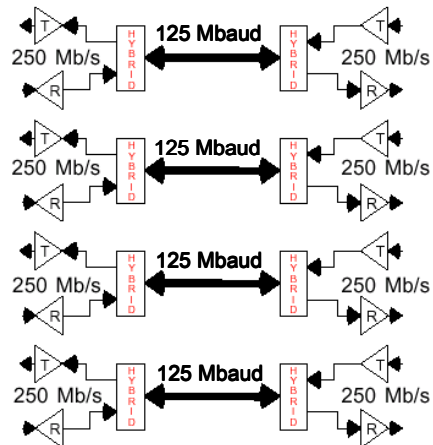
Gigabit Ethernet

- 1000BaseT (IEEE 802.3ab)
 - Suporta operação half-duplex ou full-duplex
 - Usa codificação 4D-PAM5, em cabos categoria 5e (ou acima)
 - 250Mbps por par, utilizando os quatros pares de fios → 1 Gbps



Ethernet – 1000 Mbps

Gigabit Ethernet - 1000BaseT (IEEE 802.3ab)



Ethernet – 1000 Mbps

Gigabit Ethernet

- 1000BaseX (IEEE 802.3z)
 - Usa a codificação 8B/10B, seguido da codificação de linha NRZ
 - 1000BaseSX
 - Comprimento de onda: 850 nm
 - Fonte: laser ou LED
 - Fibra: multimodo
 - 1000BaseLX:
 - Comprimento de onda: 1310 nm
 - Fonte: laser
 - Fibra: monomodo ou multimodo

Ethernet – 10 Gbps

10 Gigabit Ethernet

- IEEE 802.3ae - junho de 2002
- É um protocolo full-duplex que usa fibra ótica como meio de transmissão.
- Não é necessário o CSMA/CD
 - usadas apenas conexões de fibra full-duplex
- Formato de quadro e outras especificações da Camada 2 compatíveis com padrões anteriores
 - permite compatibilidade com as redes já existentes

Ethernet – 10 Gbps

10 Gigabit Ethernet

- Os padrões da Camada 1 permitem a extensão da distância de até 40 km sobre fibra monomodo e compatibilidade com redes SONET/SDH
 - Uma operação a 40 km de distância torna a 10GbE uma tecnologia viável para MAN
 - A compatibilidade com as redes SONET/SDH operando a velocidades de até OC-192 ($\cong$ 10 Gbps) torna a 10GbE uma tecnologia viável para WAN
- Possibilita a criação de redes Ethernet flexíveis, eficientes, confiáveis e de custo relativamente baixo, do começo ao fim:
 - Metro Ethernet
 - Ethernet na última/primeira milha

Ethernet – 10 Gbps

10 Gigabit Ethernet

– Parâmetros para operação Ethernet 10 Giga

Parâmetro	Valor
Bit Time (tempo de bit)	0.1 ns
Slot Time	não aplicável *
Interframe Spacing (espaçamento entre quadros)	96 bits **
Collision Attempt Limit	não aplicável *
Collision Backoff Limit	não aplicável *
Collision Jam Size	não aplicável *
Maximum Untagged Frame Size	1518 octetos
Minimum Frame Size	512 bits (64 octetos)
Burst Limit	não aplicável *
Interframe Spacing Stretch Ratio	104 bits ***

* A Ethernet de 10 Gbps não permite a operação em half duplex, por isso os parâmetros relacionados ao processamento da temporização e colisão de slots não se aplicam.

** O valor listado é o espaçamento padrão entre quadros.

*** A Razão de Descompactação de Espaço entre Quadros se aplica exclusivamente às definições 10GBASE-W.

Cisco CCNA

Ethernet – 10 Gbps

10 Gigabit Ethernet

– O IEEE 802.3ae regula a família 10GbE, onde uma série de implementações estão sendo consideradas:

- 10GBASE-SR: destinado a curtas distâncias através de fibras multimodo, suporta uma distância entre 26 m e 82 m
- 10GBASE-LX4: utiliza WDM (Wavelength Division Multiplexing), suporta distâncias de 240 a 300 m através de fibras multimodo, e 10 km através de fibras monomodo
- 10GBASE-LR e 10GBASE-ER: suporta de 10 km a 40 km através de fibra monomodo
- 10GBASE-SW, 10GBASE-LW e 10GBASE-EW: conhecidos como 10GBASE-W, são destinados a funcionar com equipamentos OC-192 STM SONET/SDH para WAN

Ethernet – 10 Gbps

10 Gigabit Ethernet

– Implementações

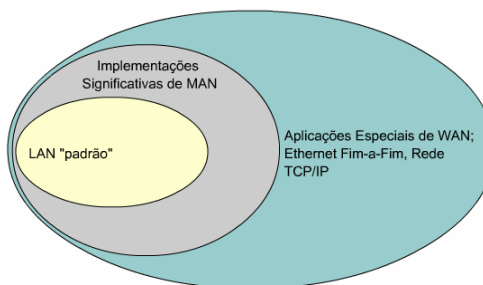
Implementação	Comprimento de Onda	Meio	Largura de Banda Mínima Modal	Distância de Operação
10GBASE-LX4	1310 nm	62.5µm MMF	500 MHz/km	2 - 300 m
10GBASE-LX4	1310 nm	50µm MMF	400 MHz/km	2 - 240 m
10GBASE-LX4	1310 nm	50µm MMF	500 MHz/km	2 - 300 m
10GBASE-LX4	1310 nm	10µm MMF	N/A	2 - 10 km
10GBASE-S	850 nm	62.5µm MMF	160 MHz/km	2 - 26 m
10GBASE-S	850 nm	62.5µm MMF	200 MHz/km	2 - 33 m
10GBASE-S	850 nm	50µm MMF	400 MHz/km	2 - 66 m
10GBASE-S	850 nm	50µm MMF	500 MHz/km	2 - 82 m
10GBASE-S	850 nm	50µm MMF	2000 MHz/km	2 - 300 m
10GBASE-L	1310 nm	10µm SMF	N/A	2 - 10 km
10GBASE-E	1550 nm	10µm SMF	N/A	2 - 30 km

Cisco CCNA

Ethernet – 10 Gbps

O Futuro da Ethernet

- A Força Tarefa IEEE 802.3ae e a Ethernet Alliance 10-Gigabit (10 GEA) estão trabalhando para padronizar essas tecnologias emergentes.
- Algumas discussões entre os membros do IEEE sugerem a possibilidade de padrões para 40, 80 e mesmo 100-Gbps Ethernet.

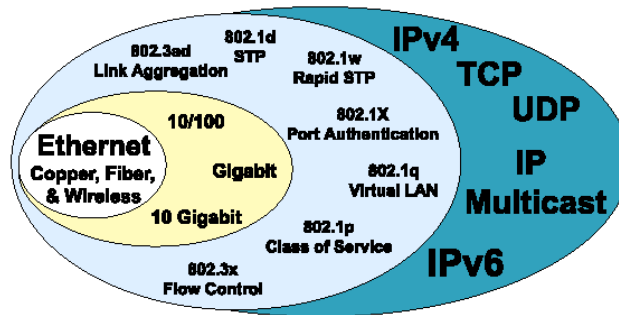


Cisco CCNA

Ethernet – 10 Gbps

O Futuro da Ethernet

- Padrões que operam com 10GbE



10 Gigabit Ethernet Alliance

3. Padrão IEEE 802.5 (Token Ring)

PADRÃO IEEE 802.5 - Token Ring

Token Ring

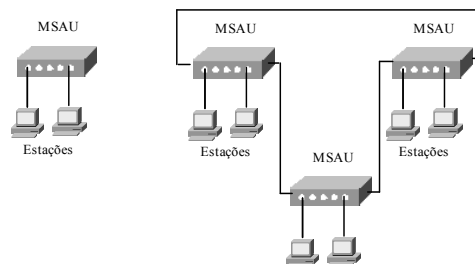
- Arquitetura de rede local desenvolvida pela IBM nos anos 70, que serviu de base para o padrão ANSI/IEEE 802.5.
- Características principais:

	Token Ring IBM	IEEE 802.5
Taxa de dados	4 ou 16 Mbps	4 ou 16 Mbps
Estações/segmento	260 (cabo STP) 72 (cabo UTP)	250
Topologia	Estrela	Não especificado
Sinalização	Banda base	Banda base
Codificação	Manchester diferencial	Manchester diferencial
Método de acesso	Passagem de token	Passagem de token

PADRÃO IEEE 802.5 - Token Ring

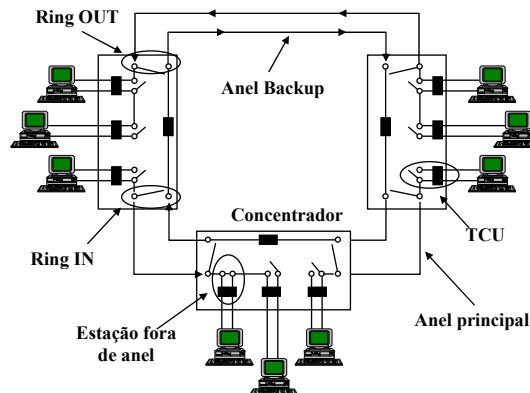
Token Ring

- As estações são conectadas à rede por meio de concentradores de fios, denominados MSAUs (MultiStation Access Unit), o que define a topologia estrela.
- Se necessário, pode-se ter vários dispositivos MSAUs interligados, formando então uma topologia mista (estrela/anel).

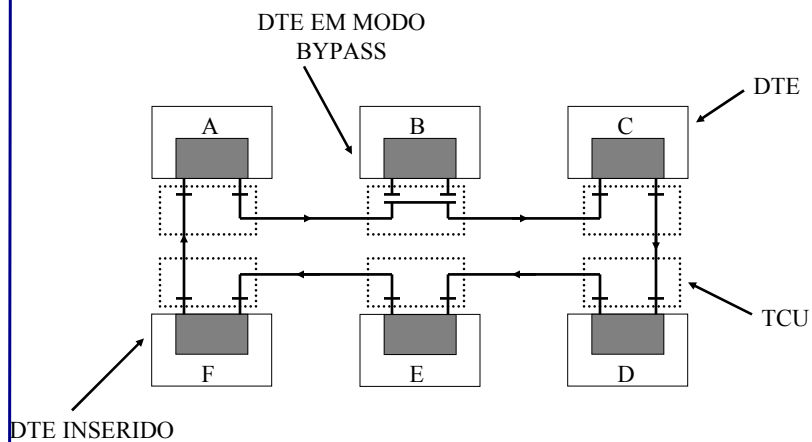


PADRÃO IEEE 802.5 - Token Ring

- ☒ Par trançado (STP ou UTP)
- ☒ Velocidade 4 Mbps ou 16 Mbps
- ☒ Cada estação é conectada ao concentrador MSAU (Multistation Access Unit)

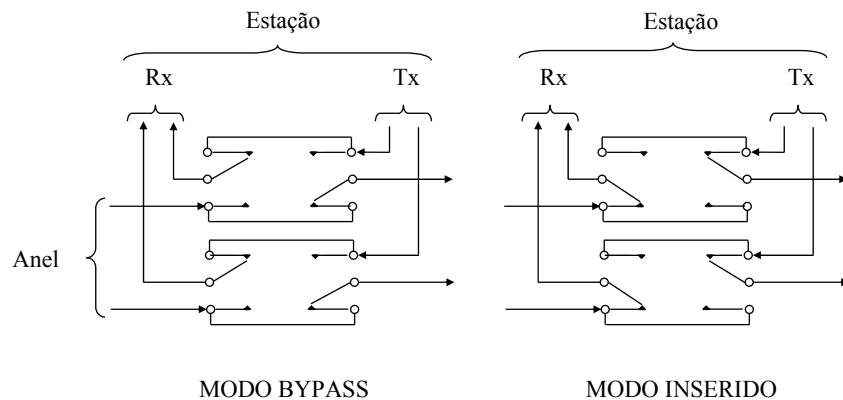


PADRÃO IEEE 802.5 - Token Ring



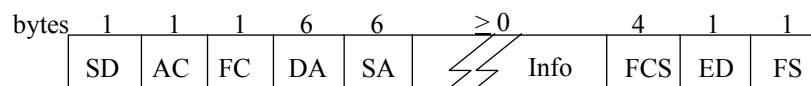
TCU-Trunk Coupling Unit
DTE-Data Terminal Equipment

PADRÃO IEEE 802.5 - Token Ring



PADRÃO IEEE 802.5 - Token Ring

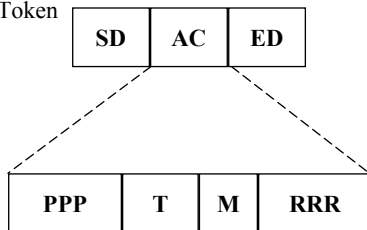
Formato do Quadro



- ☒ SD - Delimitador de início de quadro
- ☒ AC - Controle de acesso - prioridade
- ☒ FC - Controle de quadro - tipo: controle/dados
- ☒ DA - Endereço de destino
- ☒ SA - Endereço de origem
- ☒ INFO - Campo de informação
- ☒ FCS - Sequência de controle de erro
- ☒ ED - Delimitador de fim de quadro
- ☒ FS - status de quadro - reconhecido ou não

PADRÃO IEEE 802.5 - Token Ring

Token



PPP - bits de prioridade

RRR - bits de serviço de reserva

T - Token (0 = livre; 1 = ocupado)

M - bit monitor

☒ Monitor ativo (Detecta condições de erro)

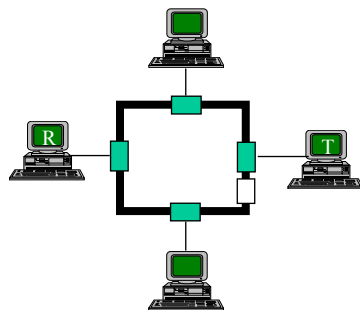
- ☐ perda de *token*
- ☐ *token* livre com prioridade alta circulando permanentemente
- ☐ quadro circulando permanentemente

☒ Monitor passivo

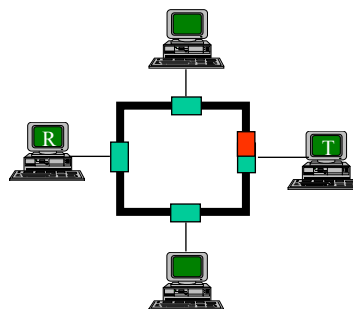
- ☐ todas as outras estações
- ☐ detectar falha do monitor ativo e assumir seu papel

PADRÃO IEEE 802.5 - Token Ring

Token Ring - Single Packet



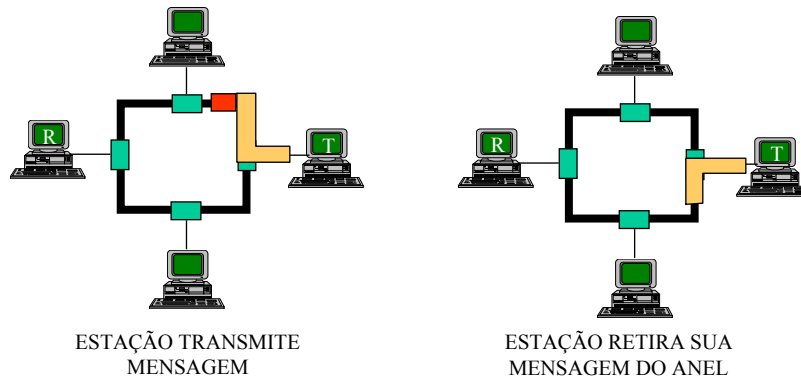
ESTAÇÃO RECEBE
PERMISSÃO LIVRE



ESTAÇÃO MUDA PERMISSÃO
PARA OCUPADA

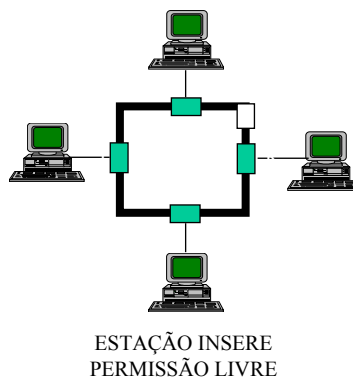
PADRÃO IEEE 802.5 - Token Ring

Token Ring - Single Packet



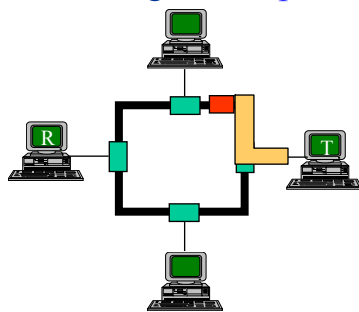
PADRÃO IEEE 802.5 - Token Ring

Token Ring - Single Packet

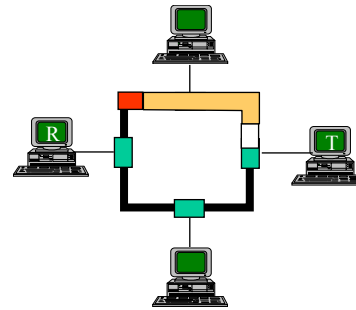


PADRÃO IEEE 802.5 - Token Ring

Token Ring - Multiple Token



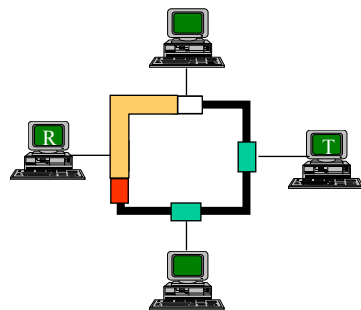
ESTAÇÃO TRANSMITE
MENSAGEM



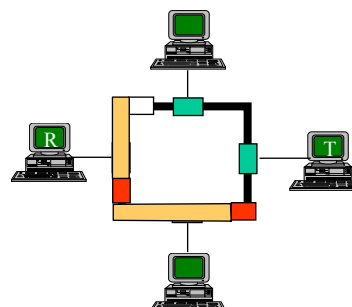
ESTAÇÃO INSERE
PERMISSÃO LIVRE

PADRÃO IEEE 802.5 - Token Ring

Token Ring - Multiple Token



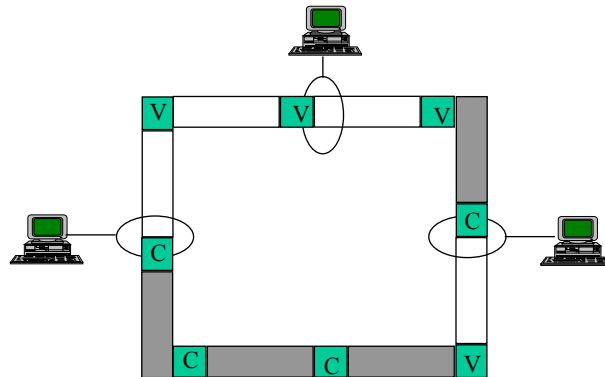
ESTAÇÃO RECEBE
PERMISSÃO LIVRE



ESTAÇÃO TRANSMITE E
INSERE PERMISSÃO LIVRE

PADRÃO IEEE 802.5 - Token Ring

Slotted Ring



- O número de slots que circulam pelo anel nunca muda.

4. Fiber Distributed Data Interface (FDDI)

PADRÃO FDDI

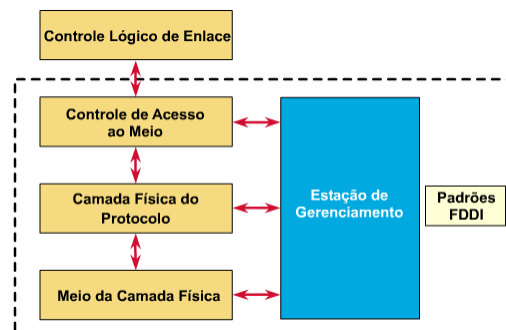
FDDI - Fiber Distributed Data Interface

- Padrão ANSI (X3T9.5) – início da década de 80
- Taxa de 100 Mbps.
- Até 500 estações.
- Comprimento de até 100 km.
- Controle de acesso: passagem de token.
- Rede em duplo anel usando fibra óptica.
- Definida para uso em backbones e interligação de LANs.

PADRÃO FDDI

FDDI - Fiber Distributed Data Interface

- Especificações:



Cisco CCNA

PADRÃO FDDI

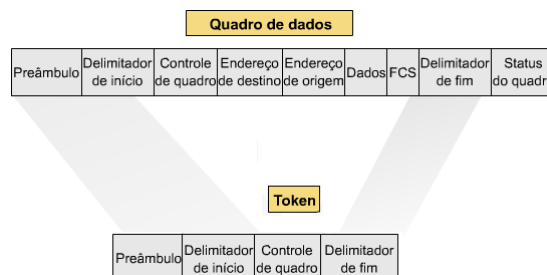
FDDI - Fiber Distributed Data Interface

- Controle de Acesso ao Meio (MAC - Media Access Control)
 - define como o meio é acessado (tratamento de token, endereçamento e mecanismos de recuperação de erros).
- Camada Física do Protocolo (Physical Layer Protocol - PHY)
 - define procedimentos de codificação/decodificação de dados, incluindo requisitos de clocking, enquadramento e outras funções.
- Meio da Camada Física (Physical Layer Medium - PMD)
 - define as características do meio de transmissão (link de fibra óptica, níveis de energia, taxas de erro de bit, componentes ópticos e conectores).
- Estação de Gerenciamento (Station Management - SMT)
 - define a configuração de estação FDDI (configuração do anel, recursos de controle de anel, remoção e inserção de estação, inicialização, recuperação e isolamento de falha)

PADRÃO FDDI

Formato do Quadro

- Quadro de dados/controle
- Token



Cisco CCNA

PADRÃO FDDI

Formato do Quadro

- Preâmbulo - prepara cada estação para o próximo quadro.
- Delimitador de início - indica o início do quadro e consiste nos padrões de sinalização que o diferenciam do resto do quadro.
- Controle de quadro - indica o tamanho dos campos de endereço, se o quadro contém dados síncronos ou assíncronos e outras informações de controle.
- Endereço de destino - contém um endereço unicast (singular), multicast (grupo) ou broadcast (todas as estações).
- Endereço de origem - identifica a única estação que enviou o quadro.

PADRÃO FDDI

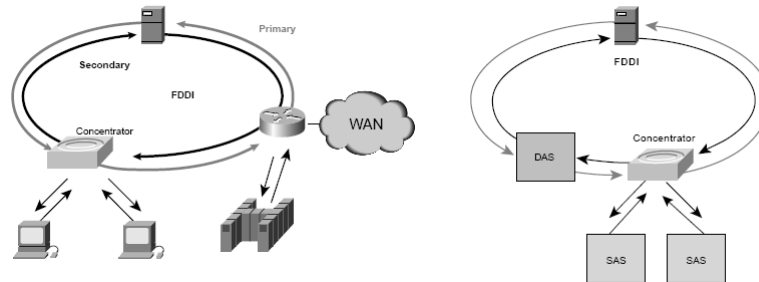
Formato do Quadro

- Dados - informações de controle ou informações destinadas a um protocolo da camada superior.
- Frame check sequence (FCS) - preenchida pela estação de origem com um cyclic redundancy check (CRC) calculado.
- Delimitador de fim - contém símbolos que não são dados e indicam o final do quadro.
- Status do quadro - permite à estação de origem determinar se ocorreu um erro e se o quadro foi reconhecido e copiado por uma estação receptora.

PADRÃO FDDI

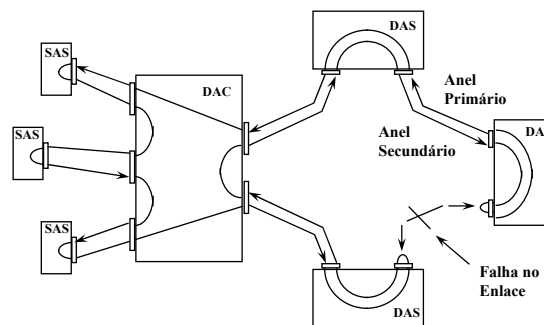
Tipos de Estações

- DAS - Dual Attachment Station
 - Se conectam diretamente ao duplo anel
- SAS - Single Attachment Station
 - Se conectam ao anel através de um concentrador



PADRÃO FDDI

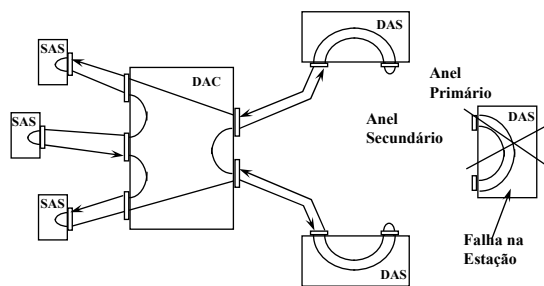
Estação DAS - Condição de falha no enlace



DAC - DUAL ATTACHMENT CONCENTRATOR

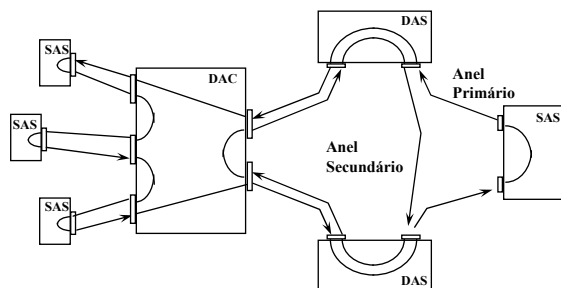
PADRÃO FDDI

Estação DAS - Condição de falha na estação



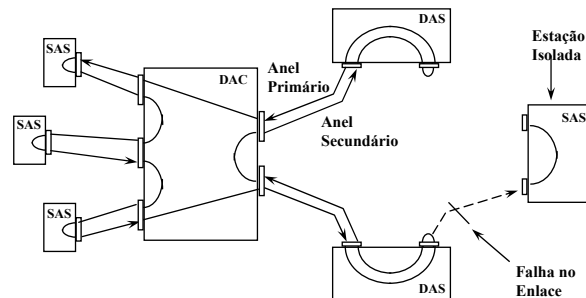
PADRÃO FDDI

Estação SAS - Condição normal



PADRÃO FDDI

Estação SAS - Condição de falha no enlace



Neste caso a estação ficou isolada devido à falha no enlace, porque ela é uma SAS

Exercício

- Kurose/Ross - Exercício 14 página 512.
 - Após a quinta colisão, qual é a probabilidade de que o valor K escolhido por um nó seja 4? O resultado $K=4$ corresponde a um atraso de quantos segundos em uma rede Ethernet de 10 Mbps?

Exercício

- Kurose/Ross - Exercício 15, página 515.
 - Suponha que os nós A e B estejam no mesmo segmento de uma Ethernet de 10 Mbps e que o atraso de propagação entre os dois nós seja 225 tempos de bit. Suponha também que A e B enviem quadros ao mesmo tempo, que os quadros colidam e que A e B escolham diferentes valores de K no algoritmo CSMA/CD. Supondo-se que nenhum outro nó esteja ativo, as retransmissões de A e B podem colidir? Para nossa finalidade é suficiente trabalhar o seguinte exemplo. Suponha que A e B comecem a transmitir em $t=0$ tempo de bit. Ambos detectam colisões em $t=225$ tempos de bit. Eles terminam de transmitir em um sinal de reforço de colisão em $t=225+48=273$ tempos de bit. Suponha que $K_A=0$ e $K_B=1$. Em que tempo B programa sua retransmissão? Em que tempo A começa a retransmissão? (Nota: os nós devem esperar por um canal livre após retornar ao passo 2 - veja o protocolo). Em que tempo o sinal de A chega a B? B retarda a transmissão em seu tempo programado?
 - Obs: Ao retornar ao passo 2: o nó espera por um canal livre durante 96tb. Pag. 329 edição Em português.