

Unidade IV:

Subcamada de Controle e de Acesso ao Meio

Prof. Max do Val Machado

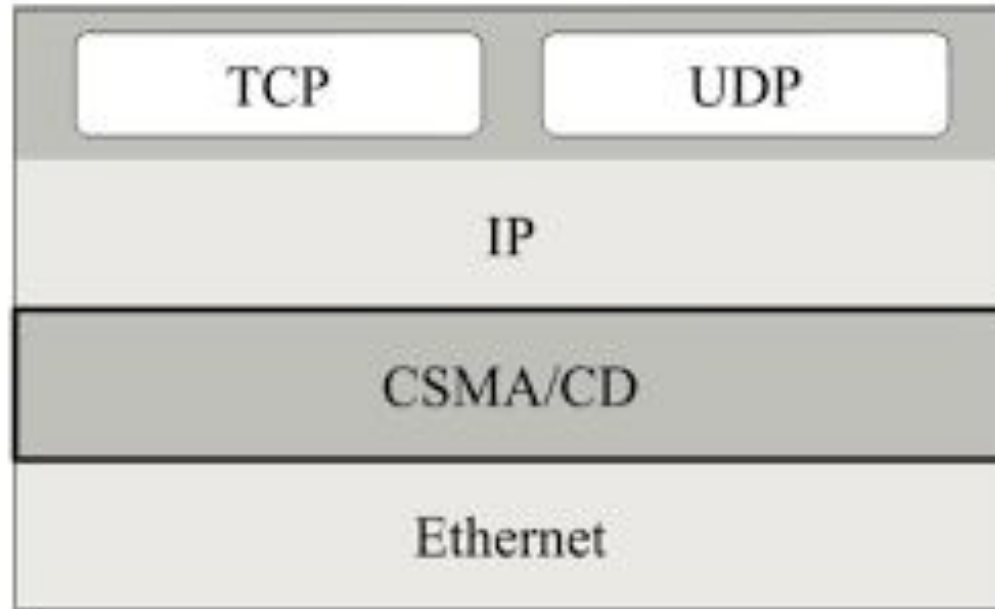


PUC Minas

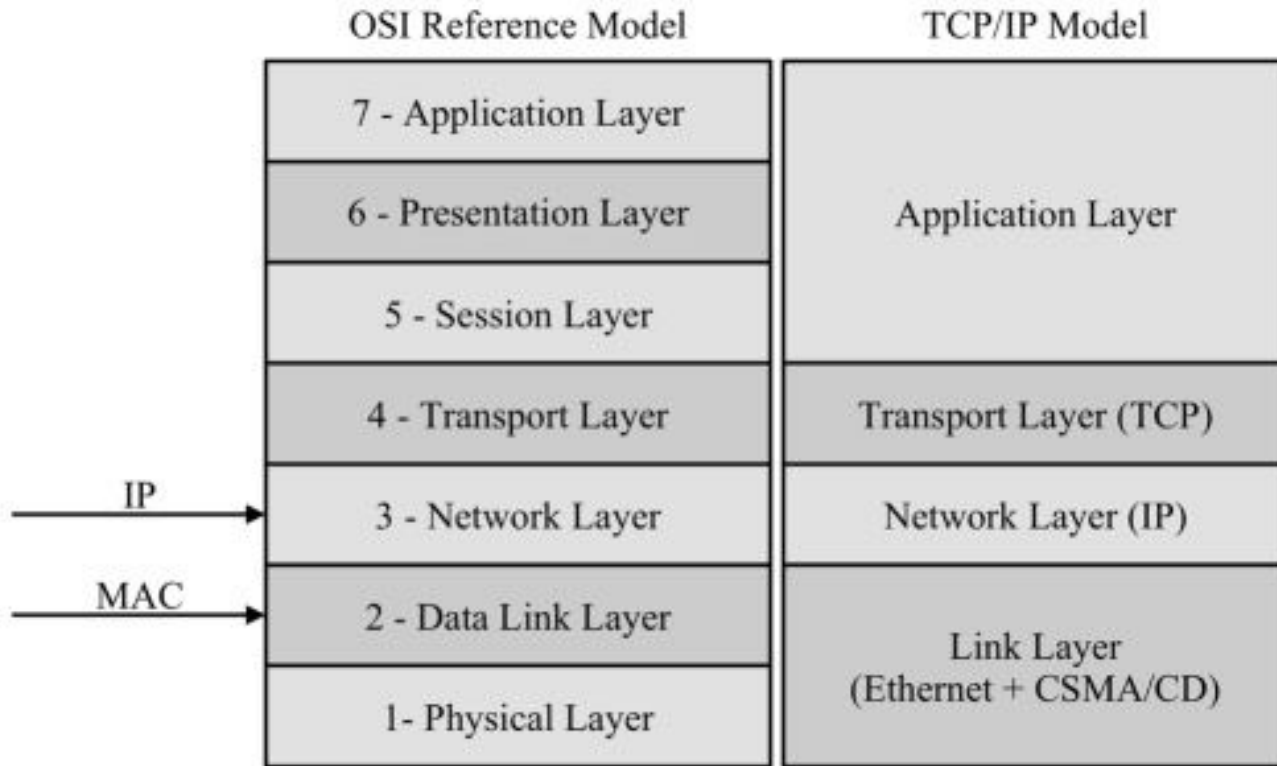
Instituto de Ciências Exatas e Informática
Departamento de Ciência da Computação
Disciplina Redes de Computadores I

- A camada de enlace é dividida em duas subcamadas para redes *broadcast* e uma delas é a MAC
- A MAC fica no nível mais baixo da camada de enlace
- Função da MAC: alocar canais de comunicação no meio físico

Exemplos de Protocolos na Arquitetura TCP/IP



Exemplos de Protocolos na Arquitetura TCP/IP



- A camada de enlace é dividida em duas subcamadas para redes broadcast e uma delas é a MAC
- A MAC fica no nível mais baixo da camada de enlace
- Função da MAC: alocar canais de comunicação no meio físico

Conceitos Básicos

- Estações
- Canal único de comunicação
- Tipos de enlaces
- Colisões
- Detecção de colisão
- Políticas de envio de quadros ao longo do tempo
- Detecção de portadora (*carrier sense*)

- São os pontos de comunicação que transmitem quadros de dados



- São os pontos de comunicação que transmitem quadros de dados



Estações

- Existem n estações independentes que geram quadros a serem transmitidos
- A estação fica bloqueada até que o quadro seja totalmente transmitido

Canal Único de Comunicação

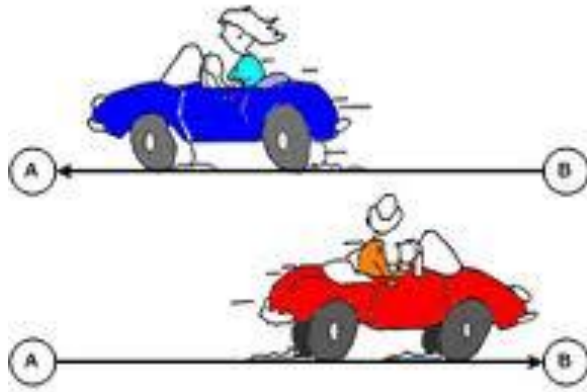


Canal Único de Comunicação

- Todas estações compartilham um único canal de comunicação para transmissão e recepção
- Do ponto de vista de hardware, as estações são equivalentes
- Do ponto de vista de software, as estações podem ter prioridades

Tipos de Enlaces

Full-Duplex



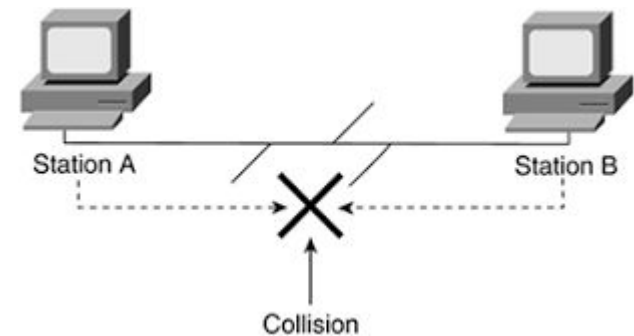
Half-Duplex



Simplex



Colisões



- Podem acontecer quando duas ou mais estações transmitem “simultaneamente” quadros
- Afetam o desempenho do sistema
- Na verdade, acontecem na(s) estação(ões) receptora(s) dos quadros
- Quadros envolvidos em colisões são perdidos e devem ser transmitidos posteriormente

Detecção de Colisão

- Estações podem ser capazes de detectar colisões



Políticas de Envio de Quadros ao Longo do Tempo

- Qualquer instante (*continuous time*)



- Instantes pré-determinados ou quantizados, segmentados (*slotted time*)



Detecção de Portadora (*Carrier Sense*)

- Antes de uma transmissão, as estações conseguem detectar se o canal está ocupado. Nesse caso, a estação espera a liberação do canal



Não Detecção de Portadora

- Oposto a situação anterior, as estações realizam a transmissão e, depois, verificam o sucesso da operação



Formas de Alocação do Canal

- Alocação Estática
- Alocação Dinâmica

Alocação Estática

- O meio físico é dividido em canais e essa divisão é feita por frequência ou tempo
- Indicada quando existe um número pequeno e fixo de usuários ou cada um possui um tráfego pesado
- Exemplo: sistema telefônico convencional
- Problema (1): os canais são pré-alocados e ficam ociosos quando a estação “dona” do canal não tem o que transmitir
- Problema (2): Em sistemas de computação, o tráfego é tipicamente em rajadas

Alocação Dinâmica

- O controle de acesso ao meio considera a demanda

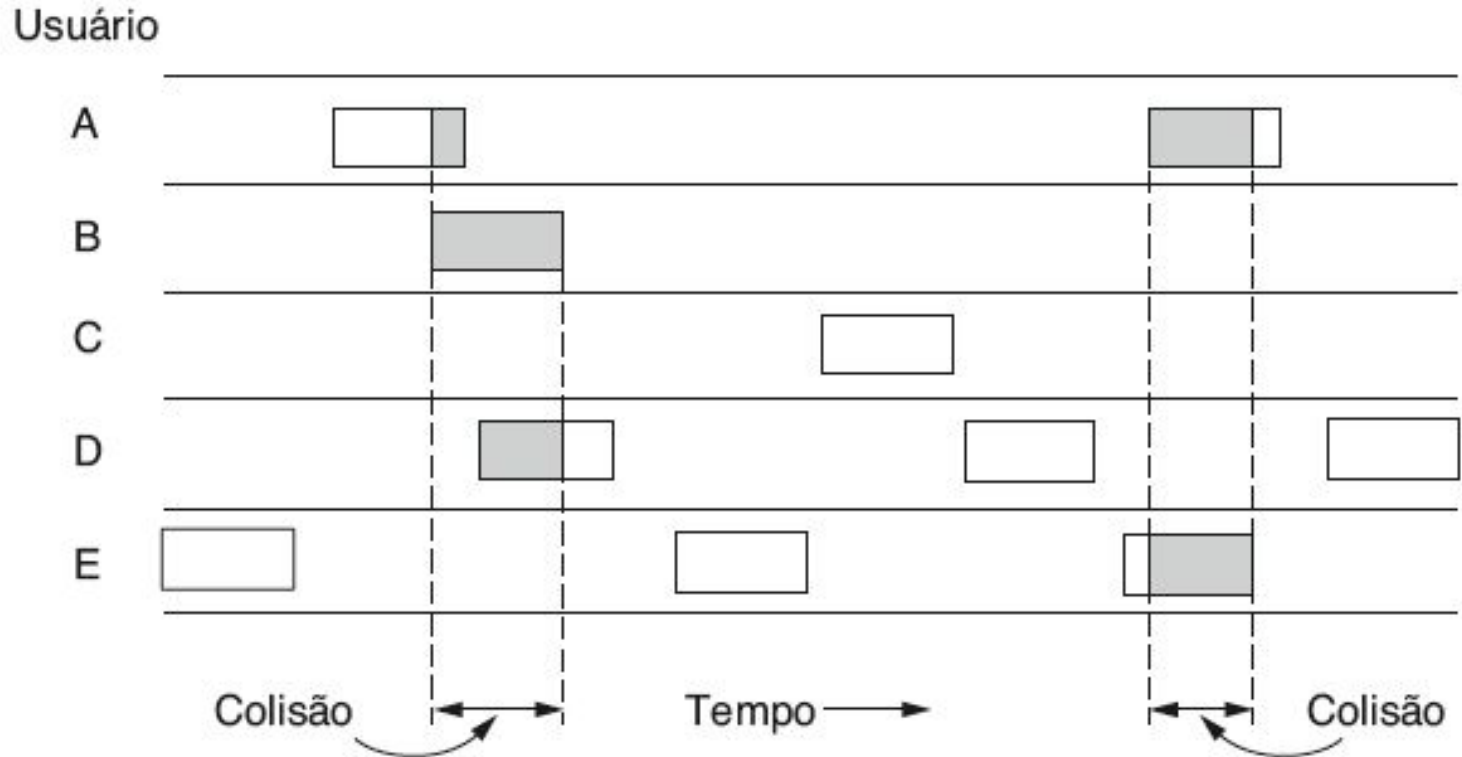
Protocolos de Acesso ao Meio

- ALOHA
 - ALOHA Puro
 - Slotted ALOHA
- *Carrier Sense Multiple Access* (CSMA)
 - CSMA 1-Persistente
 - CSMA p-Persistente
 - CSMA Não Persistente
 - CSMA com Detecção de Colisões
- Vários outros

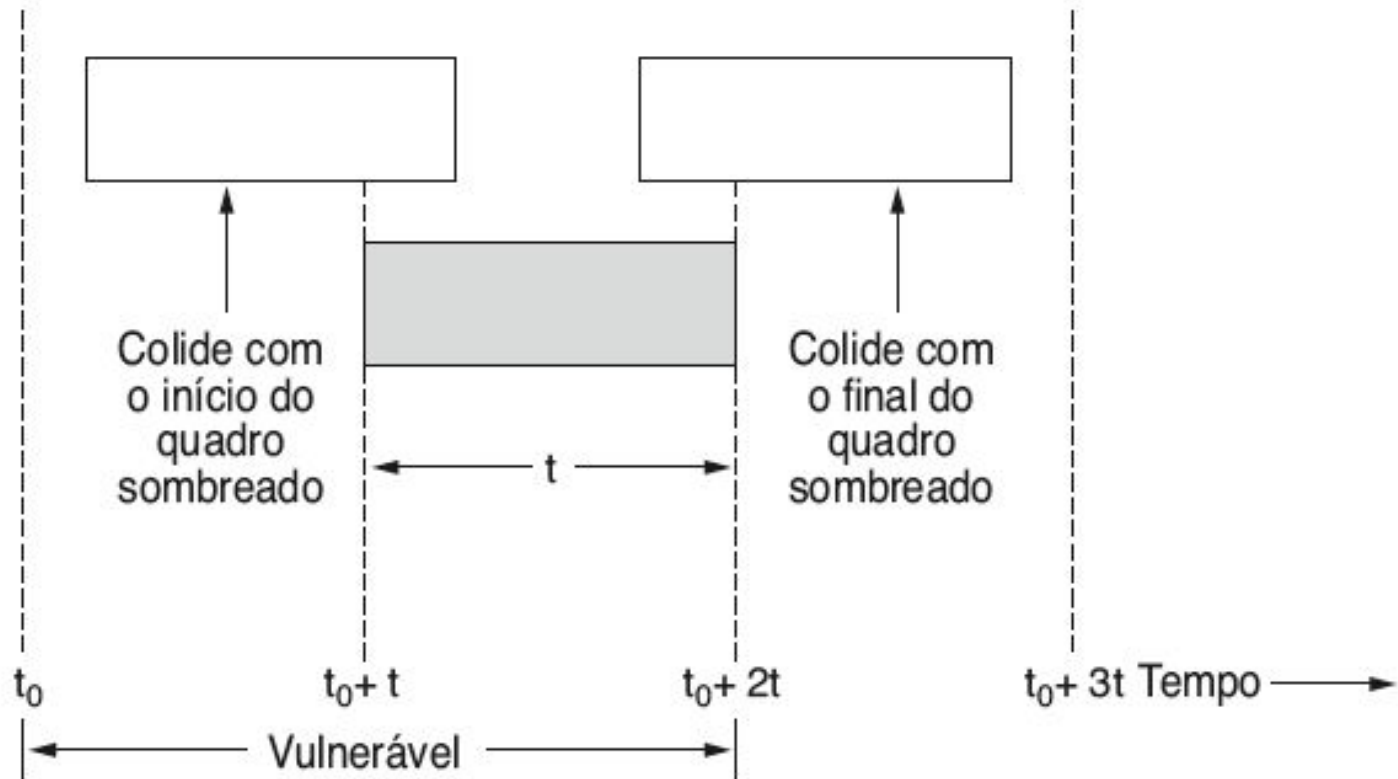
ALOHA Puro: Primeiro Protocolo MAC

- Sempre que desejado, um nó realiza uma transmissão
- Após a transmissão, ele verifica o canal para identificar se o seu frame foi destruído
- Se sim, o nó espera um tempo aleatório para retransmitir

Tempo Aleatório na Transmissão de Quadros

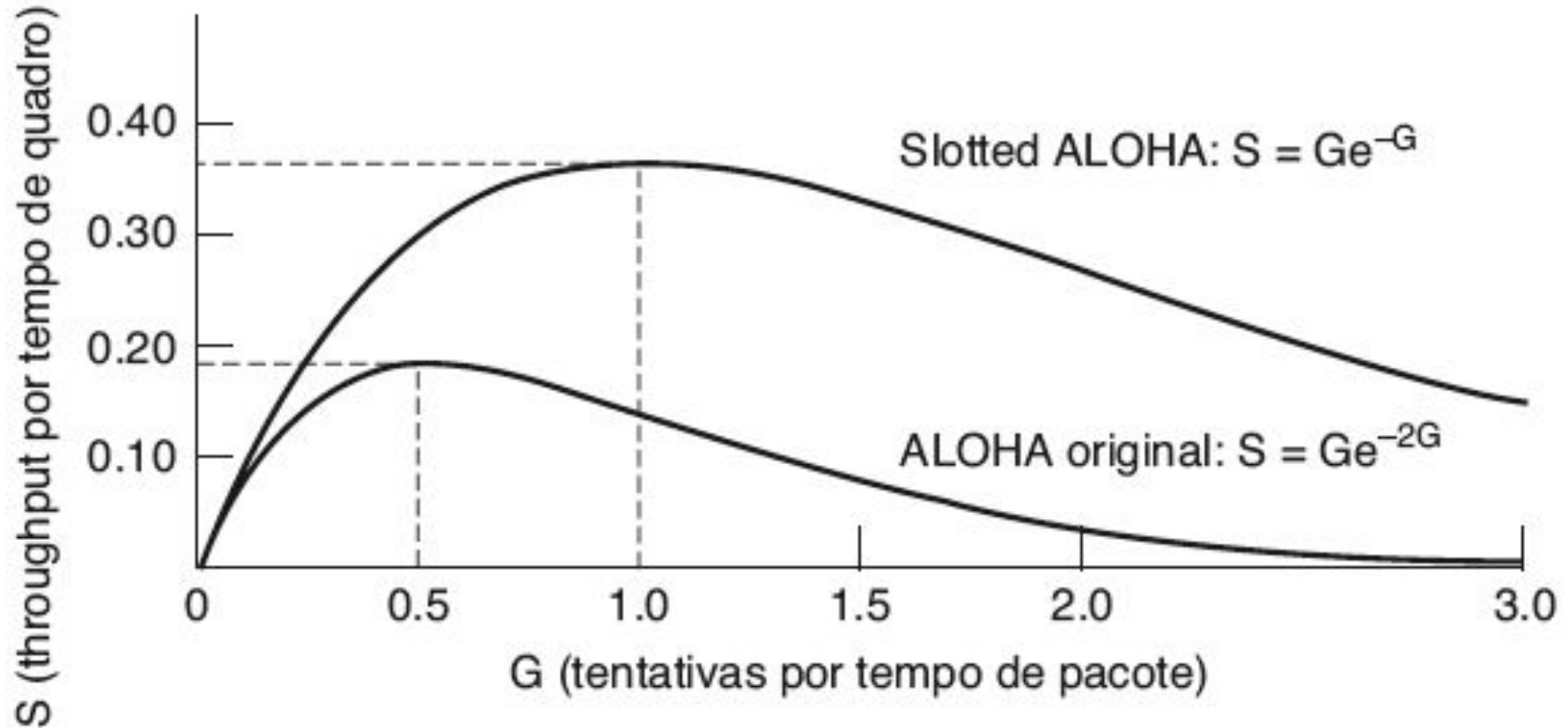


Vulnerabilidade do Quadro (Sombreamento)



Slotted ALOHA

- Mecanismo de sincronização global e tempo é dividido em discretizado em *slots*, onde cada intervalo corresponde a um quadro
- Quando um nó deseja transmitir, ele aguarda início do próximo *slot* de tempo para transmitir
- Após a transmissão, o nó verifica o canal para identificar se seu quadro foi destruído
- Se sim, o nó espera um tempo aleatório para retransmitir

ALOHA Puro vs. *Slotted* ALOHA

Carrier Sense Multiple Access (CSMA)

- Quando uma estação deseja transmitir, ela escuta o canal
- Se estiver ocupado, ela não o utiliza para evitar colisões
- Em caso de colisão, a estação espera um tempo aleatório e recomeça o processo
- O CSMA tem variações para decidir quando a estação deve tentar transmitir novamente
 - 1-persistente
 - p-persistente
 - não persistente

CSMA 1-persistente

- Faz com que a estação continue escutando o canal até que ele fique desocupado
- Inicia a transmissão imediatamente após a desocupação

CSMA 1-persistente

- É chamado 1-persistente porque sempre transmite ao verificar que o canal está desocupado, ou seja, tem probabilidade 1 de transmitir, se canal está livre
- O tempo de propagação tem um efeito importante no desempenho do protocolo

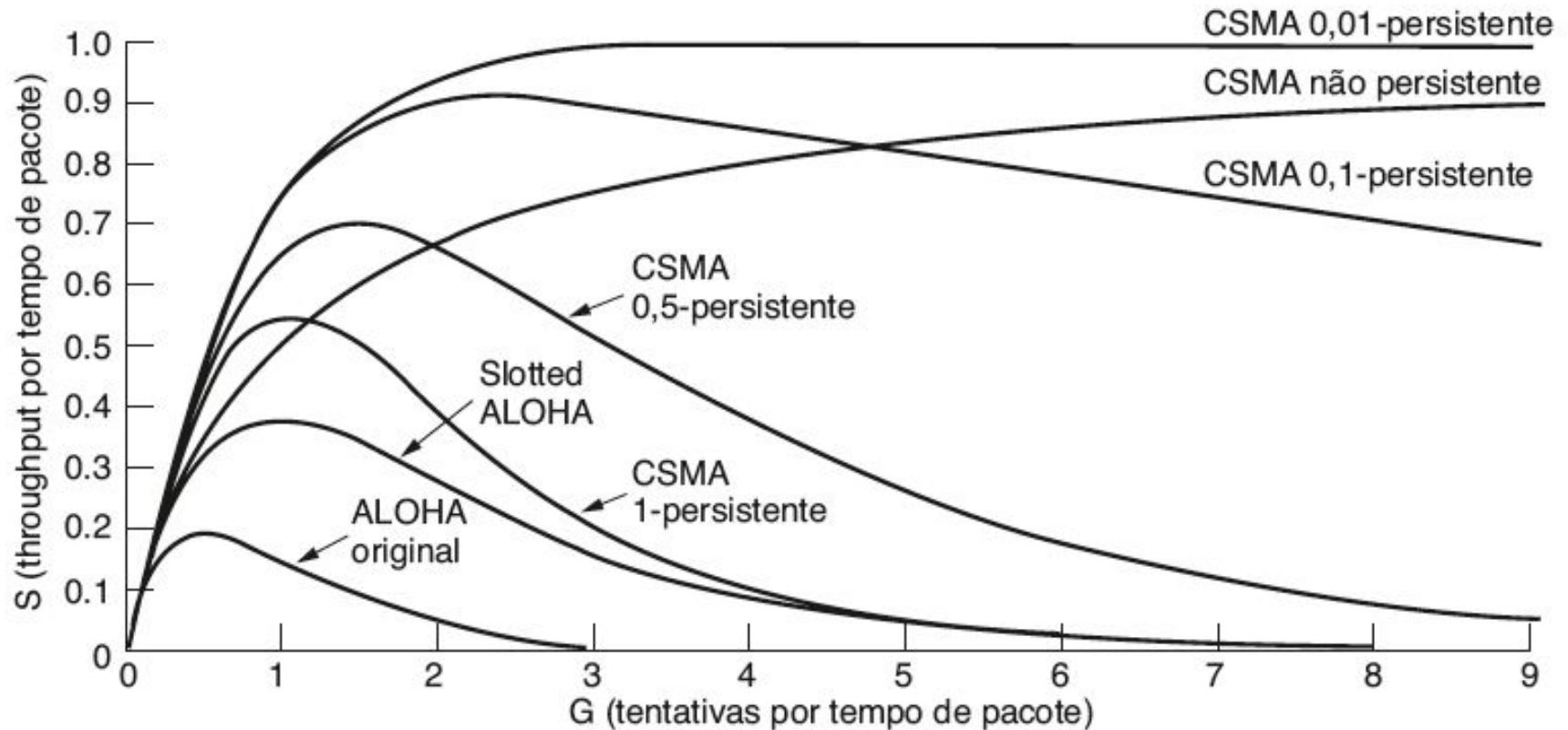
CSMA p-persistente

- Sempre escuta o canal como o 1-persistente
- Quando o canal fica livre, transmite com uma probabilidade p e aguarda um tempo t com probabilidade $(1-p)$
- Após o tempo de espera, o nó repete o passo anterior

CSMA não persistente

- Antes de transmitir, ele analisa o meio físico
- Se estiver livre, ele transmite
- Se estiver ocupado, ele pára de escutar o meio e aguarda um tempo aleatório
- Após o tempo de espera, ele volta ao primeiro passo

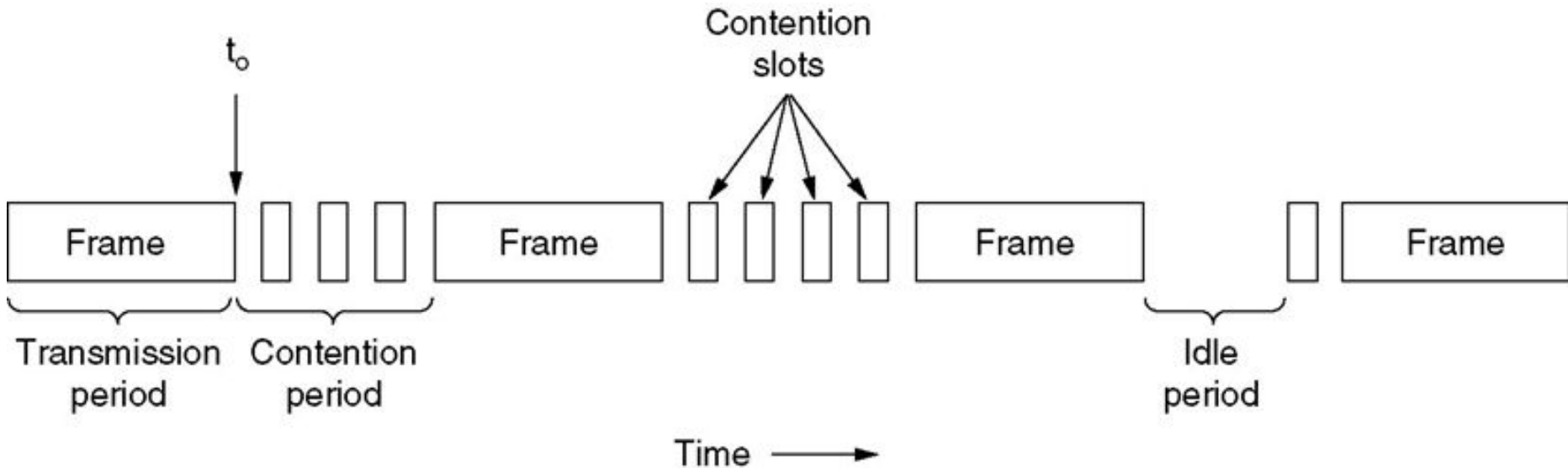
ALOHA * vs. CSMA *



CSMA com Detecção de Colisão

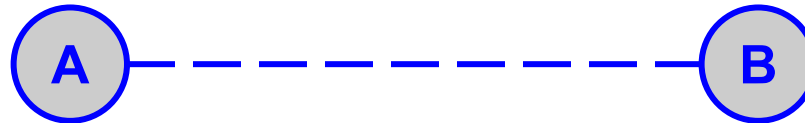
- Como o CSMA 1-persistente, o CSMA/CD sempre escuta o meio físico
- Detecta colisões imediatamente assim que inicia a transmissão e não no final da transmissão como as outras variações anteriores
 - Economia de tempo e de largura de banda
- Em caso de colisão, ele pára a transmissão imediatamente e aguarda um tempo aleatório
- Foi padronizado como IEEE 802.3 (Ethernet)

Etapas do CSMA/CD: Contenção, Transmissão e *Idle*



Considerações sobre o CSMA/CD

- Após uma transmissão, o emissor sabe se houve colisão em, no máximo, o dobro do tempo de propagação no cabo de ponta-a-ponta



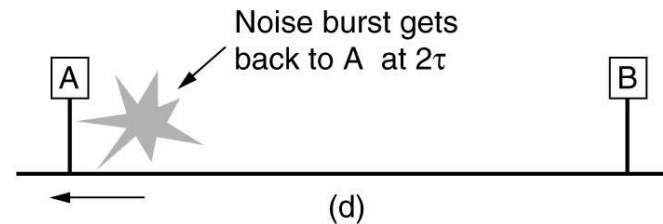
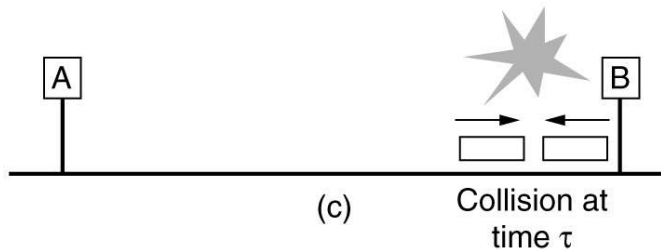
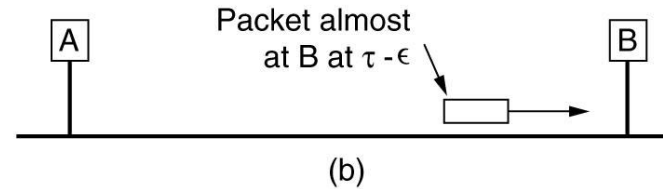
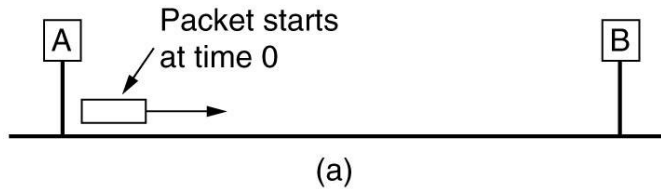
T_0 : A inicia envio do quadro Q_A

T_1 : B inicia envio do quadro Q_B and Q_A chega em B

T_2 : Q_B chega em A

Considerações sobre o CSMA/CD

- Após uma transmissão, o emissor sabe se houve colisão em, no máximo, o dobro do tempo de propagação no cabo de ponta-a-ponta



Padrão IEEE 802 para LANs e MANs



www.ieee802.org

- Conjunto de normas para LANs e MANs
- Padrão adotado pelas seguintes organizações: ANSI, NIST e ISO
- É dividido em partes que são publicados como livros separadamente

Padrão IEEE 802 para LANs e MANs



www.ieee802.org

- Get 802 standards
- IEEE 802 Working Groups and Study Groups
- IEEE 802 Session Information
- IEEE 802 General Information
- IEEE 802 Document Repository

Alguns Padrões Importantes do IEEE 802

- IEEE 802.3: Ethernet (LANs)
- IEEE 802.11: WLANs (WiFi)
- IEEE 802.16: (WiMax)



www.ieee802.org

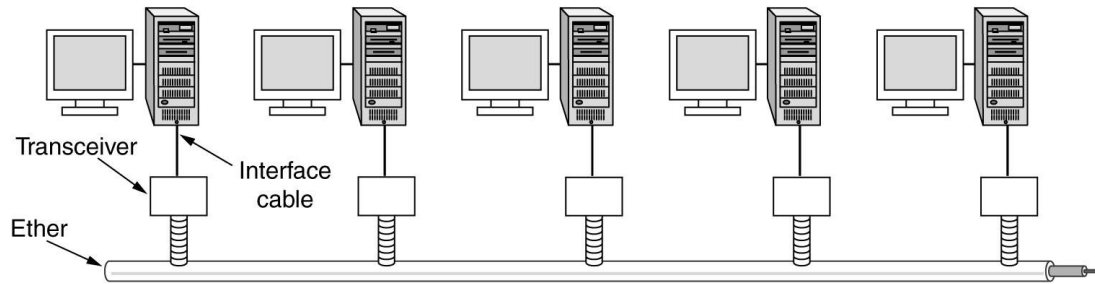


www.wi-fi.org/



wimaxforum.org/

Algumas Topologias com Ethernet



Topologia de barramento

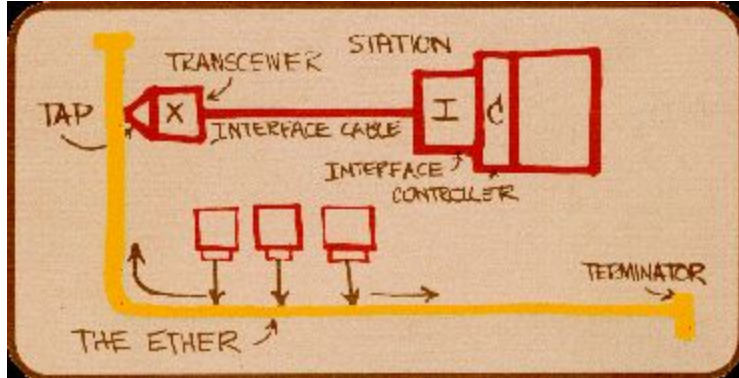


Topologia em estrela

IEEE 802.3: Funcionamento

- Estação escuta o canal antes de transmitir
- Se estiver ocupado espera até ficar livre
- Transmite o quadro se o canal estiver livre
- Se ocorre uma colisão, a estação espera um tempo aleatório e começa o processo todo novamente

IEEE 802.3: História



Baseado no padrão Ethernet de 10 Mbps proposto pela Xerox, DEC e Intel (padrão DIX)

This diagram was hand drawn by Robert M. Metcalfe and photographed by Dave R. Boggs in 1976 to produce a 35mm slide used to present Ethernet to the National Computer Conference in June of that year. On the drawing are the original terms for describing Ethernet.

Further information about the origins of Ethernet can be found in the reprinted from "Communications of the ACM" of Ethernet: Distributed Packet Switching for Local Computer Networks by Robert M. Metcalfe and David R. Boggs.

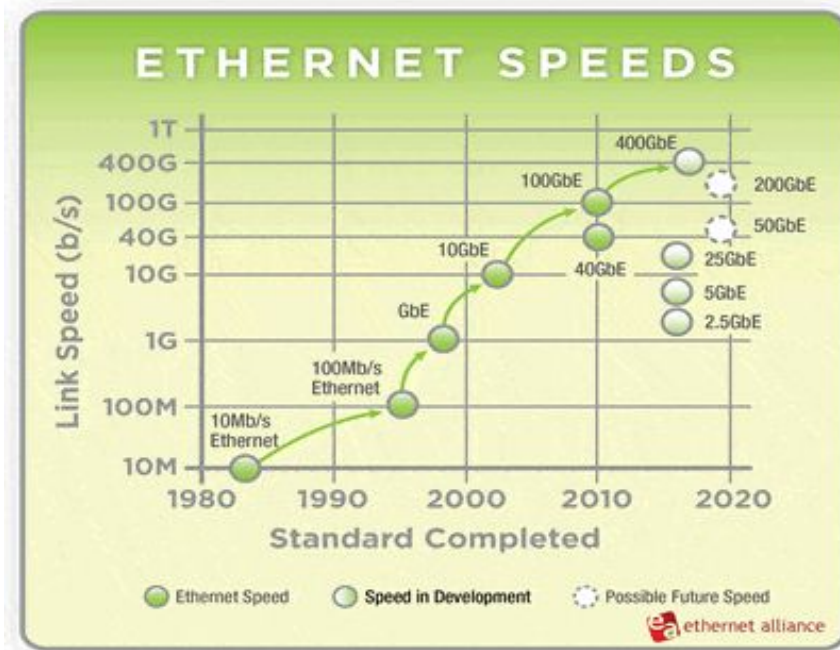
Source:

http://grouper.ieee.org/groups/802/3/ethernet_diag.html

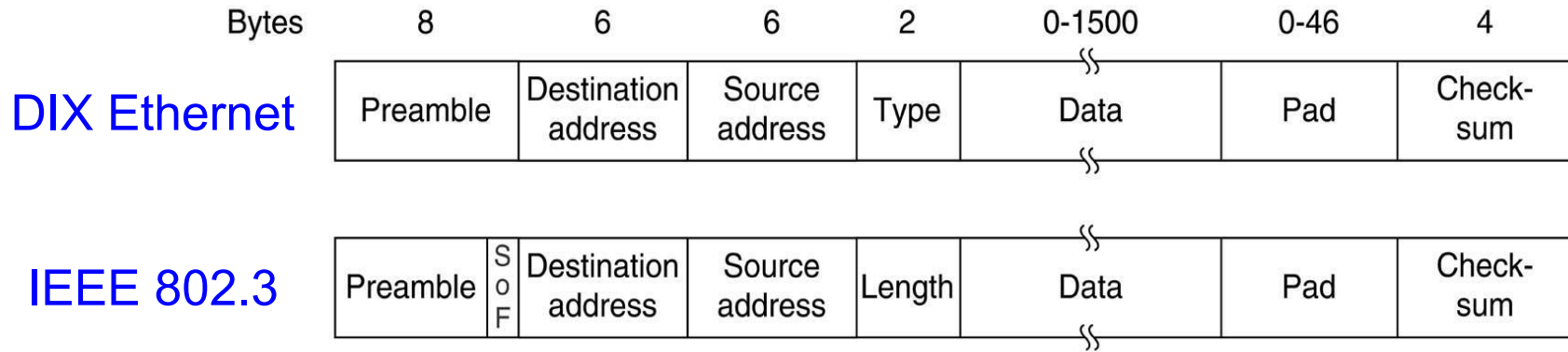
<http://www.acm.org/classics/apr96>

IEEE 802.3: Família de Redes

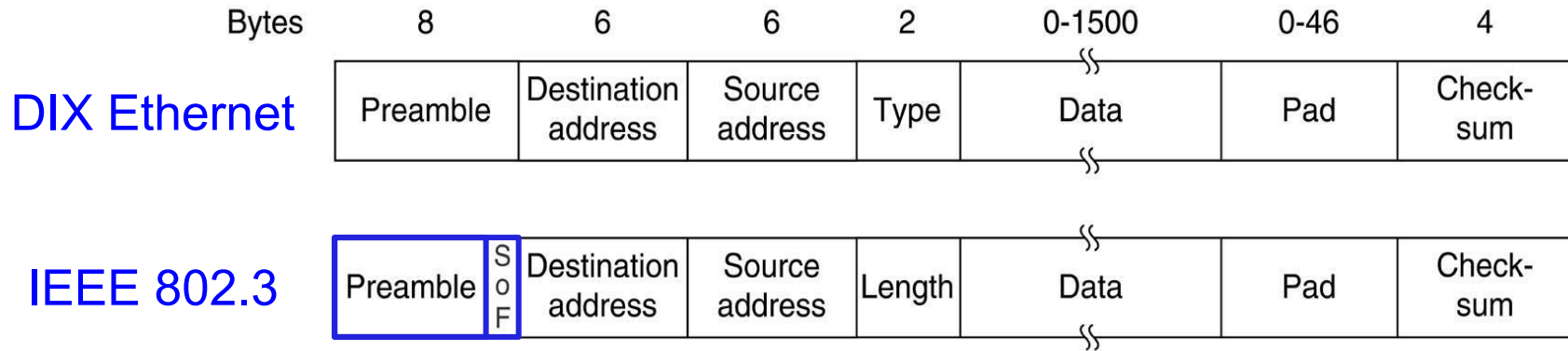
- 10 Mbps – IEEE 802.3 (Ethernet)
- 100 Mbps – IEEE 802.3u (Fast Ethernet)
- 1 Gbps – IEEE 802.3z (Gigabit Ethernet)
- 10 Gbps – IEEE 802.3a{knp} (10G Ethernet)
- Hoje (set/2020) - IEEE 802.3d* (400 Gbps)



IEEE 802.3: Quadro



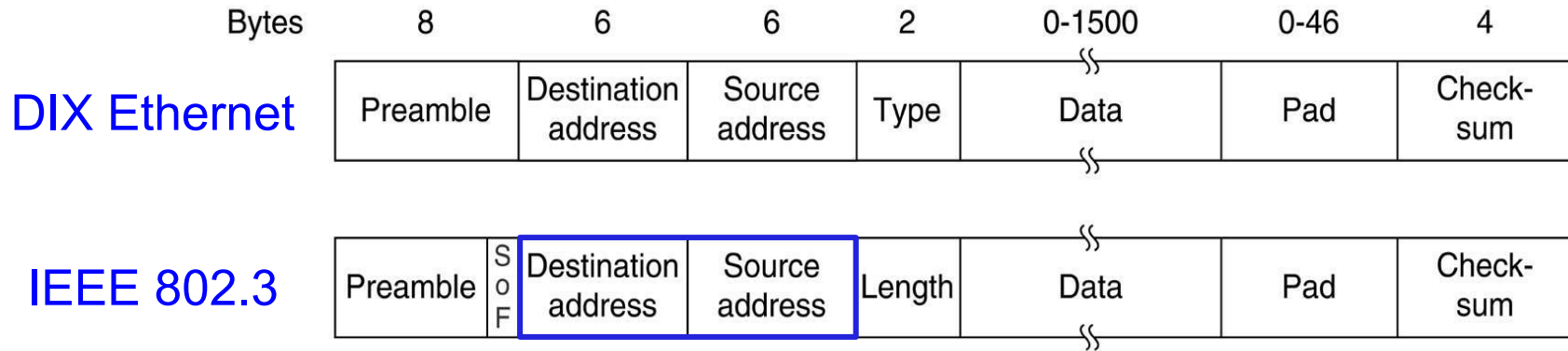
IEEE 802.3: Quadro



• Preâmbulo:

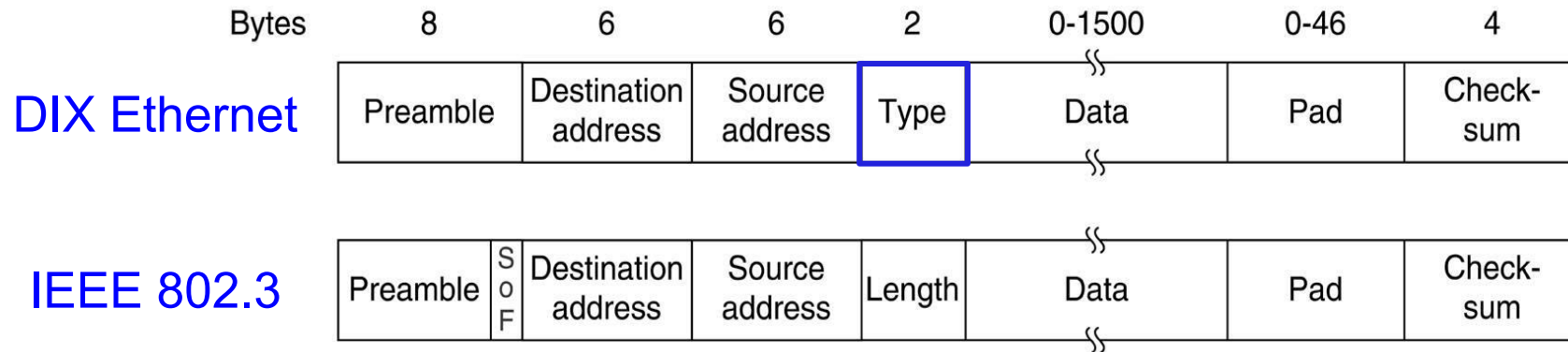
- usado para sincronização entre transmissor e receptor
- 7 bytes 10101010 e 1 byte 10101011

IEEE 802.3: Quadro



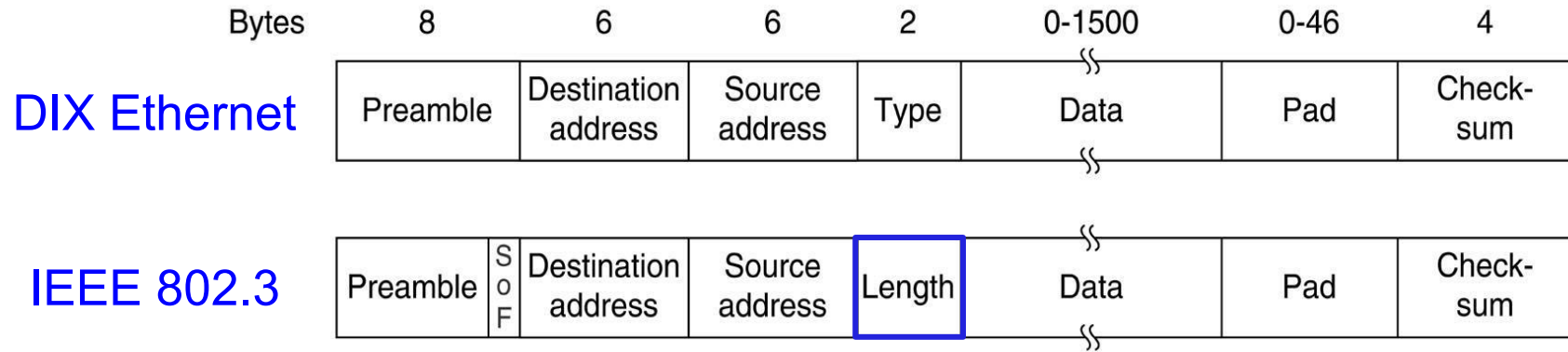
- Endereço LAN dos adaptadores da origem e do destino

IEEE 802.3: Quadro



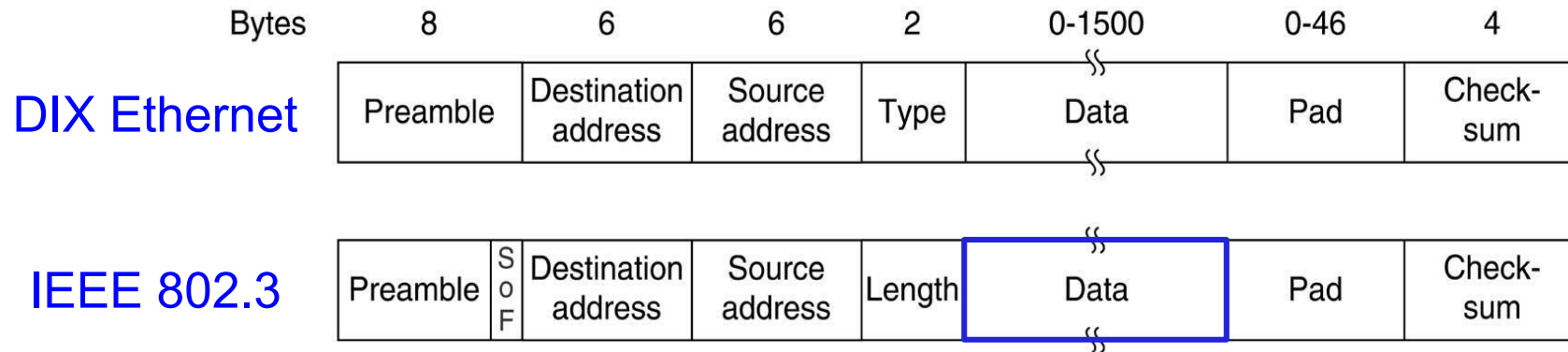
- Tipo:
 - Identifica o protocolo da camada de rede que deve receber o pacote
 - Permite que a Ethernet “multiplexe” os protocolos da camada de rede

IEEE 802.3: Quadro



- Comprimento (número de bytes do campo de dados)

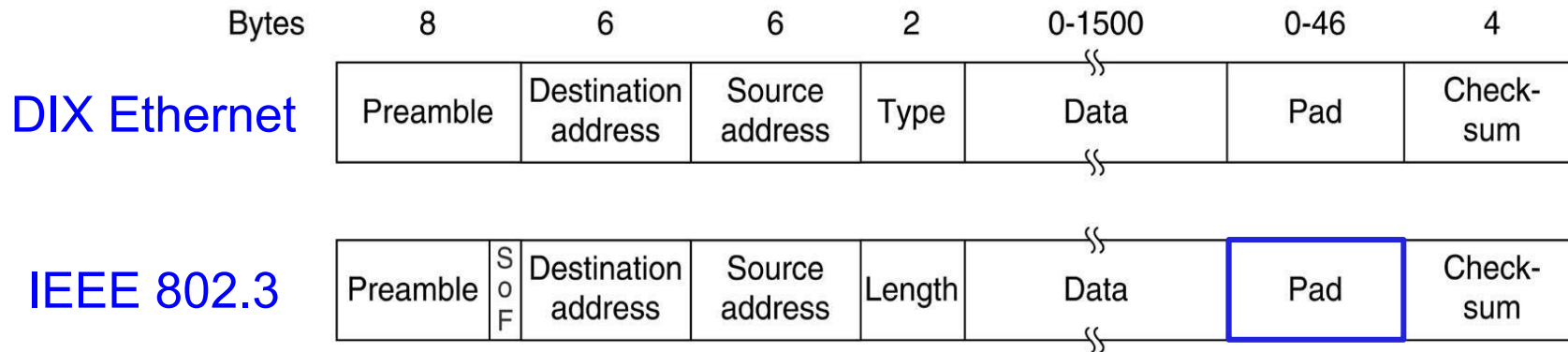
IEEE 802.3: Quadro



• Dados:

- Carrega o datagrama IP
- $46 \text{ bytes} \leq \text{Dados} \leq 1500 \text{ bytes}$
- $64 \text{ bytes} \leq \text{tamanho total quadro} \leq 1518 \text{ bytes}$

IEEE 802.3: Quadro

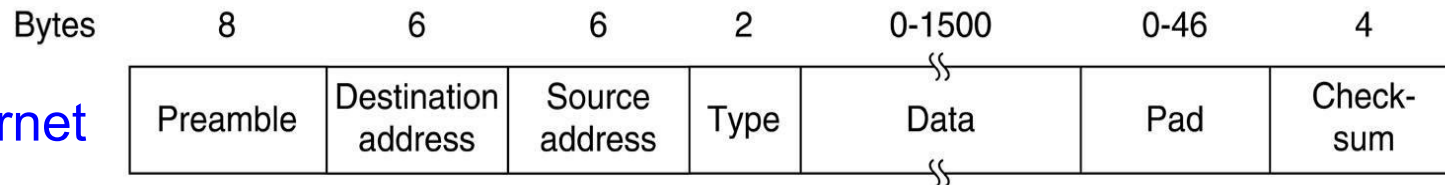


• Pad (Preenchimento):

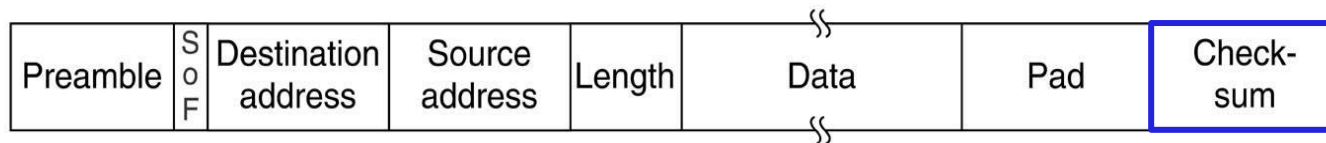
- Campo de dados deve ser ≥ 46
- Caso contrário, pad = 46 – esse valor
- Prevenir que uma estação termine de transmitir um quadro antes do primeiro bit chegar no extremo do cabo e ocorra uma colisão

IEEE 802.3: Quadro

DIX Ethernet

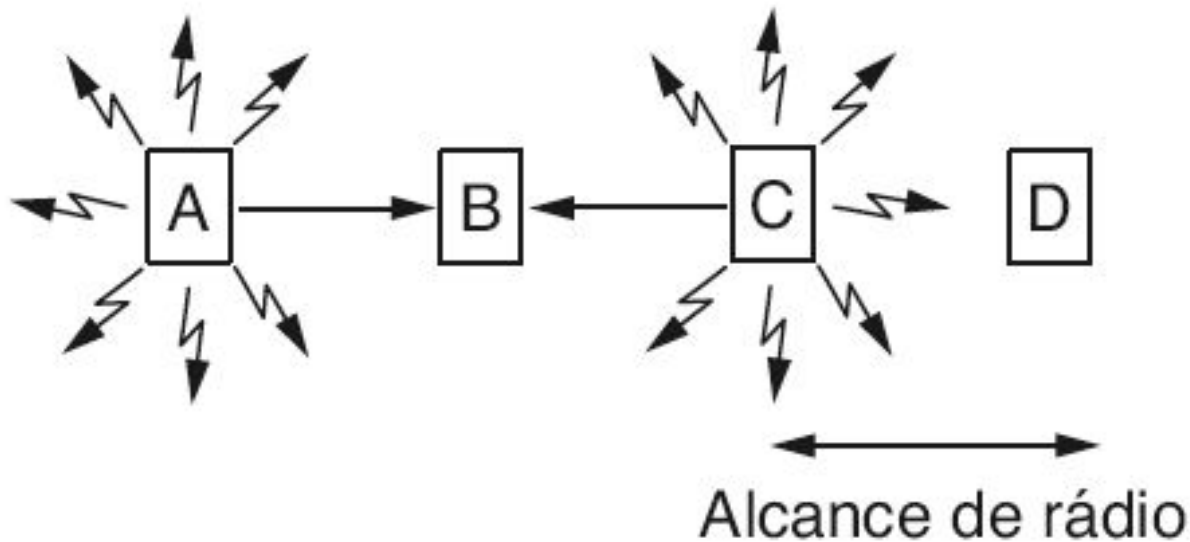


IEEE 802.3



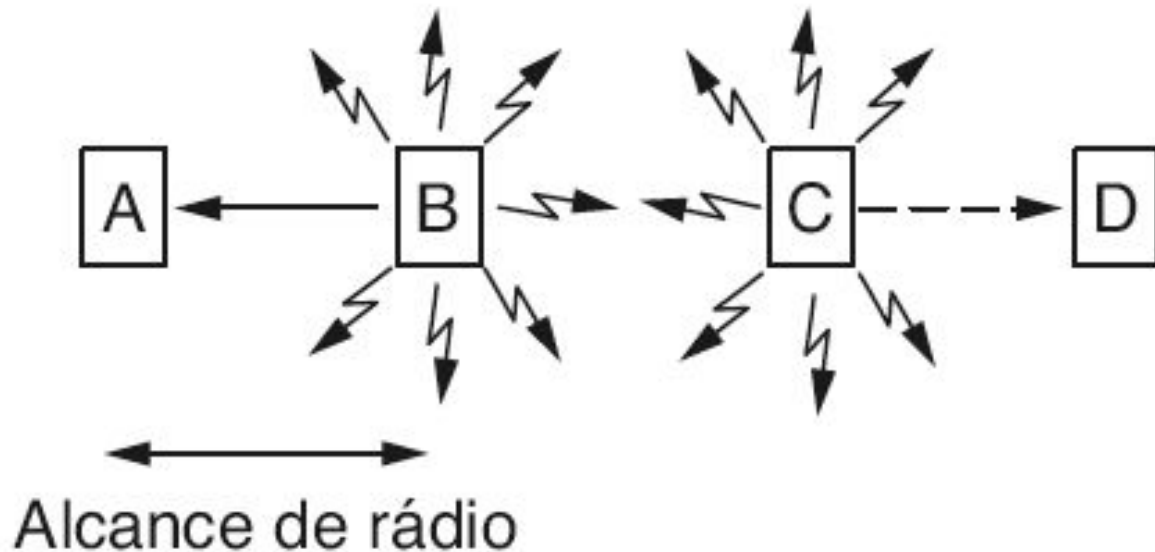
Protocolos para Redes Sem Fio

- **Problema do terminal oculto:** A e C ocultos ao transmitirem para B



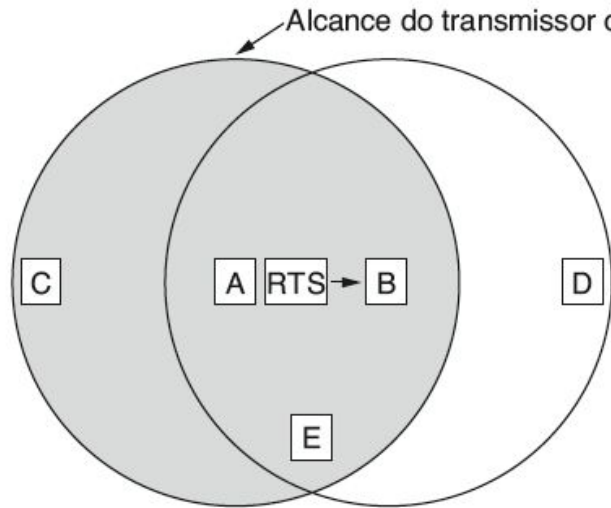
Protocolos para Redes Sem Fio

- **Problema do terminal visível:** B e C são visíveis podem transmitir simultaneamente para A e D, respectivamente

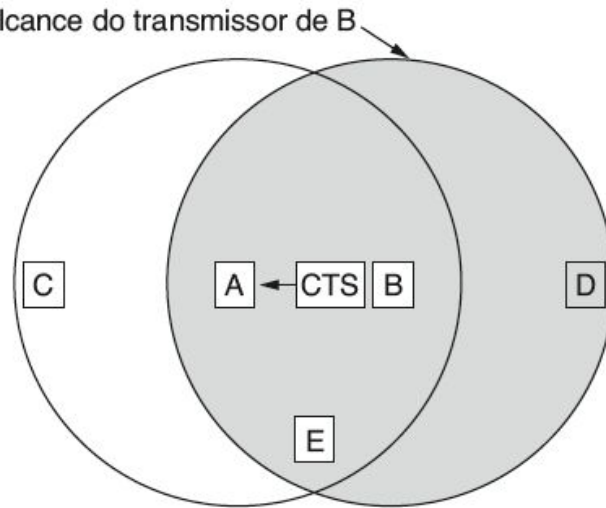


Protocolos para Redes Sem Fio

- **Protocolo MACA:** (a) A envia um RTS a B; (b) B responde com um CTS para A.



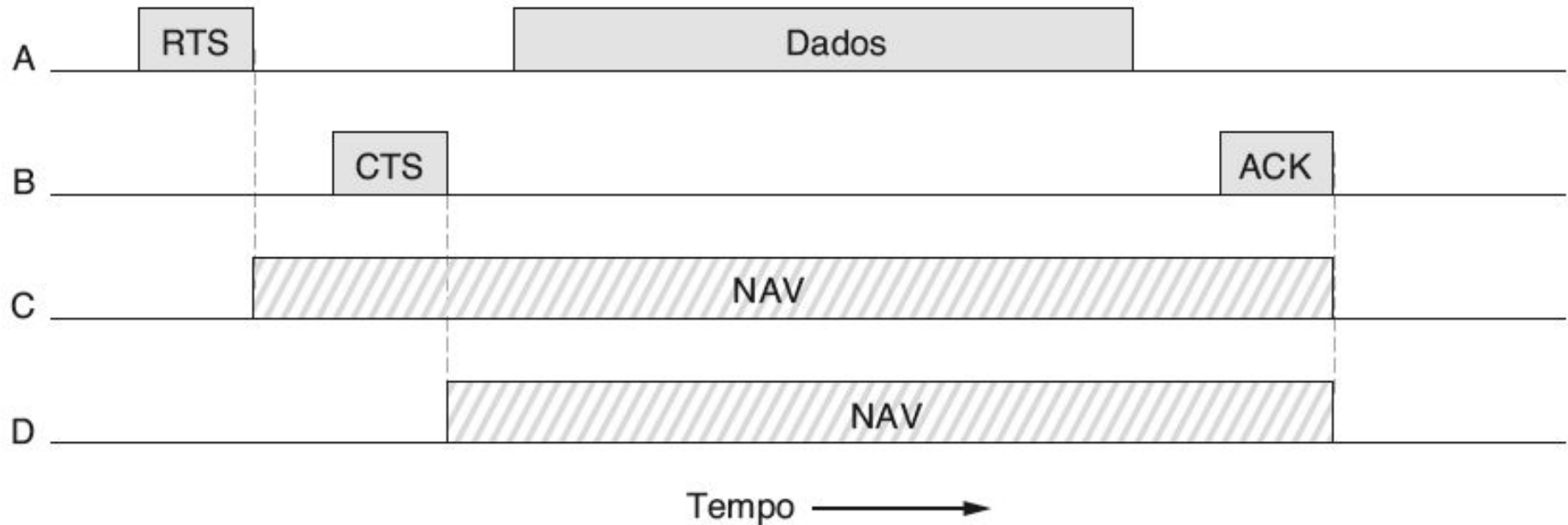
(a)



(b)

Protocolos para Redes Sem Fio

- Sensoriamento de portadora em um canal com CSMA/CA



Protocolos Sem Colisão

- Para evitar colisões que geram muitos atrasos na transmissão em meios físicos broadcast, alguns protocolos sem colisão foram inventados:
 - Protocolos Bit Map
 - Protocolos de contador binário

Protocolos Bit Map

- O uso do meio físico é alternado entre contenção e dados
- Na fase de contenção cada estação transmite somente um bit indicando se deseja transmitir dados ou não
- Em função da fase de contenção, na fase de dados cada estação transmite os dados na ordem correta (a ordem é pré-definida)

Protocolos de Contador Binário

- Otimizam o Bit-Map que envia 1 bit para cada estação na fase de contenção, enviando um número em binário da estação que deseja transmitir
- Cada estação transmite 1 bit do seu endereço em binário

Protocolos de Contador Binário

- Como o meio físico mantém os bits 1 (faz um OR com os bits enviados), o endereço das estações com mais bits 1s ficarão no meio físico
- As estações que não foram selecionadas param de enviar os bits
- No final da fase de contenção foi transmitido o endereço da estação que transmitirá os dados.

Exercício (1)

- Diferencie o ALOHA Puro, Slotted ALOHA e família CSMA.

Exercício (2)

- Quais são as versões do CSMA? Qual é a diferença entre elas?

Exercício (3)

- Quais são os problemas do terminal oculto e do terminal visível?

Exercício (4)

- Como funciona o *Handshaking* do IEEE 802.11? E como ele evita o problema do terminal oculto e o do visível?