

# Redes de Computadores

## Controle de acesso ao meio (Medium Access Control - MAC)

### Aula 09

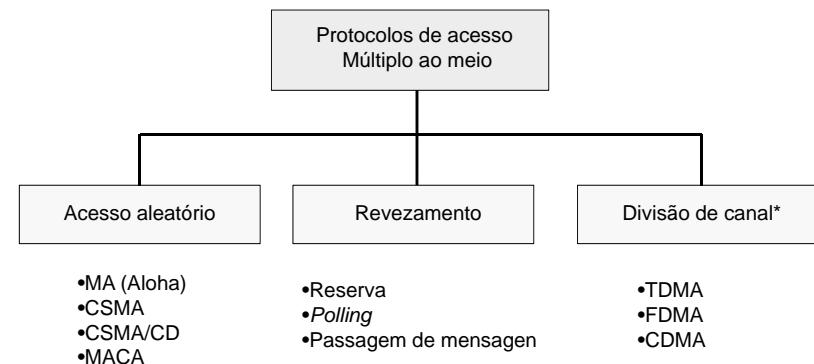
## Introdução

- Enlaces podem ser divididos em duas grandes categorias:
  - Ponto à ponto
  - Difusão (*broadcast*)
- Se, em um enlace de difusão, dois ou mais nós transmitem simultaneamente ocorre uma colisão
  - Colisão significa perda de dados (embaralhamento)
  - Detecção da colisão é um procedimento analógico
    - Uma estação escuta a própria transmissão, se o sinal recebido for diferente do transmitido é porque está havendo uma colisão
- Principal questão em enlaces de difusão
  - QUEM acessa o meio de transmissão quando existe competição entre  $n$  estações para utilizá-lo? O QUE fazer na ocorrência de colisões?

## Protocolos de acesso múltiplo

- Determina QUEM obtém acesso ao meio e como as estações compartilham o meio de transmissão
  - Importante em redes locais (LAN) baseadas em enlaces *broadcast*
    - Redes ethernet e WiFi
  - Redes WAN normalmente não possuem esse problema por serem ponto-a-ponto e *full-duplex*
- Três categorias:
  - divisão de canal
  - acesso aleatório (randômico, não sequencial, não determinístico)
  - revezamento (sequencial, determinístico)

## Protocolos de acesso múltiplo



\*fora do contexto da disciplina!

## Premissas para a alocação aleatória (dinâmica)

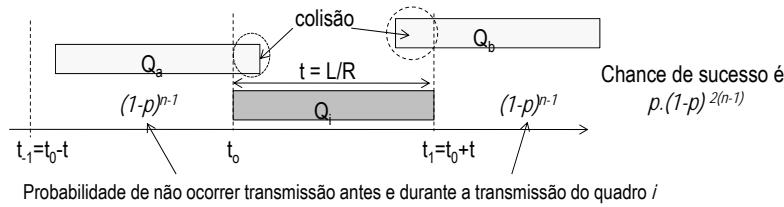
- ❑ Canal único
- ❑ Tráfego independente
- ❑ Identificação de colisões
  - Se dois ou mais nós transmitem simultaneamente ocorre uma colisão
  - Colisão implica em perda de dados e em sua retransmissão
- ❑ Tempo contínuo ou segmentado (*slotted*)
  - Contínuo: transmissão pode iniciar em qualquer instante de tempo
  - Segmentado: tempo é dividido em intervalos discretos (*slots*) e a transmissão só pode começar no início do *slot*
- ❑ Detecção de portadora
  - Possibilidade de nós detectarem que o meio está em uso ou não

## Aloha

- ❑ Rede de comunicação baseada em rádio frequência criada na Universidade de Hawaí
  - Uma estação cliente envia mensagem para uma estação base. A estação base retransmite para todas as estações (inclui a estação origem)
  - Dois canais: *upload* (origem  $\rightarrow$  base) e *download* (base  $\rightarrow$  estações)
- ❑ Princípio básico:
  - Uma estação transmite sempre que tiver dados disponíveis para enviar
    - É a característica *Multiple Access*
    - Quadros podem sofrer colisões
  - A estação espera por uma confirmação (ACK)
    - Se não chegar é porque houve colisão, então espera por um período aleatório e retransmite

## Eficiência do protocolo Aloha

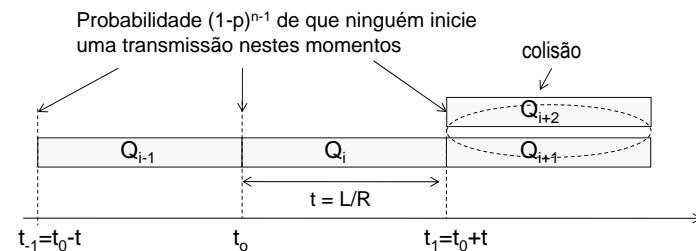
- ❑ Colisões ocorrem quando for enviado um quadro  $j$  durante o tempo de envio de quadro  $i$ 
  - $p$  é a probabilidade que uma estação inicie a transmissão
  - Condição de sucesso: quando um nó iniciar a transmitir, nenhum outro pode estar transmitindo ou iniciar sua própria transmissão



- Possível demonstrar que a eficiência máxima da rede inteira, para  $n \rightarrow \infty$ , é  $1/(2e)$ , ou seja,  $\approx 0.185$

## Uma melhoria: *Slotted Aloha*

- ❑ Alteração para permitir o envio de quadros apenas no início do intervalo de um quadro
  - Chance da transmissão ser bem sucedida é  $N.p.(1-p)^{(N-1)}$
  - Eficiência máxima da rede inteira, para  $N \rightarrow \infty$ , é  $1/e$ , ou seja,  $\approx 0.37$
  - Rede de  $R$  bits/s apresenta taxa efetiva de  $0,37 \cdot R$  bits/s



## Carrier Sense Multiple Access Protocols (CSMA)

- ❑ No Aloha a decisão de cada estação transmitir é independente
  - Melhoria: uma estação “escutar” o meio para verificar se uma transmissão está em curso antes de iniciar a sua
    - Protocolo com detecção de portadora
- ❑ Duas estratégias básicas
  - Persistente
  - Não persistente

## CSMA Persistente e não persistente

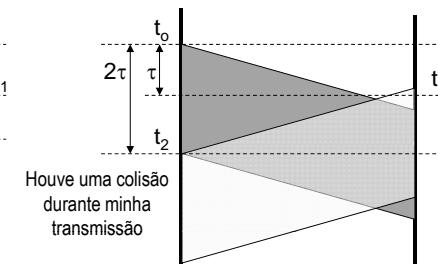
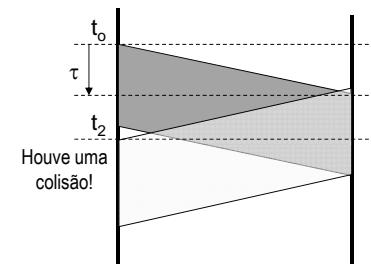
- ❑ Persistente (ou 1-persistente)
  - Escuta o canal; se livre transmite, se ocupado espera ficar livre e transmite
  - Em colisão, espera tempo aleatório e reinicia o procedimento
- ❑ Não persistente
  - Escuta o canal; se livre transmite, se ocupado aguarda tempo aleatório e volta a escutar o meio
  - Em colisão: repete procedimento
- ❑ p-persistente
  - Aplicado em canais segmentados
  - Escuta o canal; se livre transmite com probabilidade  $p$ , se ocupado OU tiver declinado de transmitir ( $1-p$ ) espera o próximo slot e repete procedimento.
  - Em colisão: espera próximo slot e repete procedimento

## CSMA with Collision Detection (CSMA/CD)

- ❑ Dois problemas com CSMA
  - Elimina as colisões se as estações escutarem uma transmissão em curso
    - Tempo de propagação: uma transmissão ainda não chegou
    - Redes sem fio: não se escuta transmissões fora do alcance da antena
  - Ocorrendo uma colisão, os dados transmitidos precisarão ser reenviados
    - Desperdício temporal de duração L/R (independente de onde houve a colisão, o quadro é corrompido e precisa ser retransmitido)
- ❑ Detecção de colisão (CSMA/CD)
  - Abortar a transmissão tão logo tenha sido detectado uma colisão

## Funcionamento do CSMA e duração do quadro

- ❑ Tempo mínimo para um nó detectar que houve uma colisão:
  - $2\tau$ , onde  $\tau$  é o tempo de propagação da linha
  - Só após  $2\tau$  o nó pode ter certeza que alocou o canal corretamente, ou seja, o nó deve ainda estar em modo transmissão para detectar a colisão (se houver)
  - Tamanho mínimo do quadro deve corresponder a uma duração de  $2\tau$

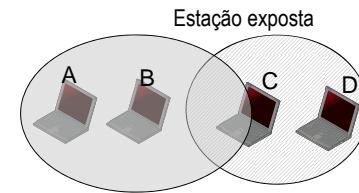
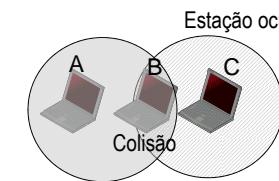


## Conceitos de diâmetro da rede e domínio de colisão

- Diâmetro da rede:
  - Distância máxima entre as estações mais distantes de forma que o CSMA continue a funcionar adequadamente
- Domínio de colisão:
  - Segmento de rede física em que duas ou mais estações podem provocar uma colisão se transmitirem simultaneamente.
- Exemplo: IEEE 802.3 (versão original – anos 70)
  - Cabo coaxial e 10 Mbps
  - Define condições para que o atraso de propagação seja no mínimo de 25.6 us
  - Então:
    - Tempo de bit = 0,1 us,  $2\tau = 51,2$  us; quadros mínimo de 512 bits (64 bytes)

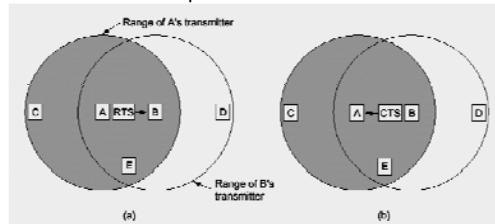
## Controle de acesso ao meio em redes sem fio

- Alcance do rádio das estações (nós) é limitado
  - As estações podem não transmitir (nem receber) a todas estações
- Ainda sobre colisões
  - O CSMA informa atividade apenas na estação que detecta a portadora
    - Em redes com fio todas estações “sentem” o sinal, em redes sem fio, não
  - O que importa é a interferência no receptor
- Problemas da estação oculta e da estação exposta



## Multiple Access with Collision Avoidance (MACA)

- Idéia é forçar o receptor a transmitir um quadro
  - Evita transmissões de estações próximas ao receptor
- Emprego de quadros especiais: *Request to Send* (RTS) e *Clear to Send* (CTS)
  - Transmissor envia um RTS ao receptor e espera CTS
  - Se canal estiver livre, receptor envia o CTS
  - Ausência do CTS faz com que o transmissor reenvie RTS

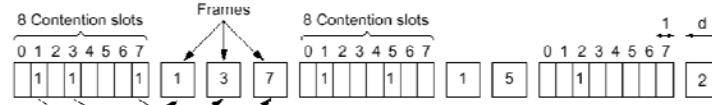


- Protocolo de reserva
- *Polling*
- Passagem de mensagem de permissão (*token*)

Como ausência de disputa significa ausência de colisão  
são denominados de protocolos livres de colisão.

## Protocolo de reserva

- O tempo de transmissão é dividido em intervalos
  - Em cada intervalo é enviado um quadro de reserva antecedendo o de dados
  - Está sempre presente
  - Possui uma largura em bit proporcional ao número de estações
- Uma estação antes de transmitir necessita reservar um intervalo

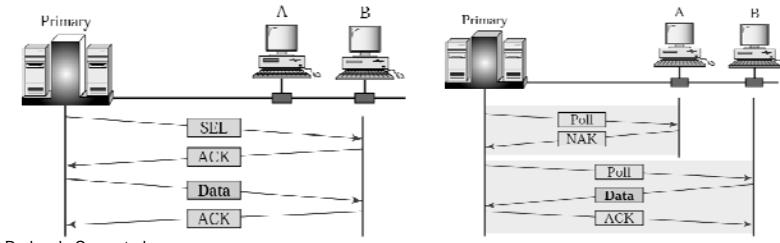


Redes de Computadores

17

## Polling (poll-select)

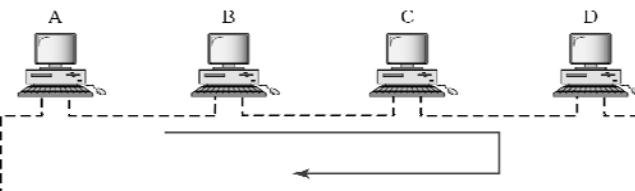
- Baseado na existência de um mestre (estação primária)
  - Toda troca de dados deve passar pela estação primária, mesmo quando a comunicação é entre estações secundárias
- Dois procedimentos:
  - *Selecting*: usado sempre que a primária deseja enviar dados a um secundário
  - *Polling*: usado para permitir que uma secundária envie dados a primária



18

## Passagem de mensagem

- Baseados em uma autorização para transmitir
- Autorização é um quadro especial (*token*)
  - Estação que recebe o *token* tem o direito de acessar ao meio (transmitir)
    - e.g.: IEEE802.4 (token bus), IEEE802.5 (token ring) e FDDI



Redes de Computadores

19

## Leituras complementares

- Tanenbaum, A. *Redes de Computadores* (4<sup>a</sup> edição), Campus, 2003.
  - Capítulo 4, seções 4.1 e 4.2 (exceto 4.2.4 e 4.2.5)
- Kurose, J.; Ross, K.; *Redes de Computadores e a Internet* (6<sup>a</sup> edição), Pearson Education do Brasil, São Paulo, 2013.
  - Capítulo 5, seção 5.3