

Redes de Computadores

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

Aula 09

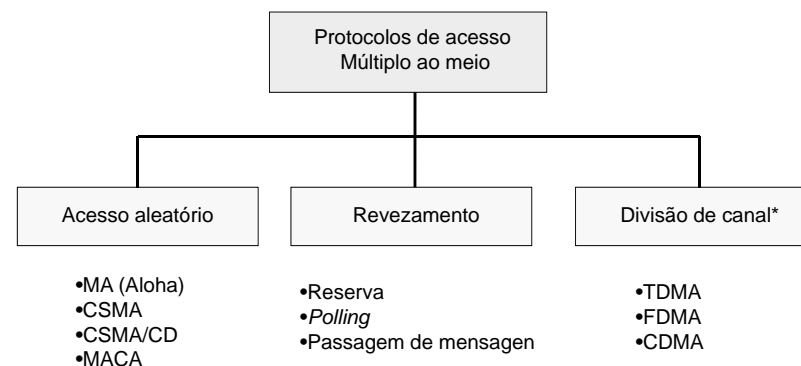
Introdução

- ❑ 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



Premissas para a alocação aleatória (dinâmica)

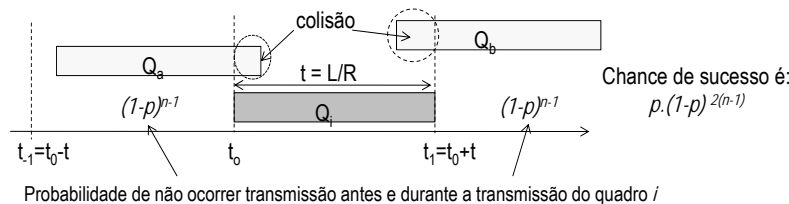
- ❑ Canal único
- ❑ Tráfego independente
- ❑ Identificação de colisões
 - Se dois ou mais nós transmitem simultaneamente ocorre uma colisão
 - Colisão implica em perda de dados e em sua retransmissão
- ❑ Tempo contínuo ou segmentado (*slotted*)
 - Contínuo: transmissão pode iniciar em qualquer instante 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 Hawai
 - 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→base) e *download* (base→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

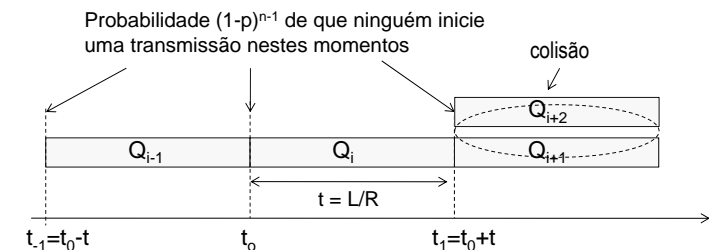
Eficiência do protocolo Aloha

- ❑ 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



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 $N \cdot p \cdot (1-p)^{(N-1)}$
 - Eficiência máxima da rede inteira, para $N \rightarrow \infty$, é $1/e$, ou seja, ≈ 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

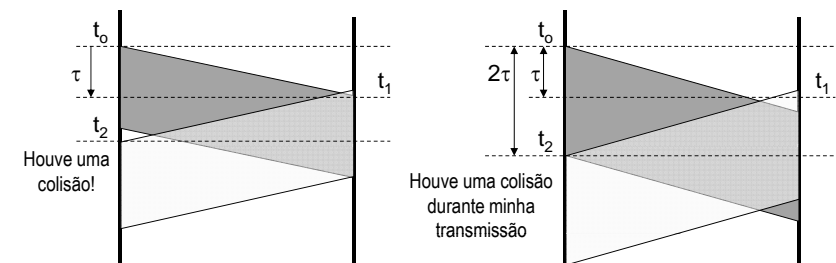
- ❑ Persistente (ou 1-persistente)
 - Escuta o canal; se livre transmite, se ocupado espera ficar livre e transmite
 - Em colisão, espera tempo aleatório e reinicia o procedimento
- ❑ Não persistente
 - Escuta o canal; se livre transmite, se ocupado aguarda tempo aleatório e volta a escutar o meio
 - 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:
 - 2τ , onde τ é o tempo de propagação da linha
 - Só após 2τ 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 2τ



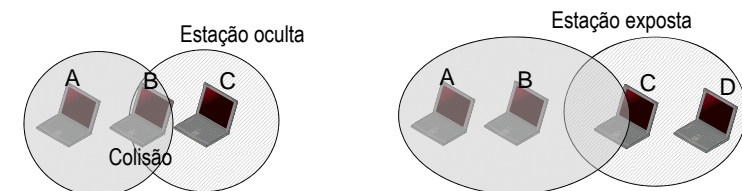
Conceitos de diâmetro da rede e domínio de colisão

- ❑ 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)

13

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

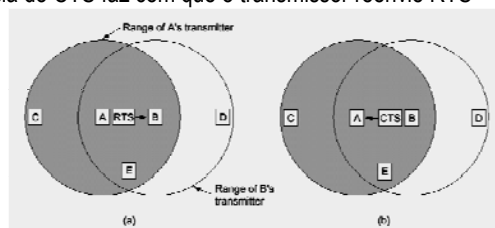


Redes de Computadores

14

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



Redes de Computadores

15

Protocolos de acesso controlado (determinístico)

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

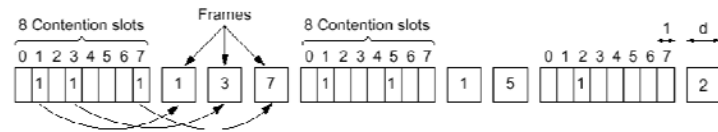
Como ausência de disputa significa ausência de colisão são denominados de protocolos livres de colisão.

Redes de Computadores

16

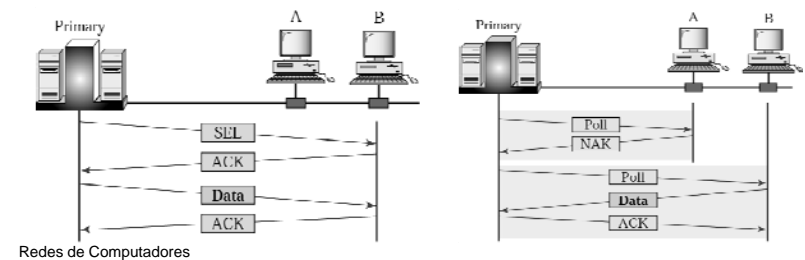
Protocolo de reserva

- ❑ 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



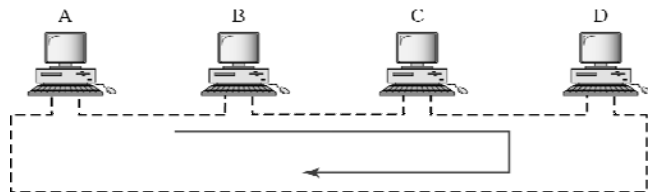
Polling (poll-select)

- ❑ 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



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



Leituras complementares

- ❑ Tanenbaum, A. *Redes de Computadores* (4ª 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* (6ª edição), Pearson Education do Brasil, São Paulo, 2013.
 - Capítulo 5, seção 5.3