Redes com Acessos Aleatórios CSMA

Prof. S. Motoyama

CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

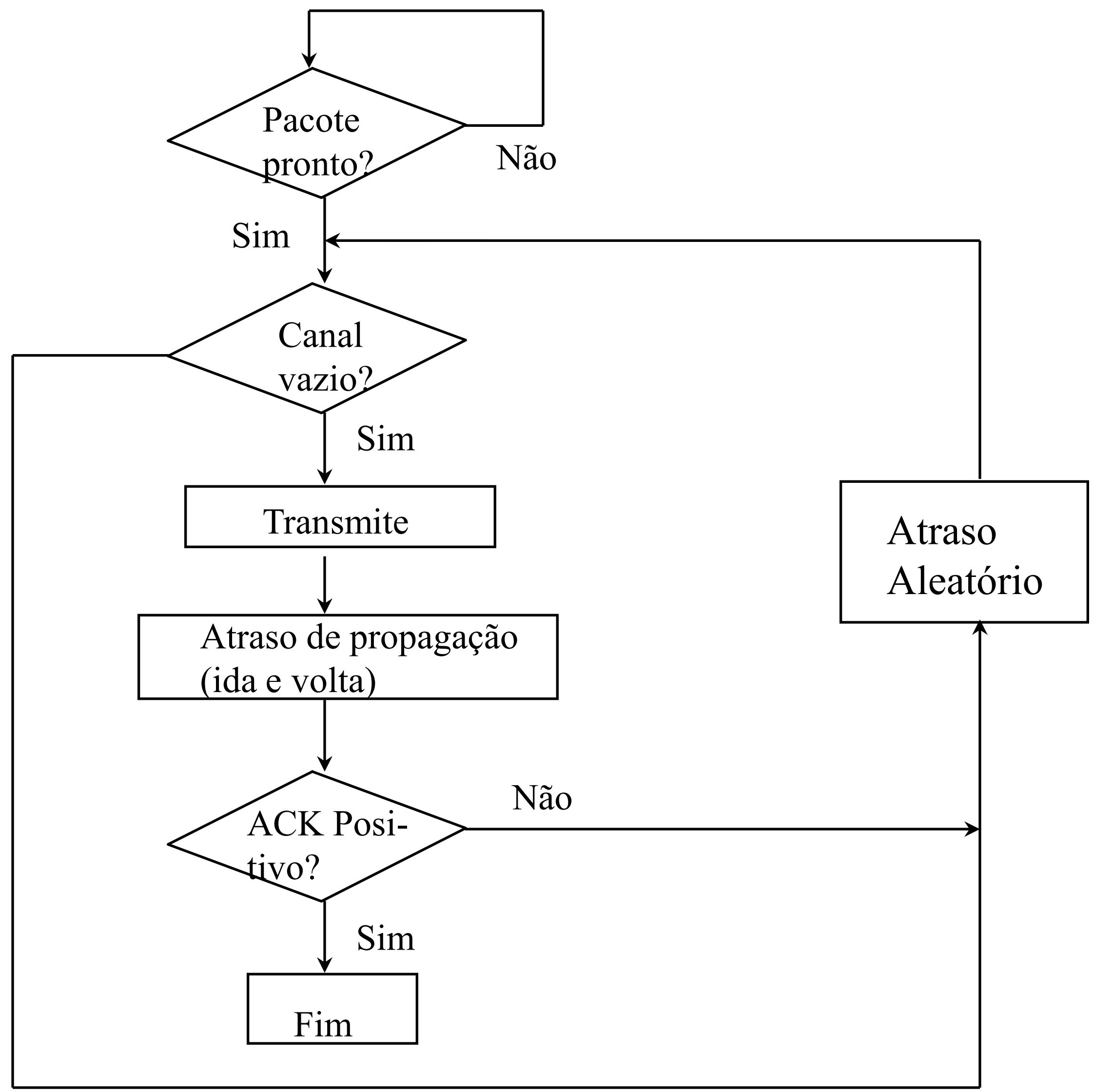
É um esquema baseado em Aloha, mas introduzindo maior controle no acesso. Verifica a existência da portadora antes de transmitir um pacote. A presença da portadora significa que o canal está ocupado e a estação não transmite, esperando até “sentir” o canal vazio.

De acordo com o procedimento adotado no caso de o barramento estiver ocupado, o CSMA pode ser

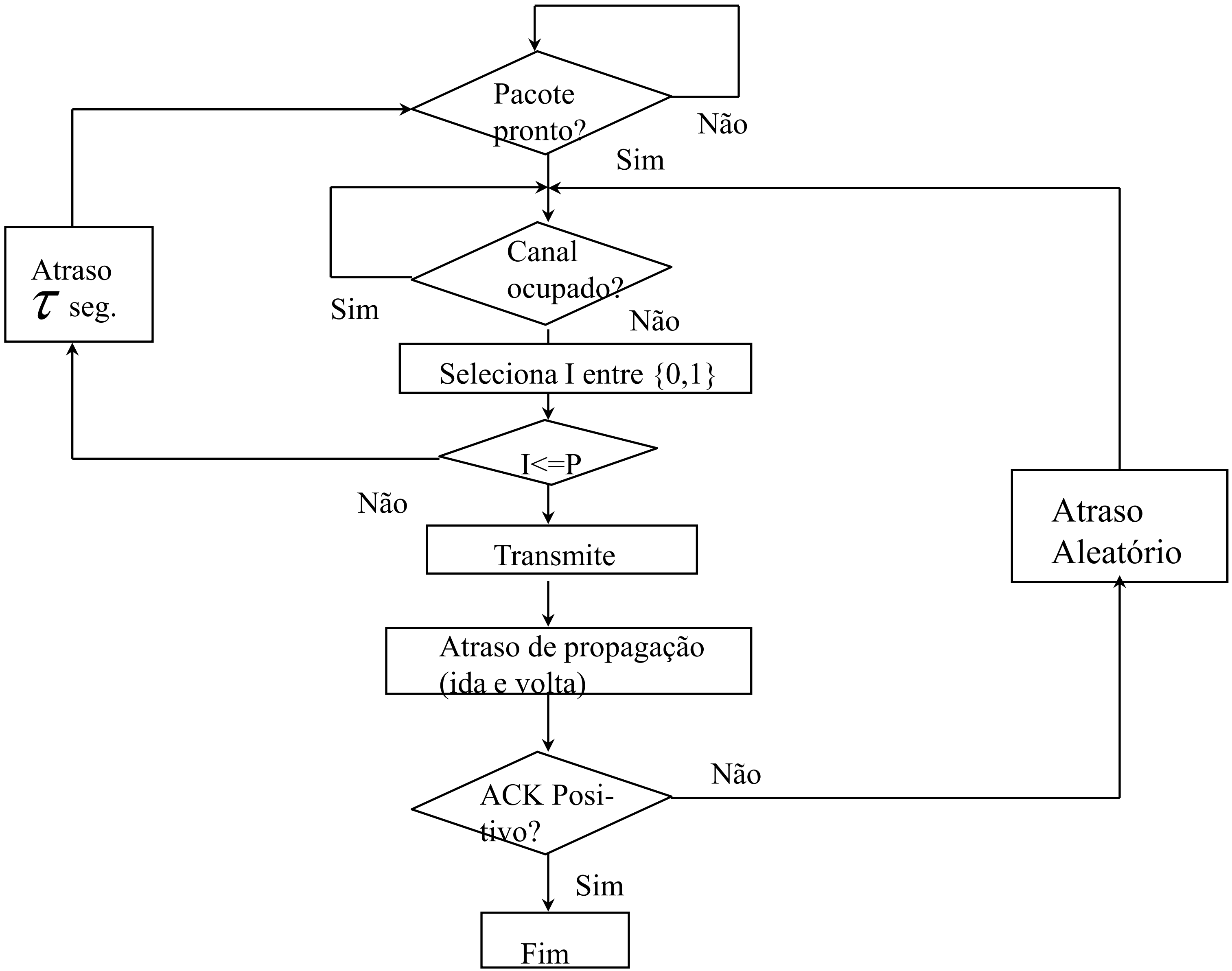
- Não persistente
- 1 persistente
- p persistente

Se durante a transmissão, o pacote é checado constantemente se sofreu a colisão, o acesso, nesse caso, é chamado CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access – Collision Detection).

CSMA não persistente



CSMA P - Persistente



CSMA não Persistente: Análise

Suposições:

1. O número de usuários é infinito e o processo de chegadas dos pacotes é poissoniano (novos e retransmissões)

2. O atraso de propagação é τ segundos entre duas estações quaisquer. τ é atraso máximo de propagação em um sentido de transmissão.

3. Todos os pacotes têm a mesma distribuição de comprimento e o tempo de transmissão é P segs.

4. Cada estação tem no máximo um pacote pronto para transmitir (incluindo o de retransmissão).

5. O canal é sem ruído, portanto o erro de transmissão é devido somente às colisões.

6. Os pacotes colididos são retransmitidos.

CSMA não persistente: Análise

Sejam

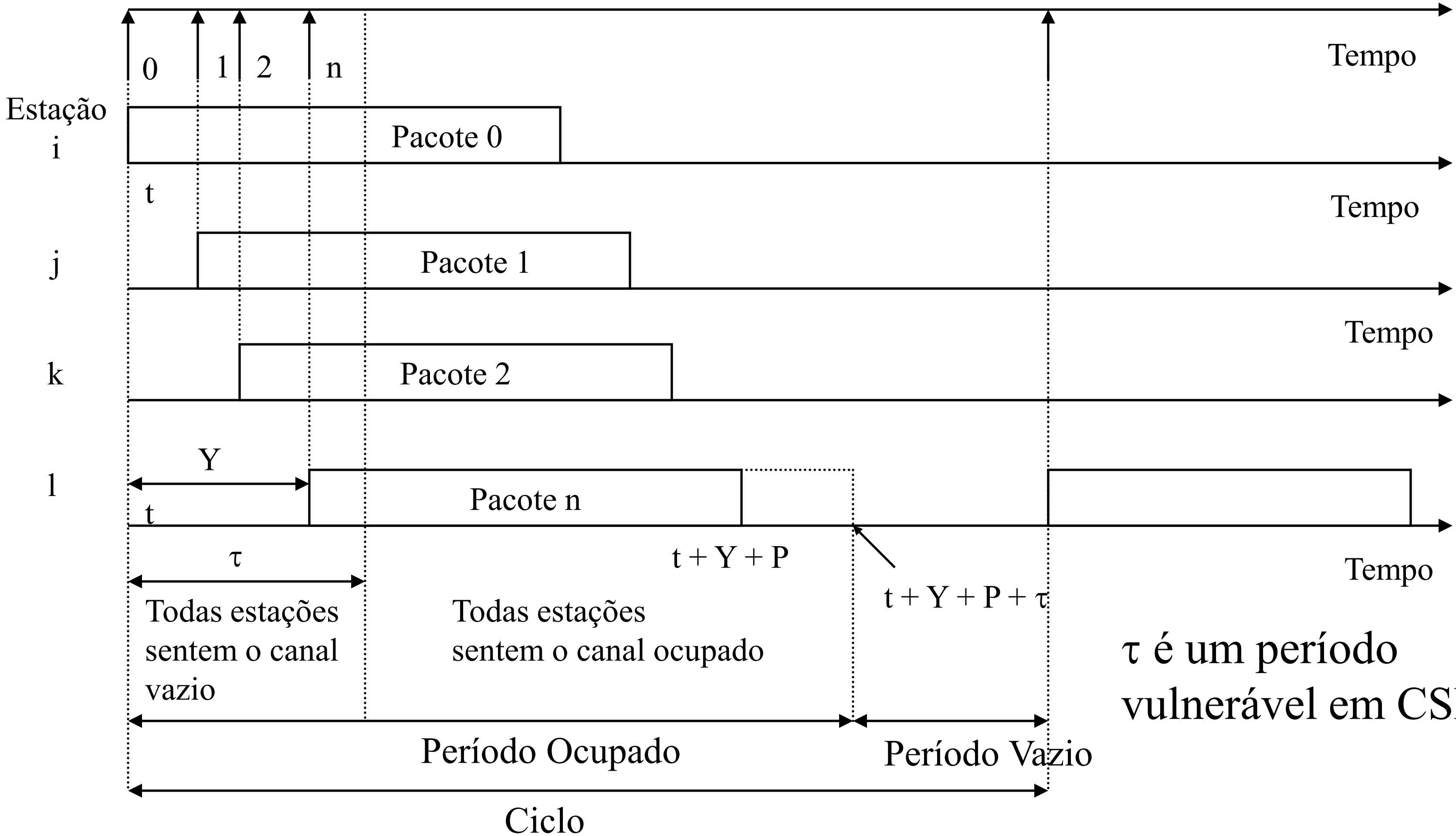
G = Número médio de tentativas de transmissão (com sucesso + retransmissões) por P segundos.

S = vazão, número médio de sucessos por P segundos.

(S/P) = taxa média de pacotes com sucesso (pacotes / seg..)

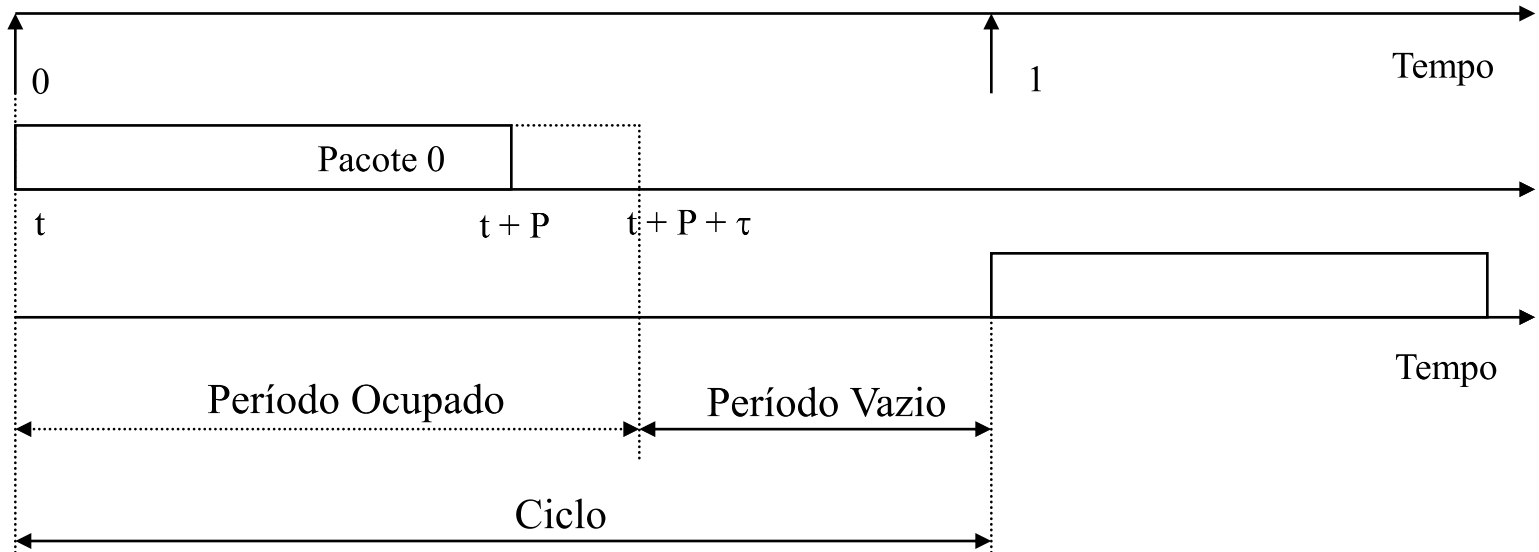
(G/P) = taxa média total de pacotes (pacotes / seg.)

Situação de Colisão



τ é um período vulnerável em CSMA

Situação de Sucesso



CSMA não persistente : Análise

Sejam

U - variável aleatória do tempo de ciclo em que o canal é usado sem colisão.

$\overline{U} \Rightarrow$ Valor médio

$\bar{I} \Rightarrow$ Comprimento médio do período vazio

$\overline{B} \Rightarrow$ Comprimento médio do período ocupado

$$S = \frac{\overline{U}}{\bar{I} + \overline{B}}$$

Quando um pacote é transmitido com sucesso ocupa P segundos.

$$\therefore \quad \overline{U} = \text{P.} \Pr\{\text{Pacote 0 ser transm com sucesso}\}$$
$$= \text{P} . \text{P}_\text{s}$$

$$\text{P}_\text{s} = \Pr\{\text{0 chegadas em } \tau \text{ segs}\} = \exp(-\frac{\text{G}}{\text{P}}\tau)$$

$$\therefore \quad \overline{U} = P \exp[-\frac{G}{P}\tau]$$

CSMA não persistente : Análise

O período ocupado pode ser escrito como

$$B = Y + P + \tau$$

Se Y = 0 $\Longrightarrow$ Transmissão com sucesso

$$\therefore \overline{B} = \overline{Y} + P + \tau$$

Y é V.A.

$$F_Y(y) = \Pr\{Y \le y\}$$

$t + Y$ é o tempo de chegada do último pacote no intervalo $[t,\ t+\tau]$

$$\Pr\{Y \le y\} = \Pr\{\text{nenhuma chegada no int.}[y,\tau]$$

$$\Pr\{0\,\text{chegada em}\,[y,\tau] = \exp[-\frac{G}{P}(\tau - y)]$$

onde $0 < y \le \tau$

CSMA não persistente : Análise

$$F_Y(y) = exp[-\frac{G}{P}(\tau - y)]$$

$$Para\ y = \mathbf{0} \Rightarrow F_Y(y) = exp[-\frac{G}{P}\tau] \Rightarrow$$

Prob. do pacote 0 ter sucesso na transmissão.

$$\frac{dF_Y(y)}{dy} = exp[-\tfrac{G}{P}(\tau - y)].\frac{G}{P}$$

$$\overline{Y} = \int_{\mathbf{0}}^{\tau} y\, exp[-\frac{G}{P}(\tau - y)]\,\frac{G}{P}\,dy$$

$$= \frac{G}{P} exp[-\frac{G}{P}\tau]\int_{\mathbf{0}}^{\tau} y\, exp[+\frac{G}{P}y]\,dy$$

CSMA não persistente : Análise

$$\int_0^{\tau} y\, exp[+\frac{G}{P}y]\,dy = \frac{exp[+\frac{G}{P}\tau]}{(\frac{G}{P})^2}(\frac{G}{P}\tau - 1) + \frac{1}{(\frac{G}{P})^2}$$

$$(\int x\, exp(ax)dx = \frac{exp(ax)}{a^2}(ax - 1))$$

$$\therefore \overline{Y} = \tau - \frac{P}{G} + \frac{P}{G} exp[-\frac{G}{P}\tau]$$

$$ou \quad \overline{Y} = \tau - \frac{P}{G}\{1 - exp[-\frac{G}{P}\tau]\}$$

Portanto

$$\overline{B} = P + 2\tau - \frac{P}{G}(1 - exp[-\frac{G}{P}\tau])$$

Para G pequeno

$$\overline{B} \cong P + 2\tau \cong comp.\ de\ transm.\ com\ sucesso$$

Cálculo de $\bar{I}$

Taxa média de chegada é $\frac{G}{P}$

Taxa média entre chegadas é $\frac{P}{G}$

Utilizando a propriedade sem memória do processo poissoniano

$$\bar{I} = \frac{P}{G}$$

Portanto,

$$S = \frac{P \exp[-\frac{G}{P}\tau]}{P + 2\tau - \frac{P}{G}(1 - \exp[-\frac{G}{P}\tau]) + \frac{P}{G}}$$

$$= \frac{G \exp[-\frac{G}{P}\tau]}{G(1 + \frac{2\tau}{P}) + \exp[-\frac{G}{P}\tau]}$$

Vazão para CSMA não persistente

$$\text{Se} \quad a = \frac{\tau}{P}$$

$$S = \frac{G \exp(-aG)}{G(1+2a) + \exp(-aG)}$$

G é o tráfego total de pacotes por tempo médio de transmissão de um pacote P, em segundos.

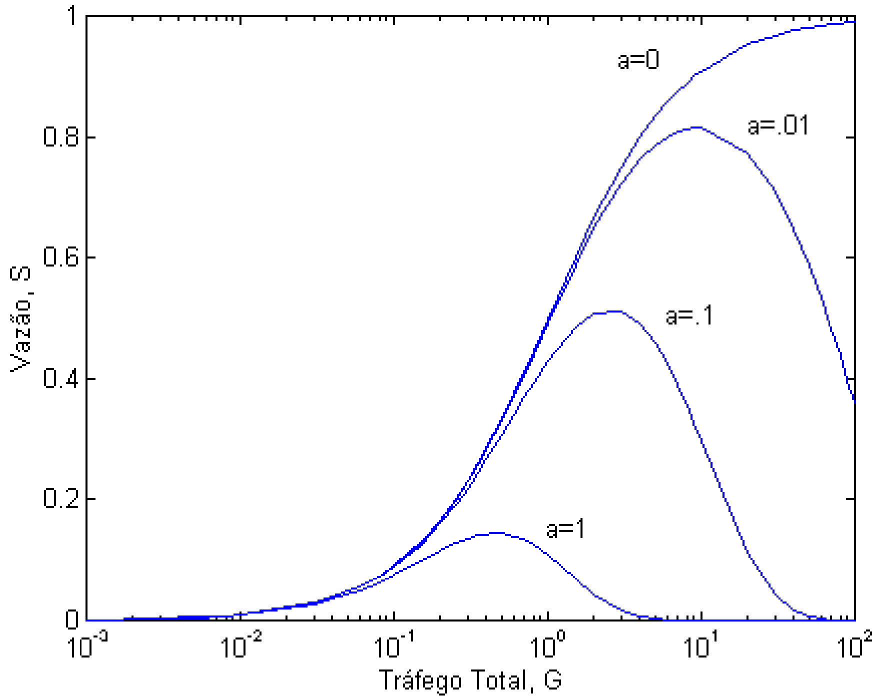
τ atraso máximo de propagação em um sentido de transmissão.

$$a = 0 \Rightarrow \tau = 0$$

$$S = \frac{G}{1+G}$$

$$G \text{ grande} \Rightarrow 1+G \cong G \Rightarrow S = 1$$

Vazão x Tráfego total



CSMA/CD

O esquema CSMA/CD pode ser classificado em

- Não slotted
  - Não - persistente
  - P - persistente
- Slotted
  - Não - persistente
  - P - persistente

Se uma estação "sente" o canal vazio, o seguinte procedimento é tomado para

- Não - persistente e 1- persistente.

  O pacote é transmitido.
- P - persistente.

  O pacote é transmitido com probabilidade P ou atrasado por τ segundos com probabilidade (1- P).

Se uma estação "sente" o canal ocupado, o procedimento é para

- Não - persistente.

  O pacote é atrasado aleatoriamente e a estação repete o procedimento de acesso.
- 1 - persistente.

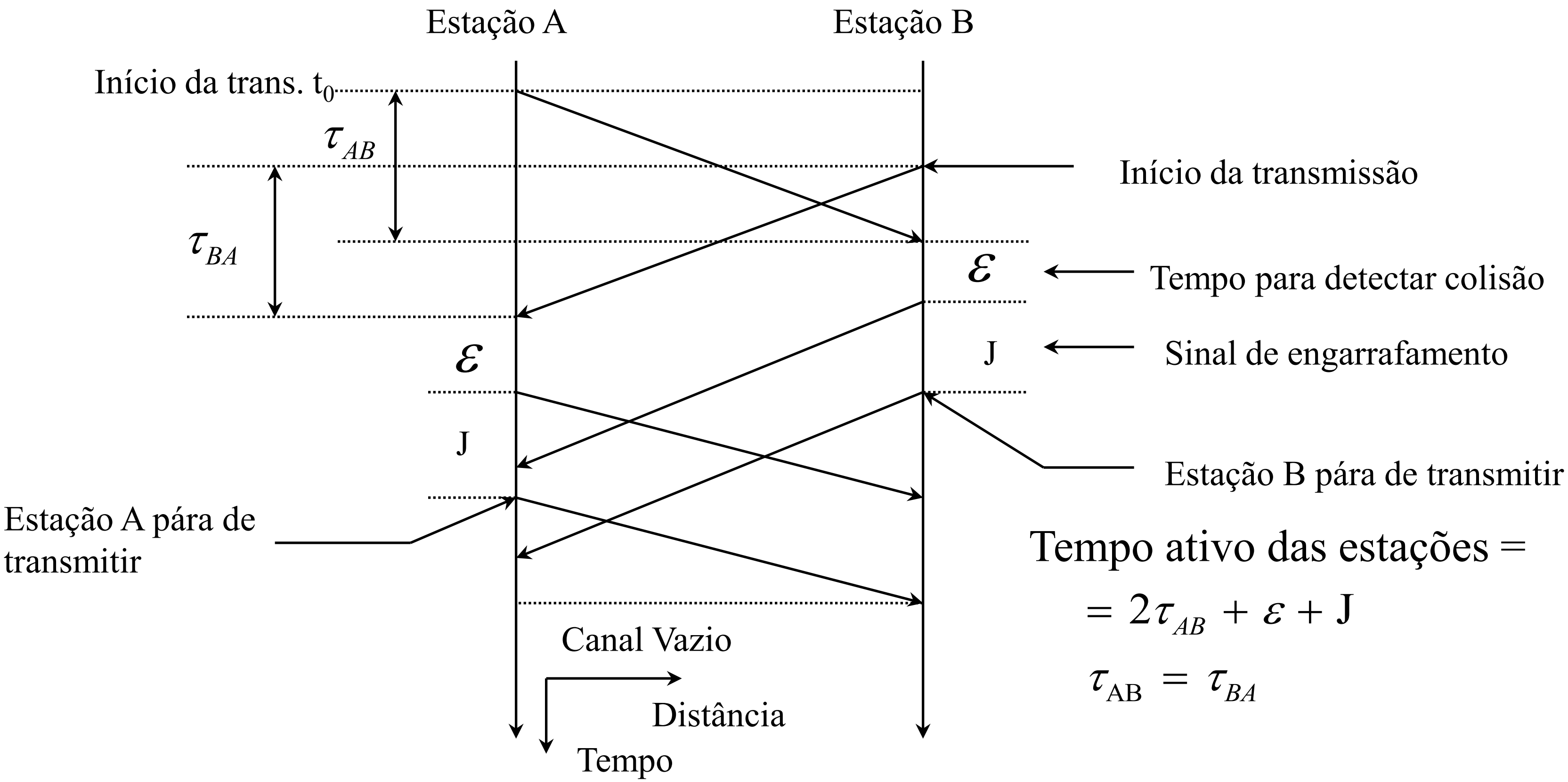
  O pacote é atrasado até sentir o canal livre e então transmite o pacote.
- P - persistente

  O pacote é atrasado até sentir o canal livre e então transmite com prob. P ou espera τ segundos com prob. (1 - P).

CSMA/CD (cont.)

- Se a colisão for detectada, a estação aborta a transmissão do pacote e transmite um sinal de engarrafamento (jamming).
- Após um atraso de tempo, o pacote será retransmitido de acordo com o algoritmo inicial.

Diagrama de tempo para situação de colisão.



Tempo ativo das estações =

$$= 2\tau_{AB} + \varepsilon + \mathrm{J}$$

$$\tau_{\mathrm{AB}} = \tau_{BA}$$

Vazão para CSMA/CD Não - persistente

A vazão é dada por

$$S = \frac{G\exp(-aG)}{G\exp(-aG) + \gamma aG[1-\exp(-aG)] + 2aG[1-\exp(-aG)] + [2-\exp(-aG)]}$$

$$\gamma = \frac{J}{\tau} \quad , \; a = \frac{\tau}{P}$$

Vazão Aproximada

A vazão pode ser aproximadamente dada por

$$S = \frac{1}{1 + \frac{2\tau}{AP}}$$

onde

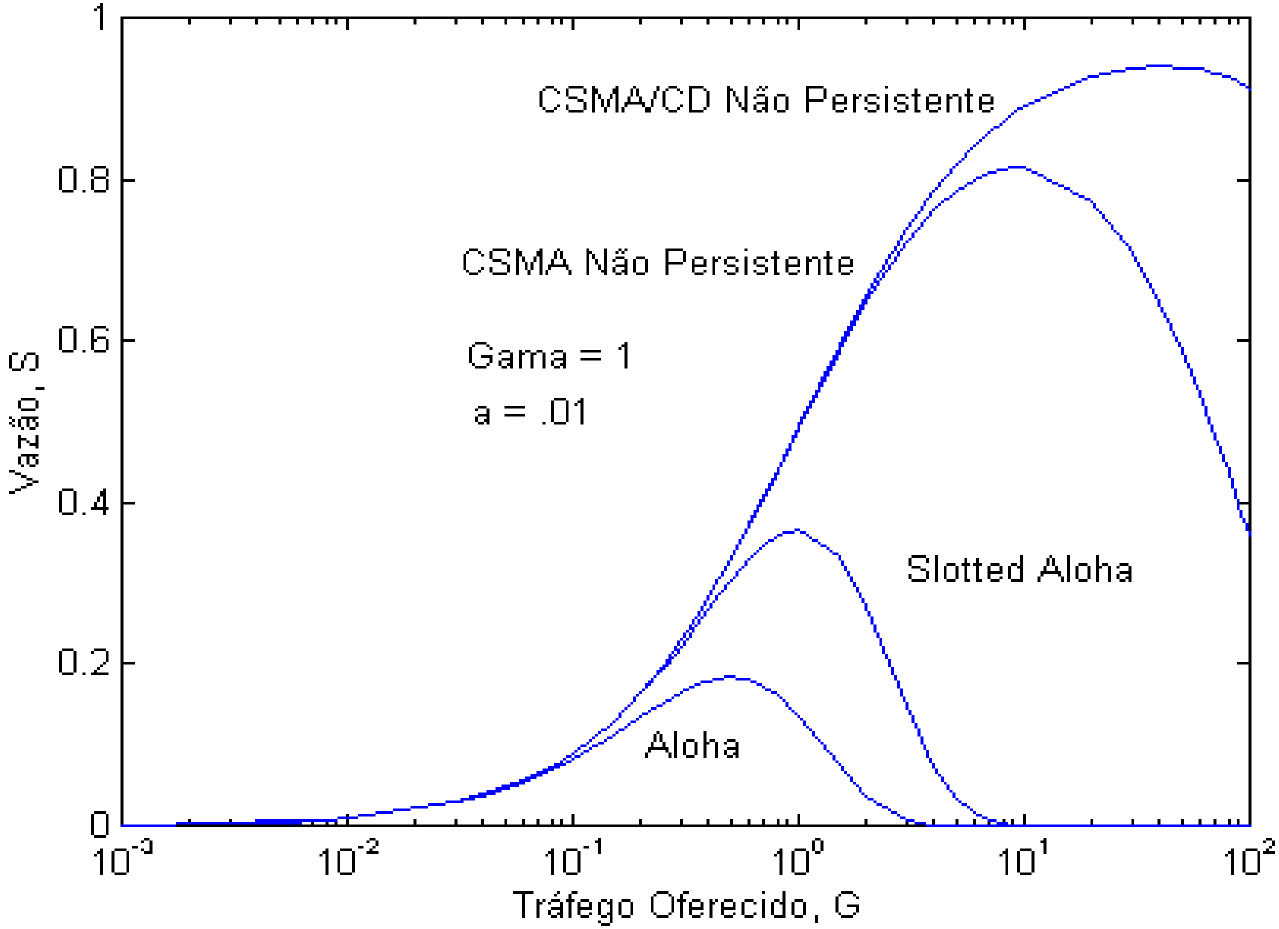
$$A = \left(1 - \frac{1}{M}\right)^{M-1}, \quad M \rightarrow \text{número de estações}$$

$P \rightarrow$ tempo médio de transmissão de um pacote, em segundos

$\tau \rightarrow$ atraso máximo de propagação em um sentido de transmissão

$$Se \quad \tau = 0 \Rightarrow S = 1$$

Comparação dos Esquemas de Acesso para Estrutura em Barramento



Exercício

1. Seja uma rede em barramento com M terminais. Cada um dos terminais possui um buffer de tamanho infinito e com chegadas poissonianas com taxa média = 0,5 pacotes/seg. O comprimento médio do pacote é 1000 bits. A capacidade do canal R = 20 Kbits/seg. Supondo os esquemas de acesso Aloha puro e slotted Aloha,

a) Calcule para cada esquema de acesso, o máximo valor de M

Supondo que o barramento tenha um comprimento de 1 km e que a velocidade de propagação no barramento seja 5 mseg/km

b) Calcular as vazões para CSMA não persistente, considerando os valores encontrados em a).