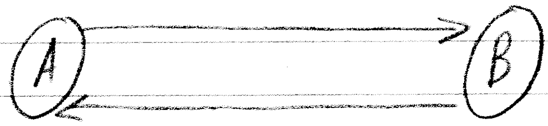
RCOM (Problemas)

"Protocolos de ligação de dados"

(1) Protocolo: Go-Back-N ARQ

$R = C = 2048$ Kbits/s



$R = C = 2048$ Kbits/s

$d = 300$ Km

$T_p = 5\ \mu s/Km \cdot d = 5 \cdot 300 = 1{,}5\ ms$

$L = 256$ bytes $= 2048$ bits

a) $N = 1$ (stop and wait)

$$U = \frac{1}{1+2.a} \qquad a = \frac{T_p}{T_f} \qquad T_f = \frac{L}{R} = \frac{2048}{2048K} = 1\ ms$$

$$a = \frac{1{,}5m}{1m} = 1{,}5$$

$$U = \frac{1}{1+2(1{,}5)} = \frac{1}{4} = 25\%$$ (eficiência)

R' (débito binário máximo fornecido pelo protocolo à camada superior)

$R' = R.U = 2048K \cdot 0{,}25 = 512$ Kbits/s

b)

$W_{mín} \geq 1 + 2.a$ $\qquad a = 1,5$

$\underline{W_{mín} \geq 4}$

$G.B.N \Rightarrow W = 2^K - 1$

Com $K=2$ bits : $W = 2^K - 1 \Rightarrow W = 3$ $\times$

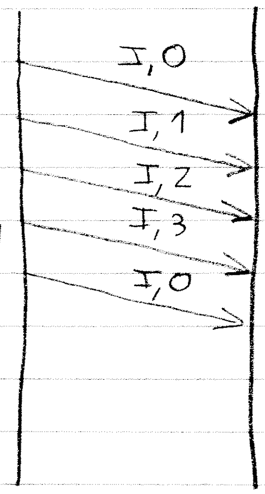
Com $\underline{K=3 \text{ bits}}$: $W = 2^K - 1 \Longrightarrow \underline{W = 7}$

e)

$M = 8 = 2^K \Rightarrow K = 3$

$K = 2$
$M = 4$

$W = 2^2 - 1$
$= 3$



RR, 1

$W = 2^K - 1 = 7$

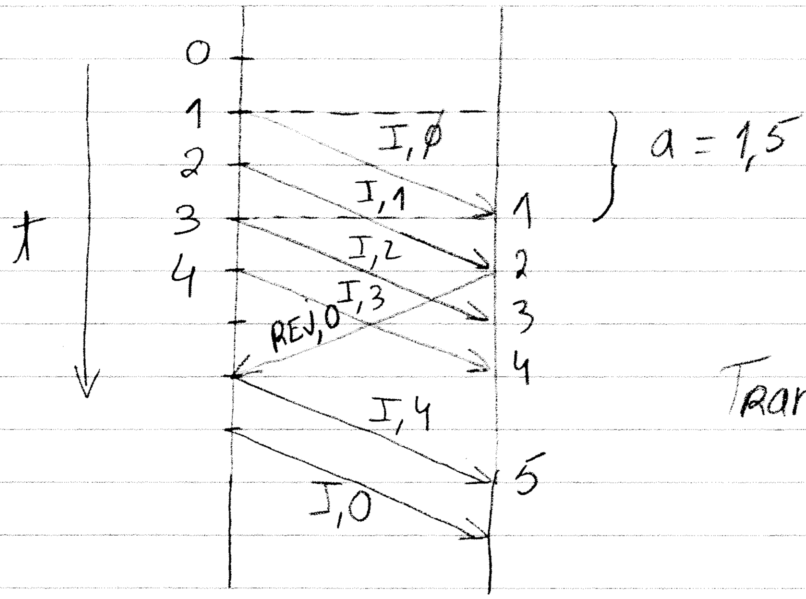
$n = ?$ (quantidade de Tramas de RR perdidas consecutivas)

$$U = 100\% \Longrightarrow W \geq 1 + 2a + n$$

$$7 \geq 1 + 2.(1,5) + n$$

$$n \leq 3 \Longrightarrow \underline{n_{máx} = 3}$$

d)

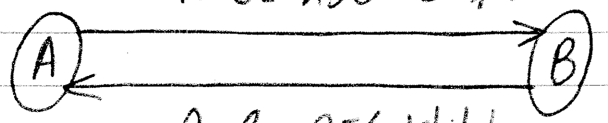


Tramas a Transmitir: 5

"Protocolos de ligação de dados"

(2) Protocolo: Go-Back-N ARQ

$R = C = 256$ Kbits/s



$R = C = 256$ kbits/s

$T_p = 270$ ms

$L = 2048$ bits

$R' = U \cdot R$

a)

$R' = ?$

$K = 3$

$W_{min}\big|_{U=100\%} = ?$

$T_f = L/R = \dfrac{2048 \text{ bits}}{256 \text{ Kbits/s}} = 8 \text{ ms}$

$a = \dfrac{T_p}{T_f} = \dfrac{270m}{8m} \cong 33{,}75$

$W < 1 + 2.a \implies U = \dfrac{W}{1+2a}$

$(7 < 68{,}5)$

$1 + 2.a = 68{,}5$

$W = 2^3 - 1 = 7$

$U = \dfrac{7}{68{,}5} = 10{,}2\%$

$R' = R.U = 256K . 0{,}102 = \underline{26{,}2 \text{ Kbits/s}}$

$U = 100\% \implies W \geq 1 + 2.a$

$W \geq 68{,}5 \implies W \geq 69 \implies K = 7$

$\underline{W_{min} = 69}$

b)

Selective Rejeet ARQ porque W é elevado ($W \geq 69$)

A partir de janelas maiores que 16 utiliza-se Selective Rejeet

$K = 7$ bits

$P_e = 0$ (%)

$R' = ?$

$W < 1 + 2a \implies U = \frac{W}{1+2a} = \frac{64}{68,5} = 93,4$ (%)

$W = 2^{K-1} = 2^{7-1} = 64$ $(64 < 68,5)$

$1 + 2.a = 68,5$

$R' = U.R = 0,934 . 256K = 239$ Kbits/s

"Protocolos de ligação de dados"

③

	R = C (Kbit/s)	d (Km)	Tp [redacted]	Tf [redacted]	a	1 + 2.a
Caso A	128	75	5μ.75	7,5 ms	0,05	1,1
Caso B	640	750	5μ.750	1,5 ms	2,5	6
Caso C	1920	2500	5μ.2500	0,5 ms	25	51

$L = 960$ bits $\qquad T_f = \frac{L}{R} \qquad a = \frac{T_p}{T_f}$

Caso A: $T_f = \frac{960}{128K} = 7{,}5ms \implies a = \frac{5.10^{-6}.75}{7{,}5m} = 0{,}05$

Caso B: $T_f = \frac{960}{640K} = 1{,}5ms \implies a = \frac{5.10^{-6}.750}{1{,}5m} = 2{,}5$

Caso C: $T_f = \frac{960}{1920K} = 0{,}5ms \implies a = \frac{5.10^{-6}.2500}{0{,}5ms} = 25$

a) Talvez seria aceitável a opção pelo Stop and Wait para o caso A já que: $W = 1 + 2a = 1{,}1$

e então a eficiência seria: $U = \frac{1}{1+2a} = \frac{1}{1{,}1} \approx \underline{0{,}91}$

Stop and wait: $W \geq 1 + 2a \approx \underline{1}$ (Para ser aceitável)

b) Tal como demonstrado pela tabela anterior:

$\boxed{\text{Caso B:}}$ $W \geq 1 + 2.a \geq 6$

Em Go-Back-N: $W \geq 2^K - 1 \geq 6$

$K = 3 \Rightarrow W \geq 7$

Em Selective Reject: $W \geq 2^{K-1} \geq 6$

$K = 4 \Rightarrow W \geq 8$

Como W é reduzido opta-se por Go-Back-N, caso fosse uma janela maior que 16 optava-se por Selective Reject

$\boxed{\text{Caso C:}}$ $W \geq 1 + 2.a \geq 51$

Em Go-Back-N: $W \geq 2^K - 1 \geq 51$

$K = 6 \Rightarrow W \geq 63$

Em Selective Reject: $W \geq 2^{K-1} \geq 51$

$K = 7 \Rightarrow W \geq 64$

Opta-se por Selective Reject, pois a janela é de um Tamanho elevado (> 16)

"Protocolos de ligação de dados"

④ Protocolo: ARQ

$$\begin{tikzcd} A \arrow[r, shift left, "R = C = 10\,Mbits/s"] & B \arrow[l, shift left, "R = C = 10\,Mbits/s"] \end{tikzcd}$$

$$a = \frac{T_p}{T_f} = \frac{9m}{0{,}2m} = 45$$

$T_p = 9ms$
$K = 7$ bits
$L = 2000$ bits

$$T_f = \frac{L}{R} = \frac{2000}{10\,M} = 0{,}2ms$$

a) $U_{máx}(\%) = ?$ Stop and Wait ; Go-Back-N ; Selective Reject

$R' = R \cdot U = ?$

Stop and Wait ARQ

$$U = \frac{\text{Tempo útil}}{\text{Tempo total}} = \frac{1 - P_e}{1 + 2a} \Longrightarrow U_{máx} = \frac{1 - 0}{1 + 2 \cdot a}$$

$\downarrow$

$P_e = 0 \Rightarrow U_{máx}$

$$U_{máx} = \frac{1}{1 + 2 \cdot 45} \cong 0{,}011 \approx 1{,}1\,\%$$

$$R' = R \cdot U = 10\,M \cdot 0{,}011 \approx 110\ Kbits/s$$

Go-Back-N ARQ :

$1+2a = 91$ $\qquad W = 2^K - 1 = 2^7 - 1 = 127$

Como $W \geqslant 1+2a \Leftrightarrow 127 \geqslant 91$

$U = \dfrac{1-P_e}{1+2a.P_e} \Rightarrow U_{máx} = \dfrac{1-\cancel{0}}{\cancel{1+2.45.0}} = \dfrac{1}{1} = 100\%$

$P_e = 0 \Rightarrow U_{máx}$

$R' = R.U = 10M.1 = 10M\ bits/s$

Selective Reject ARQ

$1+2a = 91$ $\qquad W = 2^{K-1} = 2^{7-1} = 64$

Como $W < 1+2a \Leftrightarrow 64 < 91$

$U = \dfrac{W(1-P_e)}{1+2a} \Longrightarrow U_{máx} = \dfrac{W(1-0)}{1+2a} = \dfrac{64}{91} \Leftrightarrow$

$P_e = 0 \Rightarrow U_{máx}$

$U_{máx} = 0,703 \approx 70,3(\%)$

$R' = R.U = 10M.0,703 = 7,03\ Mbits/s$

b)

$R \to \infty$

$R' = ?$

Stop and Wait ARQ:

$$R' = U_{máx} \cdot R$$

$$T_f = \lim_{R \to \infty} \frac{L}{R} = 0$$

$$R' = \lim_{R \to \infty} U_{máx} \cdot R = \lim_{R \to \infty} \frac{T_f}{T_f + 2T_p} \cdot \frac{L}{T_f} \approx \frac{L}{2T_p} = 111{,}1 \text{ Kbit/s}$$

Na variante Stop and Wait ARQ devido ao controlo de fluxo existe um débito máximo superior mais elevado, mas isso não influencia os cálculos

Go-Back-N ARQ:

$$R' \approx \frac{L \cdot W}{2T_p} = 111{,}1 K \cdot 127 = 14{,}1 \text{ Mbits/s}$$

Selective Reject ARQ:

$$R' \approx L' = \frac{L \cdot W}{2T_p} = 111{,}1 K \cdot 64 = 7{,}1 \text{ Mbits/s}$$

e)

Go-Back-N ACK:

$$U = \begin{cases} \dfrac{1-P_e}{1+2aP_e}, & W \geq 1+2a \\ \dfrac{W(1-P_e)}{(1+2a)(1-P_e+WP_e)}, & W < 1+2a \end{cases}$$

Selective Reject ACK:

$$U = \begin{cases} 1-P_e, & W \geq 1+2a \\ \dfrac{W(1-P_e)}{1+2a}, & W < 1+2a \end{cases}$$

$P_e = 0{,}01$ e $L = 2000$ bits

$P_e = 0{,}015$ e $L = 3000$ bits

U (%)	$P_e = 0$ $L = 2000$	$P_e = 1\%$ $L = 2000$	$P_e = 1{,}5\%$ $L = 3000$
GBN	100%	52,1%	51,8%
SR	70,3%	69,6%	98,5%

"Filas de espera"

(5) $C = 256$ Kbit/s
intensidade tráfego média = 0,75 $\rho = 0{,}75$
Fila espera M/M/1
$L = 4000$ bits $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$

a) $T = ?$ $T = T_s + T_w$

T → Tempo atraso médio no sistema

T_s → Tempo de serviço T_w → Tempo de espera na fila

$T_w = \frac{N}{\mu}$ $T_s = \frac{1}{\mu}$ N → Número elementos na fila

$T_s = \frac{L}{C} = \frac{1}{\mu} = \frac{4000}{256K} = \frac{1}{\mu}$

$T = \frac{1}{(1-\rho)\mu}$

$\mu = 64$ (serviços/s)

$T = \frac{1}{(1-0{,}75)\,64} = 0{,}0625$ s

Metade do Tamanho indicado: $L' = 2000$ bits

$T = \frac{1}{(1-0{,}75) \cdot 128} = 0{,}03125$ s

$T_s = \frac{L'}{C} = \frac{1}{\mu} = \frac{2000}{256K} = \frac{1}{\mu}$ $\mu = 128$ (ser/s)

Dobro do tamanho indicado: $L'' = 8000$ bits

$$T = \frac{1}{(1-0{,}75)\,32} = 0{,}125\ s$$

$$T_S = \frac{L''}{C} = \frac{1}{\mu} = \frac{8000}{256k} = \frac{1}{\mu}$$ $\mu = 32$ (pn/s)

Quanto maior for o tamanho dos pacotes, maior será o tempo médio de atraso dos pacotes.

Se o tamanho dos pacotes diminui, menor será o tempo médio de atraso dos pacotes.

b) $B = 24$ buffers (Número finito) $\rho = 0{,}75$

$P_B = ?$

$$P_B = \frac{(1-\rho)\,\rho^{B}}{1-\rho^{B+1}}$$

Para $\rho = 0{,}75$:

$$P_B = \frac{(1-0{,}75)\,0{,}75^{24}}{1-0{,}75^{24+1}} = 2{,}51 \times 10^{-4}$$

Para o caso de 256 Kbit/s o canal

Tem a sua capacidade todo ocupado então $\rho = 1$

, logo:

- $\rho = 1$ $\quad P_B = \frac{1}{B+1} = \frac{1}{25} = \underline{\underline{0{,}04}}$

- Para o caso de 320 Kbit/s o canal vai tentar passar mais do que a sua capacidade, $\rho \gg 1$, logo:

- $\rho \gg 1$ $\quad P_B \cong \frac{\rho - 1}{\rho} = \underline{\underline{0{,}20}}$

$$\rho = \frac{320}{256} = 1{,}25$$

-

Quanto maior for o tamanho dos pacotes maior será a probabilidade de bloqueio, com o mesmo número buffers ??

"Filas de espera"

(6)

$C = 512$ Kbit/s $\qquad L = 256$ bytes $= 2048$ bits

384 Kbit/s

Fila M/M/1

a) $\rho = ?$ $\quad N = ?$ $\quad T = ?$ $\quad T_s = ?$ $\quad T_w = ?$

- $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ $\qquad T_s = \frac{L}{C} = \frac{1}{\mu} = \frac{2048}{512K} = \frac{1}{\mu}$

$\mu = 250$

384 Kbit/s $\Rightarrow \lambda = \frac{384K}{2048} = 187{,}5$

$$\rho = \frac{187{,}5}{250} = 0{,}75 = 75\%$$

- $N = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} = \frac{0{,}75}{1-0{,}75} = 3$ utilizadores

$T_s = \frac{2048}{512K} = 0{,}004$ (s) $\qquad T_s = \frac{1}{\mu}$

$T_w = \frac{N}{\mu} = \frac{3}{250} = 0{,}012$ (s)

$T = T_s + T_w = 0{,}016$ (s)

b) $B = 32$ buffers

$$\lambda' = \frac{384 \text{ kbit/s}}{2048} = 187{,}5$$

$$T_S = \frac{L}{C} = \frac{1}{\mu} = 0{,}004$$

$$\lambda'' = \frac{512 \text{ kbit/s}}{2048} = 250$$

$\mu = 250$

$$\rho' = \frac{\lambda'}{\mu} = \frac{187{,}5}{250} = 0{,}75$$

$$\rho'' = \frac{\lambda''}{\mu} = \frac{250}{250} = 1$$

$$P_B = \frac{(1-\rho)\rho^B}{1-\rho^{B+1}} = \frac{(1-0{,}75)\,0{,}75^{32}}{1-0{,}75^{33}} = \underline{\underline{2{,}5 \times 10^{-5}}}$$

$\downarrow$

$\rho < 1$

(384 kbit/s)

Para $\rho = 1$ $\quad P_B = \frac{1}{B+1} = \frac{1}{33} = \underline{\underline{0{,}0303}}$ (512 kbit/s)

$P_0 = 0$ $\quad P_1 = ?$

$P_1 = 1$

7

$C = 512$ Kbit/s

$L = 1024$ octetos
$= 8192$ bits

$\lambda = 50$ paco/s

M/M/1

a) $\rho = ?$ $N = ?$ $T = ?$ $T_s = ?$ $T_w = ?$

- $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$

$$T_s = \frac{L}{C} = \frac{1}{\mu} = \frac{8192}{512K} = \frac{1}{\mu}$$

$$\rho = \frac{50}{62{,}5} = 0{,}8$$

$\mu = 62{,}5$

$$N = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} = \frac{0{,}8}{1-0{,}8} = 4$$

- $T_w = \frac{N}{\mu} = \frac{4}{62{,}5} = 0{,}064$ s

$$T_s = \frac{1}{62{,}5} = 16 \text{ ms}$$

$$T = T_w + T_s = 80 \text{ ms}$$

b) 24 buffers

$P_B = ?$

$$P_B = \frac{(1-\rho)\rho^B}{1-\rho^{B+1}} = 948 \mu$$

Para 75 pacotes/s:

$$\rho' = \frac{\lambda'}{\mu} = \frac{75}{62,5} = 1,2$$

Para $\rho \gg 1$: $P_B = \frac{\rho - 1}{\rho} = \frac{1,2-1}{1,2} = 0,167$

$P_B = 0$

c) $\lambda = 100$ pacotes/s

$\rho = 0{,}8$ $\qquad \mu = 62{,}5$

i) $C = 1024$ Kbit/s

ii) $C = 512$ Kbit/s

i) $0{,}8 = \dfrac{100}{\mu} \Rightarrow \mu = 125$ $\qquad T_W = \dfrac{N}{\mu} = \dfrac{4}{125}$

$T_W = 8\,ms$

$N = \dfrac{\rho}{1-\rho} = \dfrac{0{,}8}{1-0{,}8} = 4$ $\qquad T_S = \dfrac{L}{C} = \dfrac{1}{\mu} =$

$T_S = 8\,ms$ $\qquad T = 16\,ms$

ii) $T_S = \dfrac{8192}{512} = \dfrac{1}{\mu} \Longrightarrow \mu = 62{,}5$

$N = 4$ $\qquad T_W = \dfrac{4}{62{,}5} = 64\,ms$

"LAN's"

(9)

LAN anel $R=C=100$ Mbit/s "Control Token"

32 estações latência $= 240\,\mu s$ $L_{máx} = 3000$ bits

$$\text{latência} = T_{propagação}$$

a) Multiple Token A eficiência será dada por:

$$a = \frac{T_{prop}}{T_{pacote}} = 8 \qquad S = \frac{1}{1+\frac{a}{N}}$$

$$N = 32 \qquad T_{pacote} = \frac{L}{R} = \frac{3000}{100\,M} = 30\,\mu s$$

$$S = \frac{1}{1+\frac{\frac{240\mu}{30\mu}}{32}} = \frac{1}{1+0{,}25} = 0{,}8$$

Utiliza-se Multiple Token porque para $a \gg 1$ é mais conveniente utilizar, em vez do single Token, já que para este a eficiência será menor.

Se aumentarmos os pacotes aumentariam

b) Número elevado de pacotes $R_{max} = ?$ $R_{min} = ?$

$$R_{max} = 100\ Mbit/s \cdot 0,8 = 80\ Mbit/s$$

$R_{min} = ?$

Como $a > 1$ no limite trata-se de single token:

$$S = \frac{1}{a + \frac{a}{N}} = \frac{1}{8 + \frac{8}{32}} = 0,121$$

$$R_{min} = 100\ Mbit/s \cdot 0,121 = 12,1\ Mbit/s$$

$$T_{RT} = N\left(T_{prop} + \frac{T_{prop}}{N}\right) = 32 \cdot \left(240\mu + \frac{240\mu}{32}\right) = 7,92\ ms$$

$$T_{RT} = N \cdot \left(T_{pac} + \frac{T_{prop}}{N}\right) = 32 \cdot \left(30\mu + \frac{240\mu}{32}\right) = 1,20\ ms$$

e) $L = 15 \text{ Mbits}$ $R = 40 \text{ Mbit/s}$

Número pacotes: $\dfrac{15 \text{ Mbits}}{3000 \text{ bits}} = 5000$ pacotes

$T_{Total} = T_{RT} \cdot N^{\underline{o}}_{pacotes} = 1{,}20\,m \cdot 5000 = \underline{\underline{6\,s}}$