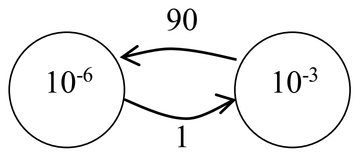
Universidade de Aveiro
Mestrado Integrado em Eng. de Computadores e Telemática
Exame de Desempenho e Dimensionamento de Redes – 21 de junho de 2019

Duração: 2 horas. Sem consulta. Justifique cuidadosamente todas as respostas.

1. Considere uma ligação sem fios em que a probabilidade de erro de bit é modelada pela cadeia de Markov seguinte:



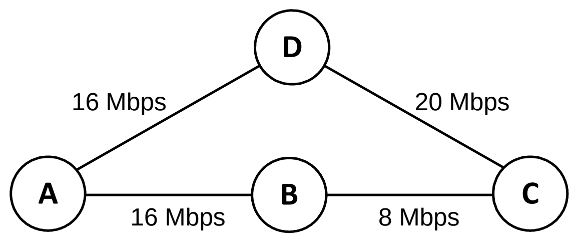
Esta ligação suporta um fluxo de pacotes cujo comprimento é 250 Bytes com probabilidade de 40% e 1000 Bytes com probabilidade de 60%. No recetor, os pacotes recebidos com erros são descartados. Determine a percentagem de pacotes descartados do fluxo. (*2.5 valores*)

2. Considere uma ligação ponto-a-ponto de 10 Mbps a suportar um fluxo de pacotes de 6 Mbps em que os pacotes têm um tamanho exponencialmente distribuído com média de 1200 Bytes e a chegada de pacotes é um processo de Poisson. Calcule o atraso médio por pacote se:
   a) a fila de espera for de tamanho infinito, (*1.0 valores*)
   b) a fila de espera tiver capacidade para 4 pacotes. (*1.5 valores*)

3. Considere uma ligação ponto-a-ponto com 3 circuitos. Esta ligação suporta um fluxo de chamadas com 2 Erlangs de intensidade de tráfego e cada chamada ocupa um circuito. Determine:
   a) a probabilidade de bloqueio da ligação, (*1.0 valores*)
   b) a ocupação média da ligação, em número de circuitos. (*1.5 valores*)

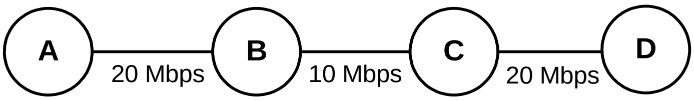
4. Considere um sistema de transmissão de pacotes ponto-a-ponto de 2 Mbps com uma fila de espera infinita e que suporta 2 fluxos de pacotes cujas chegadas são processos de Poisson: fluxo A com taxa de 50 pps e fluxo B com taxa de 300 pps. Em ambos os fluxos, o tamanho dos pacotes é exponencialmente distribuído de média 625 Bytes. O sistema serve os pacotes do fluxo A com maior prioridade do que os pacotes do fluxo B. Determine:
   a) o atraso médio que os pacotes do fluxo A sofrem no sistema, (*1.5 valores*)
   b) a ocupação média da ligação, em percentagem. (*1.0 valores*)

5. Considere a rede com comutação de pacotes da figura ao lado. A rede suporta 3 fluxos de pacotes: Fluxo 1 de A para B com uma taxa λ_1 = 500 pps, Fluxo 2 de B para D com uma taxa λ_2 = 3000 pps e Fluxo 3 de C para D com uma taxa λ_3 = 2000 pps. Em todos os fluxos os pacotes são exponencialmente distribuídos com média de 500 Bytes. Usando a aproximação de Kleinrock, determine o atraso médio por pacote do Fluxo 2 assumindo que o Fluxo 2 é bifurcado em igual percentagem pelos dois percursos possíveis e os outros dois fluxos (1 e 3) são encaminhados pelo percurso direto. (*2.5 valores*)



6. O encaminhamento aleatório retardado (método do DAR) e o encaminhamento de menor carga (método do RTNR) são 2 métodos de encaminhamento dinâmico de redes com comutação de circuitos. Descreva os 2 métodos e explique as vantagens e desvantagens de um relativamente ao outro. (*2.5 valores*)

7. Considere a rede seguinte com comutação de pacotes em que a ligação B-C tem um atraso de propagação de 2 milissegundos em cada sentido. Um fluxo da rede do nó A para o nó D gera pacotes de tamanho médio de 200 Bytes e é controlado por janelas extremo-a-extremo. Assumindo que a janela é de 100 pacotes e as permissões são de 25 Bytes, determine o débito (em Mbps) a que este fluxo consegue transmitir se não existir mais nenhum fluxo ativo na rede. (*2.5 valores*)



8. Considere uma ligação de 10 Mbps que serve três fluxos de pacotes (A, B e C) com o algoritmo de escalonamento *Deficit Round Robin* e um limiar de 1500 bytes para cada fluxo.
   - No fluxo A, chegam 2 pacotes: pacote 1 de 1000 Bytes no instante 0 ms e pacote 2 de 700 Bytes no instante 3 ms.
   - No fluxo B, chegam 2 pacotes: pacote 1 de 1600 Bytes no instante 2 ms e pacote 2 de 600 Bytes no instante 3 ms.
   - No fluxo C, chegam 2 pacotes: pacote 1 de 1200 Bytes no instante 0 ms e pacote 2 de 1700 Bytes no instante 1 ms.

   O ciclo segue a sequência A → B → C e o algoritmo decide no início de cada ciclo os pacotes a enviar e respetiva ordem. Determine justificadamente que pacotes e por que ordem são enviados em cada ciclo. (*2.5 valores*)

FORMULÁRIO

Teorema de Little: $L = \lambda W$ Atraso médio no sistema M/M/1: $W = \dfrac{1}{\mu - \lambda}$

Atraso médio no sistema M/G/1: $W = \dfrac{\lambda E[S^2]}{2(1-\lambda E[S])} + E[S]$

Atraso médio na fila de espera no sistema M/G/1 com prioridades do tipo não-preemptivo:

$$W_{Qk} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \lambda_i E(S_i^2)}{2(1-\rho_1-\cdots-\rho_{k-1})(1-\rho_1-\cdots-\rho_k)} \text{ onde } \rho_k = \lambda_k / \mu_k \,.$$

Fórmula de ErlangB: $P_m = \dfrac{(\lambda/\mu)^m / m!}{\sum_{n=0}^{m} (\lambda/\mu)^n / n!}$

Probabilidades limite dos estados (processo de nascimento e morte):

$$P_0 = \frac{1}{1+\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\lambda_0\lambda_1\cdots\lambda_{n-1}}{\mu_1\mu_2\cdots\mu_n}},\quad P_n = \frac{\lambda_0\lambda_1\cdots\lambda_{n-1}}{\mu_1\mu_2\cdots\mu_n\left(1+\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\lambda_0\lambda_1\cdots\lambda_{n-1}}{\mu_1\mu_2\cdots\mu_n}\right)},\ n \ge 1$$

Probabilidades limite dos estados (comutação de circuitos):

$$P(\mathbf{n}) = \frac{1}{G}\prod_{k=1}^{K}\frac{\rho_k^{n_k}}{n_k!} \qquad \mathbf{n} \in S \qquad \text{em que: } G = \sum_{\mathbf{n}\in S}\prod_{k=1}^{K}\frac{\rho_k^{n_k}}{n_k!}$$

WFQ: $RN(\tau_i + t) = RN(\tau_i) + \dfrac{1}{\sum_{j\ ativas}\phi_j} t$ $\qquad FN_{i,k} = \max(FN_{i,k-1}, RN) + \dfrac{L_k/C}{\phi_i}$

SCFQ: $FN_{i,k} = \max(FN_{i,k-1}, FN_s) + \dfrac{L_k}{\phi_i}$

WFQ com *Leaky Bucket*: $D_i = \dfrac{\sigma_i + (n-1)L_i}{r_i} + \sum_{j=1}^{n}\dfrac{L_{\max}}{C_j} + \Gamma$