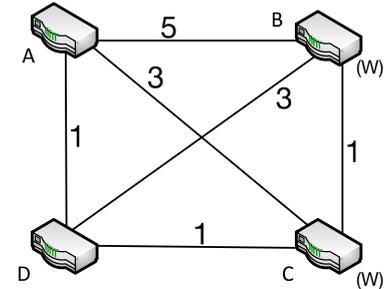


Duração: uma hora e trinta minutos

Responda às perguntas individualmente, e de um modo sucinto. Pode consultar uma página manuscrita. Limite primeiramente as respostas aos pontos essenciais, e depois, no final, complete-as.

1. Considere que na rede representada à direita é utilizado o **protocolo de estado de linha** para gerar as tabelas de encaminhamento. É constituída por quatro encaminhadores (*routers*) e existe um endereço anycast W, disponibilizado pelos encaminhadores B e C.



a) Quais são todas as **mensagens com estado de linha** enviadas na rede representada? Indique o conteúdo de todas as mensagens.

b) Calcule a **tabela de encaminhamento para o encaminhador A**, utilizando o algoritmo de Dijkstra. Deve apresentar todos os passos intermédios que existem quando aplica o algoritmo, a árvore de difusão obtida e finalmente, a tabela de encaminhamento.

c) São **acrescentadas duas LANs à topologia**: a LAN1 ligada ao encaminhador A e B e a LAN2 ligada ao encaminhador D. **O que muda?** Continuariam a ser enviados os mesmos vetores com o estado da linha? A árvore de difusão do encaminhador A continuaria a ser a mesma? Justifique a sua resposta.

2. Para que tipo de rede é mais fácil **evitar o aparecimento de congestão na rede**, numa rede baseada em circuitos virtuais ou numa rede baseada na comutação de datagramas? Justifique a sua resposta.

3. Numa rede de uma empresa de telecomunicações é usada a abordagem de serviços diferenciados, existindo um encaminhador que usa um agendador (*scheduler*) do tipo fila pesada e justa (*Weighted Fair Queueing – WFQ*) para gerir a transmissão através de uma linha de saída, que tem uma capacidade de 100 Gbps. Os pesos para as 3 filas de espera para essa linha são de respetivamente  $w_1=5$ ,  $w_2=4$ ,  $w_3=1$ . A carga para cada uma das filas está associada a tráfego com diferentes classes de serviço e é de  $\lambda_1 = 10$  Gbps,  $\lambda_2 = 40$  Gbps e  $\lambda_3 = 45$  Gbps respetivamente. **NOTA:** Assuma que  $1 \text{ Gbps} = 10^9 \text{ bps}$ .

a) Qual é a **capacidade alocada para cada uma das filas de espera**? Justifique os valores apresentados.

b) Admita que o tráfego recebido pertence às classes *Assured Forwarding* com prioridade 1 (AF1), *Assured Forwarding* com prioridade 3 (AF3) e de melhor esforço (BE). Qual seria a **fila de espera que associaria ao tráfego de cada uma destas classes**? Justifique a sua resposta.

c) **Calcule o tempo médio de atraso na transmissão de pacotes** através de cada uma das filas assumindo que o tamanho médio dos pacotes é de 1000 bits (i.e., 125 Bytes). Assuma que é válido o modelo M/M/1 (i.e., a carga é descrita por um modelo de Poisson e a dimensão dos pacotes é descrita por uma distribuição exponencial). **Alguma das filas de espera está saturada** (i.e., com atraso infinito)? Justifique a sua resposta.

4. Pretende-se **realizar o protocolo de estado de linha para endereços multicast partindo do software desenvolvido no primeiro trabalho de laboratório de RIT**, onde foi programado o protocolo de estado de linha para encaminhamento *unicast*. Assuma que completou o trabalho - que programou o algoritmo de Dijkstra de forma a devolver a tabela de encaminhamento, dada a topologia da rede (com os vetores de estado de linha recebidos de todos os encaminhadores) e um nó de origem arbitrário. Responda às seguintes questões:

(i) Qual seria a **estrutura da tabela de encaminhamento multicast** que seria criada para um endereço de grupo?

(ii) Pode **usar diretamente o algoritmo de Dijkstra implementado no trabalho** para calcular a tabela de encaminhamento multicast, ou teria de mudar a sua implementação de forma a devolver mais informação? **Justifique detalhadamente a sua resposta**, descrevendo sumariamente como geraria a tabela de encaminhamento multicast.