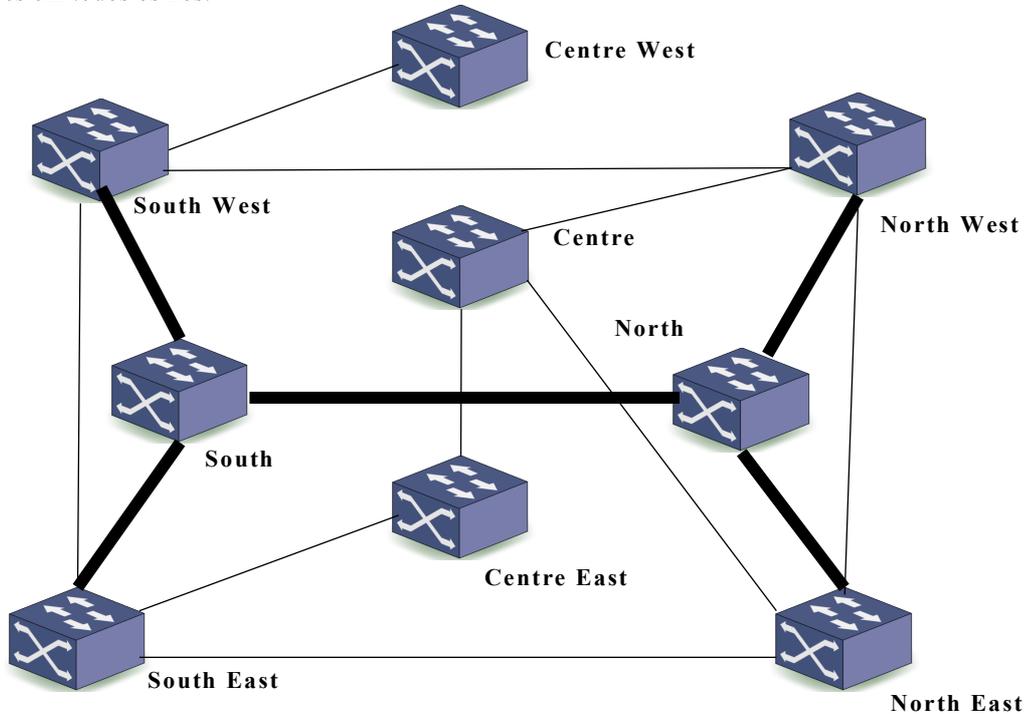


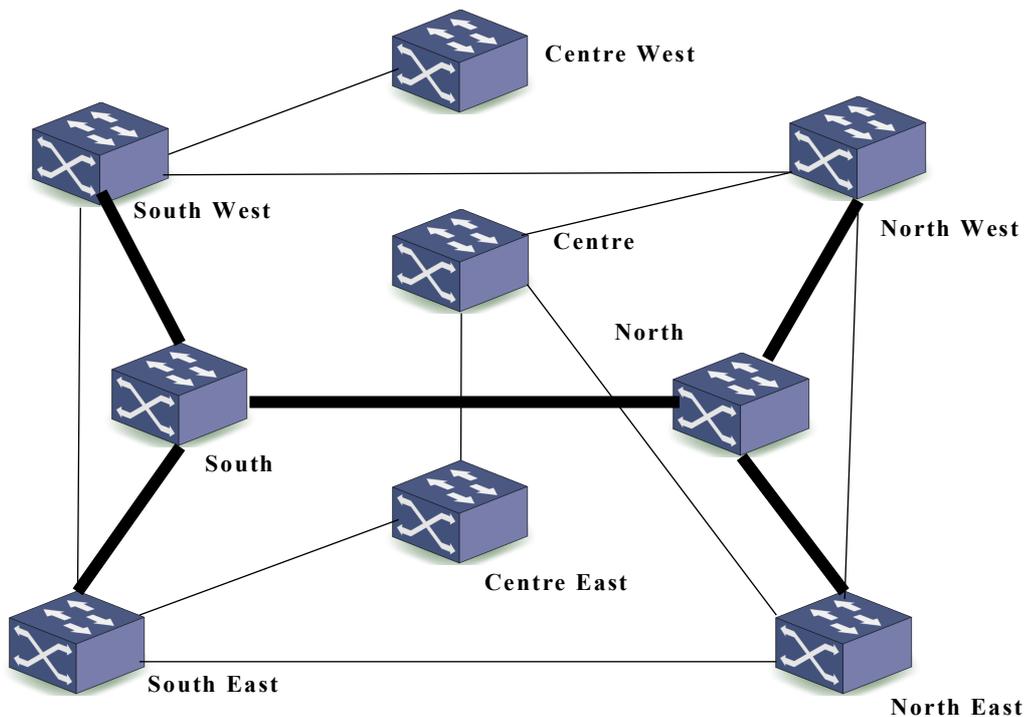


1) O grafo abaixo modeliza uma rede que interliga vários *routers* IP através de canais. Os canais desenhados com uma linha fina têm a capacidade de 10 Mbps. Os desenhados com uma linha grossa têm a capacidade de 100 Mbps.

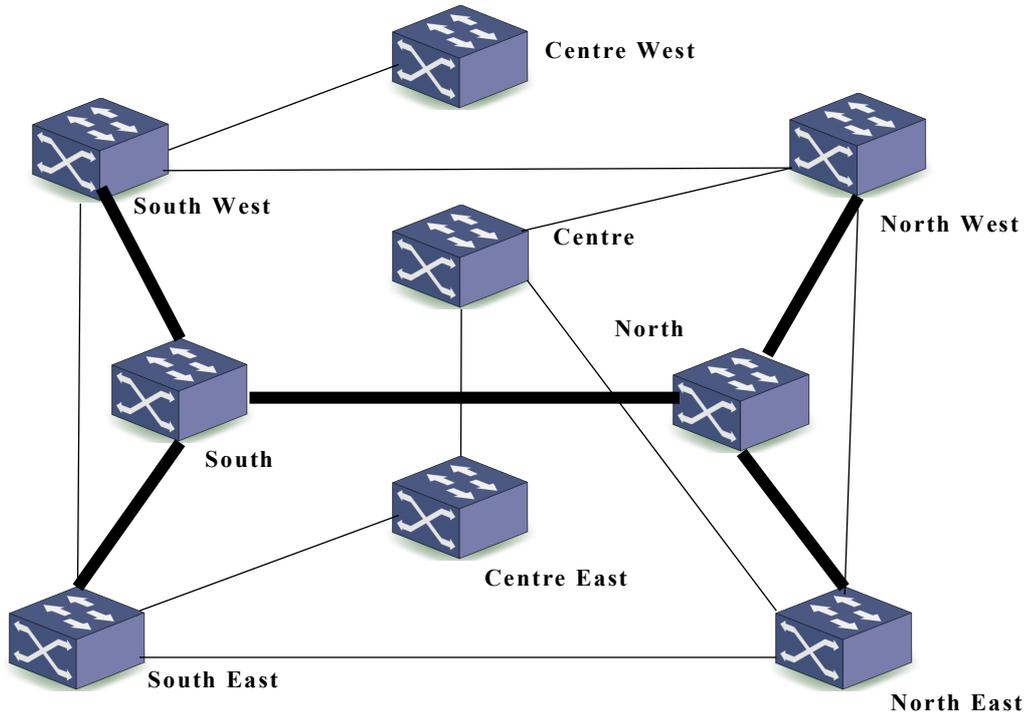
a) Admita que o protocolo de **encaminhamento é RIP** e que o protocolo de encaminhamento *multicasting* é PIM-SM com o “*rendez-vous point*” no nó **South East** e todos os *routers* têm a parametrização **PIM spt threshold infinity**. Desenhe a árvore construída por defeito pelo protocolo PIM-SM (árvore de caminhos mais curtos com raiz no *rendez-vous point*) para encaminhamento de tráfego IP *multicasting* admitindo que existem receptores em todos os nós.



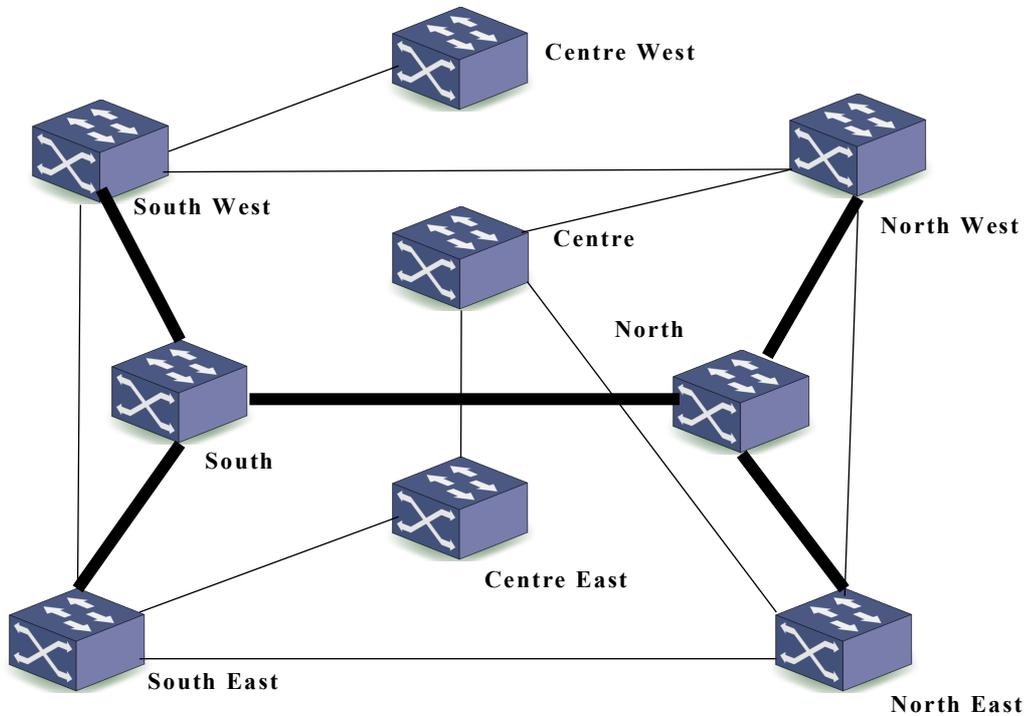
b) Situação idêntica à da alínea a) mas o protocolo de encaminhamento **ponto a ponto** é OSPF.



c) Admitindo que se está como na alínea b), mas os *routers* têm agora a parametrização **PIM spt threshold 0**, desenhe a árvore pela qual é realizado um *multicasting* com origem no nó **NorthEast** para o grupo **G1** de que todos os *routers* têm subscritores.



d) Admitindo que se está como na alínea b), mas os *routers* têm agora a parametrização **PIM spt threshold 0**, desenhe a árvore pela qual é realizado um *multicasting* com origem no nó **CentreEast** para o grupo **G2** de que apenas os *routers* Norte (NE, NW e N) têm subscritores.



2) Uma instituição tem um servidor WEB muito requisitado e muito importante para a sua atividade. Para estar muito bem ligada à Internet adoptou a seguinte solução: a sua rede interna está ligada um só *router* externo, o *router* R. R tem interfaces de ligação a 3 ISPs. Nessas interfaces tem os endereços 100.100.100.100/32, 200.200.200.200/32, 300.300.300.300/32, endereços públicos atribuídos por cada um dos ISPs. Estes são os únicos endereço que tem na Internet pois todos os endereços da sua rede interna são privados e não têm encaminhamento direto para fora. O *router* R anuncia dentro da rede interna uma rota por defeito pelo que todo o tráfego para o exterior vai via R.

Invente uma forma para que seja possível o *router* R poder distribuir a carga das conexões originadas na rede interna pelos 3 ISPs a que está ligado ?

3) O canal C, com a capacidade de 5 Mbps, é atravessado por 10 fluxos de tráfego UDP de 500 Kbps cada um, e 10 fluxos de tráfego TCP. Como sabe, os emissores nas conexões TCP adaptam o seu ritmo de emissão à capacidade disponível e tendem a dividir equitativamente a capacidade disponível entre si, enquanto que os fluxos UDP não realizam esta adaptação.

a) Com uma política de gestão da fila de espera do canal C do tipo FIFO (First In First Out) qual a potencial divisão da capacidade disponível entre fluxos ?

Cada fluxo UDP usa em média no total:	Mbps do canal C
Cada fluxo UDP usa em média no total:	Mbps do canal C
Justificação:	

b) Pretende-se tornar a utilização do canal C o mais equitativa possível entre os diferentes fluxos e resolveu-se adoptar um mecanismo de gestão da fila de espera do tipo *fair queueing*. Na parametrização do mesmo é possível escolher um número total de filas de espera que pode tomar um dos seguintes valores: 8, 16, 32 ou 64 filas. Qual dos valores deverá adoptar e porquê ? Como fica a distribuição de capacidades entre os fluxos?

Número de filas de espera a adoptar:	
Cada fluxo UDP usa em média no total:	Mbps do canal C
Cada fluxo UDP usa em média no total:	Mbps do canal C
Justificação:	

4) Você está a implementar um mecanismo do tipo *fair queueing*. Para distribuir os pacotes pelas filas de espera usa um gerador de números aleatórios que distribui de forma independente os pacotes pelas diferentes filas. Acha essa política adequada? Assinale a sua opção e justifique.

Sim é uma política adequada.	Não é uma política adequada.
Justificação da resposta:	

5) Várias conexões TCP de durações distintas, atravessam um mesmo canal C que é o *bottleneck* das mesmas e que tem a sua política de filas de espera gerido através de um mecanismo tipo *fair queueing*. As conexões em questão agrupam-se em duas categorias do ponto de vista do RTT entre o emissor e o receptor: uma em que o emissor e receptor têm um RTT de cerca de 1 ms e outra em que têm um RTT de cerca de 100 ms. Em ambas as conexões a janela máxima dos receptores é idêntica e igual a 100 K Bytes e os canais que ligam os emissores à rede têm o débito de 1 Gbps. Todas as conexões usam um MTU com  $10^4$  bits. A divisão da capacidade do canal C entre as diferentes categorias de conexões é equitativa ou não? Justifique a sua resposta.

6) Um cliente TCP necessita de realizar o *download* de 5 objetos de um servidor. Cada objecto tem 5 K Bytes. O cliente e o servidor estão separados por um tempo de transito de cerca de 50 ms pelo que o RTT entre ambos é de cerca de 100 ms. As conexões TCP não se encontram limitadas nem pela velocidade de transmissão dos canais que ligam os computadores à rede, nem pelo espaço livre nas janelas de recepção dos receptores, nem pela capacidade da rede. O MTU é de 1500 bytes e todas as conexões usam *slow start*. Calcule o tempo que leva a fazer o *download* dos 5 objetos quando o cliente usa uma só conexão TCP e quando usa 5 conexões TCP abertas em paralelo. Justifique a sua resposta.

Tempo com uma conexão:

Tempo com 5 conexões abertas em paralelo:

7) Suponha que um *router* tem um *shaper* associado a uma interface de transmissão, a qual tem uma fila de espera com uma dimensão que pode ser considerada infinita. O *shaper* é incrementado ao ritmo de 1 *token* por segundo e admite no máximo 10 *tokens* no contador. O *shaper* só aceita pacotes para o qual existam *tokens* e cada pacote consome um pacote, isto é, se um pacote chega e não pode consumir um *token* do *shaper*, é suprimido. Cada pacote leva 0,1 s a transmitir. Quando um pacote chega ao *router* e é aceite, calcule o tempo máximo que medeia entre este chegar ao *router* e começar a ser transmitido. Qual o *jitter* máximo que o pacote pode sofrer neste *router* ? Justifique.

**8) (Questão optativa e valorativa)** Suponha que um *router* tem 3 *shapers* distintos associados à mesma interface de transmissão a qual tem uma fila de espera com uma dimensão que pode ser considerada infinita. O primeiro é incrementado ao ritmo de 1 *token* por segundo e admite no máximo 10 *tokens* no contador. O segundo é incrementado ao ritmo de 2 *tokens* por segundo e admite no máximo 4 *tokens* no contador. O terceiro é incrementado ao ritmo de 4 *tokens* por segundo e admite no máximo 1 *token* no contador. Todos os pacotes são de igual tamanho, consomem 1 *token* para poderem ser transmitidos e seguem todos para a mesma interface e fila de espera a qual transmite um pacote em cada 0,1 s. O *router* recebe pacotes associados a 3 *flows* distintos, afectados a cada um dos 3 diferentes *shapers*. Se um pacote chega e não pode consumir um *token* do seu *shaper* é suprimido.

- a) Qual é o tempo máximo de espera que um pacote, que pode consumir um *token*, experimenta até ser transmitido o seu último bit?

- b) Qual é o número máximo de pacotes enviados do flow associado ao terceiro shaper durante 2 segundos admitindo que esse flow contém pacotes espaçados de forma uniforme e ao ritmo máximo do flow, isto é, 4 pacotes por segundo. Justifique a resposta.