

- **IMP** Responda às perguntas 1 e 2 numa folha e às restantes noutra.
- **Justifique todas as respostas.**

1 [3v] - Sobre sistemas distribuídos.

1.1- Diga porque razão um **multiprocessador** não se considera um sistema distribuído.

1.2- Explique a diferença entre um **relógio lógico** e um **relógio físico**.

1.3- Diga o que é e caracterize o modelo de cooperação **Produtor-Consumidor**.

2 [7v]- Uma equipa de robôs móveis comunica sobre uma rede WiFi estruturada (com access point) para coordenar um conjunto de comportamentos cooperativos. Para tal, cada robô partilha o seu estado, transmitindo um de cada vez, em ciclo, para um endereço multicast. Cada robô da equipa tem que aderir ao referido endereço para receber o estados dos restantes elementos e usar a informação que lhe for útil para o comportamento que tiver que desempenhar.

2.1- Qual o modelo de cooperação subjacente? justifique.

2.2- Cada robô transmite usando um socket UDP multicast. Diga quais as limitações desta opção para se poder garantir que todos os robôs têm uma visão consistente do estado dos outros, e como se poderiam ultrapassar ou diminuir essas limitações.

2.3- Para coordenar as suas transmissões, os robôs usam um relógio global construído usando a técnica FTA (Fault-Tolerant Average) aplicada sobre os relógios locais. Classifique esta forma de sincronização em termos de distribuição (centralizada versus distribuída) e confinamento (externa versus interna). Justifique a sua resposta.

2.4- Na continuação da alínea anterior, considere que num dado momento a equipa tem 7 robôs com os seguintes valores de relógio local (C_1 até C_7 , expresso em *ms*):

- $C_1 = 1237654$
- $C_2 = 1234567$
- $C_3 = 1238614$
- $C_4 = 837654$
- $C_5 = 1237659$
- $C_6 = 1237658$
- $C_7 = 2765412$

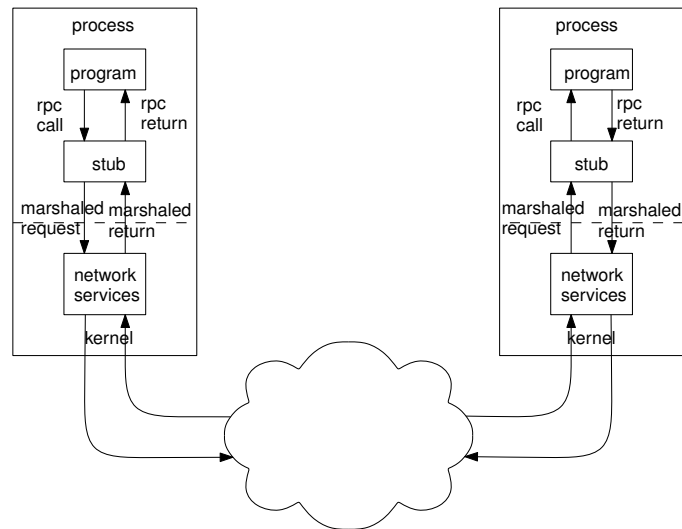
Recorrendo à técnica FTA, qual o valor que vai ser utilizado como referência do relógio global para sincronização dos relógios locais, quando usa 1-FTA e 2-FTA?

2.5- Considere agora que os robôs transmitem em ciclo fixo, dividido em *slots* pré-definidas, sincronizadas por tempo, i.e., com recurso a um relógio global. Determine a regularidade mínima com que deve ser executada a sincronização para se atingir uma precisão de 5ms, considerando que os cristais dos relógios locais têm uma exatidão de 10^{-5} e o *jitter* máximo do atraso de rede é de 2ms.

3 [2v]- Sobre RPC.

3.1- Explique o conceito de *Remote Procedure Call (RPC)*. Para que tipo de aplicações este tipo de *middleware* é mais apropriado?

3.2- A figura ao lado ilustra a implementação dum sistema baseado em RPC. Em princípio, dada uma aplicação do tipo que terá indicado na alínea anterior, é sempre possível implementar a funcionalidade dos *stubs*, e desta forma usar o paradigma de RPC na estruturação de aplicações distribuídas desse tipo. Qual a vantagem no uso duma camada *middleware* que suporte RPC em relação a essa solução?



4 [4v]- Considere o protocolo de replicação *quorum-consensus*.

4.1- Sejam N_R e N_W o tamanho dos *quorums* de leitura e de escrita e N o número de réplicas. Enuncie as desigualdades que deverão ser satisfeitas por estes parâmetros. Pode assumir que as réplicas não falham.

4.2- Considere um sistema replicado em que $N = 3$, $N_R = N_W = 2$. Este sistema é tolerante à falha do tipo *crash* de 1 réplica? E de 2 réplicas?

4.3- Pretende-se que o protocolo *quorum consensus* seja tolerante a falhas do tipo *crash* de no máximo f réplicas. I.e., que continue a fornecer o serviço desde que o número de réplicas que falhe, parando (*crashing*) seja no máximo f . Apresente as desigualdades que deverão ser satisfeitas neste caso. Pode assumir que a rede não se parte.

5 [4v]- Considere *View Synchronous Multicast*.

5.1- Explique por suas palavras o que é *view synchronous multicast*.

5.2- A implementação deste serviço discutida na aula usa exclusivamente comunicação TCP. Uma alternativa seria usar *multicast IP* na difusão de mensagens e usar TCP na alteração das vistas, incluindo a “estabilização” de mensagens. Analise esta possibilidade e apresente a principal vantagem e a principal desvantagem desta aproximação. Proponha algumas medidas que poderiam ser usadas para minorar a desvantagem que identificou.

6 [2v] - Sobre replicação em sistemas distribuídos.

6.1- Explique as duas principais razões para o recurso à replicação em sistemas distribuídos.

6.2- Garantir consistência sequencial ao nível da Internet pode não ser viável, especialmente em sistemas de grande escala. Explique porquê e quais as consequências deste facto para esse tipo de sistemas na Internet.