

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

1 [3v] - Sobre Sistemas Distribuídos:

1.1- Diga o que entende por um **Sistema Distribuído**

1.2- Refira **dois problemas** causados pela utilização de *distribuição* na concepção de aplicações de software. Justifique

1.3- Diga o que entende por *middleware* e dê **dois exemplos** de tecnologias de middleware de distribuição.

2 [7v] - Numa determinada célula de um sistema industrial existe um controlador ligado a um robô e ao sistema de informação global da unidade fabril. Entre o controlador e o robô são trocadas mensagens de sensoramento (robô → controlador) e actuação (controlador → robô) com um período de 50ms e com 200B cada, enquanto entre o controlador e o sistema de informação global são trocados ficheiros com logs de operação, tipicamente com 100KB e com uma frequência aproximadamente horária.

2.1- Indique qual o **protocolo mais adequado**, TCP/IP ou UDP/IP, para as seguintes comunicações e justifique:

- i) Para as comunicações entre controlador e robô.
- ii) Para as comunicações entre controlador e sistema de informação.

2.2- As interações entre o sistema de informação (que pede os logs) e o controlador da célula (que fornece os logs) seguem o paradigma **Cliente-Servidor, com transacções síncronas**. Explique como funcionam estas interações.

2.3- Considere que os relógios internos do robô (sensoramento) e do controlador (atuação) podem ter diferenças de frequência de 10^{-4} , e ainda que os atrasos de rede variam entre 100μs e 1ms de forma aproximadamente aleatória. Qual a **melhor precisão**, numa abordagem determinística, que se consegue obter no robô se este se sincronizar pelo controlador a cada 20 ciclos de controlo? Justifique.

2.4- Os atrasos de rede dependem da respetiva carga. Indique qual a técnica normalmente utilizada para **medir esses atrasos on-line**, e explique como funciona (inclua figuras).

2.5- Entretanto, está a planear-se utilizar o **protocolo PTP**. Há uma característica fundamental neste protocolo que lhe permite superiorizar-se a outros standards, como NTP, na precisão que permite obter. Qual é essa característica e explique porquê?

3 [3v]- Sobre a semântica de falhas de RPC/RMI *at-most-once* e a sua implementação.

3.1- Quais as garantias fornecidas por esta semântica?

3.2- Considere um sistema de RPC/RMI que use o protocolo UDP. Explique como esse sistema poderá garantir esta semântica na presença de **falhas quer nas comunicações quer no servidor**.

4 [4v]- Considere Paxos e o seu uso na implementação de *state machine replication*.

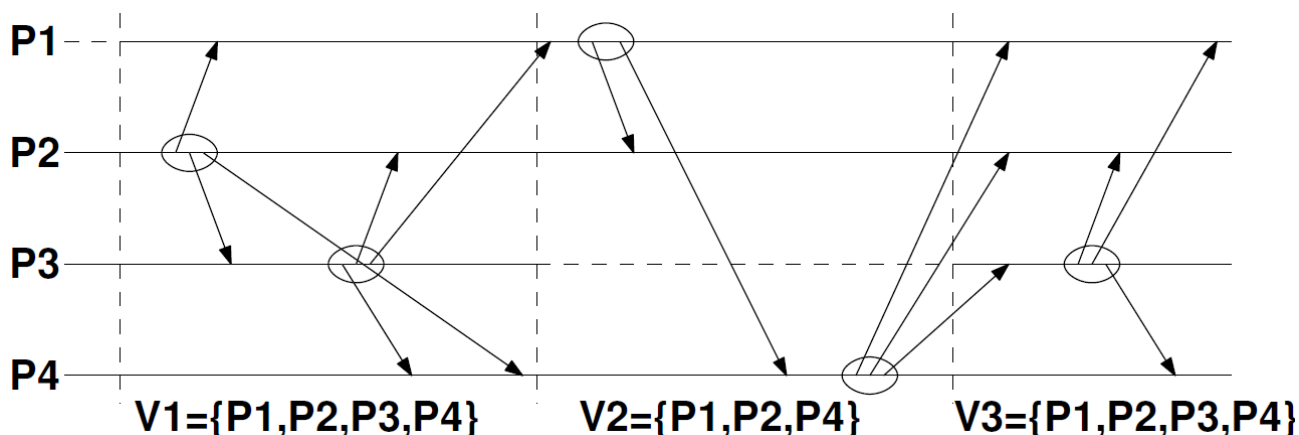
4.1- Qual é a diferença entre um *proposer* e um *distinguished proposer*? Explique a razão para usar um *distinguished proposer*, dando um exemplo numa execução com uma configuração com 3 processos. (**Dica:** desenhe um diagrama temporal com a troca de mensagens e explique-o.)

4.2- Para escolher um *distinguished proposer* é necessário um algoritmo de eleição de coordenador. Explique porque razão o algoritmo do *Bully* de Garcia-Molina não deve ser usado para escolher o *distinguished proposer* em Paxos. (**Dica:** considere os pressupostos de cada algoritmo.)

4.3- Lamport afirma que Paxos pode ser usado para implementar SRM de modo a que o custo de execução dum comando da máquina de estados é essencialmente o custo da 2ª fase de Paxos. Explique porquê. (**Nota:** uma resposta completa deverá mencionar a principal característica de Paxos que permite a otimização descrita.)

5 [3v]- Considere *View Synchronous Multicast (VSM)*.

5.1- Seja o seguinte diagrama temporal de troca de mensagens, onde os arcos representam a **entrega** de mensagens.



Assuma que cada nó trata corretamente as mensagens que envia. Este diagrama pode ser relativo a uma troca de mensagens usando VSM? Em caso negativo, reproduza-o na sua folha de respostas corrigindo os erros e explicando as suas correções. Em caso afirmativo, justifique explicando como o diagrama satisfaz as principais propriedades de VSM.

5.2- Assuma que trabalha numa empresa que pretende usar VSM numa dada aplicação. Um seu colega afirma que a implementação discutida na aula conduz a uma latência quando da mudança de vista que não satisfaz os requisitos dessa aplicação. Para resolver este problema ele propõe que um nó só entregue uma mensagem apenas depois dela ser **estável**. Concorda com o seu colega? Justifique.

- IMP Answer questions 1 and 2 in onesheet and the other ones in another sheet.
 - Justify all your answers.
-

1[3v] – On Distributed Systems:

1.1- What do you understand by **Distributed System**?

1.2- Refer **two problems** caused by using *distribution* when designing software applications. Justify.

1.3- Say what you understand by *middleware* and give **two examples** of distribution middleware technologies.

2[7v] - In a cell of a certain factory there is a controller that is connected to a robot and to the factory information system. The controller and robot exchange messages with sensing (robot → controller) and actuation (controller → robot), with a period of 50ms and with 200B each, while the controller and information system exchange files with operation logs, typically with 100KB and with an approximate hourly frequency.

2.1- Which is the **most adequate protocol**, TCP/IP or UDP/IP, for the following communications and justify:

- i) In the robot ↔ controller communications.
- ii) In the controller ↔ information system communications.

2.2- The interactions between the information system (that requests logs) and the cell controller (that provides logs) follow the **Client-Server model with synchronous transactions**. Explain how these interactions work.

2.3- Consider that the internal clocks of both robot (sensing) and controller (actuation) can have relative differences in frequency up to 10^{-4} and that the network delay varies randomly between 100μs and 1ms. What is the **best precision**, in a deterministic approach, that can be achieved in the robot if it synchronizes with the controller once every 20 control cycles? Justify.

2.4- The network delay depends on the network load. Which technique is normally used to **measure network delays on-line**, and explain how it works (include figures).

2.5- Meanwhile, the **PTP synchronization protocol** is being considered. There is one fundamental feature of this protocol that makes it superior to other standards, like NTP, concerning the precision that can be reached. Which is such feature and explain why?

3 [3v]- About the RPC/RMI semantics in the presence of fault *at-most-once* and its implementation.

3.1- What are the guarantees provided by this semantics?

3.2- Consider an RPC/RMI system implemented on top of UDP. Explain how you can ensure these semantics, considering both communication faults and server failures.

4 [4v]- Consider Paxos and its use in the implementation of *state machine replication* (SRM).

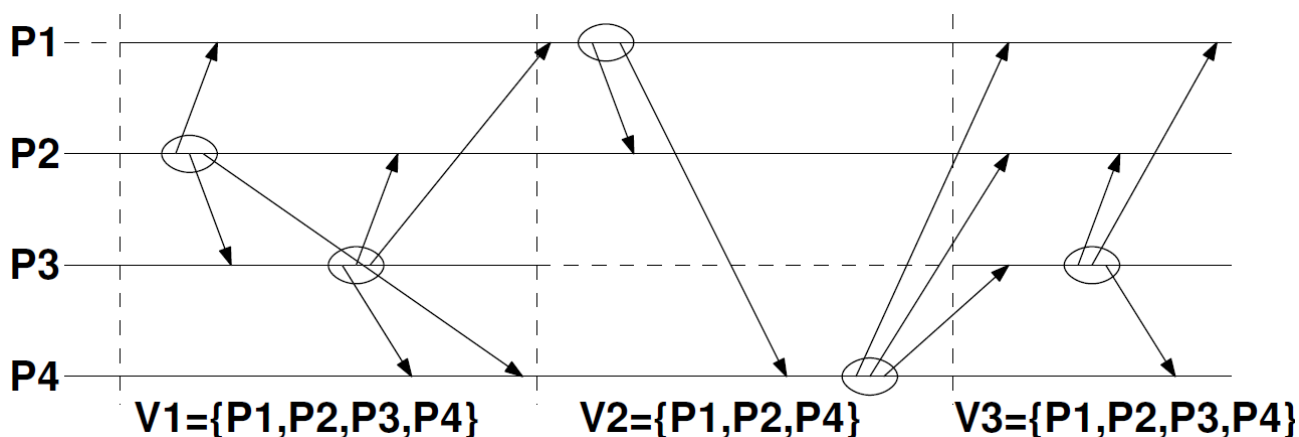
4.1- What is the difference between a *proposer* and a *distinguished proposer*? Explain the reason for using a *distinguished proposer* with the help of an execution in a configuration with 3 processes (all of which play the 3 roles). (**Hint:** draw a time diagram with the messages exchanged and explain it.)

4.2- One way to choose a *distinguished proposer* is to use a leader election algorithm. Explain why Garcia-Molina's *bully*-algorithm should not be used to select the *distinguished proposer* in Paxos. (**Hint:** consider the assumptions made by each algorithm.)

4.3- Lamport claims that Paxos can implement SMR in such a way that the cost of the execution of a state machine command is essentially that of executing only the second phase of Paxos. Explain why. (Note: a complete answer should mention the main feature of Paxos that allows the optimization described.)

5 [3v]- Consider *View Synchronous Multicast* (VSM).

5.1- The following state diagram shows the exchange of messages where the arrows represent the **delivery** of messages.



Assume that each node processes correctly the messages it sends. Could this diagram represent the messages exchanged using VSM? If not, reproduce it in your answer sheet but correct it so that it can correspond to an execution of VSM, and explain your changes. If yes, explain how this diagram satisfies the main properties of VSM.

5.2- Assume that you are working in a company that wants to use VSM in an application. One colleague of yours claims that the implementation we discussed in class leads to a view change latency too high for the requirements of your application. To address this, he proposes that a node deliver a message only after it becomes **stable**. Do you agree with your colleague? Justify.