

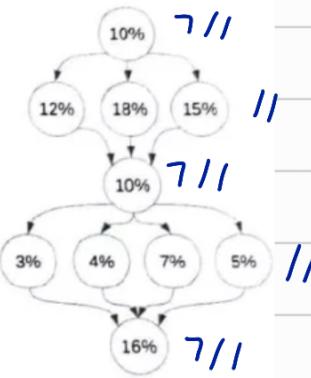
**Pregunta 1 (2,5 puntos)**

La figura siguiente representa el grafo de dependencias entre tareas para una cierta aplicación que ha sido paralelizada. Cada nodo representa una tarea en la que se especifica la fracción de tiempo de ejecución secuencial que la aplicación tarda en ejecutarla. Suponiendo que las tareas **no se pueden dividir** en otras de menor granularidad y que el tiempo de sobrecarga ( $t_{overhead}$ ) es despreciable obtenga:

1.a) La ganancia en velocidad  $S_p(p)$  para 2 y 3 unidades de procesamiento.

1.b) Si dispone de 3 máquinas para ejecutar la aplicación paralela, una de **2 nodos**, otra de **3 nodos** y otra de **4 nodos** (todos iguales), calcule cuál de las 3 máquinas es la más eficiente.

**Importante:** Razone y explique **cada paso** de su resolución. Indique claramente la **ASIGNACIÓN** de tareas a nodos en la resolución de su problema. **Recuadre** los resultados finales.



1)  $S_p(2)$  y  $S_p(3)$   $P = \text{número procesadores}$

1º Paso agrupamos tareas según el  $p$  disponible y buscamos la configuración

más óptima es decir la que cuyo % máximo sea menor.

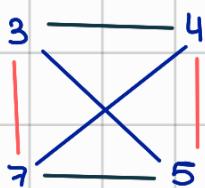
12 — 18 → 3 combinaciones

$$\text{MAX}(12+18, 15) = 30\%$$

$$\text{MAX}(12, 18+15) = 33\%$$

$$\text{MAX}(18, 12+15) = 27\%$$

$$\text{MIN} = 27$$



$$\begin{aligned} & \bullet \text{MAX}(3+5, 7+4) = 11\% \\ & \bullet \text{MAX}(3+7, 5+4) = 10\% \\ & \bullet \text{MAX}(7+5, 3+4) = 12\% \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \text{MIN} = 10\%$$

2º Paso Calcular ganancia

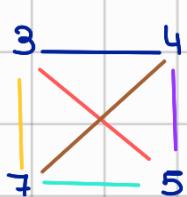
$$S_p(2) \rightarrow 10 + \text{MAX}(18, 12+15) + 10 + \text{MAX}(3+7, 5+4) + 16 = 73\% \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{1}{0,73} = 1,36 \quad \boxed{\text{Ganancia (Speedup)}}$$

$S_p(3)$

1º Paso sacar combinaciones

- Misma cantidad de tareas que de núcleos  $\text{MAX}(12, 18, 15) = 18$   
(no hace falta combinar)



- $\text{MAX}(3+4, 5, 7) = 7$
  - $\text{MAX}(3+5, 4, 7) = 8$
  - $\text{MAX}(3+7, 4, 5) = 10$
  - $\text{MAX}(7+5, 3, 4) = 12$
  - $\text{MAX}(5+4, 3, 7) = 9$
  - $\text{MAX}(7+4, 3, 5) = 11$
- $\text{MIN} = 7\%$

$$Sp(3) \rightarrow 10 + \text{MAX}(12, 18, 15) + 10 + \text{MAX}(3+4, 5, 7) + 16 = 61\%$$

$$\text{Ganancia (Speedup)} = \frac{1}{0,61} = 1,63$$

$$1b) Sp(4) \rightarrow 10 + \text{MAX}(12, 18, 15) + 10 + \text{MAX}(3, 4, 5, 7) + 16 = 61\%$$

$$\text{Ganancia (Speedup)} = \frac{1}{0,61} = 1,63$$

Calcular que máquina es más eficiente

- Máquina 2 nodos  $\rightarrow E_f = \frac{\text{ganancia}}{P} \rightarrow \frac{1,36}{2} = 0,684 \rightarrow$  La más eficiente
- Máquina 3 nodos  $\rightarrow E_f = \frac{1,63}{3} = 0,543$
- Máquina 4 nodos  $\rightarrow E_f = \frac{1,63}{4} = 0,407$

## Ejercicio 2 tema 3

El 25% de un programa no se puede paralelizar. El resto sí, es decir, podemos distribuir la carga entre un número cualquiera de elementos de procesamiento (threads, procesos, cores, nodos, ...).

1) Calcule la ganancia paralela en velocidad para  $p$  unidades de procesamiento.

25%  $\rightarrow$  No paralelizable

75%  $\rightarrow$  Paralelizable

$$Sp(p) \rightarrow Sp(p) = \frac{t_{sec}}{tpar(p)} = \frac{t_{sec}}{\frac{t_{sec} \cdot 0,25 + (t_{sec} \cdot 0,75)}{p}} = \frac{1}{\frac{0,25 + 0,75}{p}}$$

2) ¿Qué pasa cuando  $p$  tiende a + infinito?

$$\lim_{p \rightarrow \infty} = \frac{1}{0,25 + \frac{0,75}{p}} = \frac{1}{0,25} = 4$$

3) Calcule la eficiencia paralela para el caso 1) y 2).

$$1) \frac{\left( \frac{1}{0,25} + \frac{0,75}{p} \right)}{p}$$

$$2) \frac{4}{Inj} = 0$$

4) ¿A partir de cuántas unidades de ejecución la ganancia paralela de velocidad es superior a 2?

$P=?$  para que la ganancia sea  $G_a=2$

$$Sp(2) = \frac{1}{\frac{0,25 + 0,75}{2}} = 1,6 \times$$

$$Sp(3) = \frac{1}{\frac{0,25 + 0,75}{3}} = 2 \times$$

$$Sp(4) = \frac{1}{\frac{0,25 + 0,75}{4}} = 2,28 \checkmark$$

## Ejercicio 3 Tema 3

Un programa totalmente paralelizable tarda 20s en ejecutarse en un procesador P1 y 30s en otro procesador P2.

### Datos

$$T_{sec} P_1 = 20 \text{ s}$$

$$T_{sec} P_2 = 30$$

Despreciando la sobrecarga calcule:

- a) Tiempo de ejecución paralela si distribuimos equitativamente la carga entre P1 y P2  
Ganancia paralela en velocidad y eficiencia paralela.

$$T_p(z) = \max\left(\frac{20}{2}, \frac{30}{2}\right) = 15 \text{ s}$$

$$Sp(z) = \frac{T_{sec}}{t_p(z)} = \frac{\frac{(20+30)}{2}}{15} = 1,6$$

- b) Distribución de carga que optimiza la ejecución paralela. Calcule en este caso el tiempo de ejecución paralela, la ganancia paralela en velocidad y la eficiencia paralela.

$$g \rightarrow g \cdot 20 = (1-g) \cdot 30 \rightarrow g = 0,6 \\ 1-g = 0,4$$

$$\text{Tiempo Paralelo} = \frac{3}{5} \cdot 20 = \frac{2}{5} \cdot 30 = 12 \text{ s}$$

$$Sp(z) = \frac{15}{12} = 1,25$$

$$Ef(z) = \frac{1,25}{2} = 0,62$$

### Ejercicio de examen

Se ha paralelizado una aplicación C++ para aprovechar el paralelismo de un multicomputador de N nodos. Como resultado del proceso de paralelización, se ha resuelto que:

- un 30% de la aplicación sólo se puede ejecutar en un nodo. 10%
- otro 20% se puede ejecutar en cualquier número de nodos. X
- otro 20% se puede ejecutar en 1 nodo (trivial) o en, exactamente 16 nodos.
- otro 30% se puede ejecutar de 1 a 4 nodos.

Nota: Suponga que se dispone de 16 nodos.

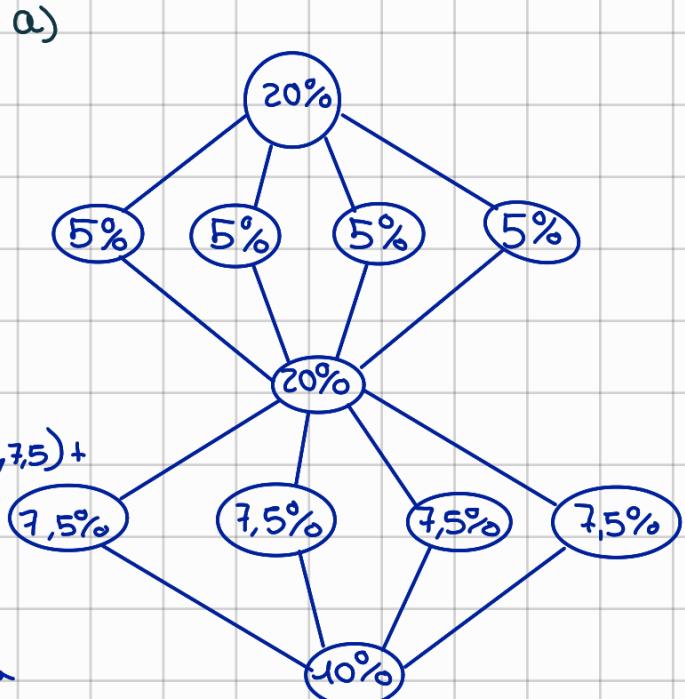
a) Proponga un posible árbol de precedencia entre tareas que case con los datos del problema. Proponga el número de tareas que necesite indicando claramente los porcentajes indicativos del peso relativo de cada tarea respecto de su ejecución secuencial

b) Calcule la ganancia y eficiencia paralela en velocidad en función del número de nodos usados.

c) Suponiendo una sobrecarga temporal de  $t_{overhead} = K \cdot p$ , con K una constante menor que 1 y p el número total de nodos, demuestre que existe necesariamente un mínimo para el tiempo paralelo en función de p.

$$Sp(16) = 20 + \max(5, 5, 5, 5) + 20 + \max(7, 5, 7, 5, 7, 5, 7, 5) + \\ + 10 = 62,5 \% \rightarrow \frac{100}{62,5} = 1,6 \quad \boxed{1,6} \quad \text{ganancia}$$

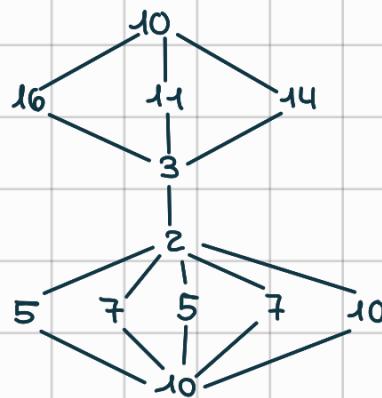
$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{ganancia}}{P_{paralelos}} = \frac{1,6}{4} = \boxed{0,4} \quad \text{Eficiencia}$$



La figura siguiente representa el grafo de dependencias entre tareas para una cierta aplicación. Cada nodo representa una tarea en la que se especifica la fracción de tiempo de ejecución secuencial que la aplicación tarda en ejecutarla. Suponiendo un tiempo de ejecución secuencial de 100 segundos, que las tareas no se pueden dividir en otras de menor granularidad y que el tiempo de comunicación es despreciable obtenga: (1) el mejor tiempo de ejecución en paralelo, (2) la mejor ganancia en velocidad, (3) eficiencia de la ejecución paralela si dispone de:

- a) 4 nodos
- b) 2 nodos

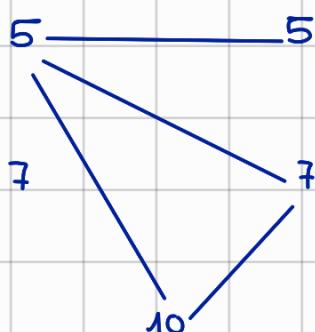
**importante:** Razone y explique cada paso de su resolución. **Recuadre** cada uno de los 3 resultados en a) y b).



## Datos

$$\text{Ejecución Secuencial} = 100 \rightarrow$$

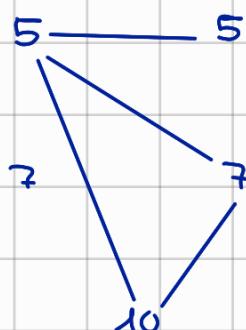
$$Sp(4) \rightarrow 10 + \max(16, 11, 14) + 3 + 2 + \max(5+5, 7, 7, 10) + 10 = 10 + 16 + 3 + 2 + 10 + 10 = 51 \rightarrow \frac{1}{0,51} = 1,96$$



$$\left. \begin{array}{l} M_1(5+5, 7, 7, 10) = 10 \\ M_2(5+7, 7, 5, 10) = 12 \\ M_3(5+10, 7, 7, 5) = 15 \\ M_4(10+7, 5, 7, 5) = 17 \end{array} \right\} \rightarrow \text{MIN} = 10$$

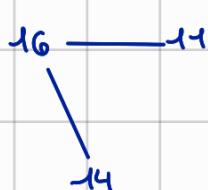
$$\begin{aligned} Ef &= \frac{1,96}{4} \\ Ef &= 0,49 \end{aligned}$$

$$Sp(2) \rightarrow 10 + \max(14+11, 16) + 3 + 2 + \max(10+7, 5+7+5) + 10 = 67 \rightarrow \frac{1}{0,67} = 1,49$$



$$\left. \begin{array}{l} M_1(5+5, 7+7+10) = 24 \\ M_2(5+7, 5+7+10) = 22 \\ M_3(5+10, 5+7+7) = 19 \\ M_4(10+7, 5+7+5) = 17 \end{array} \right\} \rightarrow \text{MIN} = 17$$

$$\begin{aligned} Ef &= \frac{1,49}{2} \\ Ef &= 0,745 \end{aligned}$$



$$\left. \begin{array}{l} M_1(16+11, 14) = 27 \\ M_2(16+14, 11) = 30 \\ M_3(14+11, 16) = 25 \end{array} \right\} \rightarrow 25$$

a) Obtener el tiempo paralelo

$$\text{Ganancia}(p) = \frac{t_{sec}}{t_{par}}$$

$$p=4 \quad 1,96 = \frac{100}{t_{par}} \rightarrow (t_{par} = 51,02)$$

$$p=2 \quad 1,49 = \frac{100}{t_{par}} \rightarrow t_{par} = 67,11$$

Mejor