1. Un programa tarda 40 segundos en ejecutarse en un SMP (multiprocesador), durante el 20% del tiempo se ha ejecutado en 4 procesadores, el 60% del tiempo en 3 y el 20% restante en 1. Consideramos que la carga se ha distribuido por igual. ¿Cuándo tardaría el programa en ejecutarse en un solo procesador? Hallar la ganancia y la eficiencia.

20% 4 procs.
60% 3 procs.
20% 1 proc.
Tsec?
Eficiencia?
SpeedUp?

40 = 40*0.2 + 40*0.6 + 40*0.2

$T_{ptotal} = T_{4procs} + T_{3procs} + T_{1procs}$

TIEMPO PARALELIZADO

$T_{4procs} = 40*0.2 = 8$ s
$T_{3procs} = 40*0.6 = 24$ s
$T_{1procs} = 40*0.2 = 8$ s

TIEMPO SIN PARALELIZAR

$T_{sec(4\ procs)} = 8*4 = 32$ s
$T_{sec(3\ procs)} = 24*3 = 72$ s
$T_{sec(1\ proc)} = 8*1 = 8$ s
$T_{sec} = 32+72+8 = 112$ s

SPEED UP (GANACIA)

$$SP = \frac{Ts}{Tp}$$

$$SP = \frac{112}{40} = 2.8 \leq 4 \ :)$$

EFICIENCIA

$$E = \frac{SP}{N}$$

$$E = \frac{2.8}{4} = 0.7 \leq 1 \ :)$$

2. Un programa tarda 20 segundos en ejecutarse en un procesador p1 y 30 en otro p2. Quiero utilizar P1 y P2 para ejecutar el mismo programa en paralelo. ¿Qué tiempo tarda en ejecutarse el programa si la carga de trabajo se distribuye por igual entre los dos procesadores? [No se tiene en cuenta la sobrecarga]. Calcular el Speed-Up y la eficiencia.

Si repartimos de forma equivalente el trabajo cada sección paralela tardara:

- Tpp1 = 1/2 * 20 = 10 s
- Tpp2 = 1/2 * 30 = 15 s

Para calcular cuánto tarda el programa el ejecutarse en total tendremos que hacer lo siguiente:

- $Tp_{N=2}$ = MAX(Tpp1, Tpp2) = **15 s**

Lo cual se puede explicar diciendo que si repartimos el trabajo de forma equivalente sin tener en cuenta las especificaciones de cada procesador, el más lento será nuestro factor condicionante.

A continuación calculamos el Speed-Up y la eficiencia, en este caso para el tiempo secuencial cogeremos el más rápido de los dos.

GANANCIA

$$SP = \frac{Ts}{Tp}$$

$$SP = \frac{20}{15} = 1.33 \leq 2 \;\; :)$$

EFICIENCIA

$$E = \frac{SP}{N}$$

$$E = \frac{1.33}{2} = 0.66 \leq 1 \;\; :)$$

Nota: Ganancia máxima teórica == numero de nodos

b) Que distribución de carga entre los dos procesadores P1 y P2 permite el menor tiempo de ejecución utilizando los dos procesadores en paralelo. Calcula el tiempo.

$x_1 = x$

$x_2 = 1 - x$

$tpp_1(x) = tpp_2(1-x)$

$20(x) = 30(1-x)$

$5x = 3 \rightarrow x = 3/5$

A tpp_1 se le dan 3/5 del problema y a tpp_2 se le dan 2/5 del problema. tpp_1 procesa mas parte del problema ya que es más rápido. Al haber distribuido la carga, ambos procesadores tardarán lo mismo a la hora de resolucionar el problema:

3/5 * 20 = 12 s **2/5 * 30 = 12 s**

3. **Cuál es la fracción de código paralelo de un programa secuencial que, ejecutado en paralelo en 8 procesadores tarda un tiempo de 100 ns, asumiendo que durante 50 ns utiliza un único procesador y durante los otros 50 los 8 procesadores. Todos los procesadores son iguales. Hallar el tiempo secuencial.**

Lo primero que haremos será hallar el tiempo secuencial.

t_{sec} = 8 * 50 + 50 = 450 ns

Una vez tenemos el tiempo secuencial total podemos hacer lo mismo que hicimos en el ejercicio anterior:

Tp = 100 ns = x * 450 + (((1-x) * 450) / 8)

La x es el valor que queremos hallar por lo tanto despejamos:

x = 1/9

Ahora bien, ese 1/9 sería la fracción de código sin paralelizar, pues para hallar la fracción de código paralelizado haremos:

1 – 1/9 = **8/9**

b) Calcula la ganancia y la eficiencia en paralelo.

SP = Tsec / Tp

SP = 450 / 100 = **4.5** ≤ 8 :)

E = SP / N

E = 4.5 / 8 = **0.5625** ≤ 1 :)

4. El 25% de un programa no se puede paralelizar y el resto se puede distribuir por igual entre cualquier número de procesadores.

a) ¿Cuál es el máximo valor de ganancia en velocidad que se podría conseguir al paralelizarlo en p procesadores?

b) ¿Y con infinitos?

c) ¿A partir de que numero de procesadores podríamos conseguir ganancias superiores o iguales a 2?

d) Calcula la eficiencia

e) Máxima eficiencia que puedo obtener cuando p tiende a ∞

a) SP = tsec/tpp = tsec / ((0.25)*tsec + (0.75*(1/p))*tsec) =
= 4p/(3+p)

Para 4 nodos por ejemplo: 4*4/(3+4) = 16/7 = 2.28 ≥ 4 :)

b) Lim SP $_{(p \to \infty)}$ = 4p/(3+p) = 4∞/∞ = 4

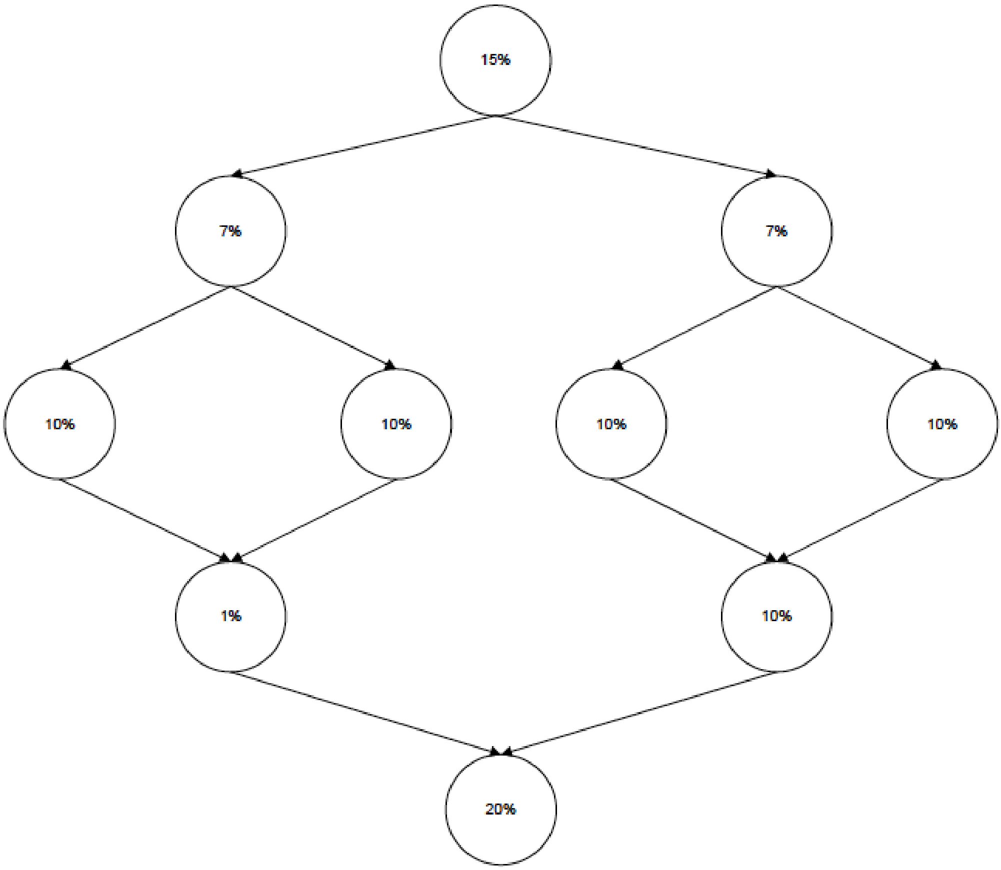
c) 4p/(3+p) = 2 → Despejamos → p = 3

d) E = SP/N = (4p/(3+p))/p

e) Lim E (p→∞) = 0

Si metemos nodos infinitos la eficiencia acabará siendo 0.

5. Tenemos un programa que hemos dividido en 10 tareas, las cuales tardan en ejecutarse 5 segundos. En la siguiente figura podemos ver como se divide el cómputo entre las distintas tareas y el orden de precedencia de las mismas. Si disponemos de 4 procesadores, se pide calcular el tiempo de ejecución de la versión paralela del programa, así como la ganancia en velocidad obtenida al realizar la paralelización.



Tiempo de ejecución en paralelo:

$$\mathrm{T_p(n)} = \mathrm{T_s} \times (0.15 + \max(0.07, 0.07) + \max(0.1, 0.1, 0.1, 0.1) + \max(0.01, 0.1)$$

$$\mathrm{T_p(n)} = \mathrm{T_s} \times (0.15 + 0.07 + 0.1 + 0.1 \quad 5\mathrm{s} \times 0.42 = \quad s$$

Ganancia:

$$S_{(p,n)} = \frac{T_s}{T_p(n)} = \frac{5s}{\quad} = 2.$$

6. Se quiere paralelizar el siguiente trozo de código:

```
// {Cálculos antes del bucle}   | t1
for(int i = 0; i < w; i++) {
      // iteración i             | ti
}
// {Cálculos después del bucle} | t2
```

Los cálculos después del bucle supone t2, los de antes del bucle t1. Cada iteración del bucle supone un tiempo ti. En la ejecución paralela, la inicialización de p procesos supone un tiempo con k1 constante (k1*p). La comunicación y sincronización supone un tiempo k2 (k2*p).

a) Hallar tp(p)
b) Hallar el Speed Up de p
c) ¿Existe un mínimo de p para la ejecución en paralelo?

a) Llamamos t' al tiempo que no se puede paralelizar

t' = t1 + t2

Al tener overhead lo dejamos listo así.

K1p → to(p) = (k1 + k2)p = k'p; siendo k' = k1 + k2

Tenemos w iteraciones paralelizables por p procesadores, por lo tanto:

tp(p) = t' + k'p + ⌈w/p⌉*ti

tp(p) = t. no paralelizable + overhead + tiempo paralelizable. ⌈w/p⌉ implica coger el siguiente entero ya que no podemos tener números no enteros (ver OMP práctico).

b) SP(p) = tsec/tpp = (t' + ti*W) / tp(p)

c) Para simplificar **w*ti = k''**

Si tp(p) = t' + k'p + k''/p

Derivamos

$tp'(p) = 0 + k' - k''/p^2$

Igualamos la derivada a 0 para sacar el punto de inflexión.

$k' = k''/p^2$;

$p = +\sqrt{(k''/k')} \rightarrow$ $p = +\sqrt{((w*ti)/k')}$;

(Cogemos el resultado positivo +√ ya que no puede haber un número de procesadores negativo)

Hayamos la segunda derivada y comprobamos que efectivamente sí que existe un mínimo

$tp''(p) = + k''/p^3 \rightarrow tp''(p) = + (w*ti)/p^3$

Sustituimos el punto crítico dado en la 1ª derivada en la 2ª

$tp''(p) = (w*ti)/(+\sqrt{((w*ti)/k')})^3$

Como podemos observar no cabe posibilidad alguna que el resultado de la segunda derivada sea menor que 0. Por lo tanto obtendríamos un mínimo.

X > 0 → Minimo
X < 0 → Maximo
X = 0 → Punto de inflexión