

Problema 1. Discos, Ancho de banda, RAIDs

Disponemos de discos con las siguientes características:

- Capacidad 1 Tbyte.
- Seek time medio (situar el cabezal en el cilindro) 8 ms.
- Latencia media (tiempo que tarda en pasar el sector deseado) 2 ms.
- Transfer Rate (ancho de banda durante la transferencia de datos) 256 Mbytes/s.
- MTTF 50.000 horas.
- Tamaño de sector 512 bytes.

- a) Calcula cuanto tiempo tarda en transferirse un bloque de datos de 5000 sectores.

$$t = \frac{(5 \times 10^3 \text{ sect} \cdot 512 \text{ B/sect}) \cdot 2^{16} \text{ MB}}{256 \text{ MB/s}} = \frac{256 \text{ MB}}{256 \text{ MB/s}} = 0.01 \text{ s}$$

Si los 5000 sectores se encuentran almacenados de forma consecutiva en la misma pista, solo se pierde tiempo en situar el cabezal (seek time + latencia) en el primero de ellos ya que el disco es capaz de transferir los siguientes sectores a medida que gira el disco sin necesidad de situar el cabezal (suponemos que la velocidad de rotación es la adecuada para al Transfer Rate).

- b) Calcula el tiempo total necesario para leer un bloque de datos de 5000 sectores consecutivos desde que se envía la petición al disco hasta que los datos están en memoria (suponemos que el procesado de las peticiones por el disco, calculo de CRCs, DMA, etc introducen un tiempo negligible).

$$t = t_{\text{seek}} + t_{\text{latency}} + 20 \times 10^3 \text{ s}$$

↑ t_{seek}
↑ t_{latency}
↑ t_{block}

- c) Calcula el ancho de banda efectivo al leer un bloque de datos de 5000 sectores consecutivos.

$$\text{Ancho banda} = \frac{256 \text{ MB}}{20 \times 10^3 \text{ s}} = 12.8 \text{ MB/s}$$

En un computador con uno de estos discos ejecutamos una aplicación formada por 3 fases:

- La fase 1 lee 8 bloques de datos (de 5000 sectores consecutivos cada uno) de disco.
- La fase 2 realiza los calculos y representa el 40% del tiempo de la aplicación (ejecutada con un solo disco).
- La fase 3 escribe 4 bloques de datos (de 5000 sectores consecutivos cada uno) a disco. Escribir un bloque de datos tarda lo mismo que leerlo.

- d) Calcula el tiempo que tarda la fase 2.

$$t_{\text{fase 2}} = 8 \cdot 20 + 0.4 \cdot t_{\text{fase 1}} + 4 \cdot 20 \Rightarrow t_{\text{fase 2}} = 400 \text{ ms} \Rightarrow t_2 = 0.4 \text{ s}$$

Aunque los datos caben en un solo disco, para mejorar el rendimiento de la aplicación, instalamos un RAID 0 con 8 discos iguales con tiras de 5000 sectores de forma que los 8 bloques de datos de la fase 1 se encuentran en 8 discos distintos. Igualmente, los 4 bloques de la fase 3, también se encuentran en 4 discos distintos. Suponemos que el resto del sistema es capaz de soportar el ancho de banda necesario.

- e) Calcula el ancho de banda efectivo al leer los 8 bloques de datos del RAID 0

$$\text{Ancho banda} = \frac{256 \text{ MB}}{20 \cdot 10^3 \text{ s}} = 12.8 \text{ MB/s}$$

- f) Calcula el ancho de banda efectivo al escribir los 4 bloques de datos al RAID 0

$$\text{Ancho banda} = \frac{256 \text{ MB}}{20 \cdot 10^3 \text{ s}} = 12.8 \text{ MB/s}$$

- g) Calcula el speed-up de la fase 1

$$\text{speedup}_1 = \frac{160}{20} = 8$$

- h) Calcula el speed-up de la fase 3

$$\text{speedup}_3 = \frac{80}{20} = 4$$

- i) Calcula el speed-up de la aplicación

$$\text{speedup app} = \frac{400}{200} = 2$$

Problema 2. RAID, ancho de banda

Disponemos de 60 discos físicos de 300 Gbytes de capacidad por disco, que ofrecen un ancho de banda efectivo de 100 Mbytes/s por disco. Con estos discos deseamos montar un disco lógico en donde consideramos las siguientes 4 opciones:

- RAID 6
- RAID 10 (mirror doble con 30 grupos de 2 discos)
- RAID 50 (con 6 grupos de 10 discos)
- RAID 51 (mirror doble con 2 grupos de 30 discos)

- a) Calcular la cantidad de información útil que puede almacenar cada uno de los RAID considerados.

$$\begin{aligned} \text{- RAID 6: } & 58 \text{ discos} \cdot 300 \text{ GB} = 17.4 \text{ TBytes} \\ \text{- RAID 10: } & 30 \text{ discos} \cdot 300 \text{ GB} = 9 \text{ TBytes} \\ \text{- RAID 50: } & 54 \text{ discos} \cdot " = 16.2 \text{ TBytes} \\ \text{- RAID 51: } & 29 \text{ discos} \cdot " = 8.7 \text{ TBytes} \end{aligned}$$

Para analizar el ancho de banda consideraremos por separado el caso en que realizamos accesos a tiras consecutivas y el caso en que realizamos accesos a tiras aleatorias. En el caso de accesos aleatorios, el controlador del RAID ordena las peticiones de acceso para aprovechar al máximo la concurrencia entre discos. En ambos casos consideraremos que disponemos de suficientes peticiones de lectura de forma que el controlador del RAID siempre puede aprovechar el ancho de banda de todos los discos físicos.

- b) Calcular el ancho de banda efectivo, si hacemos **lecturas secuenciales**, para cada uno de los RAID considerados.

$$\text{Ancho banda} = 60 \text{ discos} \cdot 100 \text{ MB/s} = 6 \text{ GB/s}$$

- c) Calcular el ancho de banda efectivo, si hacemos **lecturas aleatorias**, para cada uno de los RAID considerados.

$$\begin{aligned} \text{- RAID 6: } & 38 \text{ discos} \cdot 100 \text{ MB/s} = 3.8 \text{ GB/s} = 3800 \text{ MB/s} \\ \text{- RAID 10: } & 30 \text{ discos} \cdot " = 3000 \text{ MB/s} \\ \text{- RAID 50: } & 34 \text{ discos} \cdot " = 3400 \text{ MB/s} \\ \text{- RAID 51: } & 29 \text{ discos} \cdot " = 2900 \text{ MB/s} \end{aligned}$$

Para aquellos RAID que tienen algún tipo de paridad (como 6, 50 o 51), en el caso de escrituras secuenciales es posible esperar a tener una cantidad de datos suficiente para calcular la paridad correspondiente y escribir simultáneamente en todos los discos. La siguiente figura muestra la escritura de 5 tiras de datos consecutivos D0-D4 en lo que podría ser un RAID 4 o 5 con 6 discos. Obsérvese que podemos aprovechar el ancho de banda de 5 discos para datos ya que el sexto es usado para escribir la paridad.

- d) Calcular el ancho de banda efectivo, si hacemos **escrituras secuenciales**, para cada uno de los RAID considerados.

En el caso de escrituras aleatorias (para RAID con algún tipo de paridad), se ha visto en teoría que es necesario leer los datos antiguos y la tira (o tiras) de paridad correspondiente para calcular la nueva paridad y además escribir tanto datos como paridad por cada escritura que se desea realizar. La siguiente figura muestra la escritura en paralelo de 3 tiras de datos independientes en lo que podría ser un RAID 5 con 6 discos (para acabarlo de entender es recomendable dibujar como estarían distribuidas las tiras de la 0 a la 24 y las paridades correspondientes en un RAID 5 con 6 discos). Obsérvese que para escribir 3 tiras de datos es necesario realizar 12 operaciones de disco realizando una lectura y una escritura en cada uno de los 6 discos, con lo que en la práctica el ancho de banda efectivo (de datos) es equivalente a 1,5 discos.

- e) Calcular el ancho de banda efectivo, si hacemos **escrituras aleatorias**, para cada uno de los RAID considerados.

$$\begin{aligned} \text{- RAID 6: } & 20 \text{ discos} \cdot 100 \text{ MB/s} = 16 \text{ GB/s} \\ \text{- RAID 10: } & 30 \text{ discos} \cdot " = 3 \text{ GB/s} \\ \text{- RAID 50: } & 15 \text{ discos} \cdot " = 1.5 \text{ GB/s} \\ \text{- RAID 51: } & 7.5 \text{ discos} \cdot " = 0.75 \text{ GB/s} \end{aligned}$$