

Diseño de Sistemas Operativos
Septiembre de 2009
Solución

Segundo Problema (SF)

El *Secure Digital* (SD) es un tipo de tarjeta de memoria no volátil de uso muy extendido como almacenamiento extraíble entre dispositivos portátiles como las cámaras digitales.

La capacidad de las tarjetas SD va desde 1MB a 4GB. La de las tarjetas tipo SDHC (*High Capacity*) de 4GB a 32GB. La especificación más moderna SDXC (*eXtended Capacity*) permitirá hasta 2TB. En todos los casos el sector es del tamaño estándar de 512 bytes.

Al igual que otros tipos de almacenamiento extraíble, las tarjetas *Secure Digital* suelen venir formateadas de fábrica con un sistema de ficheros FAT (*File Allocation Table*) sobre un esquema de particionado MBR (*Master Record Boot*). Además el MBR contiene, en posiciones determinadas, campos que parametrizan el sistema de ficheros. Por ejemplo: el número de sectores del dispositivo viene indicado en un campo de 32 bits sin signo y el número de sectores por agrupación (*cluster*) viene indicado en un campo de 8 bits con signo como una potencia de dos entre 1 y 64 pudiendo indicar agrupaciones desde 1 sector hasta 32KB.

Las tarjetas SD pueden tener formato FAT16 o FAT32. Las SDHC y SDXC suelen ser FAT32. La FAT32 (porque así lo dice este estándar) usa campos de dirección (número de agrupación) de 32 bits, de los que sólo 28 bits son usados y los otros 4 bits están reservados y deben ser 0.

Se pide:

- a) (5 pts) Diseñe un sistema FAT16 para una tarjeta SD de 2GB. Razone y detalle el tamaño que tendría cada campo y el número de ellos.
- b) (2 pts) Según el estándar descrito qué problema presenta realizar una FAT16 para una SD de 4GB.

La limitación de 32GB para los SDHC viene impuesta porque, según Microsoft, ciertas tareas sobre un FAT32 muy grande pueden llegar a ser muy lentas e ineficientes.

- c) (4 pts) Justifique esta decisión calculando cuánto tiempo llevaría leer la FAT completa en un FAT32 sobre un SDHC de 32GB, con una velocidad de transferencia de 4MB/s. Haga esto para los casos mejor y peor.
- d) (2 pts) ¿Cuál es el tamaño máximo de un fichero sobre un FAT32 y cuál es el factor limitante? ¿Si no existiese esa limitación, qué tamaño podría llegar a tener un fichero?
- e) (4 pts) Explique qué tipo de fragmentación puede sufrir un sistema de ficheros FAT32 y qué parámetro podemos ajustar al crearlo para reducir el efecto de la fragmentación. ¿Si hacemos lo anterior, que efecto negativo tendrá?
- f) (4 pts) Explique el proceso de "desfragmentación de archivos" que se suele realizar sobre las unidades en Windows. ¿Tiene sentido realizarlo sobre un dispositivo SD?
- g) (2 pts) ¿Dónde se origina la limitación de 2TB para los SDXC? ¿Si no existiese esa limitación, qué capacidad podría llegar a tener en un SDXC?

Solución

- a) Diseño de FAT16 para un SD de 2GB.

El disco son 2GB, luego 2^{31} Bytes.

La FAT16 puede tener hasta 2^{16} agrupaciones, luego $2^{(31-16)} = 2^{15}$ Bytes/agrup. O lo que es lo mismo, agrupaciones de 32KB. Esto está dentro del estándar descrito.

Después del MBR, que es el bloque de *boot*, vendrían las (usualmente 2) copias de la FAT y luego espacio para el directorio raíz y finalmente el resto dedicado a almacenar ficheros y directorios: [MBR][FAT1][FAT2][RootDir][Space for data]

La dimensión más relevante es lo que ocuparía cada FAT. Serían 2^{16} entradas de 16bits (2 bytes) luego: $2^{(16+1)} = 2^{17}$ Bytes/FAT = 128KB/FAT.

- b) Problema de FAT16 para un SD de 4GB.

Siguiendo un razonamiento análogo al anterior, para un SD de 4GB (2^{32} B), cada agrupación debería ser de: $2^{32}B/2^{16}$ Agrup = 2^{16} B/Agrup = 64KB/Agrup, lo que está fuera del estándar.

- c) Justificación de 32GB máximo para los SDHC. Tiempo en leer la FAT32 en SDHC de 32GB y 4MB/s. Casos mejor y peor.

Un SDHC de 32GB son 2^{35} Bytes, a 512 bytes/sector son $2^{(35-9)} = 2^{26}$ sects/disco.

Para determinar el espacio libre hay que leer toda la FAT y contar las entradas marcadas como FREE. Los casos mejor y peor dependerán, lógicamente, del tamaño de la agrupación. A mayor tamaño de agrupación, menos agrupaciones en el disco y menor el tamaño total de la FAT y lectura más rápida.

Caso mejor, agrupación de tamaño máximo, 32KB/Agrup = 2^6 sects/Agrup. La FAT de $2^{(26-6)} = 2^{20}$ entradas de 2^2 B (32bits) ocuparía = $2^{22} = 4$ MB. A una velocidad de transferencia de 4MB/s se leería en 1 segundo.

Caso peor, agrupación de tamaño mínimo, 1sect/Agrup = 2^9 B/Agrup. La FAT de 2^{26} entradas de 32bits ocuparía = $2^{28} = 256$ MB. A una velocidad de transferencia de 4MB/s se tardaría en leer $2^{(8-2)} = 2^6 = 64$ segundos. Aproximadamente ¡un minuto!

Este tiempo está claramente fuera de lo razonable.

- d) Tamaño máximo de fichero en FAT32 y factor limitante. Si no, qué tamaño podría llegar a tener.

El tamaño máximo de un fichero en un sistema de ficheros FAT32 está limitado por el campo de la entrada del directorio donde se indica el tamaño del fichero en bytes. Este es un campo de 32bits sin signo, luego el máximo fichero podrá tener hasta 2^{32} Bytes = 4GB.

Si esta limitación no existiese, un fichero podría, enlazando todas las agrupaciones de la FAT, llegar a ocupar todo el dispositivo.

- e) Tipo de fragmentación en un FAT32. Qué parámetro puede reducir su efecto. Qué efecto negativo.

Dado que un sistema de ficheros tipo FAT considera y gestiona el dispositivo como dividido en unidades de tamaño fijo (agrupaciones) no puede suceder la fragmentación externa (espacio no asignado pero no aprovechable por pequeño). Sólo podrá darse la fragmentación interna (espacio asignado y no aprovechado) y se considera que sucede en la última agrupación asignada a todo archivo, perdiéndose 1/2 agrupación por archivo de media.

Para reducir este efecto negativo (la pérdida de espacio) habrá que escoger agrupaciones del menor tamaño posible, pero esto tiene un efecto negativo (visto en el apartado c) de aumentar el tamaño de las FAT y por tanto hacer que ciertas operaciones sean más lentas.

f) "Desfragmentación de archivos". Su sentido sobre un SD.

La desfragmentación de archivos es el proceso de reubicar archivos cuyos datos estén dispersos por el disco (archivos fragmentados, aunque esta acepción no tenga directamente que ver con la fragmentación interna o externa de un sistema de gestión de espacio) de modo que las agrupaciones que ocupan dichos archivos pasen a estar lo más próximas posible. Se trata de una aplicación directa de la máxima de optimización: que la información lógicamente próxima esté físicamente próxima, al efecto de mejorar los tiempos de acceso al medio cuando este medio tiene un tiempo de acceso no uniforme (como en el caso de los discos duros) debido a su geometría no uniforme.

Para el caso de un SD, que en definitiva es una memoria con tiempo de acceso uniforme, no tiene sentido la desfragmentación.

g) Origen de 2TB máximo para los SDXC. Si no, qué capacidad podría llegar a tener.

Se observan las siguientes dos restricciones:

Por el campo que indica el número de sectores (de 512 bytes) del dispositivo, que es de 32 bits sin signo. Así el dispositivo podría ser de 2^{32} sects * 2^9 B/sect = 2^{41} Bytes = 2TB. Por los campos de dirección (de agrupación) y el tamaño de las agrupaciones de un FAT32. Con un máximo de 2^{28} agrupaciones de hasta 32KB, un dispositivo SDXC podría llegar a ser de hasta $2^{(28+15)} = 2^{43} = 8TB$.

La condición más restrictiva, y que justifica el máximo establecido, es la primera: 2TB. De no existir, sería la segunda: 8TB.