

SISTEMAS OPERATIVOS: SISTEMAS DE FICHEROS

Sistemas de Ficheros y Servidor de Ficheros

Objetivos

2

- Conocer los conceptos de fichero y directorio así como sus características.
- Utilizar los servicios de gestión de Ficheros y directorios ofrecidos por el sistema operativo.
- Comprender la estructura de un sistema de ficheros.
- Comprender los mecanismos en los que se apoya un servidor de ficheros y aplicarlos a ejercicios sencillos.

Contenido

3

- Estructura del sistema de ficheros.
- Servidor de ficheros.
- Estructuras de datos asociadas.
- Incremento de prestaciones.

Discos
Cintas
Teclado } los trata como ficheros.
Ratón

Sistemas de ficheros y particiones

4

- El sistema de ficheros permite organizar la información dentro de los dispositivos de almacenamiento secundario en un formato inteligible para el sistema operativo.
- Previamente a la instalación del sistema de ficheros es necesario dividir físicamente, o lógicamente, los discos en **particiones** o **volúmenes**.

↪ Conjunto de bloques de disco contiguos. Luego dentro el sistema de ficheros.

- Una **partición** es una porción de un disco a la que se la dota de una identidad propia y que puede ser manipulada por el sistema operativo como una entidad lógica independiente.

- Una vez creadas las particiones, el sistema operativo debe crear las estructuras de los sistemas de archivos dentro de esas particiones. Para ello se proporcionan mandatos como **format** o **mkfs** al usuario.

Sistema de ficheros especial swap donde van los procesos cuando se suspenden.

```
#mkswap -c /dev/hda2 20800 lo crear partición
#mkfs -c /dev/hda3 -b 8196 123100 fdisc
      sobre este disco  Tamaño bloque Extensión
```

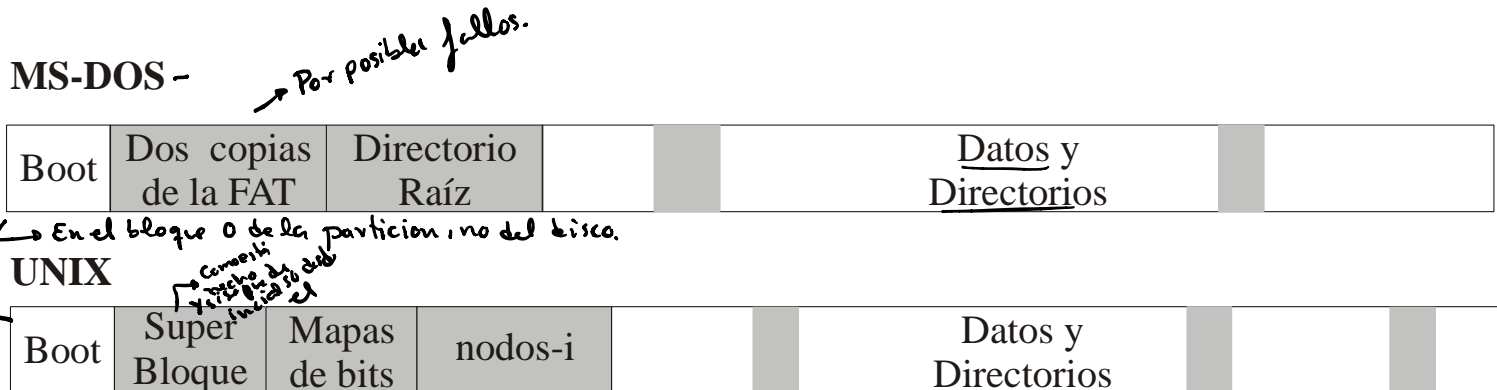
Sistemas Operativos - Servicios Ficheros y Directorios

Lo make file system = Crear un sistema de ficheros.
↓
Lo mínimo es decirle el disco.

Sistemas de ficheros y particiones

5

- Sistema de ficheros: conjunto coherente de metainformación y datos.
- Ejemplos de Sistemas de ficheros:



En UNIX la estructura está hecha con índices, i-nodos.

Sistemas de archivos y particiones

6

- Descripción de sistemas de archivos:
 - ▣ El sector de arranque en MS-DOS
 - ▣ El superbloque en UNIX
- Relación sistema de archivos-dispositivo:
 - ▣ Típico: 1 dispositivo N sistemas de archivos (particiones)
 - ▣ Grandes archivos: N dispositivos 1 sistema de archivos
- Típicamente cada dispositivo se divide en una o más particiones (en cada partición sistema de archivos)
- La tabla de particiones indica el principio, el tamaño y el tipo de cada partición.

Tipos de particiones

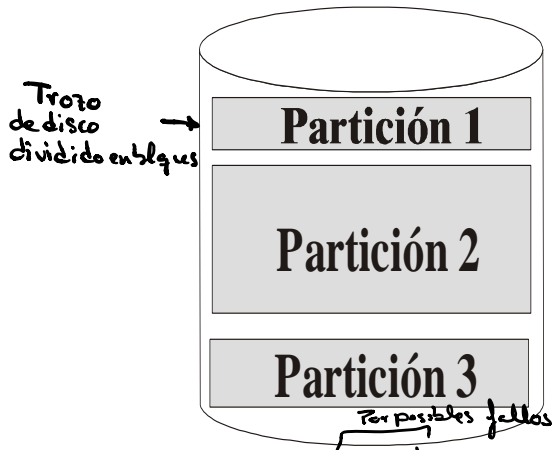
Cada partición puede tener una estructura de ^{sistema de} ficheros distinta.

7

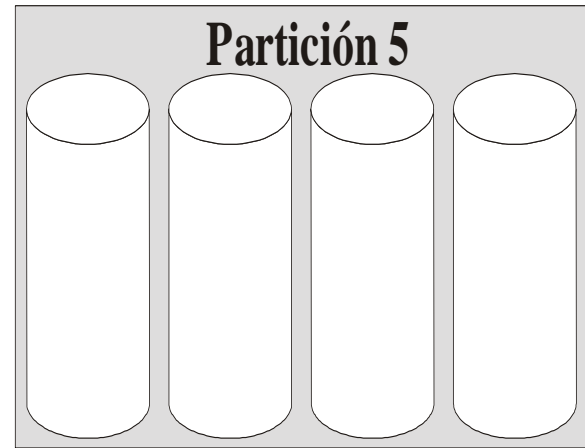
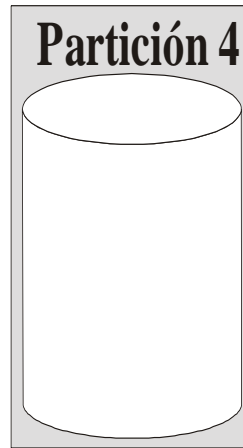
En las tablas de particiones donde se indica el comienzo y fin de la partición.

Hay discos con una sola partición

Hay particiones que ocupen más de un disco.



En el bloque 0 y último está la tabla de particiones que indica los comienzos y fin de todas las particiones



Se puede: $\left\{ \begin{array}{l} \text{Particionar el disco crudo} \\ \text{Poner dentro del disco el sistema de ficheros} \end{array} \right.$

Ejempl: Bloque 4k | 8k 16 sectores.
1 bloque cada 8 sectores
(sectores de 1/2 k)
1M | 2048 sect.

Bloques y agrupaciones

8

→ No cambiar el tamaño sino sabemos.

□ **Bloque:** agrupación lógica de sectores de disco.

- Es la unidad de transferencia mínima que usa el sistema de archivos.
- Optimizar la eficiencia de la entrada/salida de los dispositivos secundarios de almacenamiento.
- Todos los sistemas operativos proporcionan un tamaño de bloque por defecto. → Tienen auditado el más eficiente.
- Los usuarios pueden definir el tamaño de bloque a usar dentro de un sistema de archivos mediante el mandato `mkfs`.

□ **Agrupación:** conjunto de bloques que se gestionan como una unidad lógica de gestión del almacenamiento.

- El problema que introducen las agrupaciones, y los bloques grandes, es la existencia de fragmentación interna.

Es muy importante la def. del tam. de bloque ya que si siempre accedieremos al tamaño, no mejor

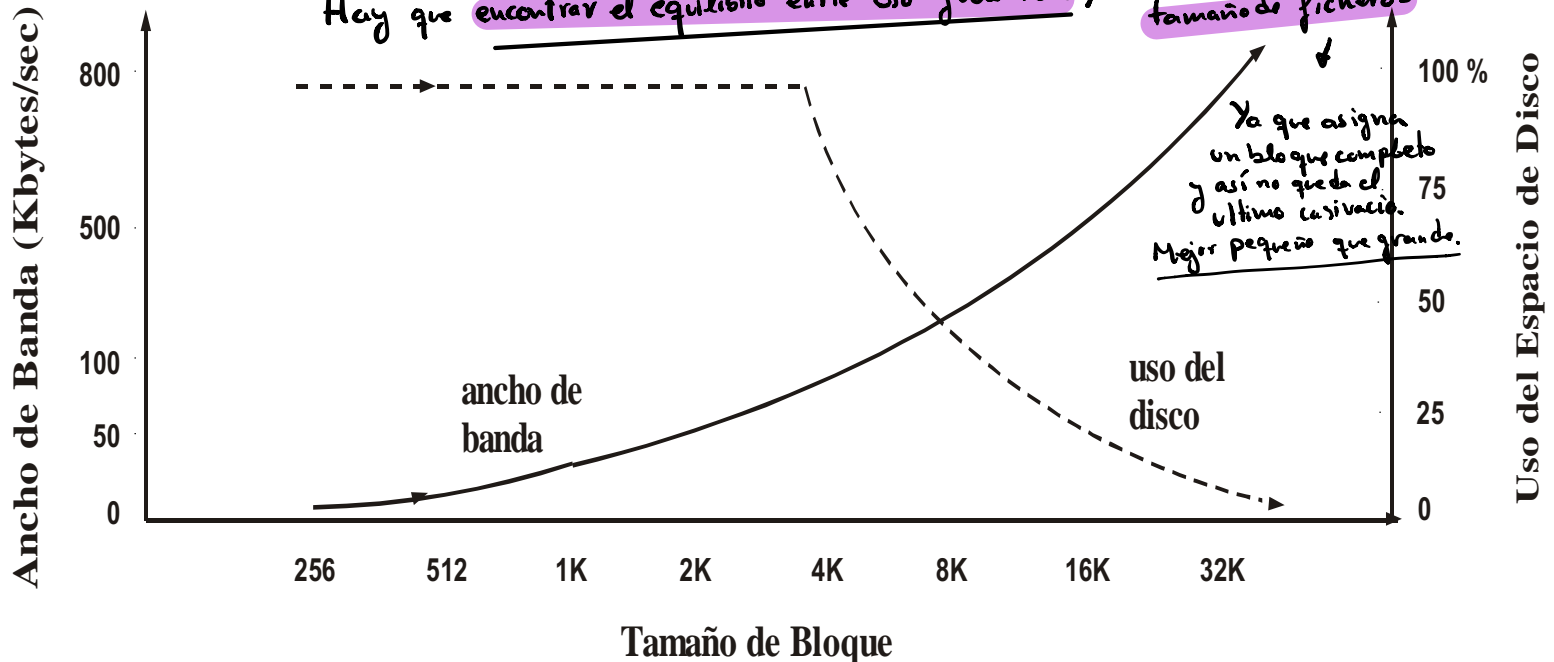
1M bloque
100k pñaro de
No usa el 90.23%

$\frac{1M - 100k}{1M} = 0.9023$

Tamaño de bloque, ancho de banda y uso de disco

9

Cuanto mas pequeño es el bloque más aprovechamos el tam. de disco, al cubrir todo, pero al ser tan pequeños mueve mucho las cabezas y se vuelve lento. Hay que encontrar el equilibrio entre uso y velocidad, el tam. de bloque lo media del tamaño de ficheros



Sistema de ficheros ISO-9660

International
Standard
Organization } Define estandards

10

- Utilizado fundamentalmente para dispositivos de sólo lectura → asignación contigua de bloques. En cintas y CDs
- El espacio de almacenamiento se divide en 5 zonas:
 - Área de sistema (16 bloques): Usada por las extensiones Rock-Ridge y Joliet.
↳ Para booting, tipo de variante, descripción del volumen (que tiene, tipo, info)
 - Descripción de volumen (1 bloque): Información sobre la imagen del CD.
↳ Como FAT, pero sabiendo donde empieza y tamaño. } Al estar
Tablas de ficheros en disco, con nombre y tamaño. } contiguos.
 - Tablas de localización: Lista precompilada de todos los directorios → Aceleración de búsquedas.
 - Directorios: Lista de entradas de los directorios.
 - Ficheros: Bloques de los ficheros.

Sistemas de ficheros FAT

Lista encadenada.

*Tiene una entrada por cada bloque del disco.
Cuando es un directorio almacena el nombre, metadatos y el 1º bloque del disco.*

11

- Utilizado en DOS y algunas versiones de Windows.
- Se sigue usando para dispositivos de almacenamiento portátil.
- Espacio dividido en:
 - Bloque de carga: Arranque del sistema operativo.
 - FAT: Tabla de asignación de ficheros.
 - Copia de FAT: Copia de seguridad.
 - Directorio Raíz: Directorio principal del volumen
 - Zona de directorios y ficheros.

~~FAT12~~

Nada.

- Tabla con una posición por bloque de disco.
- Tabla con direcciones de 12 bits.
- Número máximo de bloques: 4096.
- Tamaño de bloque: 512 bytes a 8 KB.
- Tamaño máximo: 32 MB.
- Utilizado en disquetes.

FAT16

13

- Tabla con una posición por bloque de disco.
- Direcciones de 16 bits. $2^{16} \Rightarrow 64\text{KB bloques}$ dirección
↳ 2B el punto
- Número máximo de bloques $\rightarrow 65.535$.
↳ lo normal $1/2\text{K}$
- Tamaño de bloque: 512 bytes hasta 64KB.
- Utilizado en discos antiguos.

Tamaño de bloque	Tamaño máximo	Tamaño de bloque	Tamaño máximo
512 B <small>$2^9 \cdot 2^{16} = 2^{25}$ tan bñ entrada</small>	32 MB	8 KB	512 MB
1 KB	64 MB	16 KB	1 GB
2 KB	128 MB	32 KB <small>tan bñ entrada</small>	2 GB
4 KB	256 MB	64 KB <small>$2^{16} \cdot 2^{16} = 2^{32}$</small>	4 GB

Tamaño máximo de la tabla FAT: 128 KB

Sistemas Operativos - Servicios Ficheros y Directorios

64KB entradas
cada una 16 bits
 \downarrow
2B
128KB

FAT32

La FAT ocupa $\overset{4B}{32 \text{ bits}} \cdot \overset{2^{32}}{2^B \text{ bloques}} = 16 \text{ GB}$
por puntero que puede apuntar

Σ Ocupa demasiado cuando hay mucho almacenamiento
Será mejor NTFS

14

- Tabla con una posición por bloque de disco.
- $4 \text{ GB} = 2^{32}$ □ Direcciones de 32 bits (solamente se usan 28).
- Número máximo de bloques → 256 Mbloques.
- Tamaño de bloque: 4 KB hasta 32 KB.
- Windows lo limita a dispositivos de hasta 32 GB.
- Usado en dispositivos de almacenamiento portátil.
- La tabla FAT puede ocupar cantidad considerable de espacio.

- No se puede tener permanentemente en memoria y hay que consultarla en disco.

Windows lo limita para disp. de 32 GB
En USB se usa para que sea compatible con Linux.

- Tamaño máximo de fichero: 4GB

Sistemas de ficheros tipo UNIX

15

□ Estructura:

Boot □ Bloque de carga: Arranque del sistema operativo.

Superbloque □ Superbloque: Información descriptiva de la estructura del sistema de ficheros.

- Superbloque virtual: Información genérica.

- Superbloque específico: Dependiente del sistema operativo.

Mapas de Bits { □ Mapas de bits de bloques: Un bit para cada bloque indicando libre/ocupado. 1 bit por entrada en una de 4GB, son $\frac{4GB}{8}$ Bytes de mapa. 512 MB } Mucho más rápido que FAT para encontrar un bloque libre.

Mapas de bits { □ Mapas de bits de i-nodos: Un bit para cada i-nodo de la sección de i-nodos (libre/ocupado).

Nodos i { □ i-nodos: Tantos i-nodos como número de ficheros que puede albergar el sistema.

- Linux crea un i-nodo por cada dos bloques de datos.

Datos y Directorios. □ Bloques de datos.

Superbloque de sistemas de archivos (Linux)

16

Superbloque Virtual

Dispositivo
Tamaño de bloque del superbloque
Flags, número mágico y tiempos
Operaciones sobre el sistema de archivos
Operaciones sobre el superbloque
Superbloque de EXT2
Superbloque de MINIX
Superbloque de UFS
...
Superbloque de NFS

Superbloque de MINIX

Numero de particiones
Número de agrupaciones
Número de bloques de mapa de bits de nodos-i
Número de bloques de mapas de bits de agrupaciones
Primer bloque de datos
Relación agrupación/bloque
Máximo tamaño de archivo
Número mágico
Puntero al nodo-i raíz del SF montado
Puntero al nodo-i de montaje
Nodos-i/bloque
Numero de dispositivo
Flag de protección (ro,...)
Versión de SF
Primer bit libre en el mapa de bits de nodos-i
Primer bit libre en el mapa de bits de clusters

Información
presente
en disco y
en memoria

Información
presente
en memoria

Sistemas de ficheros tipo BSD

17

❑ Problemas de sistemas de ficheros tipo UNIX:

- Si falla se pierde todo.*
- Los nodos están dispersos*
- ❑ Metadatos agrupados al principio del disco.
 - ❑ Copia única de metadatos → ¿Corrupción del SF?
 - ❑ Bloques muy dispersos → Tiempo de búsqueda largo.

En lugar de una única partición, se hacen subparticiones en cada uno. Esto es superbloque, mapas de bits y nodos-i.
Si se rompe 1 subpartición el resto sigue funcionando.

❑ Solución en BSD (FFS) y ext2.

- Berkeley File System* *fast file system*
- ❑ Partición dividida en varias áreas: Grupos de cilindros.
 - ❑ Superbloque replicado en cada grupo.
 - ❑ En cada grupo mapas de bits y nodos-i del grupo.
Los datos ahora más cerca de los nodos-i. Se duplica el ancho de banda solo con esc.

Contenido

18

- Estructura del sistema de ficheros.
- Servidor de ficheros.
- Estructuras de datos asociadas.
- Incremento de prestaciones.

Servidor de ficheros

19

- Proporciona un acceso eficiente y sencillo a los dispositivos de almacenamiento.
- Funciones: almacenar, buscar y leer datos fácilmente.
- Problemas de diseño:
 - Definir la visión de usuario del sistema de entrada/salida, incluyendo servicios, ficheros, directorios, sistemas de ficheros, etc.
 - Definir los algoritmos y estructuras de datos a utilizar para hacer corresponder la visión del usuario con el sistema físico de almacenamiento secundario.

Ya visto



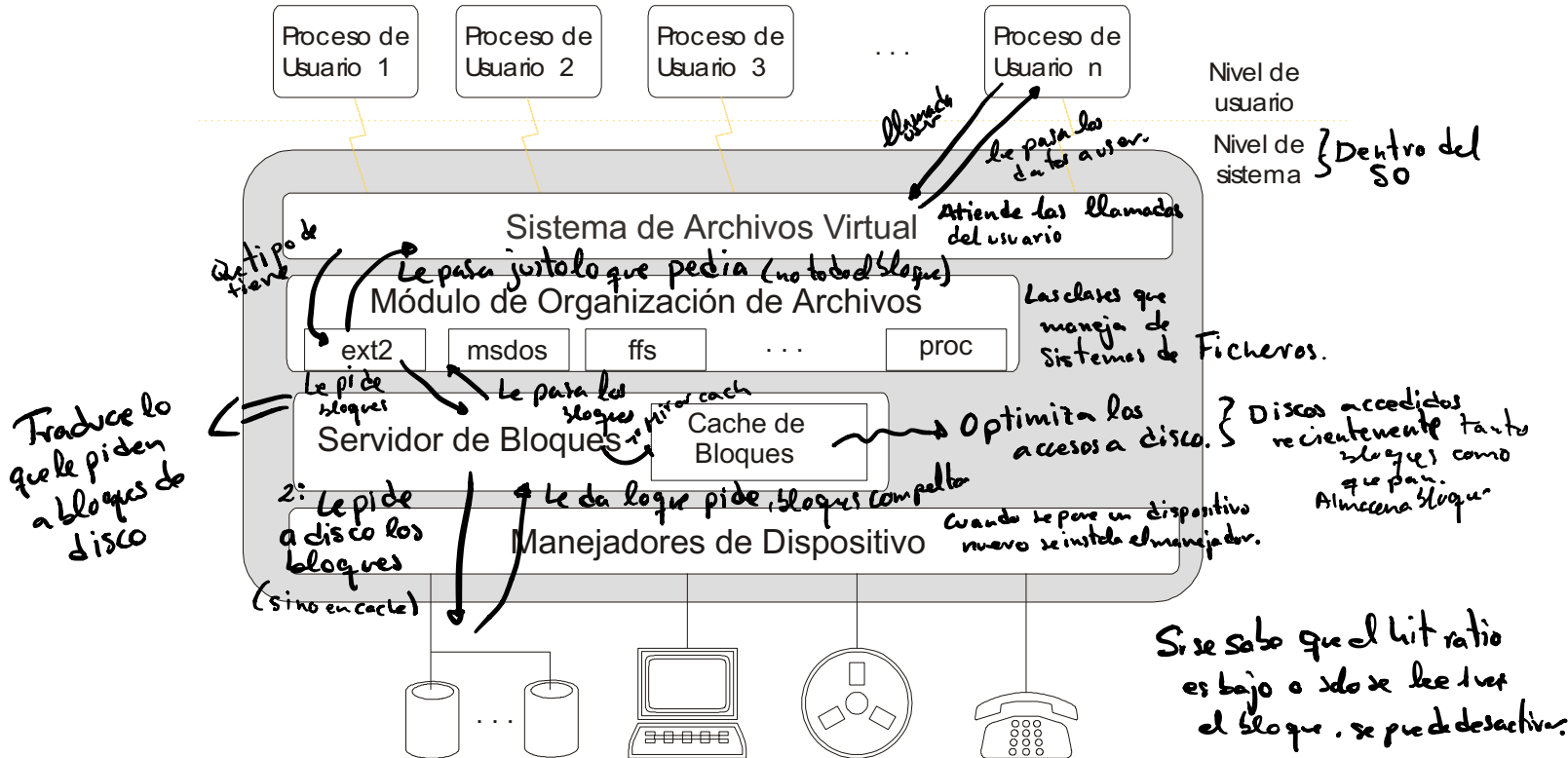
Capas del servidor de ficheros

20

- **Servidor de ficheros virtual:** Proporciona interfaz de llamadas de E/S.
 - ▣ Independiente de sistema de ficheros particular.
- **Módulo de organización de ficheros:** Transforma peticiones lógicas en físicas.
 - ▣ Distinto para cada sistema de ficheros particular.
- **Servidor de bloques:** Gestiona las peticiones de operaciones de bloques sobre dispositivos.
 - ▣ Mantiene una caché de bloques o de páginas.
- **Manejador de dispositivo:** Transforma peticiones de bloques en peticiones de dispositivo.
 - ▣ Políticas de planificación de E/S.

Estructura del servidor de ficheros

21



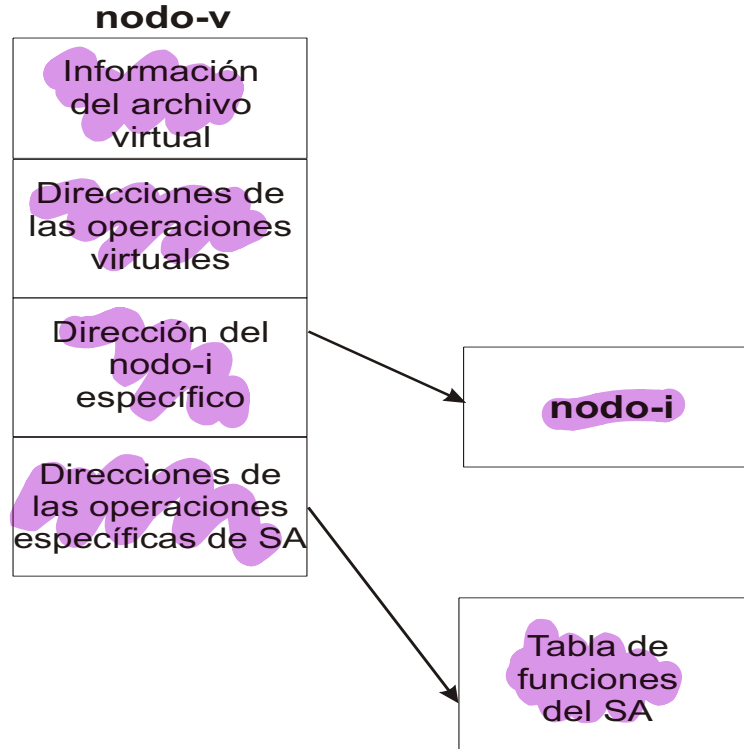
Sistema de ficheros virtual

22

- Proporciona interfaz de llamadas al sistema para gestión de ficheros.
- Servicios:
 - ▣ Gestión de directorios.
 - ▣ Gestión de nombres.
 - ▣ Servicios de seguridad.
 - ▣ Servicios genéricos sobre ficheros y directorios.
- Estructura de datos: v-nodo.
 - ▣ Un nodo virtual contiene información genérica sobre el fichero.

Estructura de un nodo virtual en UNIX

23



Módulo de organización de ficheros

24

- Relaciona la imagen lógica del fichero con su imagen física.
 - ▣ Algoritmos para traducir direcciones lógicas de bloques a direcciones físicas.
- Gestiona:
 - ▣ Espacio de almacenamiento del sistema de ficheros.
 - ▣ Asignación de bloques a ficheros.
 - ▣ Gestión de descriptores de ficheros (i-nodos).
- Un módulo de organización de ficheros para cada sistema de ficheros soportado (UNIX, AFS, Windows NT, MS-DOS, EFS, MINIX, etc.).
- Dentro de este nivel también se proporcionan servicios para pseudo-archivos, tales como los del sistema de ficheros proc.
- Resuelve las llamadas al sistema que son específicas del sistema de ficheros.
 - ▣ Para ello, se usa la información existente en el nodo-i del fichero afectado por las operaciones.

Servidor de bloques

25

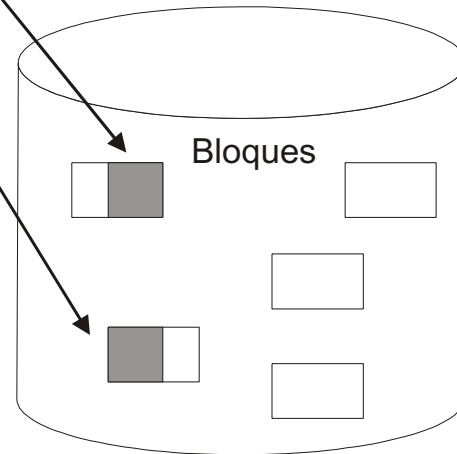
- Envía peticiones al manejador de dispositivo.
 - ▣ Leer bloque
 - ▣ Escribir bloque.
- Optimizaciones.
 - ▣ Caché de bloques.
 - ▣ Puede estar integrado con el gestor de páginas de memoria virtual.
- Las operaciones se traducen a llamadas de los manejadores de cada tipo de dispositivo específico y se pasan al nivel inferior del sistema de ficheros.
- Esta capa oculta los distintos tipos de dispositivos, usando nombres lógicos para los mismos. Por ejemplo, `/dev/hda3` será un dispositivo de tipo *hard disk* (`hd`), cuyo nombre principal es `a` y en el cual se trabaja sobre su partición 3.

Descomposición en operaciones de bloques

26

□ Ficheros con estructura de bytes

Fichero (tira de bytes)



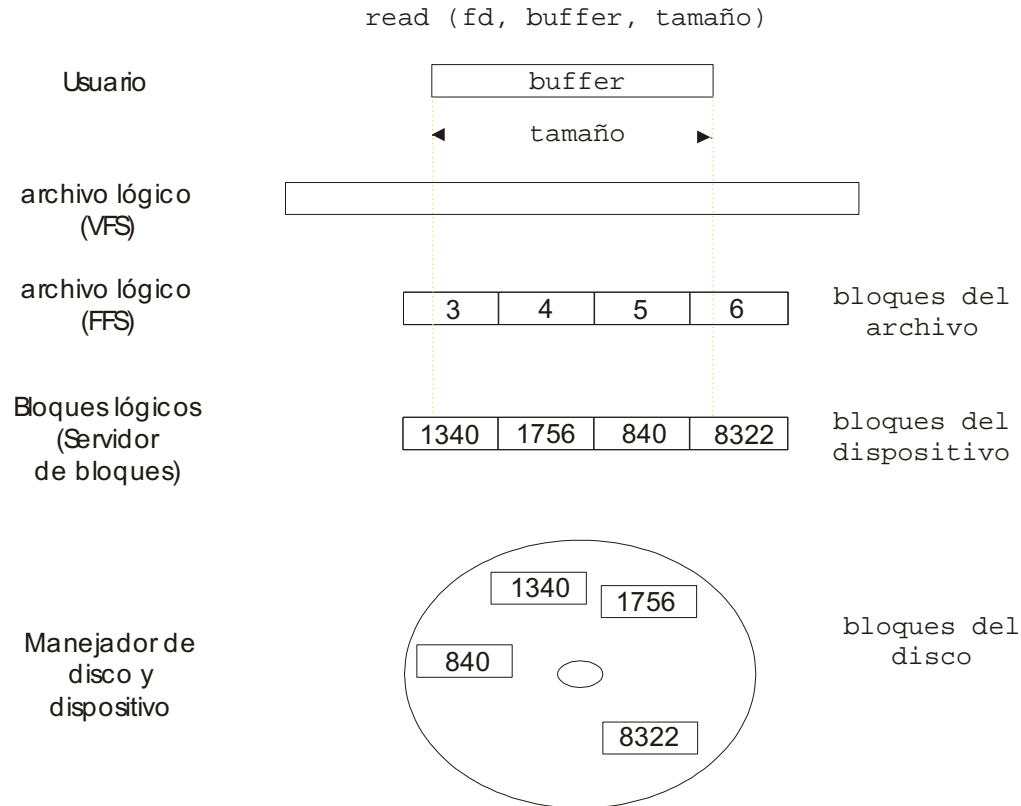
Manejadores de dispositivos

27

- Un manejador por cada dispositivo.
 - ▣ Posible descomposición en manejador genérico más manejador de dispositivo.
- Su función principal es recibir ordenes de E/S de alto nivel, tal como `read_block 234`, y traducirlas al formato que entiende el controlador del dispositivo, que es dependiente de su hardware.
- Habitualmente, cada dispositivo tiene una cola de peticiones pendientes, de forma que un manejador puede atender simultáneamente a varios dispositivos del mismo tipo.
- Funcionalidad clave: Gestión de las colas de entrada/salida.
 - ▣ Algoritmo de planificación de entrada/salida.
 - ▣ Fusión de peticiones en la cola.

Flujo de datos en el sistema de ficheros

28



Contenido

29

- Estructura del sistema de ficheros.
- Servidor de ficheros.
- Estructuras de datos asociadas.
- Incremento de prestaciones.

Estructuras de datos asociadas

30

- Tabla de v-nodos:
 - ▣ Tabla única con todos los v-nodos de todos los ficheros abiertos.
- Tabla de ficheros abiertos:
 - ▣ Tabla por proceso con una entrada por fichero abierto.
- Tabla de posiciones en ficheros abiertos.
 - ▣ Tabla única con posiciones de punteros en archivos abiertos.
- Tabla de i-nodos.
 - ▣ Tabla única con los i-nodos todos los ficheros abiertos.

Tabla de v-nodos

31

- Mantiene una tabla con todos los v-nodos de ficheros abiertos.
- Supone un límite sobre el número máximo de ficheros simultáneamente abiertos.
- En cada entrada:
 - Información de v-nodo en disco.
 - Información adicional solo en memoria.

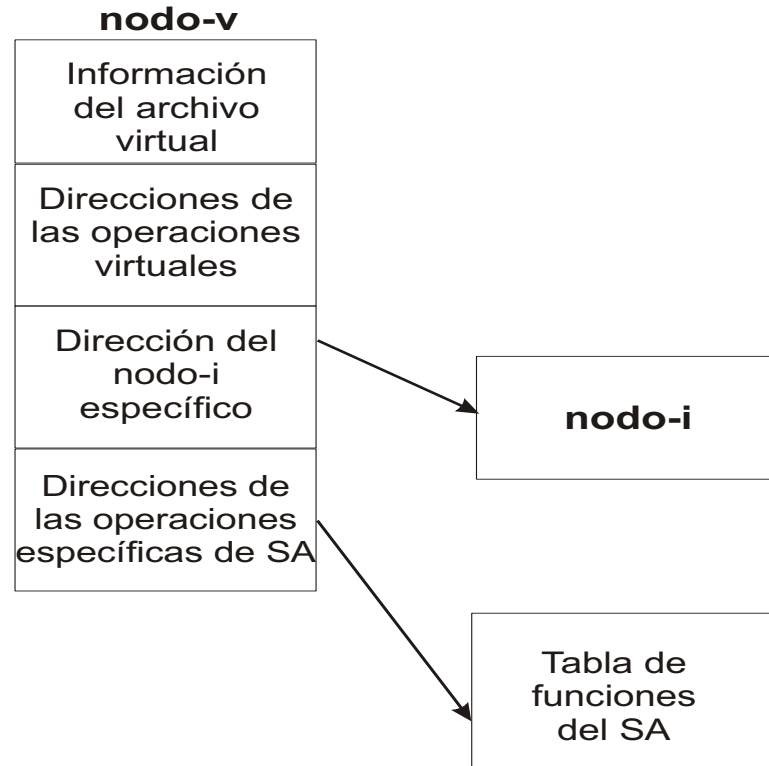


Tabla de ficheros abiertos

32

- Tabla con una entrada por cada fichero abierto.
- Tamaño de la tabla limita el número máximo de ficheros abiertos por un proceso.
- Incluida en el BCP del proceso.
- Cada entrada mantiene un puntero a una posición de la tabla única de posiciones en ficheros abiertos.
- La tabla se rellena de forma ordenada.
- Descriptores estándar: 0, 1 y 2.
- Operaciones:
 - Open → Busca la primera entrada vacía en la tabla.
 - Close → Marca como vacía una entrada de la tabla.
 - Dup → Copia un valor de una entrada de la tabla a la primera vacía.
 - Fork → Copia todas la entradas de la tabla a la del nuevo proceso.

Tablas que usa el servidor de ficheros

33

ficheros
Tabla de archivos
abiertos. P1
no fich | no nodo i

fd → 0	23	m at error
1	4563	
2	56	
3	3	
4	678	

Tabla de archivos
abiertos. P2

fd → 0	230
1	563
2	98
3	3
4	247

Tabla de archivos
abiertos. P3

fd → 0	2300
1	53
2	4
3	465
4	326

Con fork todas
ven el mismo
file pointer.

Lo tienen ya abierta
Todos apuntan al mismo
nodo i y pos de la
tabla intermedia.

Es compartido

98

Nodo-i	Posición dentro del fichero
98	456
98	2348

Tabla intermedia
de nodos-i y posiciones

Cada proceso
tiene su propio
puntero para
el nodo i.

Tabla de posiciones en ficheros abiertos

34

- Tabla única con información de cada fichero abierto.
 - Posición del puntero dentro del fichero abierto.
 - Puntero al v-nodo del fichero.
 - Modo de apertura del fichero.

Tabla de i-nodos abiertos

35

- Mantiene una tabla con todos los i-nodos de ficheros abiertos.
- Supone un límite sobre el número máximo de ficheros simultáneamente abiertos.
- En cada entrada:
 - ▣ Información de i-nodo en disco.
 - ▣ Información adicional solo en memoria.

Contenido

36

- Estructura del sistema de ficheros.
- Servidor de ficheros.
- Estructuras de datos asociadas.
- Incremento de prestaciones.

Incremento de prestaciones

37

- Basados en el uso de **almacenamiento intermedio** de datos de entrada/salida en memoria principal. Estos mecanismos son de dos tipos:
 - **Discos RAM**, cuyos datos están almacenados sólo en memoria.
 - Aceptan todas las operaciones de cualquier otro sistema de ficheros y son gestionados por el usuario.
 - Pseudodispositivos para almacenamiento temporal o para operaciones auxiliares del sistema operativo. Su contenido es volátil.
 - **Cache de datos**, instaladas en secciones de memoria principal controladas por el sistema operativo, donde se almacenan datos para optimizar accesos posteriores.
 - Se basan en la existencia de **proximidad espacial y temporal** en las referencias a los datos de entrada/salida.
 - Dos caches importantes dentro del servidor de ficheros: **cache de nombres y cache de bloques**.

Caché de bloques

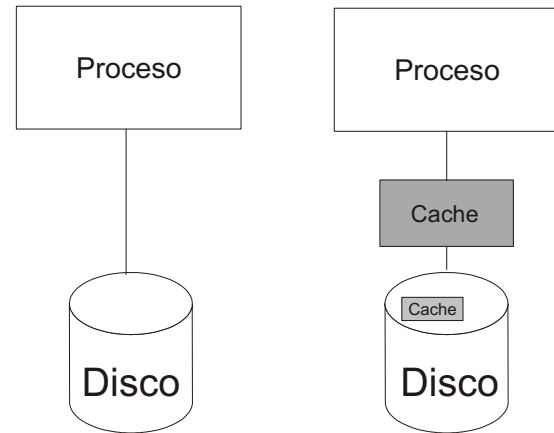
38

- Fundamento:
 - Localidad espacial de referencias.
 - Localidad temporal de referencias.
 - Dos clases de flujos de E/S:
 - Usan una sola vez cada bloque.
 - Usan repetidamente los bloques.
 - Acceso a disco mucho más lento que el acceso a memoria.

Caché de bloques

39

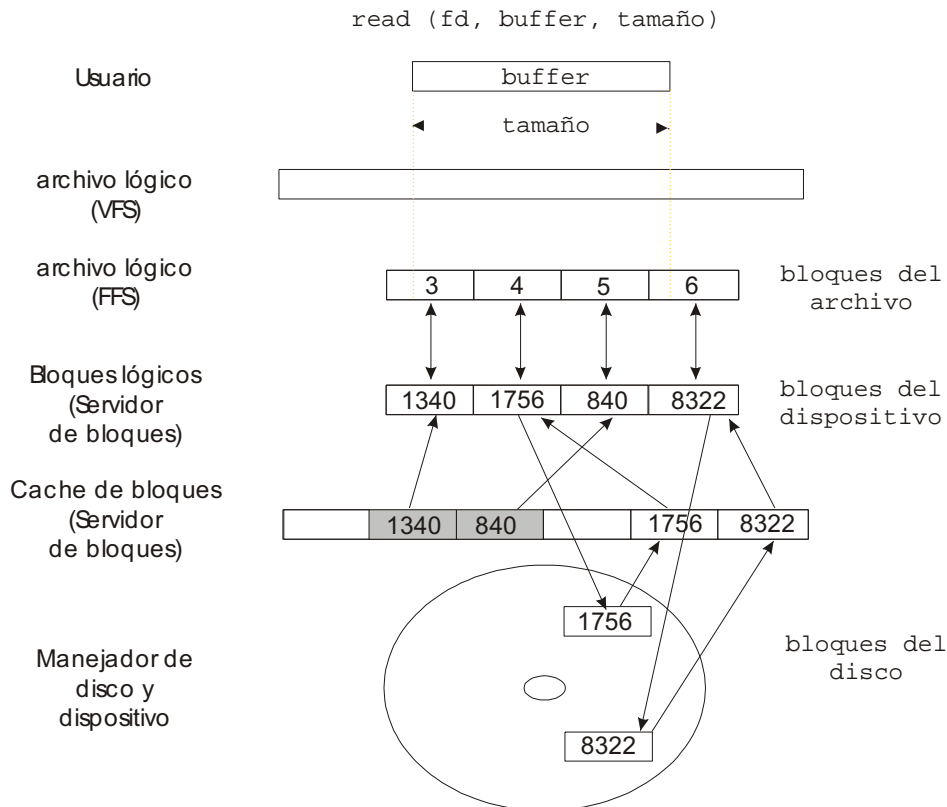
- Estructura de datos en memoria con los bloques más frecuentemente utilizados



- Lecturas adelantadas
 - Limpieza de la cache (sync)
- Principal problema: fiabilidad del sistema de ficheros.

Flujo de datos con caché de bloques

40



Políticas de remplazo

41

□ Algoritmo:

□ Comprobar si el bloque a leer está en la cache.

- En caso de que no esté, se lee del dispositivo y se copia a la cache.
- Si la cache está llena, es necesario hacer hueco para el nuevo bloque reemplazando uno de los existentes: **políticas de remplazo**.
- Si el bloque ha sido modificado (sucio): política de escritura.

1.º Hueco
2.º Víctimas de lectura
3.º Víctimas sucias

→ Bits sucios, antes de borrarlos escribiéndolos en disco y luego ya borrar

□ Políticas de remplazo: FIFO (First in First Out), segunda oportunidad, MRU (Most Recently Used), LRU (Least Recently Used), etc.

- La política de remplazo más frecuentemente usada es la **LRU**. Esta política reemplaza el bloque que lleva más tiempo sin ser usado, asumiendo que no será referenciado próximamente.
- Los bloques más usados tienden a estar siempre en la cache y, por tanto, no van al disco. La utilización estricta de esta política puede crear problemas de fiabilidad en el sistema de ficheros si el computador falla.
- La mayoría de los servidores de ficheros distinguen entre **bloques especiales** y **bloques de datos**.

Políticas de escritura

42

- **Escritura inmediata** (*write-through*): se escribe cada vez que se modifica el bloque.
 - No hay problema de fiabilidad, pero se reduce el rendimiento del sistema.
- **Escritura diferida** (*write-back*): sólo se escriben los datos a disco cuando se eligen para su reemplazo por falta de espacio en la cache.
 - Optimiza el rendimiento, pero genera los problemas de fiabilidad anteriormente descritos.
- **Escritura retrasada** (*delayed-write*), que consiste en escribir a disco los bloques de datos modificados en la cache de forma periódica cada cierto tiempo (30 segundos en UNIX).
 - Compromiso entre rendimiento y fiabilidad.
 - Reduce la extensión de los posibles daños por pérdida de datos.
 - Los bloques especiales se escriben inmediatamente al disco.
 - No se puede quitar un disco del sistema sin antes volcar los datos de la cache.
- **Escritura al cierre** (*write-on-close*): cuando se cierra un fichero, se vuelcan al disco los bloques del mismo que tienen datos actualizados.

Lecturas recomendadas

43

Básica

- Carretero 2007:
 - 9.9. Estructura y almacenamiento del fichero.
 - 9.10. Sistemas de ficheros.
 - 9.12. El servidor de ficheros.

Complementaria

- Stallings 2005:
 - 12.6. Gestión de almacenamiento secundario.
 - 12.7. Gestión de ficheros en UNIX.
 - 12.8. Gestión de ficheros en Linux.
- Silberschatz 2006:
 - 11.1 Estructura de un sistema de archivos.
 - 11.2 Implementación de un sistema de archivos.
 - 11.3. Implementación de directorios.
 - 11.4. Métodos de asignación.
 - 11.5. Gestión del espacio libre.
 - 11.6. Eficiencia y prestaciones.