

Sistema de Archivos

E. Campo

M. Knoblauch

Ó. López

J. Clemente

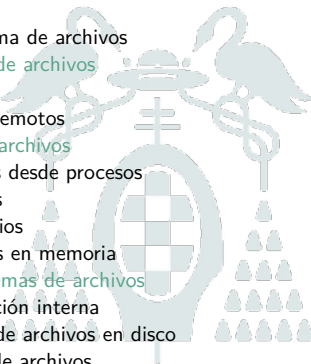
Departamento de Automática
Universidad de Alcalá



/gso>

Índice

- 1 **Introducción**
 - Definiciones
 - Funciones de un sistema de archivos
- 2 **Interfaz de los sistemas de archivos**
 - Archivos y directorios
 - Sistemas de archivos remotos
- 3 **Servicios del sistema de archivos**
 - Utilización de archivos desde procesos
 - Servicios para archivos
 - Servicios para directorios
 - Proyección de archivos en memoria
- 4 **Organización de los sistemas de archivos**
 - Estructura y organización interna
 - Creación de sistemas de archivos en disco
 - Montaje de sistemas de archivos
 - Fiabilidad de sistemas de archivos
- 5 **Casos de estudio**
 - UNIX System V
 - FAT
 - Otros sistemas de archivos



Sistema de archivos

- Algunos procesos necesitan utilizar información que no siempre debe estar toda cargada en su espacio de memoria y que necesita ser almacenada de forma persistente

Sistema de archivos

Estructura de datos dentro de una unidad lógica que permite al sistema operativo almacenar información de forma organizada e independiente de los procesos que la utilizan

- El sistema de archivos se encarga de abstraer propiedades físicas de diferentes dispositivos
- La información, al ser independiente de los procesos, se mantiene tras su finalización y, además puede ser utilizada por varios procesos

Archivo

Archivo

Conjunto de datos persistentes con un identificador asociado que el usuario ve como una entidad $\Rightarrow$ unidad mínima de almacenamiento lógico

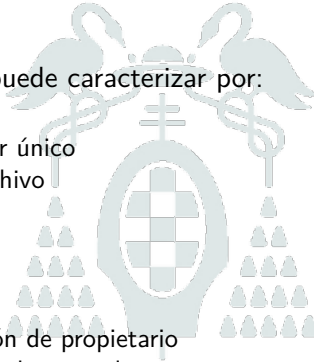
- Los archivos, normalmente, residen en dispositivos de almacenamiento permanente (no volátiles): cintas, discos magnéticos u ópticos, memorias flash, etc.
- El acceso se realiza mediante llamadas al sistema
- Pueden tener un formato específico o no. Es el creador el que define la organización y significado de los bits que lo componen
- El objetivo es conseguir abstracción del hardware de los dispositivos de almacenamiento

Funciones de un sistema de archivos

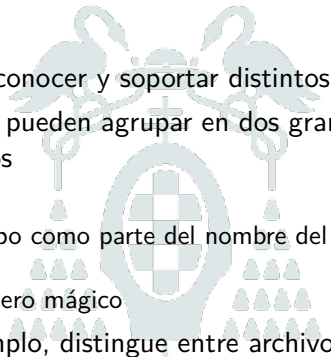
- El subsistema de archivos es el conjunto de módulos del SO encargados de la interacción entre el usuario y la información almacenada
- El interfaz con el usuario proporciona:
 - Servicios de nombrado
 - Ubicación
 - Extensión
 - Servicios de archivos
 - Seguridad, protección y cifrado
 - Compartición
 - Acceso
 - Soporte a distintos tipos de archivo
 - Servicios de directorios
 - Organización de la información

Atributos de archivos

- Un archivo se puede caracterizar por:
 - Nombre
 - Identificador único
 - Tipo de archivo
 - Ubicación
 - Tamaño
 - Protección
 - Fechas
 - Identificación de propietario
 - Información de control



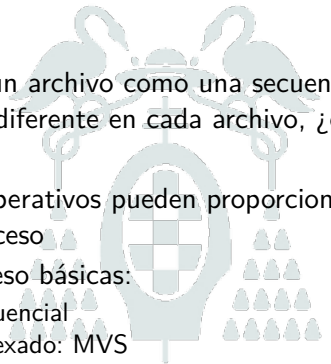
Tipos de archivos

- 
- Facilidad en reconocer y soportar distintos tipos de archivos
 - Los archivos se pueden agrupar en dos grandes clases: archivos ASCII y binarios
 - Técnicas:
 - Incluir el tipo como parte del nombre del archivo (extensión):
MS-DOS
 - UNIX: número mágico
 - Linux, por ejemplo, distingue entre archivos regulares, directorios, enlaces, tuberías, etc.

Nombrado de archivo

- Característica principal: asociación de un nombre a un archivo en su creación
- Permite el acceso al archivo de forma inequívoca
- Nombres formados por caracteres alfanuméricos y especiales
- El tipo de nombres de un archivo varía según el SO:
 - Longitud variable: MS-DOS (8), UNIX (4.096)
 - Pueden tener extensiones para indicar el tipo de archivo:
 - Formato y significado variable en cada SO
 - Independientemente de la extensión, el SO debe reconocer al menos los archivos ejecutables (número mágico)

Métodos de acceso al contenido de un archivo

- 
- Considerando un archivo como una secuencia de datos de longitud fija y diferente en cada archivo, ¿cómo acceder a un dato concreto?
 - Los sistemas operativos pueden proporcionar uno o varios métodos de acceso
 - Formas de acceso básicas:
 - Acceso secuencial
 - Acceso indexado: MVS
 - Acceso directo: UNIX

Protección de archivos

- Puede ser necesario controlar el acceso a la información
- Los sistemas operativos modernos proporcionan mecanismos de protección y control de acceso a los archivos:
 - Esquemas de privilegios por usuarios o grupos por archivo para determinadas operaciones:
 - Lectura, escritura, ejecución...
 - Listas de control de acceso (ACLs)
 - Cifrado de sistemas de archivo

Directorios

- Sistema de organización de los archivos que permiten al usuario acceder y localizar los archivos fácilmente
- Presentan una visión lógica simple al usuario, muy diferente del modo de almacenamiento real
- Un directorio es un objeto o estructura de datos compuesto de los elementos que agrupa, denominados entradas
- Cada entrada contiene información acerca del archivo al que referencia (MS-DOS) o un puntero a una estructura de datos que contenga dicha información (UNIX)



Estructuras de directorios (1/2)

- Sistema de directorios de un nivel:
 - Existe un único directorio (CP/M)
 - No hay clasificación, cada archivo debe tener un nombre diferente
- Sistema de directorios de dos niveles:
 - Existe un directorio maestro (directorio raíz) del que cuelgan otros directorios, uno por usuario
 - Las operaciones de un usuario sobre los archivos están restringidas a su directorio
 - Es posible que exista un directorio accesible a todos los usuarios que contenga ejecutables comunes:
 - Concepto de PATH

Estructuras de directorios (2/2)

- Estructura jerárquica en árbol:
 - Complejidad de nombrado a nivel de usuario $\Rightarrow$ estructura jerárquica más general
 - Permite a los usuarios clasificar sus archivos en subdirectorios. Ejemplos: MS-DOS, UNIX, Windows
 - Representación de directorios y subdirectorios desde el directorio raíz
 - Existe un camino único (path o ruta) desde la raíz hasta cada archivo:
 - Concepto de directorio de inicio o conexión
 - Concepto de directorio de trabajo o actual
 - Concepto de ruta absoluta y ruta relativa

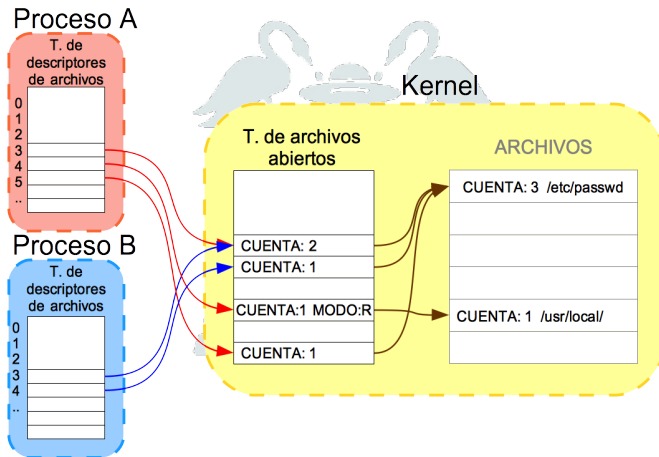
Sistemas de archivos remotos

- Existen diferentes sistemas de archivos que permiten acceder a archivos ubicados en servidores, por distintos usuarios conectados en puestos remotos
- El sistema operativo debe ser capaz de gestionar los protocolos de red e integrar las unidades remotas como parte del sistema de archivos local
- Algunos de estos sistemas son:
 - NFS
 - SMB - CIFS / SAMBA
 - CODA
 - AFS
- No confundir con sistemas de transferencia de archivos como:
 - FTP
 - SCP

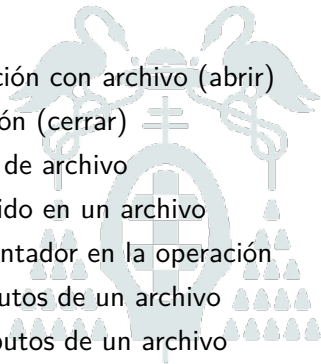
Acceso a archivos desde procesos

- Existen diferentes tablas de control de acceso para gestionar la comunicación de los procesos con los archivos
 - Tabla de descriptores de archivos
 - Existe una por proceso, el usuario sólo tiene acceso a un identificador de operación $\Rightarrow$ descriptor
 - Tabla de archivos abiertos
 - Existe una única en el sistema, contiene tantas entradas como operaciones sobre archivos hayan sido permitidas
 - Cada entrada se vincula con un archivo mediante estructuras que dependen del tipo de sistema de archivos

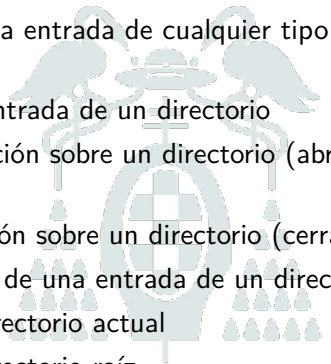
Tablas de control de acceso a archivos



Servicios del sistema de archivos para archivos

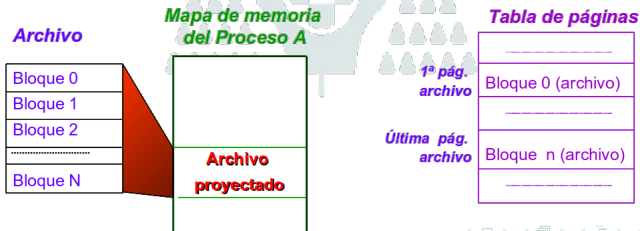
- 
- Solicitar operación con archivo (abrir)
 - Liberar operación (cerrar)
 - Leer contenido de archivo
 - Escribir contenido en un archivo
 - Cambiar el apuntador en la operación
 - Consultar atributos de un archivo
 - Manipular atributos de un archivo
 - Etc.

Servicios del sistema de archivos para directorios

- 
- Crear una nueva entrada de cualquier tipo de archivo y/o directorio
 - Eliminar una entrada de un directorio
 - Solicitar operación sobre un directorio (abrir, siempre para lectura)
 - Liberar operación sobre un directorio (cerrar)
 - Leer contenido de una entrada de un directorio
 - Modificar el directorio actual
 - Modificar el directorio raíz
 - Obtener la ruta del directorio actual
 - Etc.

Proyección de archivos en memoria (1/2)

- Forma alternativa de acceso a los archivos mediante el uso de la técnica de memoria virtual
- Un programa puede solicitar que se haga corresponder (proyectar) un archivo (o parte) en su mapa de memoria
 - El SO se encarga de mantener la correspondencia con los bloques del archivo proyectado
- Al acceder a una dirección de memoria asociada al archivo proyectado, se está accediendo al archivo



Proyección de archivos en memoria (2/2)

- Proyección de archivos frente a lectura/escritura habitual:
 - Menos llamadas al sistema para el acceso
 - Se evitan copias intermedias del sistema de archivos
 - Facilidad de programación de los accesos
- En la solicitud de protección se puede especificar:
 - Definición de protección
 - Privada o compartida (en algunos sistemas). Ejemplo: bibliotecas dinámicas
- Servicios principales: proyectar y eliminar proyección

Métodos de asignación de espacio (1/2)

- Hay que maximizar el uso del espacio en disco
- Modos de almacenamiento:
 - Colocar toda la información seguida: provoca un desaprovechamiento del espacio y posible fragmentación
 - Utilizar bloques no contiguos: Necesario definir el tamaño del bloque y controlar los bloques libres
- Existen diferentes métodos para conocer los bloques asignados a cada archivo:
 - Asignación contigua o adyacente:
 - Sólo realizable si se conoce el tamaño máximo del archivo en el momento de su creación
 - Se necesita la dirección del primer bloque
 - Buen rendimiento al poder leer todo el archivo de una sola vez
 - Produce bastante fragmentación

Métodos de asignación de espacio (2/2)

- Gestión de bloques asignados a cada archivo (cont.):
 - Asignación enlazada:
 - Todos los bloques están organizados en una lista enlazada
 - Problema: para leer o escribir en el bloque "n", hay que recorrer los "n-1" precedentes
 - MS-DOS posee una Tabla de Localización de Archivos (FAT) duplicada, si la información está en caché mejora el rendimiento
 - Asignación indexada:
 - Se utiliza un bloque que contiene un vector de índices enlazable. Las búsquedas sólo se hacen en dicho vector
 - Permite el acceso directo a cualquier posición, pero desperdicia espacio
 - Es necesario definir el tamaño del bloque inicial, ya que limita el tamaño máximo del archivo
 - UNIX utiliza una variante de este método

Gestión de espacio libre

- Es necesario controlar los bloques disponibles para asignarlos a nuevos archivos o archivos que cambian
 - Mapa de bits (preferible si cabe en memoria):
 - Unidad con n bloques utiliza un mapa de n bits
 - Un 1 indica bloque libre, y un 0, ocupado
 - Lista enlazada de bloques:
 - El SO mantiene un apuntador al primer bloque libre, que contiene la dirección del siguiente bloque libre...
 - Lista enlazada con cuenta de bloques libres:
 - Similar al anterior, pero cada bloque almacena tanto la dirección del siguiente como el número de bloques consecutivos
 - Lista indexada:
 - El primer bloque libre se usa como índice al resto de bloques libres (normalmente también con cuenta de bloques libres)

Particionado (1/2)

- Un sistema de archivos debe residir en una única unidad de disco
- Se pueden tener diferentes tipos de sistemas de archivos en un mismo equipo (o varios del mismo tipo) particionando los discos duros
- Particionar un disco duro es una manera de dividir el disco físico en varios discos lógicos
- Para delimitar los discos físicos, es necesario reservar una zona con cierta información $\Rightarrow$ Master Boot Record
- El MBR ocupa el primer sector del disco, conteniendo el programa de arranque, la tabla de particiones con cuatro entradas y el número mágico (0xAA55)

Particionado (2/2)

- En la zona del programa de arranque puede existir un gestor de arranque o directamente un enlace a la partición arrancable
- Cada entrada de la tabla de particiones contiene el tipo de partición, si es la partición activa o no y la posición de inicio y fin en el disco
- Para poder tener más de cuatro particiones en un disco, existe un tipo especial de partición, la partición extendida
- Una partición extendida permite definir un número ilimitado de particiones lógicas dentro de ella.
- El número mágico indica si el MBR es correcto o no
- El resto de sectores del disco pueden pertenecer a una partición (con un sistema de archivos o no) o estar disponibles para asignar

Formateo

- No hay que confundir particionar con formatear, son procesos distintos e independientes
- En el particionado se establecen qué parte o partes van a estar disponibles para un sistema de archivos
- En el formateo se prepara una partición con el sistema de archivos elegido
- Formatear consiste en crear e inicializar todas las estructuras de datos que utilice un sistema de archivos que permiten tanto la gestión del espacio ocupado como de los bloques libres
- Por lo tanto, el formateo consume espacio de una partición y es diferente para cada tipo de sistema de archivos

Montaje de sistemas de archivos

- Decisión de diseño: ofrecer o no un único árbol de directorios en el sistema
 - En sistemas Windows: árbol de directorios único por dispositivo lógico
 - Sistemas derivados de UNIX: árbol de directorios único
 - El sistema debe ofrecer servicios para asociar y desasociar unos sistemas de otros en un árbol de nombres único
 - Órdenes o llamadas al sistema de UNIX: mount y umount

Fiabilidad de sistemas de archivos

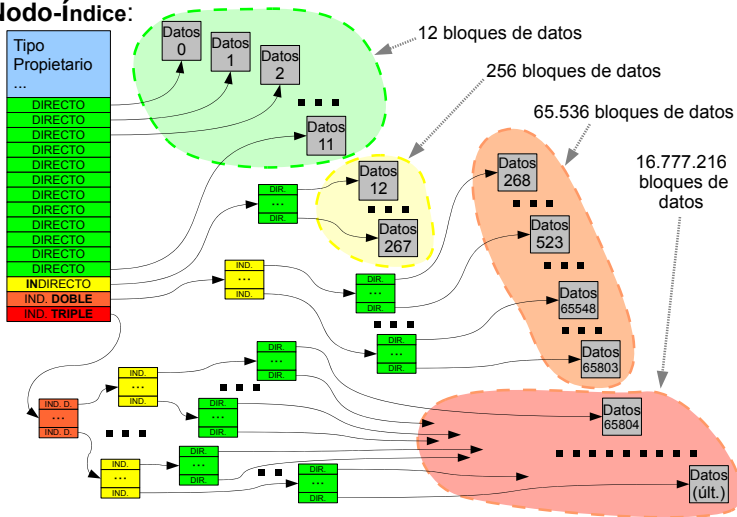
- Son necesarias soluciones ante posibles errores del medio físico
- Mecanismos de prevención de pérdida de datos:
 - Copias de seguridad
 - Control de versiones
- Mecanismos de recuperación de errores:
 - Frente a errores no catastróficos (sectores sin datos válidos):
 - Marcado de sectores defectuosos por HW o SW
 - Frente a errores catastróficos (posible pérdida de información):
 - Discos redundantes (RAID 0, 1, 10, 5, 6, 60, ...)
 - Frente a errores en el sistema de archivos (corte alimentación):
 - Sistemas transaccionales (journaling): JFS, ReiserFS, XFS, ...

Descripción de un sistema de archivos tipo UNIX

- Posee una estructura jerárquica de árbol único
- Permite un crecimiento dinámico de los archivos
- Permite proteger los datos de los archivos
- Mantiene independencia de los dispositivos
- Todo son archivos de diferentes tipos:
 - Normales, directorios, dispositivos tipo carácter y tipo bloque, tuberías, enlaces
- Existe una tabla de nodos índice para acceder a los archivos
 - Cada nodo índice posee 15 punteros a bloques (12 punteros directos, uno indirecto simple, uno doble y uno triple)

Estructura de bloques de un archivo

Nodo-Índice:

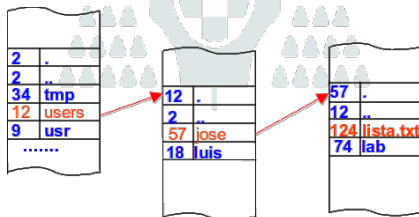


Estructura de algunos tipos de archivos

- Archivos normales
 - Contienen la información directamente
- Directorios
 - Contienen al menos pares nodo índice-nombre
 - Al crearse, ya contienen dos entradas
- Enlaces simbólicos
 - Contienen una cadena de texto que se interpreta al leer el archivo
- Archivos especiales: de dispositivo modo bloque, modo carácter, tuberías, sockets
- Los enlaces fuertes NO son un tipo de archivos

Paso de pathname a nodo índice

- Se recorren los nodos correspondientes a los directorios según la información que se encuentra en ellos y la ruta a resolver
- Según la ruta sea absoluta o relativa, se comienza en el nodo índice del directorio actual o en el del directorio raíz
- Ejemplo:
 - `/users/jose/lista.txt` $\Rightarrow$ nodo índice 124



Sistema de archivos FAT (1/2)

- Por cada archivo, contiene una lista enlazada de los bloques que contienen la información
- Posee una tabla de asignación de archivos (FAT) que contiene una entrada por bloque de la partición. Que puede contener:
 - Un identificador de bloque libre
 - Un valor numérico que indica el bloque que contiene la siguiente información del archivo
 - Un identificador de que el bloque es el último de un archivo
- Debido a la importancia que tiene la FAT, se almacenan dos copias de la misma
- Tanto las tablas como el directorio raíz se almacenan en una ubicación definida para que el sistema pueda arrancar

Sistema de archivos FAT (2/2)

- La actualización de la tabla FAT es muy importante y consume mucho tiempo (las cabezas deben moverse de la posición del archivo a la posición de la tabla)
- Si no se actualiza la tabla FAT periódicamente, pueden aparecer datos no accesibles, ya que no están referenciados
- Inconvenientes:
 - Con particiones muy grandes, se desperdicia mucho espacio, ya que la FAT es muy grande
 - Fragmentación: los bloques se asignan sin ningún orden
- FAT no es útil hoy día, ya que fué diseñado para sistemas con discos pequeños y poca cantidad de memoria RAM
- FAT32 es una evolución de FAT, más robusta y flexible, con algunas mejoras como, por ejemplo, sistemas de archivo más grandes o nombres de archivo más largos

Otros Sistemas de archivos

- NTFS (New Technology File System)
 - Sistema de archivos transaccional
 - Permite cifrado de archivos
 - Proporciona control de acceso para archivos y directorios
- HFS+ (Hierarchical File System)
 - Utilizado en Mac OS como mejora del inicial HFS
 - Mantiene la información del sistema de archivos en un archivo catálogo.
 - Se usa en disco duros o CDs y DVDs. Es utilizado también en reproductores iPod y reconocido por Linux
- ZFS
 - Creado por Sun Microsystems para Solaris
 - Transaccional permite sistemas de archivos y archivos muy grandes (16 EB)
 - Permite realizar rápidas instantáneas del sistema de archivos para copias de seguridad

Referencias bibliográficas

-  [Sánchez, 2005] S. Sánchez Prieto.
Sistemas Operativos.
Servicio de Publicaciones de la UA, 2005.
-  [Tanenbaum, 2009] A. Tanenbaum.
Sistemas Operativos Modernos.
Ed. Pearson Education, 2009.
-  [Stallings, 1999] W. Stallings.
Organización y arquitectura de Computadores.
Ed. Prentice Hall, 1999.
-  [Silberschatz, 2006] A. Silberschatz, P. B. Galván y G. Gagne
Fundamentos de Sistemas Operativos.
McGraw Hill. 2006