ESD Electronic Systems Design

Synthesis Verification Testing Power Communication

Il file system

File system

- Fornisce il meccanismo per la memorizzazione e l'accesso di dati e programmi
- Consiste di due parti
  - Collezione di file
  - Struttura di cartelle (directory)

Sommario

- Interfaccia
- Implementazione
- Prestazioni

L'INTERFACCIA DEL FILE SYSTEM

Sommario

- Concetto di file
- Metodi di accesso
- Struttura delle directory
- Protezione

Concetto di file

- Il S.O. astrae dalle caratteristiche fisiche dei supporti di memorizzazione fornendone una visione logica
- File
  - spazio di indirizzamento logico e contiguo
  - Insieme di informazioni correlate identificate da un nome
- Tipi di file
  - Dati
    - Numerici
    - Caratteri
    - Binari
  - Programmi

Attributi di un file

- Sono memorizzati su disco nella struttura della directory
  - Nome
    - Unica informazione in formato “leggibile”
  - Tipo
  - Posizione
    - Puntatore allo spazio fisico sul dispositivo
  - Dimensione
  - Protezione
    - Controllo su chi può leggere, scrivere, eseguire
  - Tempo, data e identificazione dell’utente

Operazioni su file

- Creazione
  - Cercare spazio su disco, nuovo elemento su directory per attributi
- Scrittura
  - System call che specifica nome file e dati da scrivere
  - Necessario puntatore alla locazione della prossima scrittura
- Lettura
  - System call che specifica nome file e dove mettere dati letti in memoria
  - Necessario puntatore alla locazione della prossima lettura (lo stesso della scrittura)

Operazioni su file

- Riposizionamento all'interno di file
  - Aggiornamento puntatore posizione corrente
- Cancellazione
  - Libera spazio associato al file e l'elemento corrispondente nella directory
- Troncamento
  - Mantiene inalterati gli attributi ma cancella contenuto del file

Operazioni su file

- Apertura
  - Ricerca del file nella struttura della directory su disco, copia del file in memoria e inserimento di un riferimento nella tabella dei file aperti
    - In sistemi multiutente ci sono 2 tabelle per gestire i file aperti
      - Una tabella per ogni processo contiene riferimenti per file aperti relativi al processo (es.: puntatore alla locazione di lettura/scrittura)
      - Una tabella per tutti i file aperti da tutti i processi contiene i dati indipendenti dal processo (es.: posizione sul disco, dimensione file, data accessi, n° di processi che hanno aperto il file)
- Chiusura
  - Copia del file in memoria su disco

Tipi di file – nomi ed estensioni

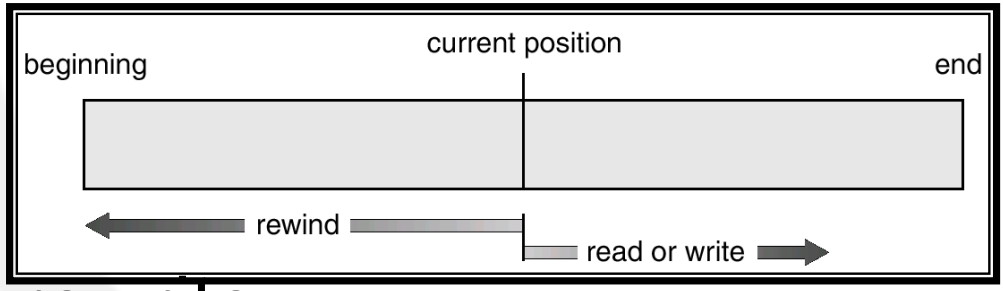
file type	usual extension	function
executable	exe, com, bin or none	read to run machine-language program
object	obj, o	compiled, machine language, not linked
source code	c, cc, java, pas, asm, a	source code in various languages
batch	bat, sh	commands to the command interpreter
text	txt, doc	textual data, documents
word processor	wp, tex, rrf, doc	various word-processor formats
library	lib, a, so, dll, mpeg, mov, rm	libraries of routines for programmers
print or view	ps, dvi, gif	ASCII or binary file in a format for printing or viewing
archive	arc, zip, tar	related files grouped into one file, sometimes compressed, for archiving or storage
multimedia	mpeg, mov, rm	binary file containing audio or A/V information

Struttura di un file

- I tipi di file possono essere adoperati per indicare la struttura interna del file
  1. Nessuna (sequenza di parole, bytes, …)
     - Come Unix
  2. Struttura a “record” semplice
     - Record = riga
       - Lunghezza fissa o variabile
  3. Strutture complesse
     - Documenti formattati
     - Formati ricaricabili (load module)
  - Possibilità di “emulare” (ma non sempre) 2 e 3 usando 1, tramite specifici caratteri di controllo

Metodi di accesso

- Sequenziale
  - Ad esempio usato da editor e compilatori
- Operazioni permesse
  - read next
  - write next
  - reset (rewind)



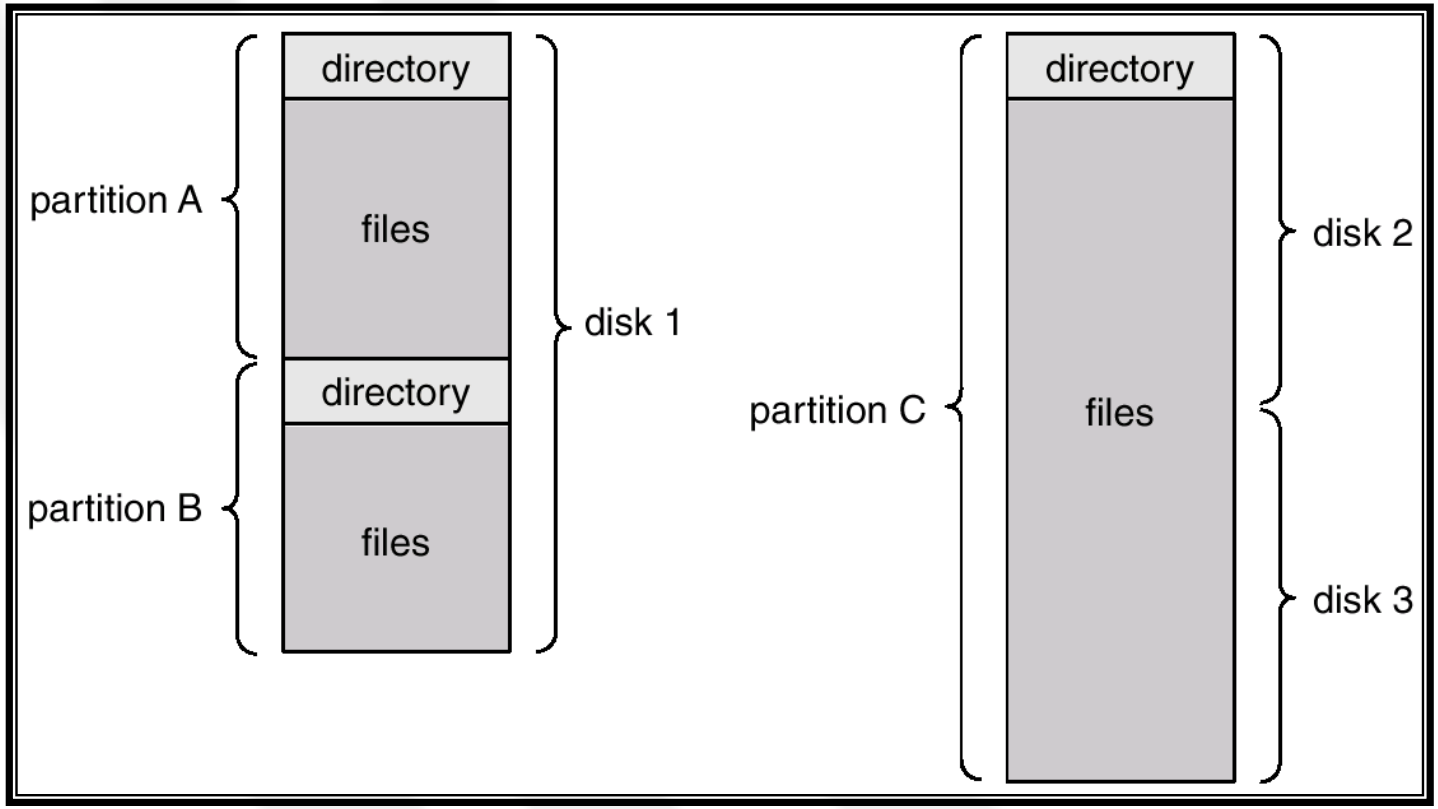
- Non è permesso il rewrite
  - Rischio di inconsistenza se scrivo qualcosa a metà del file perché potrei cancellare ciò che sta dopo

Metodi di accesso

- Diretto
  - Ad esempio usato da database
    - file=sequenza numerata di blocchi (record)
- Operazioni permesse
  - read n
  - write n
  - position to n
  - read next
  - write next
  - rewrite n

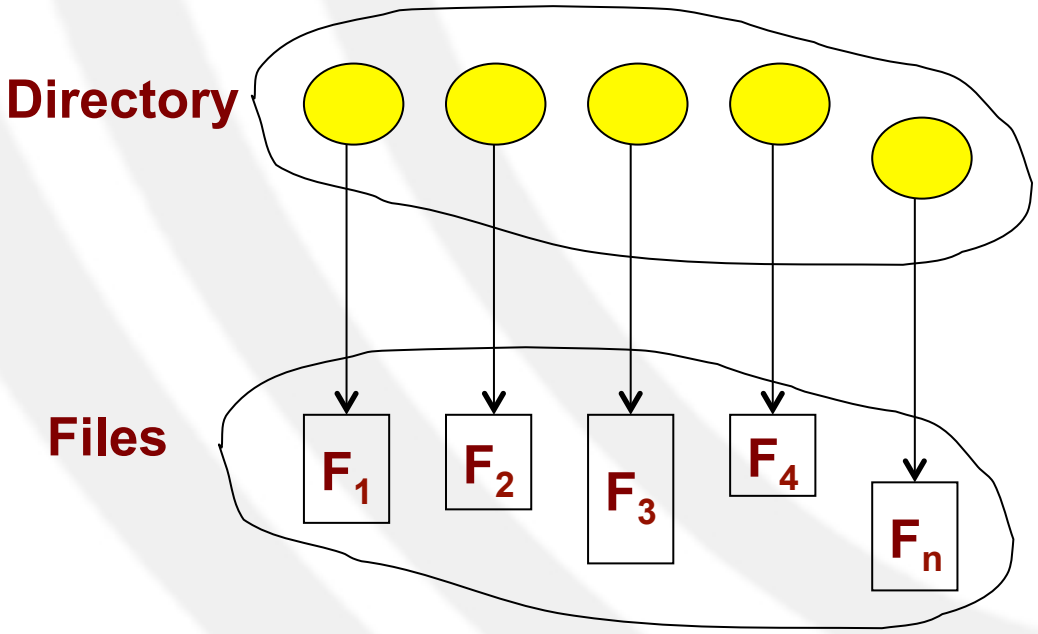
STRUTTURA DELLE DIRECTORY

Organizzazione del file system



Struttura delle directory

- Una collezione di nodi contenenti informazioni sui file
  - Entrambi residenti su disco
- Determinano la struttura del file system



Informazioni in una directory

- Per ogni file
  - Nome
  - Tipo
  - Indirizzo
  - Lunghezza attuale
  - Massima lunghezza
  - Data di ultimo accesso
  - Data di ultima modifica
  - Possessore
  - Info di protezione

Operazioni su directory

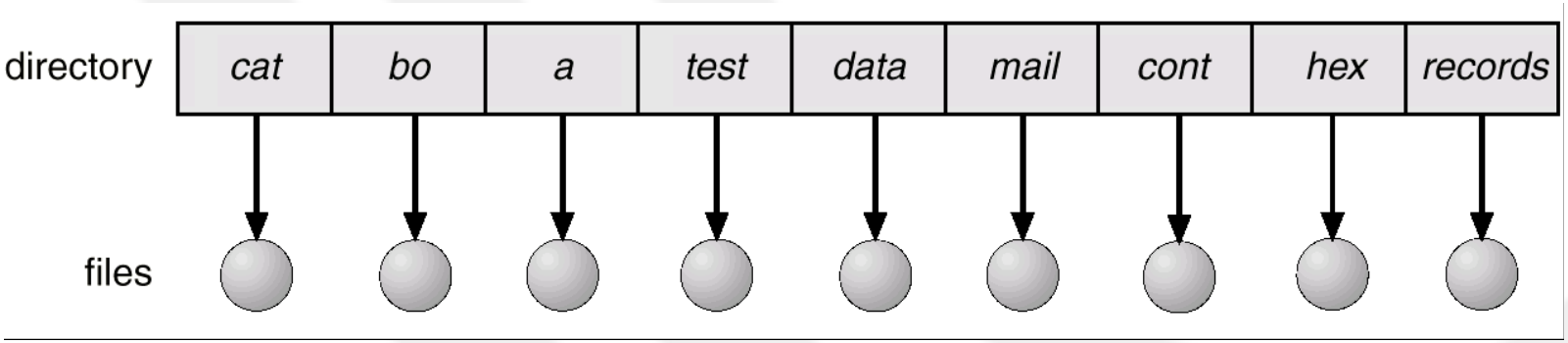
- Aggiungere un file
- Cancellare un file
- Visualizzare il contenuto della directory
- Rinominare un file
- Ricercare un file
  - Es.: cercare tutti i file il cui nome soddisfa una espressione
- Attraversare il file system

Directory - organizzazione logica

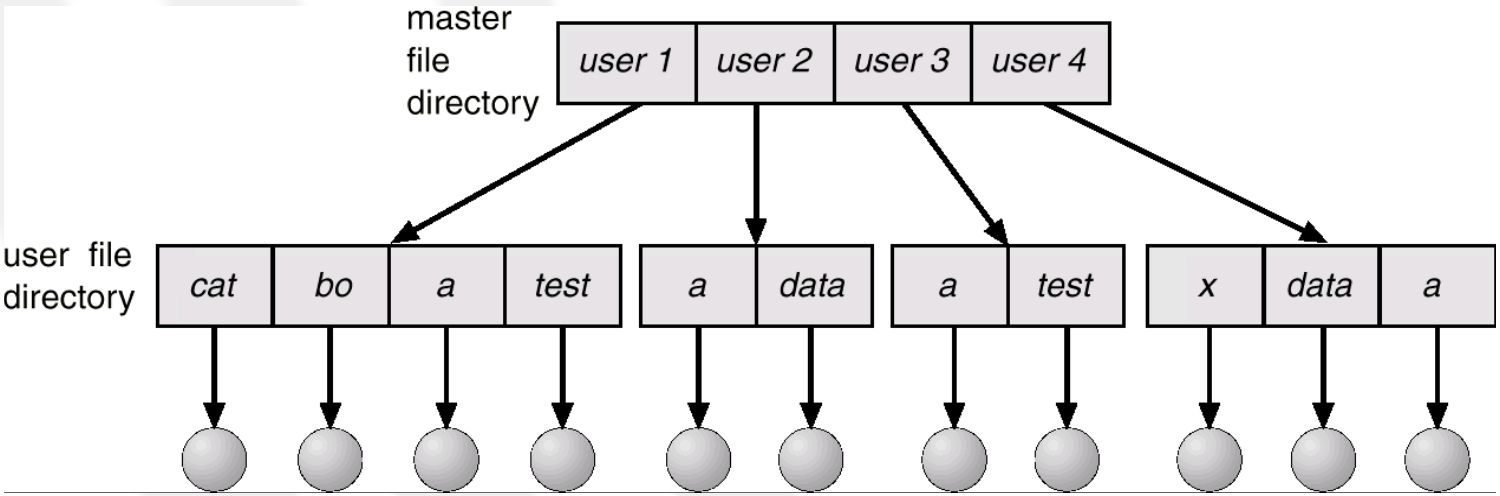
- Obiettivi
  - Efficienza
    - Rapido accesso ad un file
  - Nomenclatura (naming)
    - Conveniente agli utenti
      - Stessi nomi per file diversi e utenti diversi
      - Nomi diversi per lo stesso file
  - Raggruppamento
    - Classificazione logica dei file per criterio (tipo, protezione, etc.)

Directory a un livello

- Singola directory per tutti gli utenti
  - Problemi di nomenclatura
    - Difficile ricordare se un nome esiste già
    - Difficile inventare sempre nuovi nomi
  - Problemi di raggruppamento



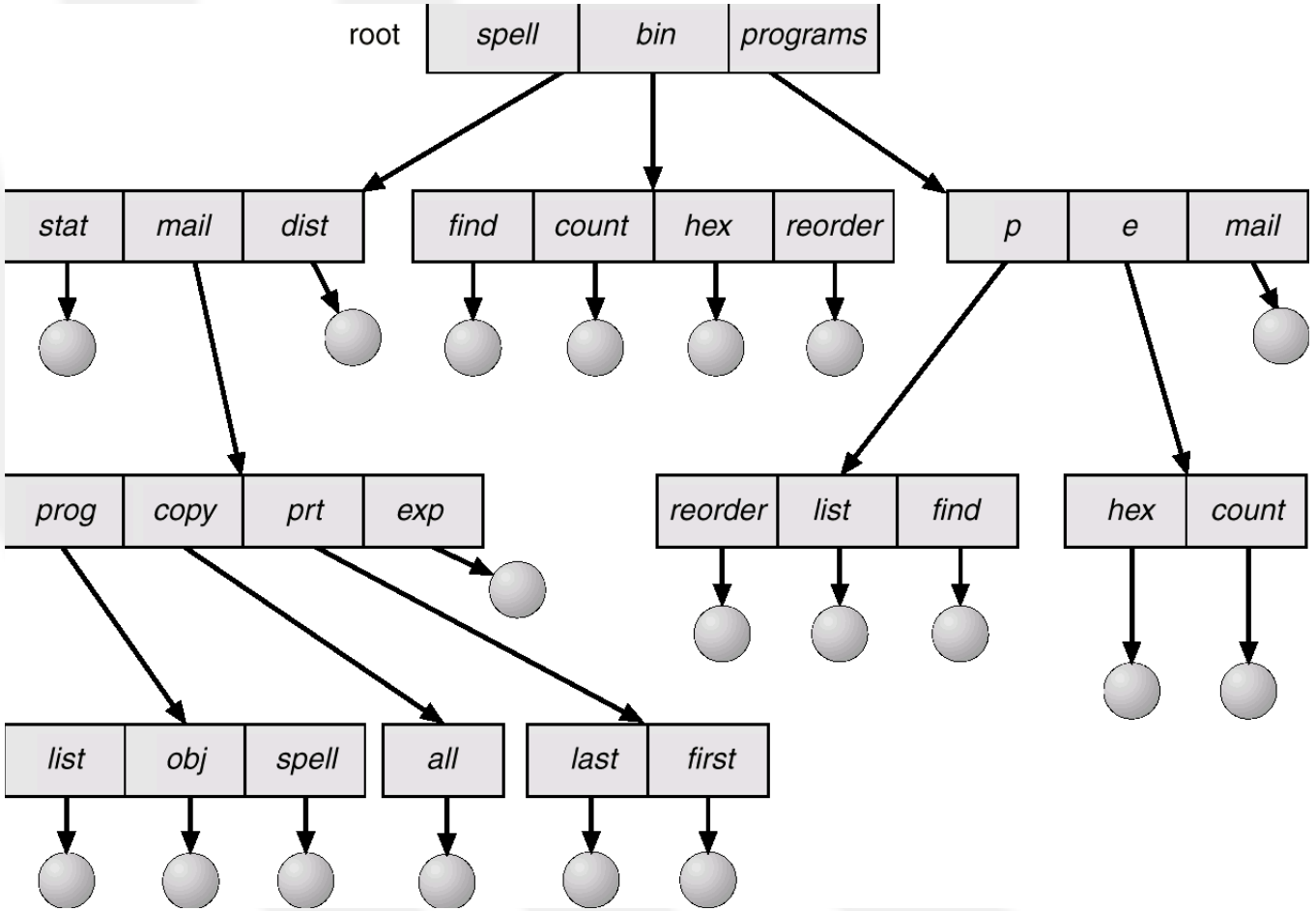
Directory a due livelli



Directory a due livelli

- Directory separata per ogni utente
  - Concetto di percorso (path)
  - Possibilità di usare lo stesso nome di file per utenti diversi
  - Ricerca efficiente
  - No raggruppamento
  - Dove mettiamo i programmi di sistema condivisi dagli utenti?
    - Es.: In Unix si usa la variabile d'ambiente PATH

Directory ad albero

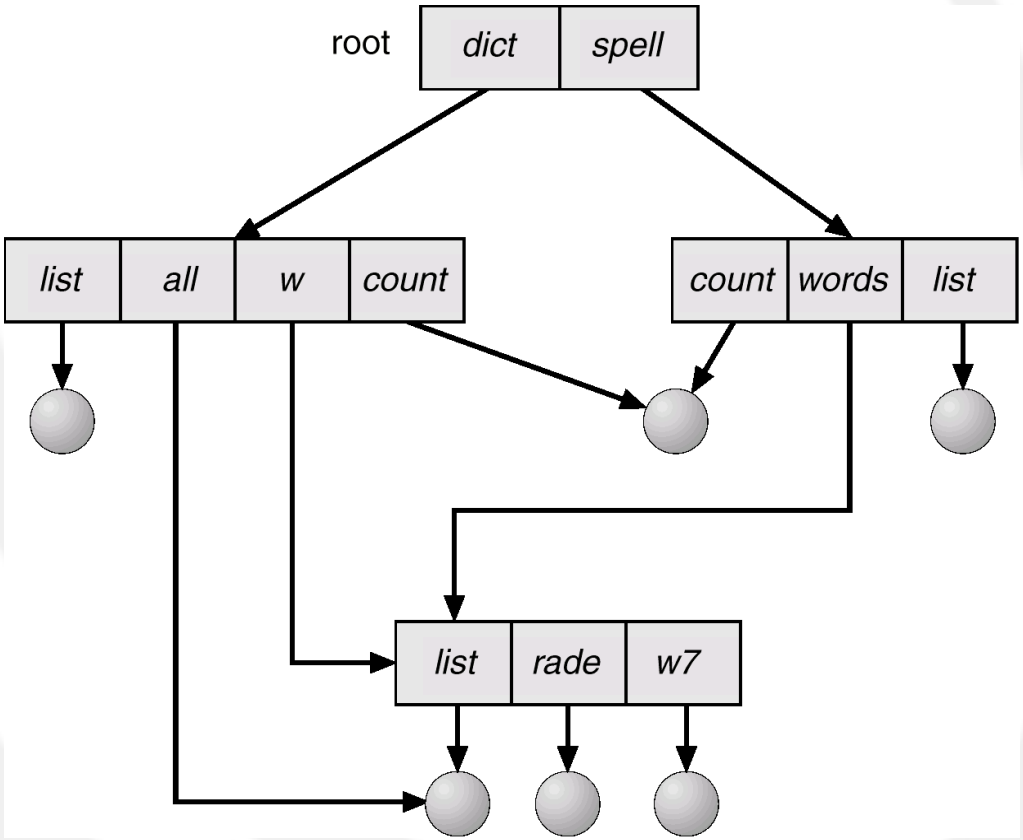


Directory ad albero

- Ricerca efficiente
- Possibilità di raggruppamento
- Concetto di directory corrente (working directory)
  - cd /spell/mail/prog
  - pwd
- Nomi di percorso assoluti o relativi

Directory a grafo aciclico

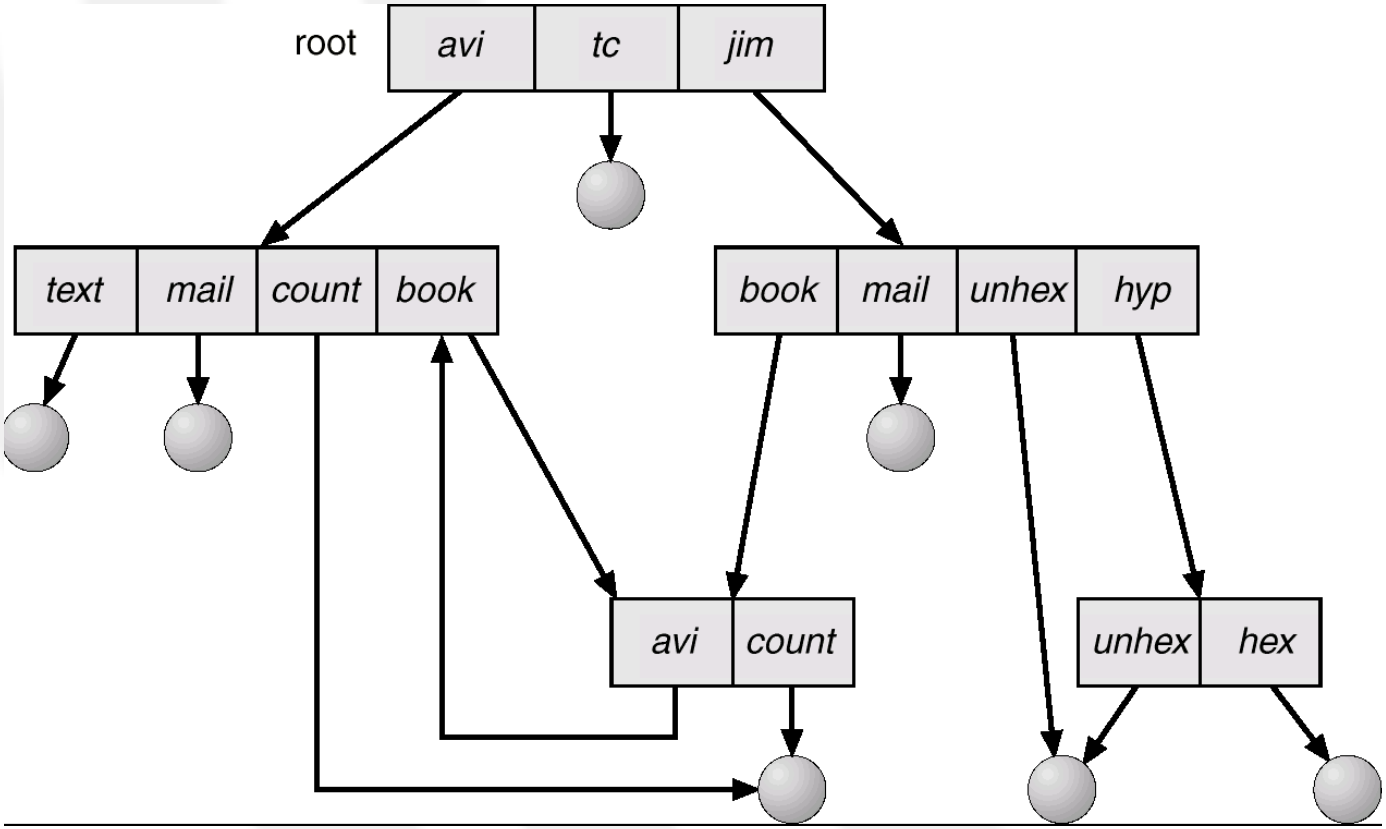
- Struttura ad albero non permette condivisione di file e directory → estensione a grafo aciclico



Directory a grafo aciclico

- Implementazione della condivisione
  - Windows → collegamenti
  - Unix → link
    - Link simbolico (come collegamenti di Windows)
      - Contiene il pathname del file/directory reale
      - Se cancello il file reale il link rimane pendente
      - Unix: ln –s source destination
    - Hard link
      - Contatore che mantiene il # di riferimenti
      - Decrementato per ogni cancellazione di un riferimento
      - Cancellazione di file solo se il contatore vale 0
      - Unix: ln source destination

Directory a grafo generico



Directory a grafo generico

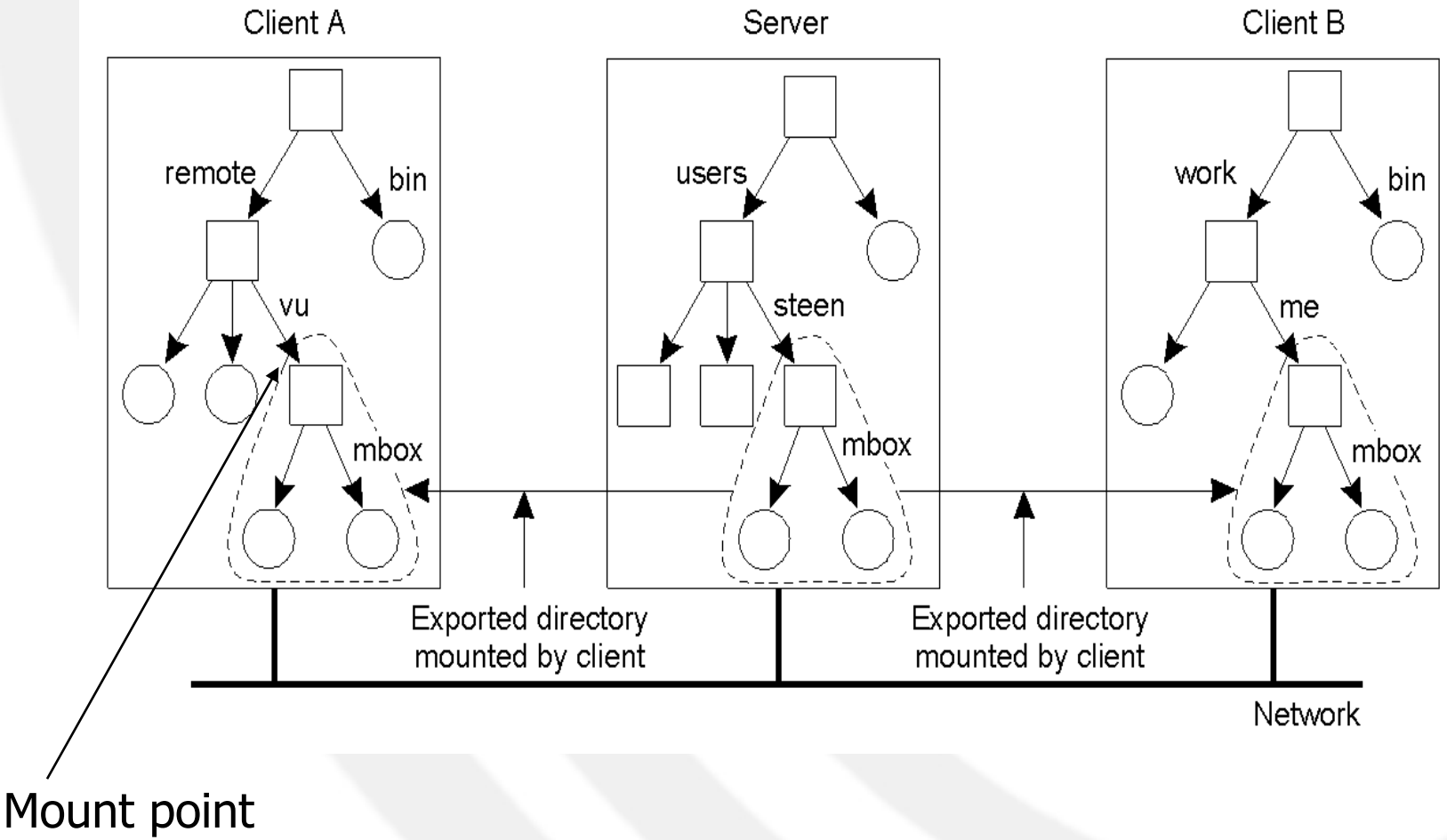
- Necessario garantire che non esistano cicli!
  - Per evitare loop infiniti nell'attraversamento del grafo
- Soluzioni
  - Permettere di collegare solo file non directory
  - Usare garbage collection
  - Usare un algoritmo di controllo di esistenza di un ciclo ogni volta che si crea un nuovo collegamento

} costosi

Mount di file system

- Realizzazione di file system modulari
- Possibilità di “attaccare” e “staccare” interi file system a file system preesistenti
- Mount/unmount = attaccare/staccare
- In generale un file system deve essere “montato” prima di potervi accedere
  - Punto in cui viene “montato” = mount point

Mount di file system – esempio



Condivisione di file

- Condivisione importante in sistemi multiutente
- Realizzabile tramite uno schema di protezione
- In sistemi distribuiti, i file possono essere condivisi attraverso una rete
- Esempio:
  - Network File System (NFS) è un tipico schema di condivisione di file via rete

Protezione

- Il possessore di un file deve poter controllare
  - Cosa è possibile fare su un file
  - Da parte di chi
- Tipi di operazioni controllabili
  - Lettura
  - Scrittura
  - Esecuzione
  - Append (aggiunta in coda)
  - Cancellazione
  - …

Protezione

- Lista d'accesso per file/directory
  - Elenco di chi può fare che cosa per ogni file/directory
  - Può essere lungo
- Utenti raggruppati in 3 classi (Unix)
  - Proprietario
  - Gruppo
    - Utenti appartenenti allo stesso gruppo del proprietario
  - Altri
  - Per ogni classe i permessi possono essere
    - r (read)
    - w (write)
    - x (execute)
  - Es.: chmod 754 nome_file
    - rwx r-x r--
    - tutto per proprietario, no write per gruppo, solo read per altri

Meno generale rispetto alla lista d'accesso

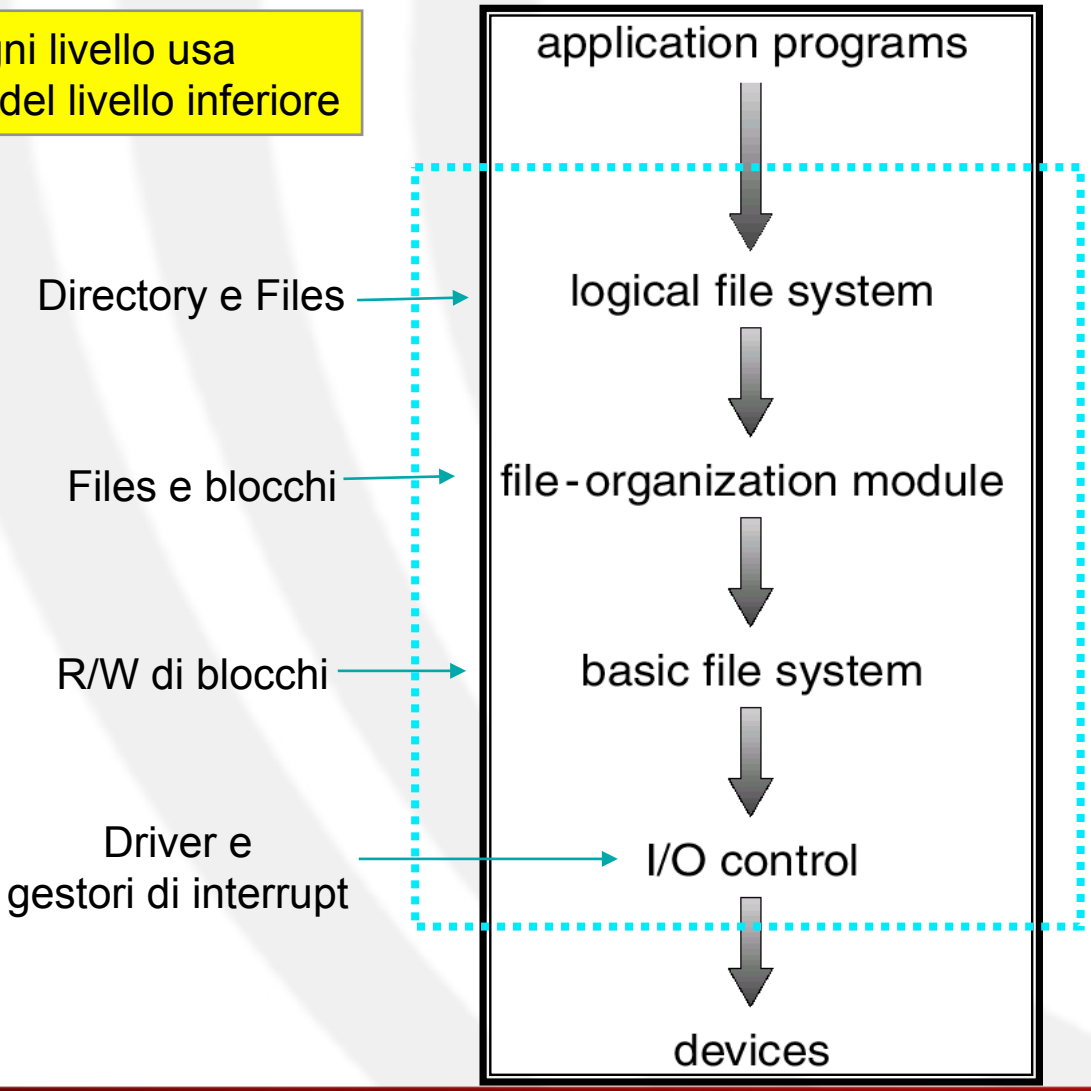
IMPLEMENTAZIONE DEL FILE SYSTEM

Sommario

- Implementazione del file system
- Metodi allocazione dello spazio su disco
- Gestione dello spazio libero
- Efficienza e prestazioni
- Recupero delle informazioni

File System a livelli

Ogni livello usa funzioni del livello inferiore



Directory e Files →

Files e blocchi →

R/W di blocchi →

Driver e gestori di interrupt →

(metadati: file descriptor, file control block; gestione protezione)

(traduce blocco logico in blocco fisico; include gestore spazio libero)

(invia comandi *r/w blocco x* al driver)

(disk scheduling e gestione r/w blocchi fisici)

Implementazione del file system

- Per gestire un file system si usano diverse strutture dati
  - Parte su disco
  - Parte in memoria
- Caratteristiche fortemente dipendenti dal sistema operativo e dal tipo di file system
  - Esistono caratteristiche comuni a tutte le tipologie

Implementazione del file system

- Strutture su disco
  - Blocco di boot
    - Informazioni necessarie per l'avviamento del S.O.
  - Blocco di controllo delle partizioni
    - Dettagli riguardanti la partizione
      - Numero e dimensione dei blocchi, lista blocchi liberi, lista descrittori liberi, …
  - Strutture di directory
    - Descrivono l'organizzazione dei file
  - Descrittori di file (inode)
    - Vari dettagli sui file e puntatori ai blocchi dati

Tipicamente in questo ordine sul disco

Implementazione del file system

- Strutture in memoria
  - Tabella delle partizioni
    - Informazioni sulle partizioni montate
  - Strutture di directory
    - Copia in memoria delle directory a cui si è fatto accesso di recente
  - Tabella globale dei file aperti
    - Copie dei descrittori di file
  - Tabella dei file aperti per ogni processo
    - Puntatore alla tabella precedente ed informazioni di accesso

Allocazione dello spazio su disco

- Come i blocchi su disco sono allocati ai file (o alle directory)
- Alternative
  - Allocazione contigua
  - Allocazione a lista concatenata (linked)
  - Allocazione indicizzata
- Obiettivi
  - Minimizzare tempi di accesso
  - Massimizzare utilizzo dello spazio

Allocazione contigua

- Ogni file occupa un insieme di blocchi contigui su disco
  - Entry della directory semplice
    - Contiene indirizzo blocco di partenza e lunghezza (numero di blocchi)

Allocazione contigua

- Vantaggi
  - Accesso semplice
    - Accesso al blocco b+1 non richiede spostamento testina rispetto al blocco b
      - A meno che b non sia l'ultimo blocco di un cilindro (raro)
    - Supporta accesso sequenziale e casuale
      - Per leggere blocco i di un file che inizia al blocco b basta fare b+i

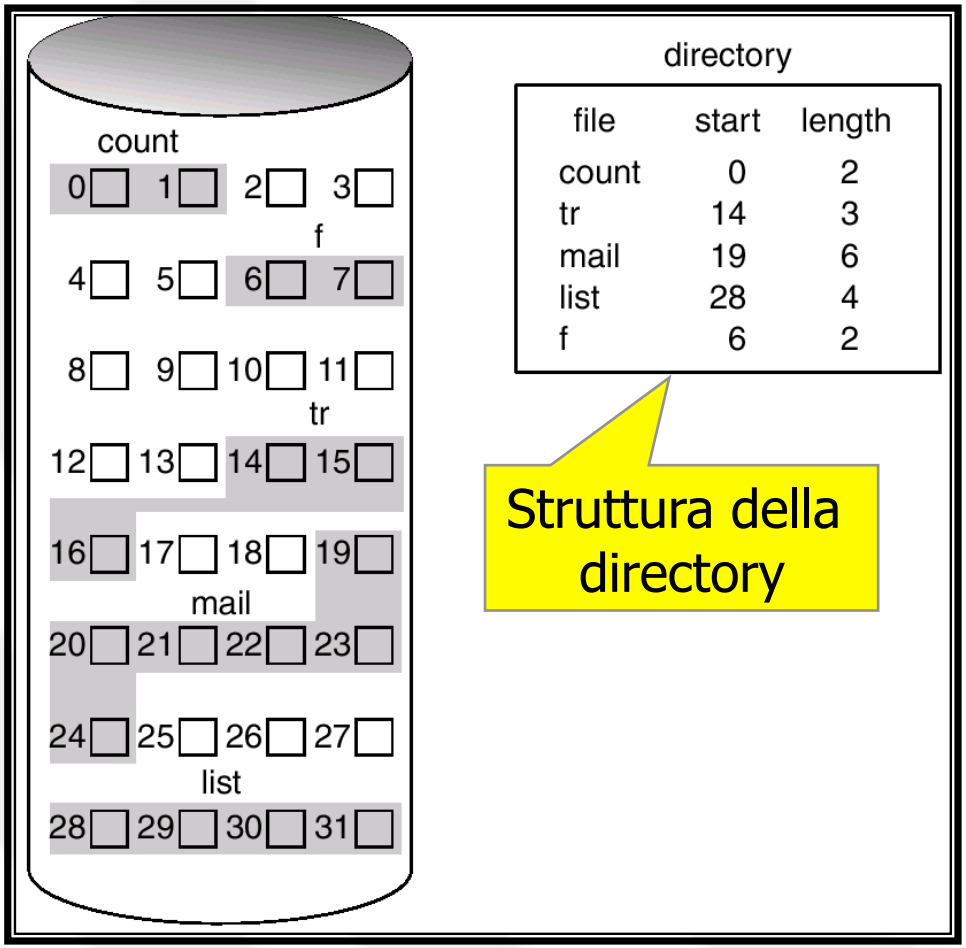
Allocazione contigua

- Svantaggi
  - Allocazione contigua dei blocchi presenta problemi simili a quelli dell'allocazione dinamica della memoria
    - Algoritmi best-fit, first-fit, worst-fit
    - Spreco di spazio (frammentazione esterna)
      - Richiede compattazione periodica dello spazio

Allocazione contigua

- Quanto spazio allocare quando viene creato un file dato che i file non possono crescere dinamicamente di dimensione?
  - Soluzioni:
    - Se il file deve crescere e non c'è spazio → errore e terminazione del programma → riesecuzione
      - Si tende a sovrastimare lo spazio necessario (spreco)
    - Trovare un buco + grande e ricopiare tutto il file (compresa la parte nuova) in quest'ultimo
      - Trasparente x l'utente, ma rallenta il sistema

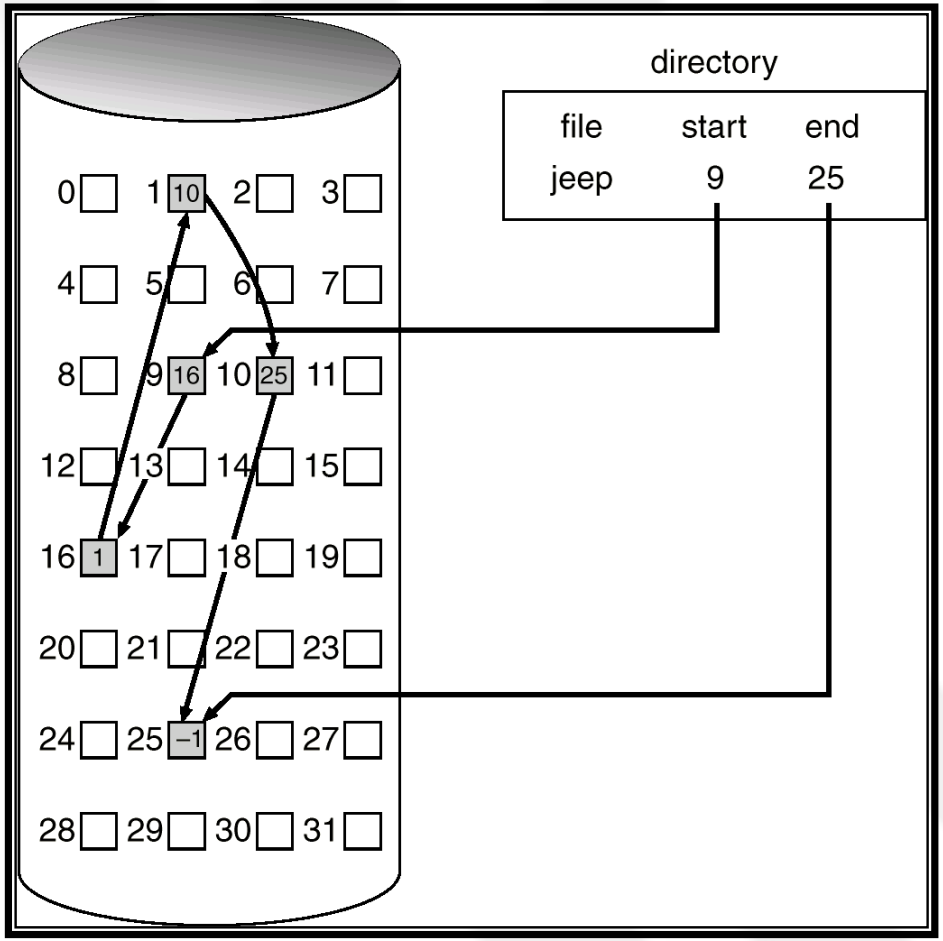
Allocazione contigua

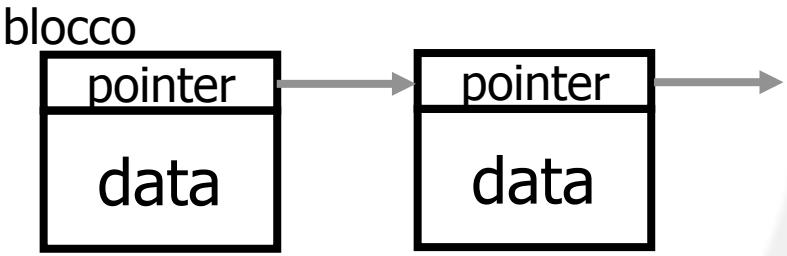


Allocazione a lista

- Ogni file è una lista di blocchi
- I blocchi possono essere sparsi ovunque nel disco
  - Directory contiene puntatori al primo e all'ultimo blocco
  - Ogni blocco contiene puntatore al blocco successivo
- Indirizzamento
  - X = indirizzo logico
  - N = dimensione del blocco
    - X / (N-1) = numero del blocco nella lista
    - X % (N-1) = offset all'interno del blocco

Allocazione a lista – esempio





Allocazione a lista

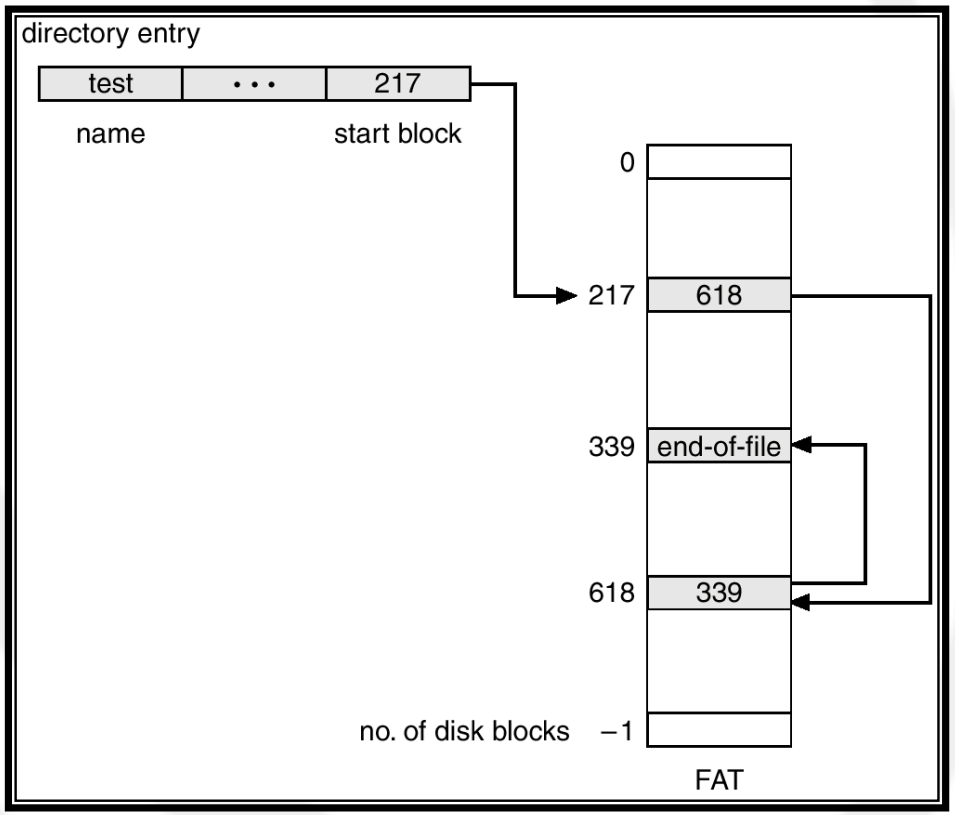
- Vantaggi
  - Creazione nuovo file semplice
    - Basta cercare un blocco libero e creare una nuova entry nella directory che punta al blocco
  - Estensione del file semplice
    - Basta cercare un blocco libero e concatenarlo alla fine del file
  - Nessuno spreco (eccetto lo spazio per il puntatore)
    - Posso usare qualunque blocco → No frammentazione esterna

Allocazione a lista

- Svantaggi
  - No accesso casuale
    - Bisogna scorrere tutti i blocchi a partire dal primo
  - Richiede tanti riposizionamenti sparsi → scarsa efficienza
  - Scarsa affidabilità
    - Se si perde un puntatore, oppure se un errore (SW/HW) causa il prelevamento del puntatore sbagliato?
    - Soluzioni (con overhead)
      - Liste doppiamente concatenate
      - Memorizzare nome file e n° di blocco in ogni blocco del file

Esempio – FAT (File-Allocation Table)

- Tipica dei sistemi MS-DOS e OS/2
- Una FAT per ogni partizione contiene un elemento per ogni blocco del disco
- Usata come lista concatenata
- Migliora accesso casuale, ma l'efficienza rimane scarsa

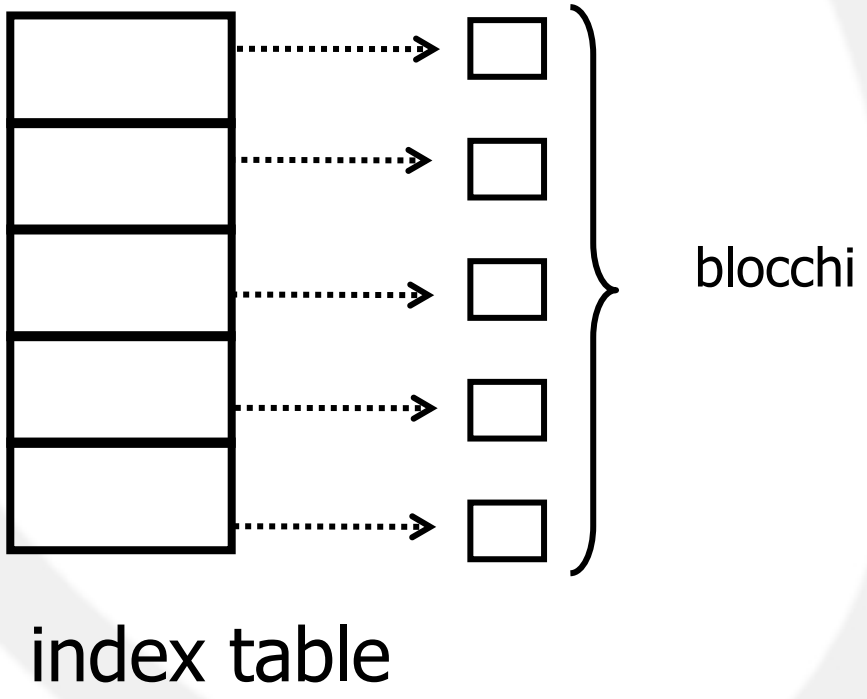


Allocazione contigua – variante

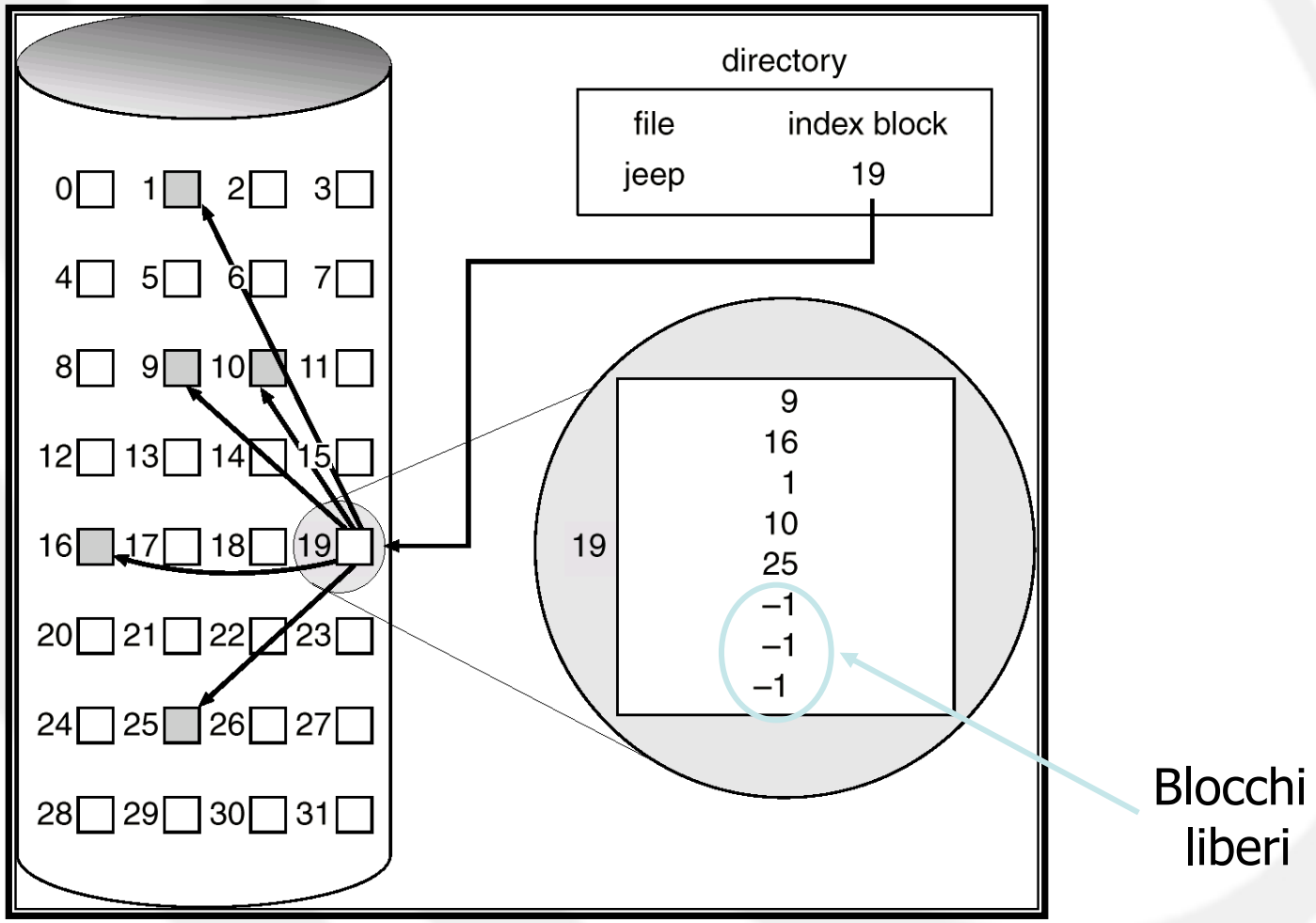
- Alcuni file system moderni usano uno schema modificato di allocazione contigua
- Basato sul concetto di extent
  - Extent = serie di blocchi contigui su disco (extent-based file system)
- File system alloca extent anziché singoli blocchi
  - File = serie di extent
  - I vari extent non sono in generale contigui
    - Adatto per allocazione a lista

Allocazione indicizzata

- Ogni file ha un blocco indice (index block) contenente la tabella degli indirizzi (index table) dei blocchi fisici
- La directory contiene l'indirizzo del blocco indice



Allocazione indicizzata – esempio



Allocazione indicizzata

- Accesso casuale efficiente
- Accesso dinamico senza frammentazione esterna
  - ma con overhead del blocco indice per la index table
    - maggiore di quello richiesto per allocazione concatenata
- Indirizzamento:
  - X = indirizzo logico
  - N = dimensione del blocco
    - X / N = offset nella index table
    - X % N = offset all'interno del blocco dati

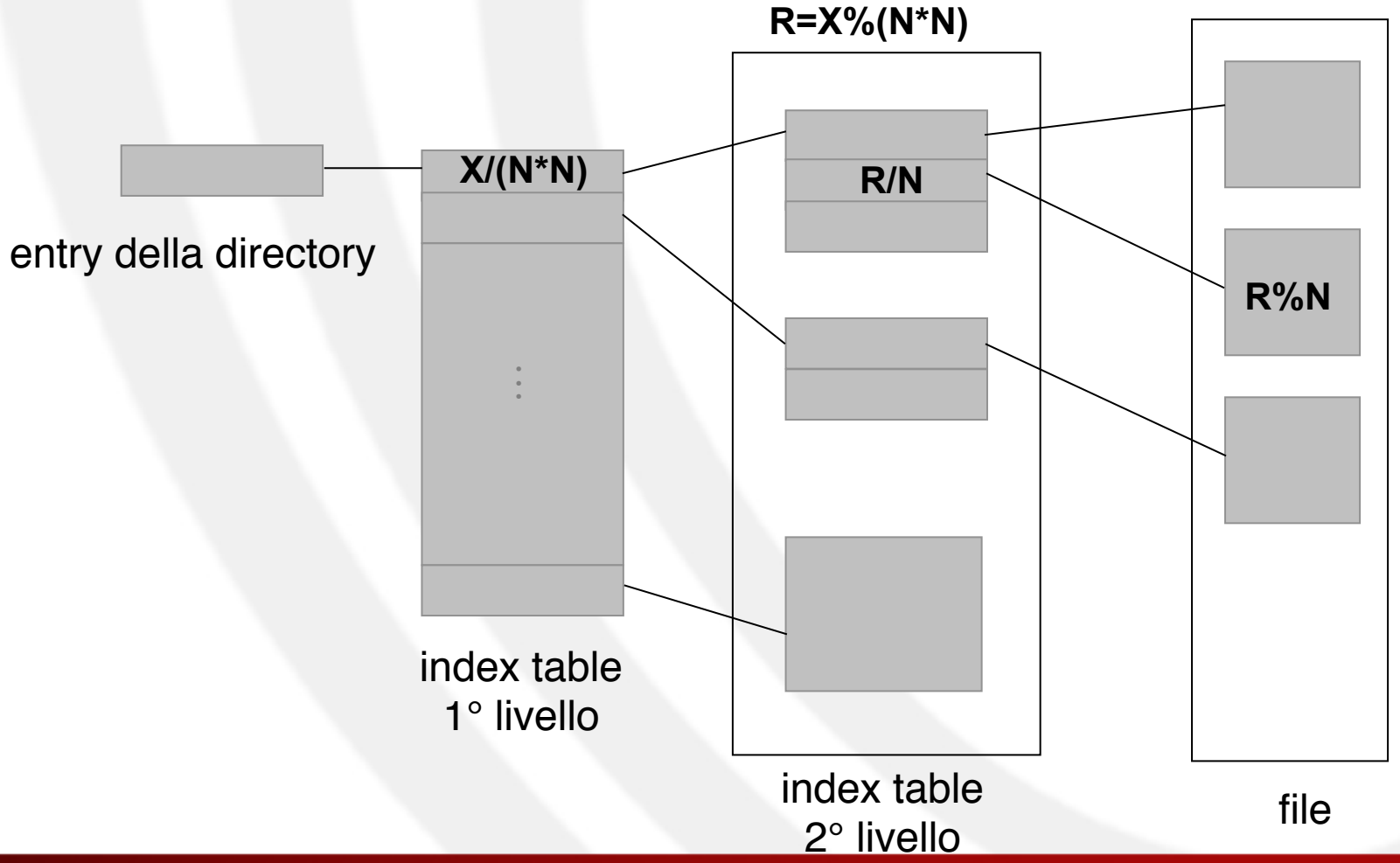
Allocazione indicizzata

- La dimensione del blocco limita la dimensione del file!
  - Es.: dimensione blocco = 512 parole ➡ massima dimensione del file = 512^2 parole = 256K parole
- Per file di dimensione senza limiti si usa uno schema a più livelli:
  - Indici multilivello
  - Schema concatenato
  - Schema combinato (stile Unix BSD)

Indici multilivello

- Una tabella più esterna contiene puntatori alle index table
  - X = indirizzo logico
  - N = dimensione del blocco (in parole)
    - X / (N*N) = blocco della index table di 1° livello
    - X % (N*N) = R
  - R usato come segue
    - R / N = offset nel blocco della index table di 2° livello
    - R % N = offset nel blocco dati
- Es.: blocchi da 4KB consentono 1K indici da 4 byte → due livelli di indici consentono file da 4GB

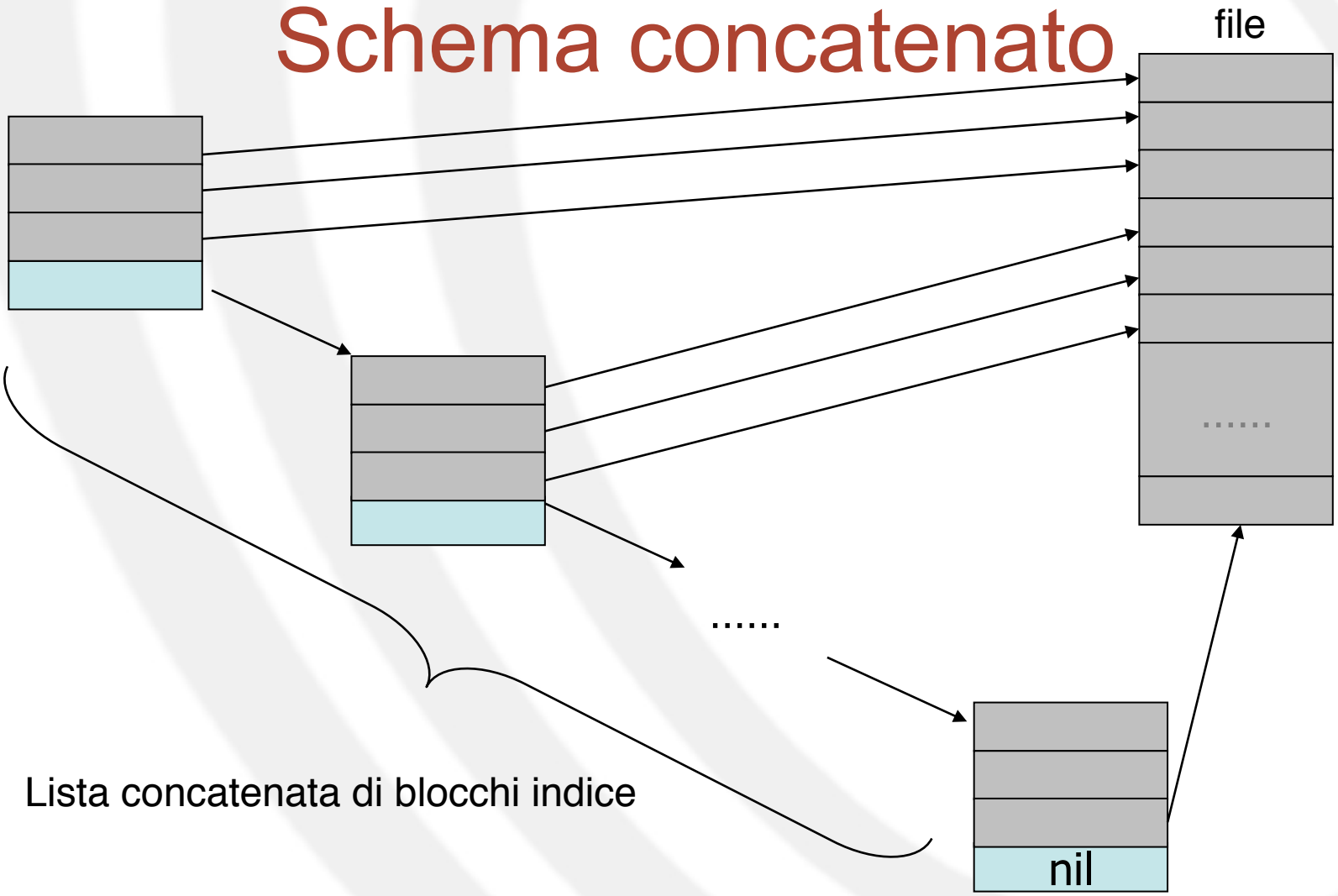
Indici multilivello



Schema concatenato

- Lista concatenata di blocchi indice
  - L'ultimo degli indici di un blocco indice punta a un'altro blocco indice
  - X = indirizzo logico
  - N = dimensione del blocco (in parole)
    - X / (N(N-1)) = numero del blocco indice all'interno della lista dei blocchi indice
    - X % (N(N-1)) = R
  - R usato come segue
    - R / N = offset nel blocco indice
    - R % N = offset nel blocco dati

Schema concatenato



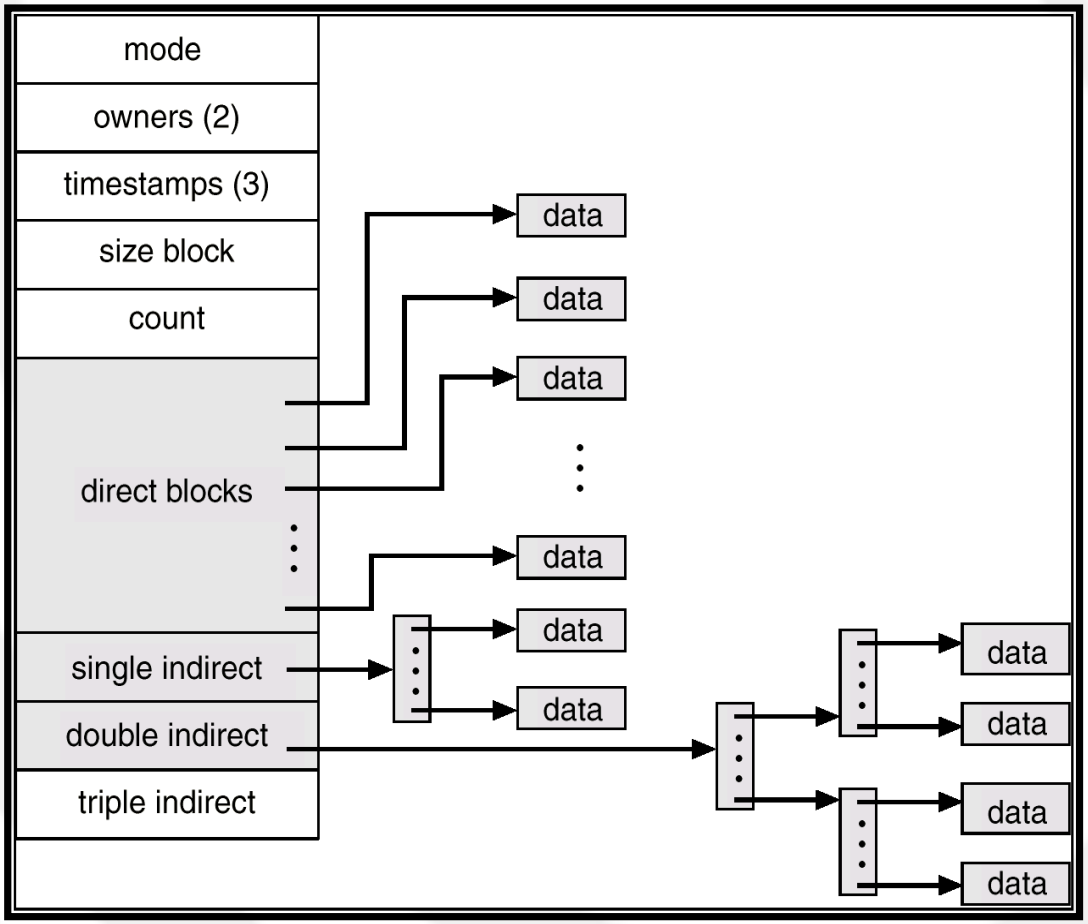
Lista concatenata di blocchi indice

Schema concatenato – esempio

- N = 1KB = 256 parole
  - 4 byte per parola
- Max file = 256 blocchi da 1KB = 256KB
  - X = 12200
    - X/N = 12200/256 = 47 (blocco 47)
    - X%N = 168 (parola 168 all'interno del blocco 47)
  - X = 644000 Non basta un primo livello
    - X / (N(N-1)) = 9 (blocco della lista concatenata)
    - X % (N(N-1)) = R = 56480
    - R / N = 220 (offset nel blocco index)
    - R % N = 160 (offset nel blocco dati)

Allocazione indicizzata – esempio

- Schema combinato (Unix)
  - blocco di 4KB



Implementazione delle directory

- Lo stesso meccanismo usato per memorizzare file si applica alle directory
- Le directory non contengono dati
  - Tipicamente la lista dei file (e delle directory) che essa contiene
- Problematiche:
  - Come questo contenuto viene memorizzato
  - Come si accede al contenuto delle directory

Implementazione delle directory

- Lista lineare di nomi di file con puntatori ai blocchi dati
  - Implementazione facile
  - Poco efficiente
    - Lettura, scrittura e rimozione del file richiedono ricerca per trovare il file
      - scansione lineare della lista (complessità O(n))
      - ricerca binaria su lista ordinata (complessità O(log n) ma bisogna ordinare la lista…)
- Tabella hash
  - Tempo di ricerca migliore
  - Possibilità di collisioni
    - Situazioni in cui due nomi di file collidono sulla stessa posizione

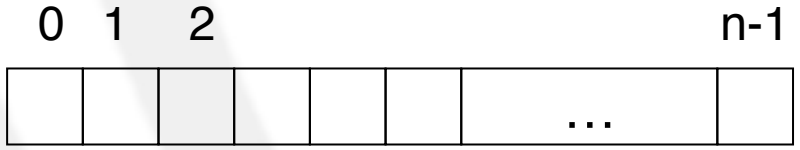
GESTIONE DELLO SPAZIO LIBERO

Gestione dello spazio libero

- Per tenere traccia dello spazio libero su disco si mantiene una lista dei blocchi liberi
  - Per creare un file si cercano blocchi liberi nella lista
  - Per rimuovere un file si aggiungono i suoi blocchi alla lista
- Alternative
  - Vettore di bit
  - Lista concatenata
  - Raggruppamento
  - Conteggio

Vettore di bit

- Vettore di bit, uno per blocco
  - Bit[i] = 1 ⇒ blocco i libero
  - Bit[i] = 0 ⇒ blocco i occupato
- Esempio: n blocchi



- Calcolo del numero del primo blocco libero:
  - Cerca la prima parola non 0
  - (# di bit per parola) * (# di parole a 0) + (offset del primo bit a 1)
  - Es: 00000000000000000001000010000011111000000000000

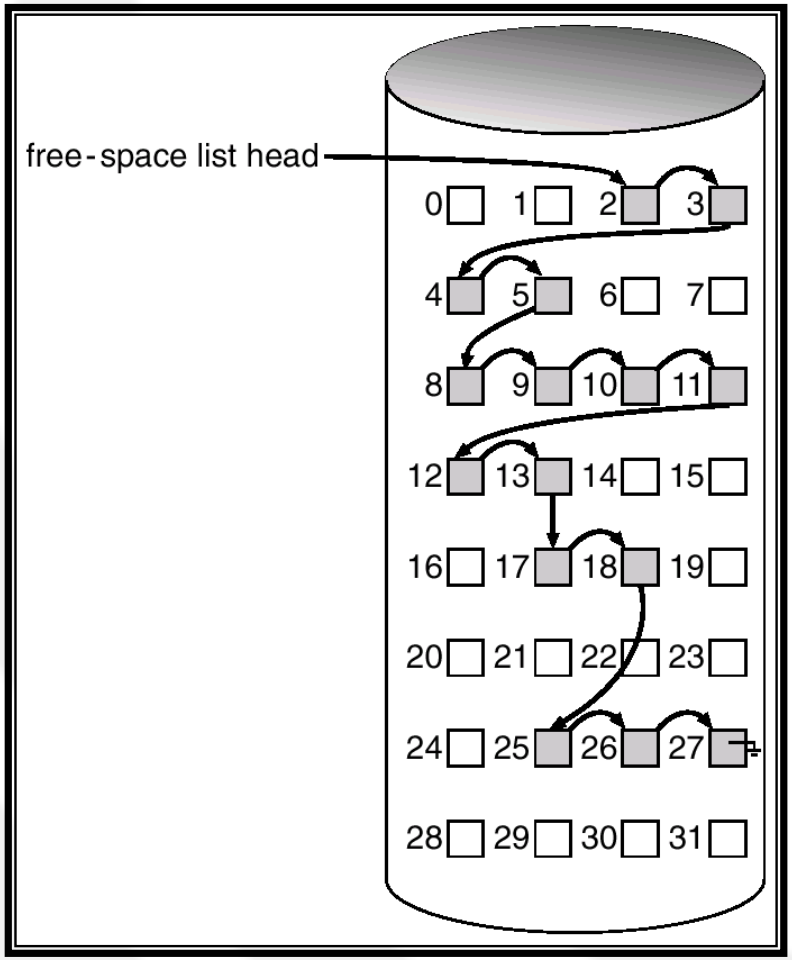
Vettore di bit

- La mappa di bit richiede extra spazio
  - Esempio:
    - |blocco| = 2^{12} byte (4KB)
    - Dimensione del disco = 2^{38} byte (256 GB)
    - n = $2^{38}/2^{12} = 2^{26}$ bit (8MB) solo per il vettore di bit
- Efficiente solo se il vettore è mantenibile tutto in memoria
- Facile ottenere file contigui

Alternative

- Lista concatenata di blocchi liberi (free list)
  - Spreco minimo (solo per la testa della lista)
  - Spazio contiguo non ottenibile
- Raggruppamento
  - Modifica della lista linkata (simile ad allocazione indicizzata)
    - Primo blocco libero = indirizzi di n-1 blocchi liberi
    - Ultima entry del blocco = indirizzo del primo blocco del gruppo successivo di n blocchi liberi
    - Fornisce rapidamente un gran numero di blocchi liberi
- Conteggio
  - Mantiene il conteggio di quanti blocchi liberi seguono il primo in una zona di blocchi liberi contigui
  - Generalmente la lista risulta + corta (se il contatore è > 1 per ogni gruppo di blocchi liberi)

Gestione spazio libero con lista



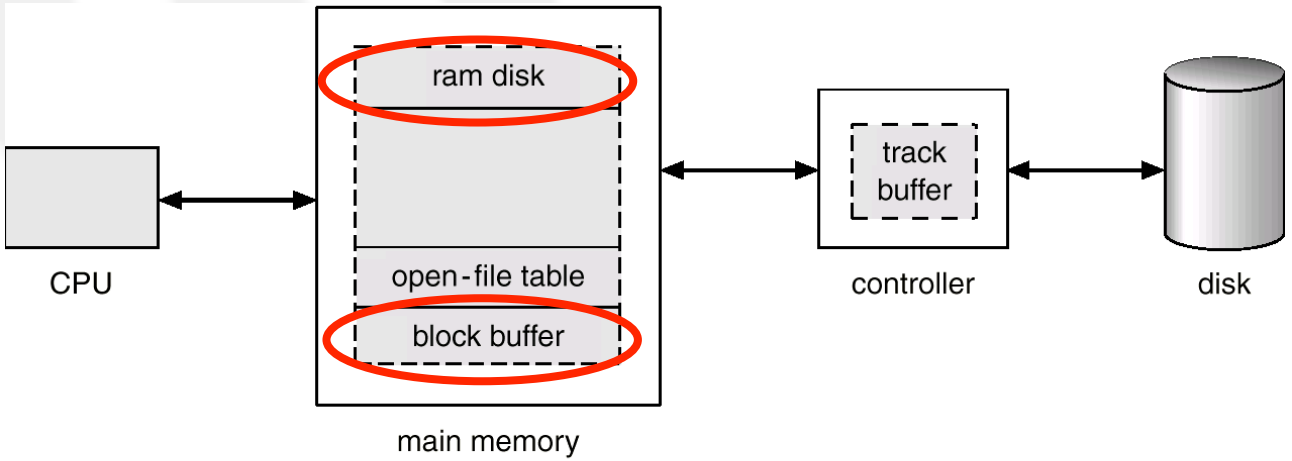
EFFICIENZA E PRESTAZIONI

Efficienza

- Disco è collo di bottiglia
- Efficienza dipende da:
  - Algoritmo di allocazione dello spazio su disco
    - Es.: in Unix si cerca di tenere i blocchi di un file vicini al suo i-node
      - Richiesta preallocazione i-node distribuiti sulla partizione
  - Tipo di dati contenuti nella directory
    - Es.: data di ultimo accesso di un file → lettura di un file richiede lettura e scrittura anche del blocco della directory

Prestazioni

- Il controller del disco possiede una piccola cache che è in grado di contenere un'intera traccia ma…
- … non basta per garantire prestazioni elevate, quindi
  - Dischi virtuali (RAM disk)
  - Cache del disco (detta anche buffer cache)



Dischi virtuali

- Parte della memoria gestita come se fosse un disco
  - Il driver di un RAM disk accetta tutte le operazioni standard dei dischi eseguendole però in memoria
  - Veloce
  - Supporto solo per file temporanei
    - se spengo perdo tutto
  - Gestito dall'utente che scrive sul RAM disk invece che sul disco vero e proprio (non è una cache!)

Cache del disco

- Porzione di memoria che memorizza blocchi usati di frequente
- Simile alla cache tra memoria e CPU
- Gestita dal S.O.
- Sfrutta principio della località
  - Spaziale
    - uso di dati “vicini” a quelli attualmente usati
  - Temporale
    - uso successivo degli stessi dati
- Trasferimento dati nella memoria del processo utente non richiede spostamento di byte

Cache del disco

- Problematiche
  - Dimensione della cache
    - O(MB)
  - Politica di rimpiazzamento
    - Cosa fare in caso di necessità di eliminare un settore?
    - LRU, LFU, RANDOM, ….
    - LRU poco efficiente per accesso sequenziale, meglio
      - rilascio indietro
      - lettura anticipata
  - Politica di scrittura
    - Se l'operazione è una scrittura, come aggiornare il contenuto su disco?
    - Write-back: scrivo solo quando devo rimuovere il blocco dalla cache
      - Problemi di affidabilità in caso di crash
    - Write-through: scrivo sempre
      - Meno efficiente, la cache è solo in lettura

Recupero

- Possibili problemi di consistenza tra disco e cache
- Controllo di consistenza
  - Confrontare i dati nella directory con i dati su disco, e sistemare le inconsistenze
    - Specie in caso di crash: per es. ScanDisk
- Utilizzo di programmi di sistema per fare il back up del disco su memoria di massa (nastri)
  - Recupero di file persi tramite restore dei dati dai backup

File system log structured

- Registrano ogni cambiamento del file system come una transazione
  - Tutte le transazioni sono scritte su un log
  - Una transazione è considerata avvenuta quando viene scritta sul log
    - Anche se il file system può non essere aggiornato
  - Le transazioni sul log sono scritte in modo asincrono nel file system
  - Quando il file system è modificato, la transazione viene cancellata dal log
  - Se il sistema va in crash, le transizioni non avvenute sono quelle presenti sul log
- Vantaggio
  - Ottimizzazione del numero di seek