5 – Memoria secondaria
ottimizzazione delle prestazioni nei dischi

Sommario

Obbiettivi

- Realizzazione delle operazioni di input/output su disco
- Come si completa input/output

- Importanza dell'ottimizzazione delle prestazioni

- Ottimizzare la ricerca (seek) e la rotazione

- Strategie di scheduling del disco

- caching e buffering

- Altre tecniche per migliorar le prestazioni del disco
- Principali schemi per realizzare Array Ridondanti di Dischi Indipendenti (RAID)

Introduzione

- La memoria secondaria è spesso uno collo di bottiglia
  - Dispositivi di memoria permanente, economico, riscrivibile, di lunga durata
    - Nastri – inadeguati se è richiesto un accesso rapido alle locazioni
    - Dischi – ad accesso 'casuale' (diretto)
    - Evoluzione di costo/prestazioni
    - Vincoli meccanici
  - Altri dispositivi I/O: tastiera, mouse, monitor
  - I miglioramenti delle prestazioni di memoria secondaria aumentano in modo significativo le prestazioni dell'intero sistema
  - Soluzioni possono essere basate sia su software e sia su hardware

Introduzione

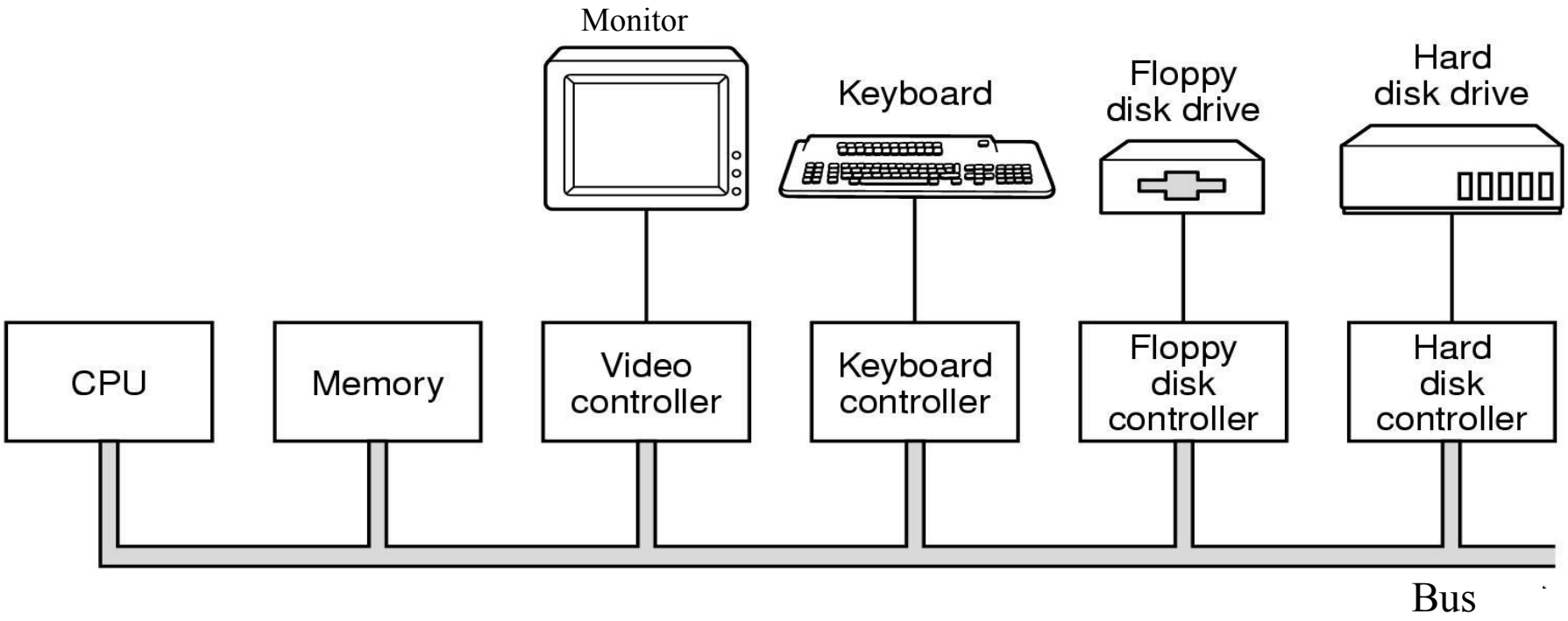
- Dispositivi di I/O
  - a blocchi – di dimensione fissa
    - es. dischi, penne USB
  - a caratteri
    - es. stampanti, interfacce di rete, mouse
  - Alcune altre categorie
    - es. clock, touch screen

  - Diverse velocità dei dispositivi

  - Controllore del dispositivo o adattatore (componente elettronica)
  - Dispositivo (componente meccanica)

Dispositivo	Velocità di trasferimento dei dati
Tastiera	10 byte/s
Mouse	00 byte/s
Modem a 56 K	7 KB/s
Scanner a 300 dpi	1 MB/s
Videocamera digitale	3,5 MB/s
Disco Blu-ray 4x	18 MB/s
802.11n Wireless	37,5 MB/s
USB 2.0	60 MB/s
FireWire 800	100 MB/s
Gigabit Ethernet	125 MB/s
Disco fisso SATA 3	600 MB/s
USB 3.0	625 MB/s
Bus SCSI Ultra 5	640 MB/s
Bus PCIe 3.0 single lane	985 MB/s
Bus Thunderbolt 2	2,5 GB/s
Rete SONET OC-768	5 GB/s

Componenti Hardware



Interfacce tra controllori e dispositivi: necessità di standard

es. SATA, SCSI, USB, FireWire, ThunderBolt…

Comunicazione fra controller e CPU tramite

(pochi) registri del controller

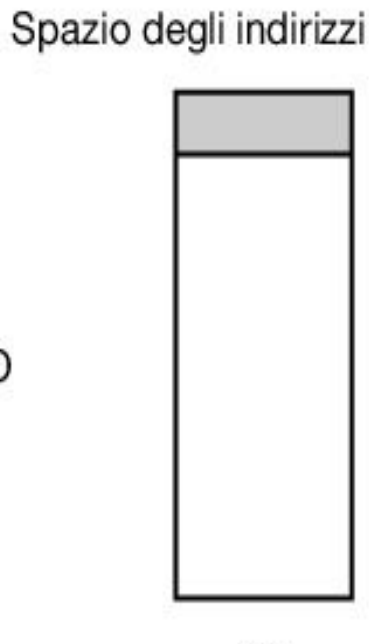
buffer dati

Comunicazione con I/O

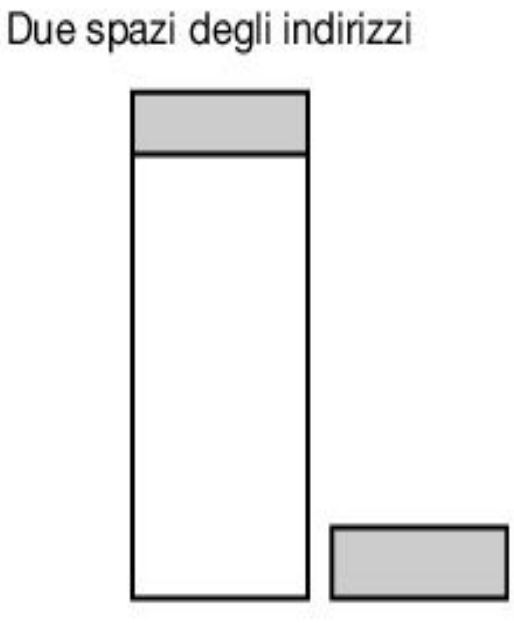
- Comunicazione fra CPU e dispositivi di I/O
  - registri di controllo ai quali è assegnata una porta di I/O (8 o 16 bit)
    - spazio delle porte: insieme delle porte
    - Protezione
  - I/O mappato in memoria
    - ad ogni registro è assegnato uno unico indirizzo di memoria, al quale non è assegnata memoria
  - ibrido
    - Due spazi separati, un buffer dai dati dei dispositivi IO mappati in memoria e porte IO separate per i registri di controllo

Comunicazione con I/O

Spazio di memoria e di I/O separati



I/O mappato in memoria



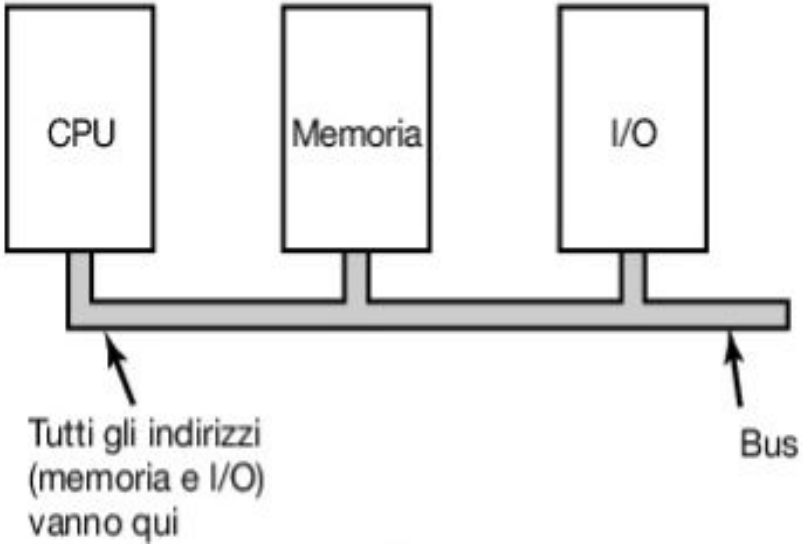
Ibrido

I/O mappato in memoria

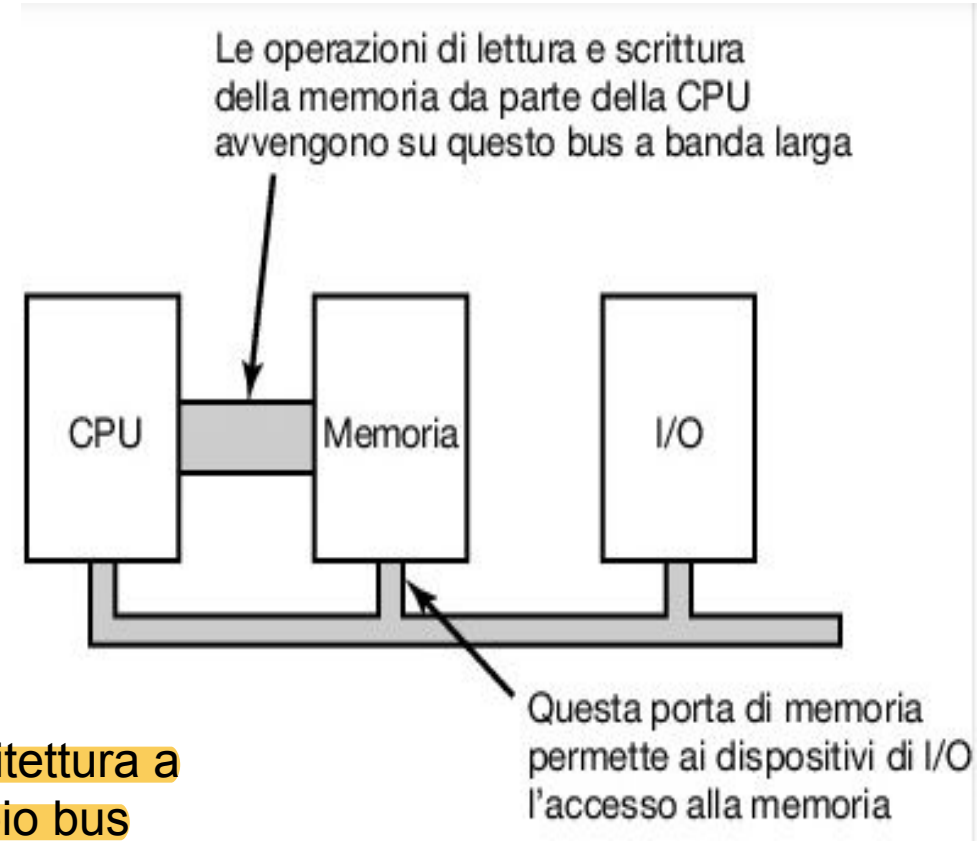
- Vantaggi
  - Il driver può essere scritto in linguaggio ad alto livello (es. C) e non in assembly – i registri sono solo variabili in memoria facilmente modificabili
  - Protezione semplice – controllo degli indirizzi
  - Le istruzioni possono riferirsi ai registri di controllo direttamente e semplificare la progettazione

- Svantaggi
  - Uso della cache non è possibile, va disabilitata selettivamente, azione potenzialmente complessa
  - Con bus separati i dispositivi di I/O potrebbero non poter vedere indirizzi di memoria spediti sul bus della memoria – alcune soluzioni

I/O mappato in memoria



Architettura a singolo bus



Architettura a doppio bus

DMA

DMA – Direct Memory Access

Controllore DMA, accesso diretto alla memoria
Accede al bus indipendentemente dalla CPU

Ha molti registri

inclusi registri di memoria,
di conteggio di byte
di controllo

i registri di controllo contengono indicazioni delle porte I/O

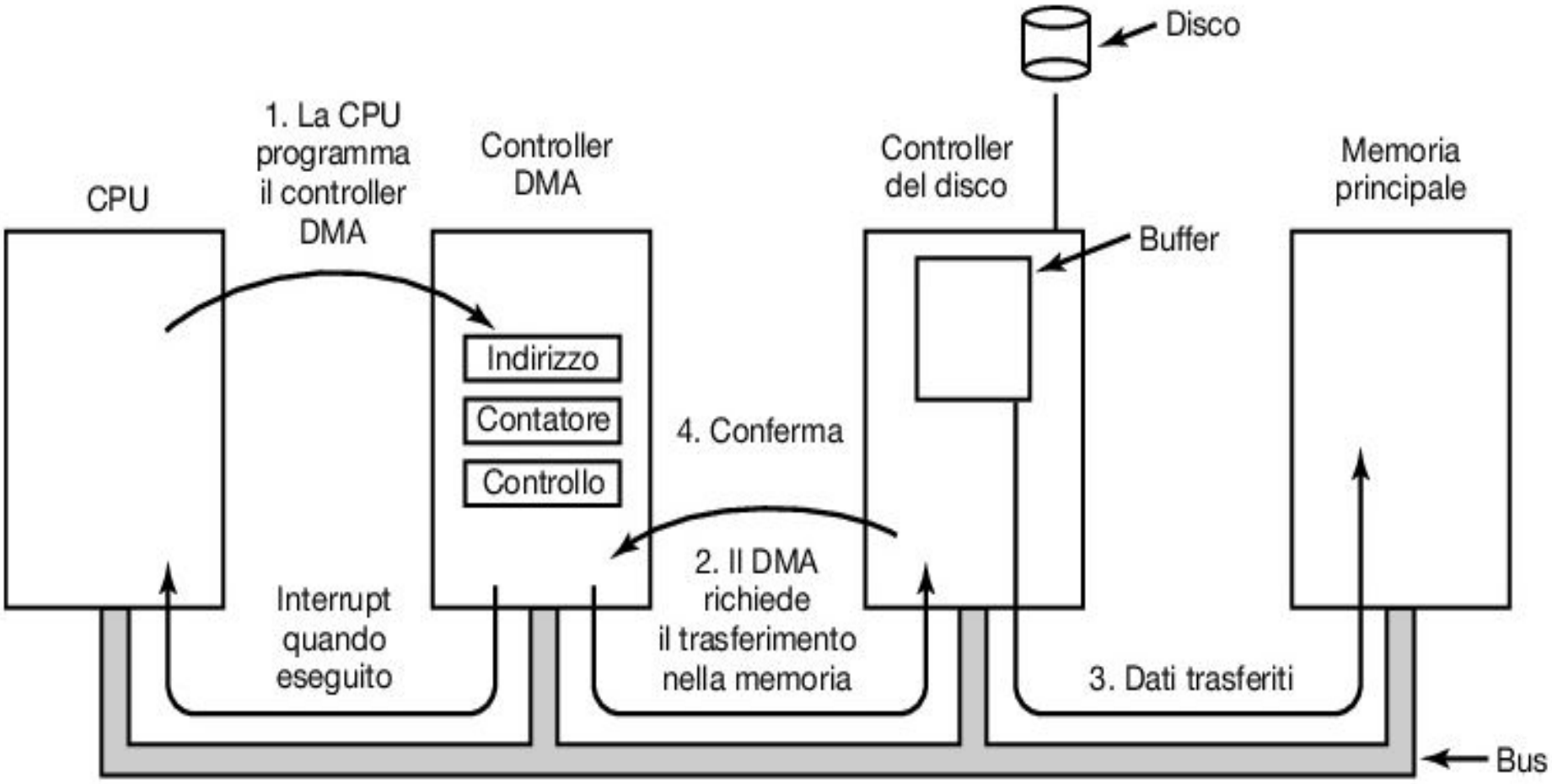
direzione di trasferimento

dimensione dell'unità di trasferimento

numero di byte da trasferire alla volta

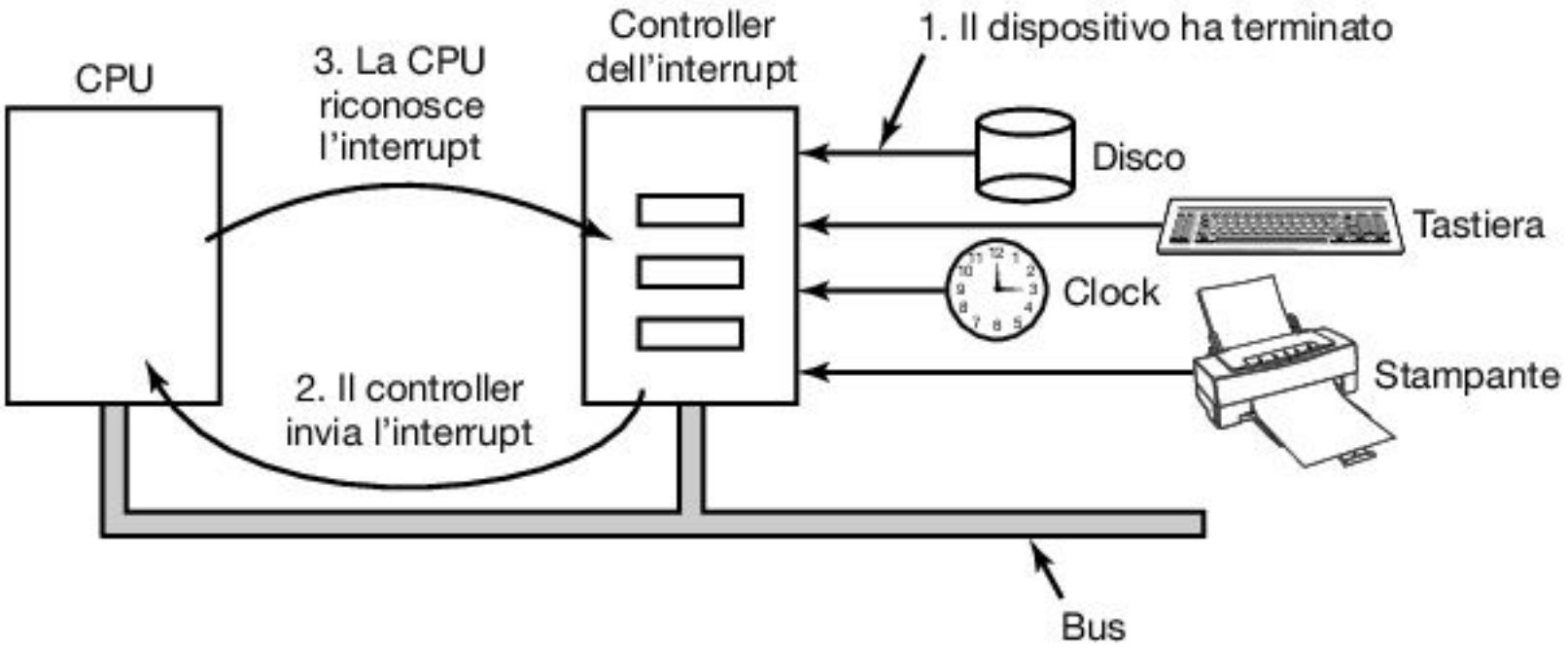
Possibili trasferimenti multipli, con più registri di controllo, uno per canale e ogni trasferimento regolato da un controller di dispositivo

DMA



Trasferimento DMA

Gestione degli Interrupt



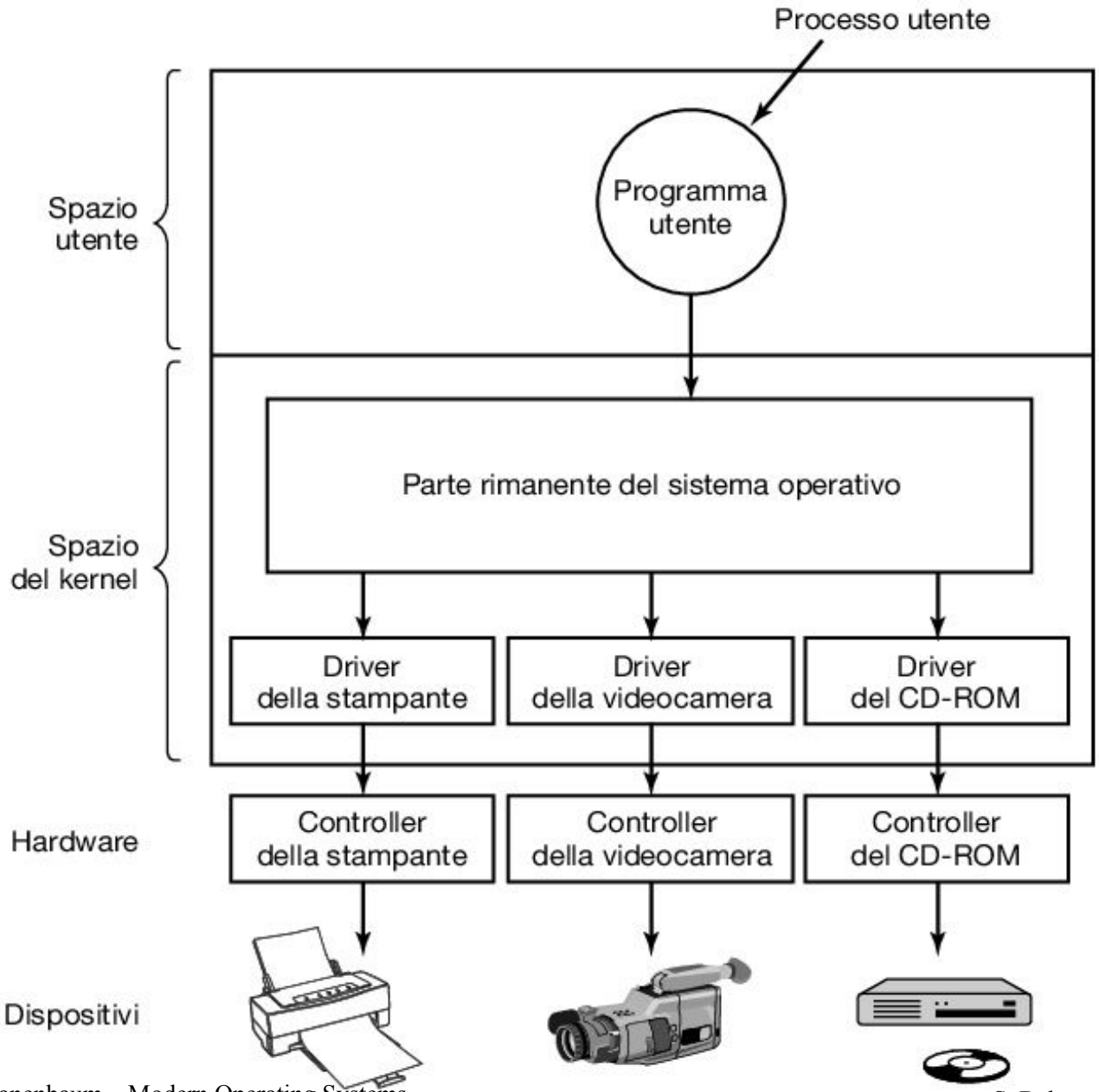
1. Il dispositivo causa l'Interrupt segnalato sulla linea del bus assegnatagli
2. Rilevato dal controller dell'Interrupt può essere trattato o momentaneamente ignorato.
   Il controlller assegna linee di indirizzo al dispositivo e manda il segnale alla CPU
3. La CPU tratta l'Interrupt e usa le linee di indirizzo come indice della tabella (vettore di Interrupt) e preleva il nuovo PC
4. Inizia la procedura per il trattamento dell'Interrupt

Livelli di software di I/O

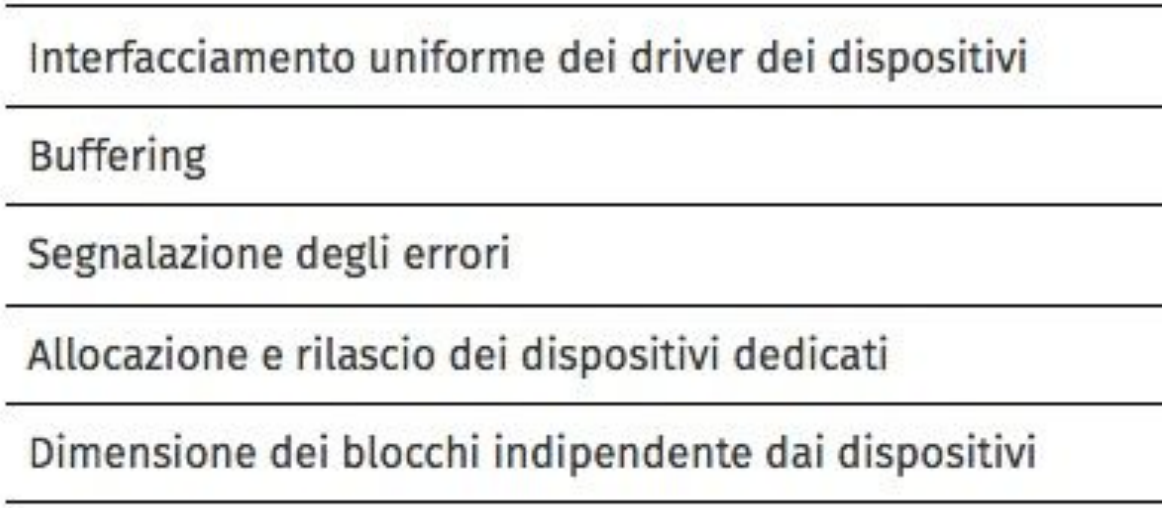
Gerarchia e livelli

- I gestori di interrupt di regola non sono visibili all'utente
- Driver del dispositivo: codice di controllo – solitamente nel nucleo
  dispositivi a blocchi / a caratteri
- Software indipendente dai dispositivi fornisce l'interfaccia al
- Software di livello utente

Driver dei dispositivi di I/O



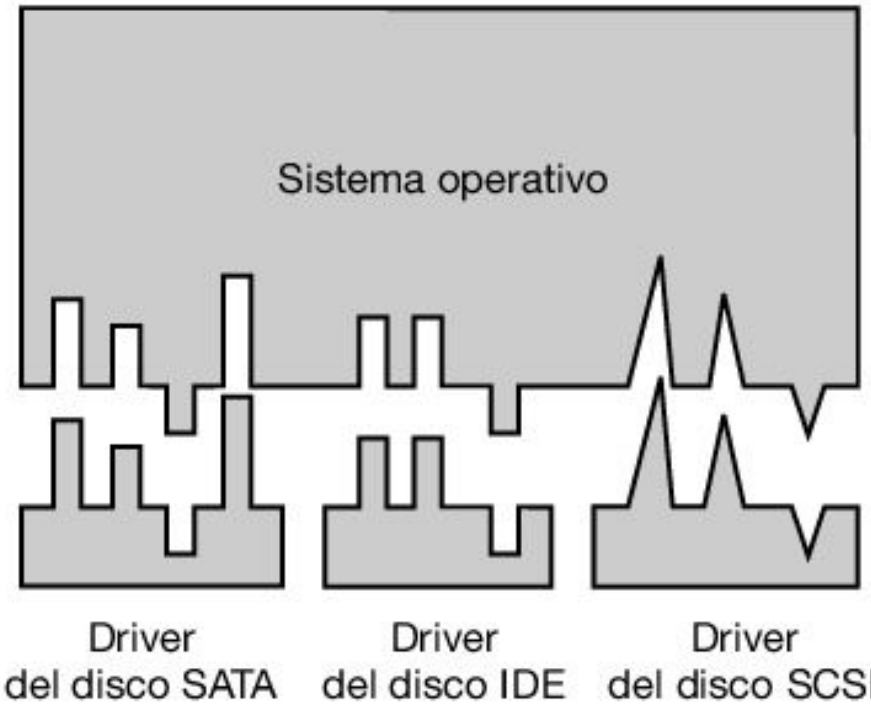
Software indipendente dai dispositivi di I/O



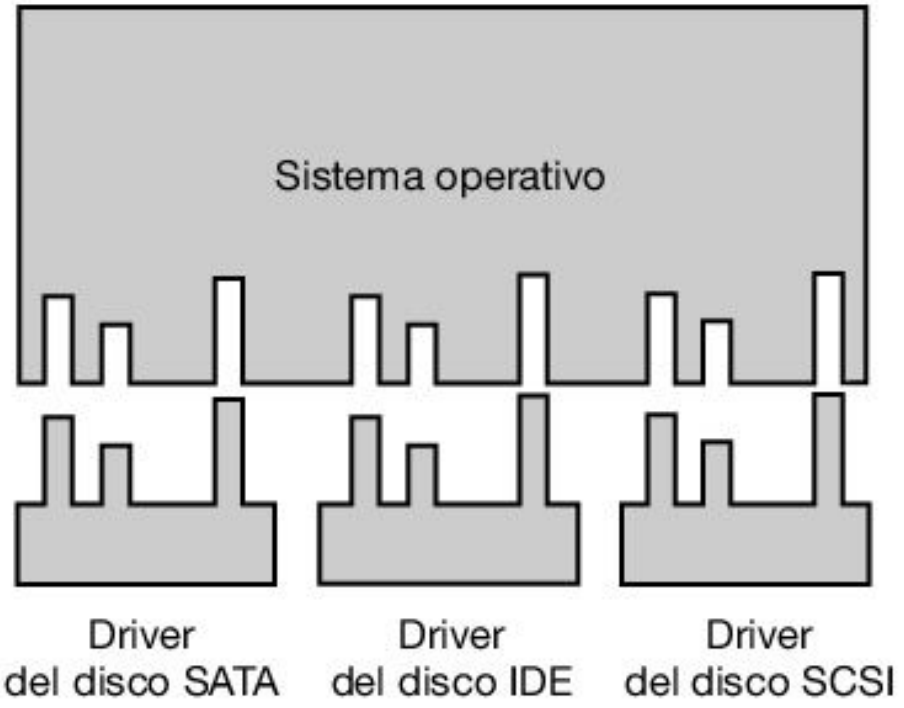
Alcune funzioni

Interfaccia uniforme a livello utente

Interfacce standard dei driver dispositivi di I/O



non standard



standard Fornisce

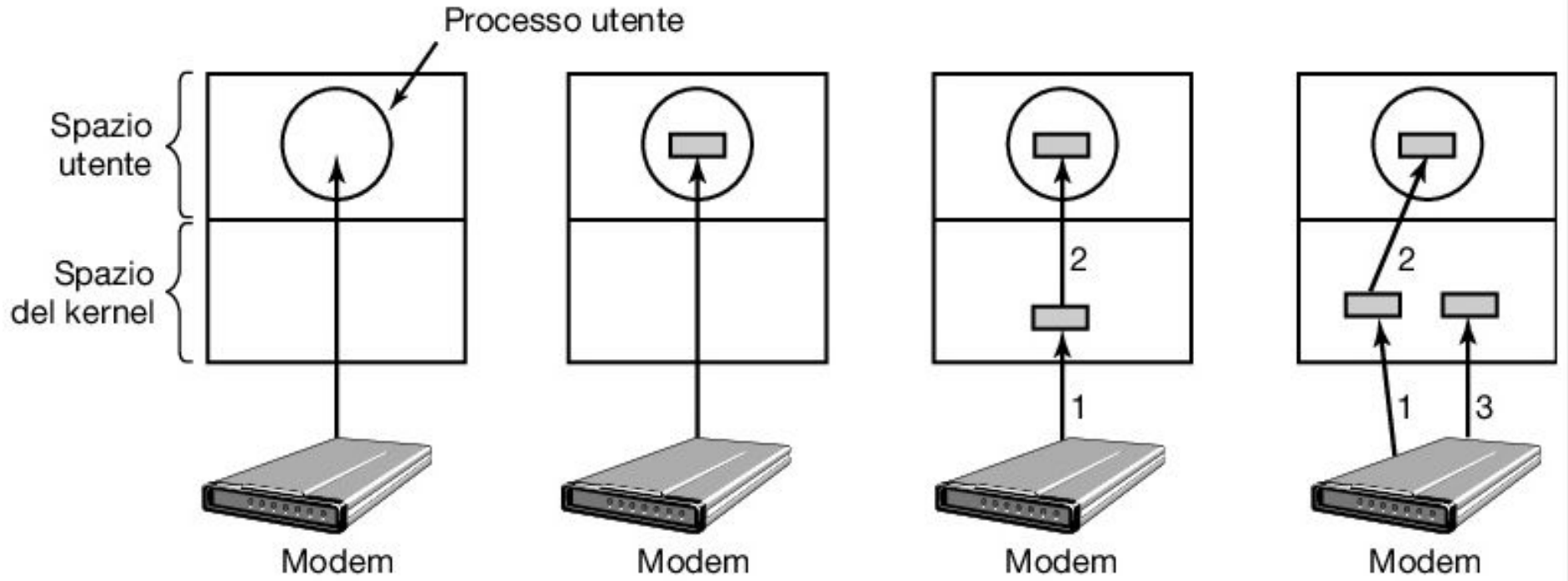
Interfaccia uniforme fra i driver dei dispositivi e il sistema operativo

Il driver ha una tabella di puntatori di funzioni ‘standard’ (il S.O. specifica le funzioni standard per ogni classe di dispositivi)

Denominazione dei dispositivi (nome □ driver)

Protezione - tramite il file system che include i nomi dei dispositivi di I/O

Buffering per dispositivi di I/O



Input senza buffer

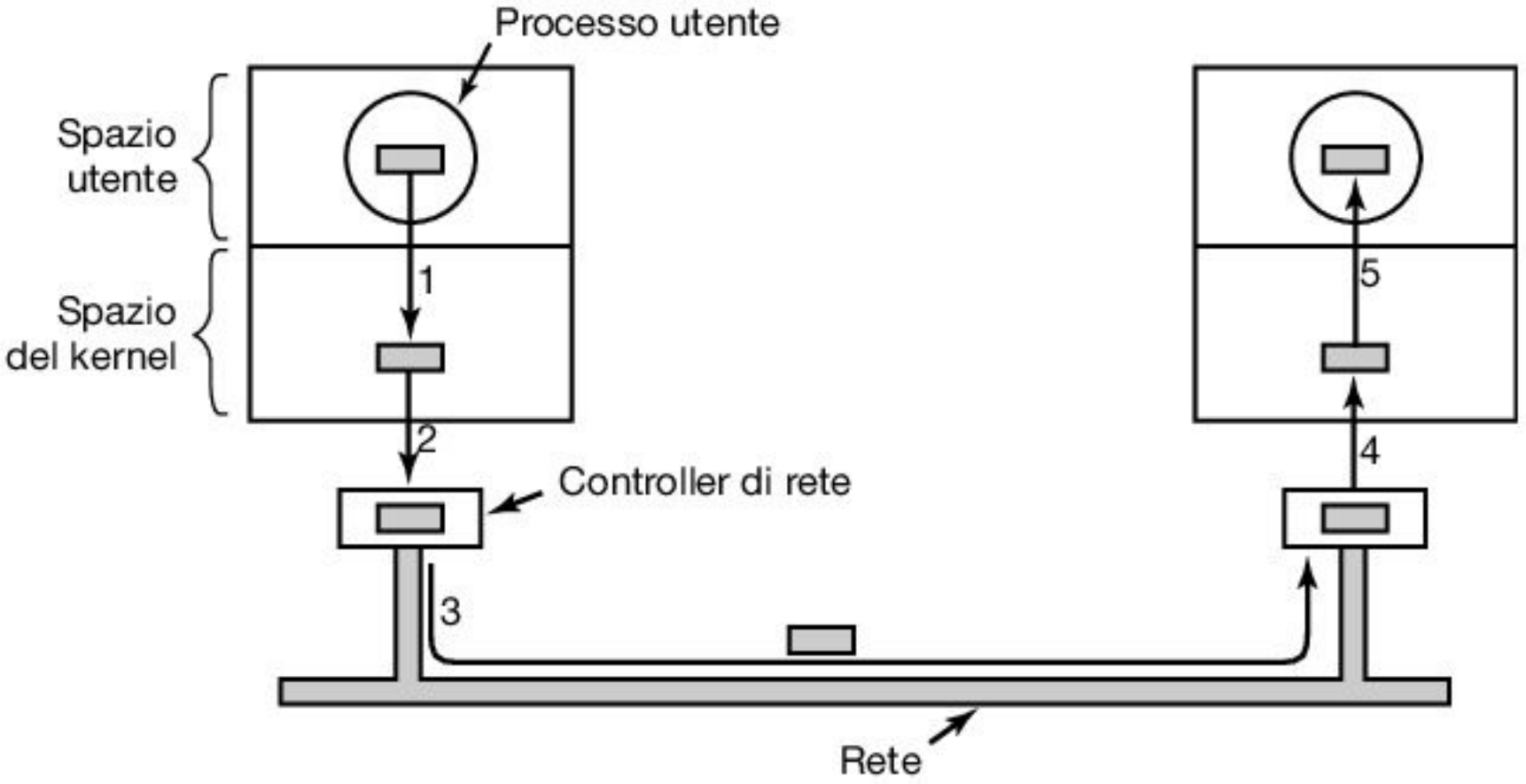
Buffer interno allo spazio utente

Buffer interno allo spazio utente e buffer interno al nucleo

Buffer interno allo spazio utente e doppio buffer interno al nucleo

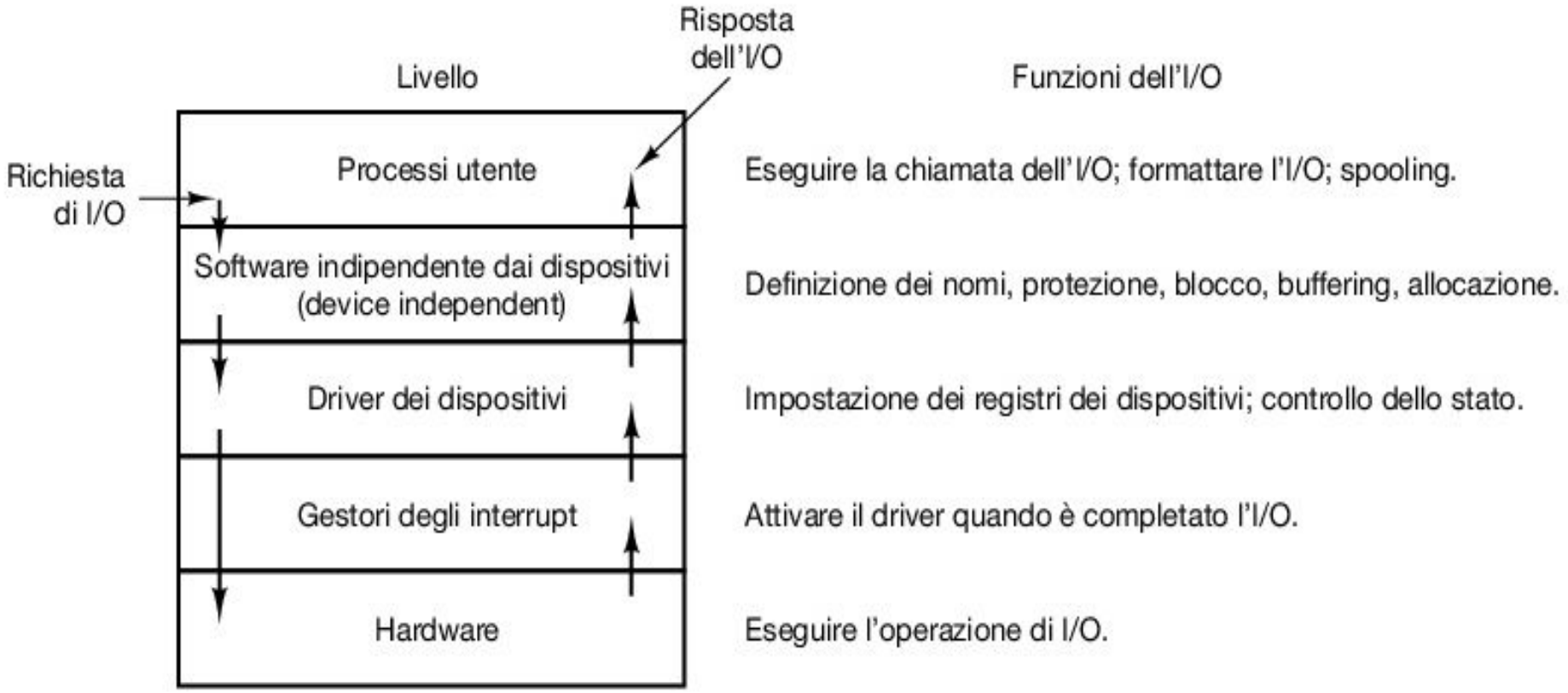
disaccoppiamento delle funzioni

Buffering per dispositivi di I/O e su rete



Molte copie nei buffer

Software di I/O nello spazio utente



Alcune librerie e programmi fuori dal nucleo, ma a livello utente

Altro sw: spooling

Uso di processi speciali (demoni) e directory di spooling che conserva p.es. un file da stampare, operazione eseguita asincronicamente

Es. trasferimento file, stampa

Obbiettivi del software di I/O

- Progettazione del software indipendente dal dispositivo

  definizione uniforme dei nomi (di file, di dispositivi,…)

- Affidabilità, correzione degli errori gestiti preferibilmente hardware
- Tipi di trasferimento - comunicazione dati CPU-I/O con operazioni

  sincrone (bloccanti) o

  asincrone (con interrupt)

- Gestione dei buffer nel trasferimento dei dati

  prestazioni, (es. operazioni real-time)

- Condivisione

  dispositivi condivisi da più utenti/processi

  dispositivi dedicati

Tipi di software per I/O

Metodi di gestione software dell'I/O

- I/O programmato

  delega alla CPU il controllo dell'operazione

  busy waiting della CPU

  semplice, ma potenzialmente inefficiente

- I/O guidato dal'interrput

  la CPU può eseguire altri processi mentre un processo è bloccato

  uso di interrupt

  maggior utilizzazione della CPU, ma molti interrupt

- I/O su DMA

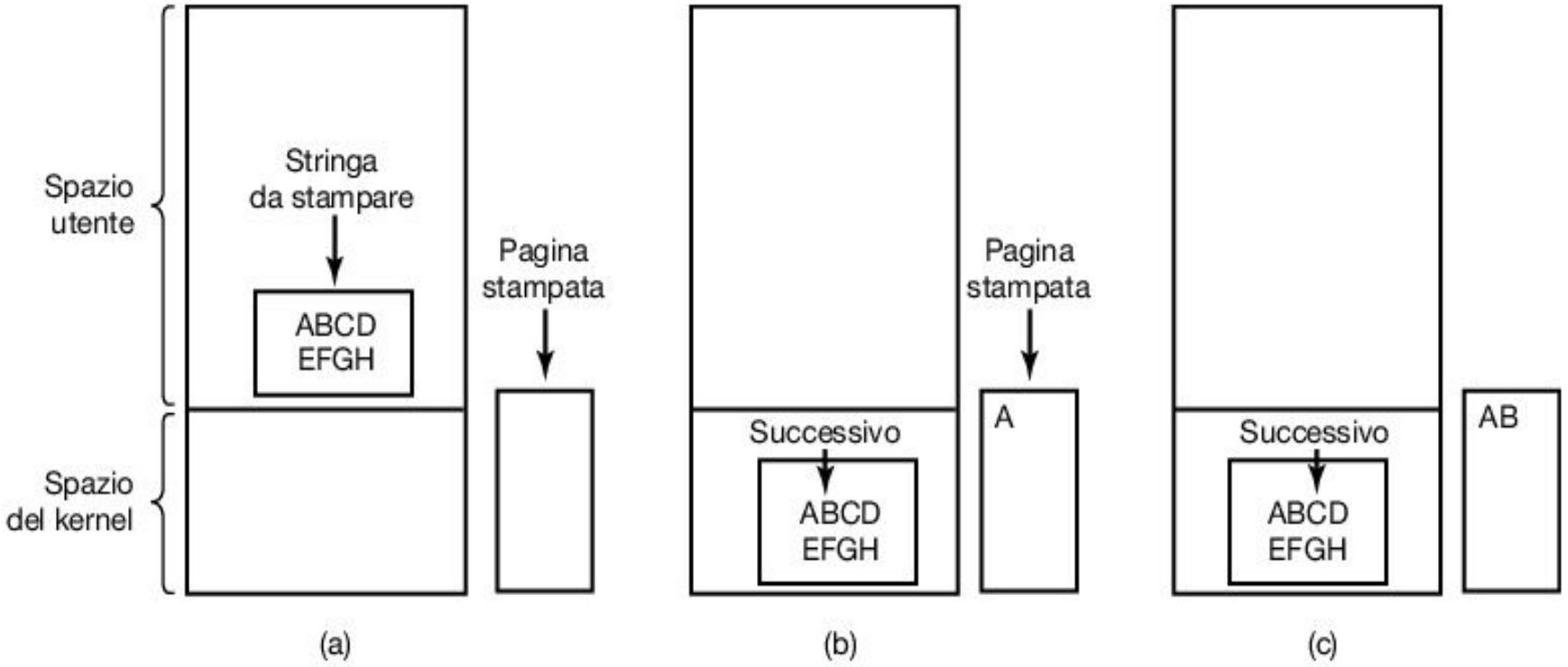
  il controllore DMA, indipendente dalla CPU, interagisce con il dispositivo

  uso di hadware speciale, ma maggior concorrenza e utilizzo CPU

  riduce il numero di interrupt, ma può essere più lento

Tipi di software per I/O

Esempio di I/O programmato



(a) Buffer nello spazio utente - chiamata di sistema e copia nello spazio kernel

(b) Controllo della stampa un carattere per volta - uso del registro dati della stampante

(c) Avanzamento dopo il controllo che la stampante sia disponibile

Tipi di software per I/O

Esempio di I/O programmato

Stampa di una stringa

p buffer nel nucleo

un carattere per volta tramite il buffer

CPU controlla

```
copy_from_user(buffer, p, count);          /* p è il buffer del kernel*/
For (i = 0; i<count; i++){                 /* ripeti per tutti i caratteri*/
        while (“printer_status_reg != READY) ;   /* ripeti finché lo stato della stampante
                                                    non è READY*/
       *printer_data_register = p[i] ;     /* output di un carattere*/
}
return_to_user( );
```

Tipi di software per I/O

Esempio di I/O guidato dal'interrput

Stampa di una stringa
p buffer nel nucleo
un carattere per volta via via che arrivano
gestione dell'interrupt

```
copy_from_user(buffer, p, count);
enable interrupts();
while ("printer_status_reg != READY) ;
*printer_data_register = p[0] ;
scheduler();
```

Codice eseguito al tempo di chiamata di sistema per la stampa

```
If count == 0) {
      unblock_user();
} else {
   *printer_data_register = p[0] ;
   count = count – 1;
   i = i + 1;
}
acknowledge-interrupt();
return_from_interrupt( );
```

Procedura di gestione dell'interrupt per la stampa

Tipi di software per I/O

Esempio di I/O su DMA

Stampa di una stringa tramite DMA

gestione tramite accesso diretto alla stampante

```
copy_from_user(buffer, p, count);
setup_DMA_controller();
scheduler();
```

Codice eseguito al tempo di chiamata di sistema per la stampa

```
acknowledge-interrupt();
unblock_user( );
return_from_interrupt( );
```

Procedura di gestione dell'interrupt per la stampa

Elaborazione di un interrupt per I/O

Alcuni passi del S.O. per trattare un interrupt I/O

-*Salvataggio dei registri non ancora salvati dall'hardware (es PSW)*

-*Caricamento contesto per la procedura di gestione dell'interrupt*

-*Impostazione stack*

-*Avviso al controllore degli interrupt (o riabilitazione interrupt)*

-*Copia dei registri salvati nella tabella dei processi*

-*Esecuzione della procedura di gestione dell'interrupt, che recupera le informazioni dai registri del controllore del dispositivo*

-*Scelta del prossimo processo da eseguire*

-*Impostazione del contesto della MMU per il prossimo processo, eventualmente anche della TLB*

-*Caricamento dei nuovi registri del processo, compreso PSW*

-*Avvio dell'esecuzione del nuovo processo*

Evoluzione dei sistemi di memoria secondaria

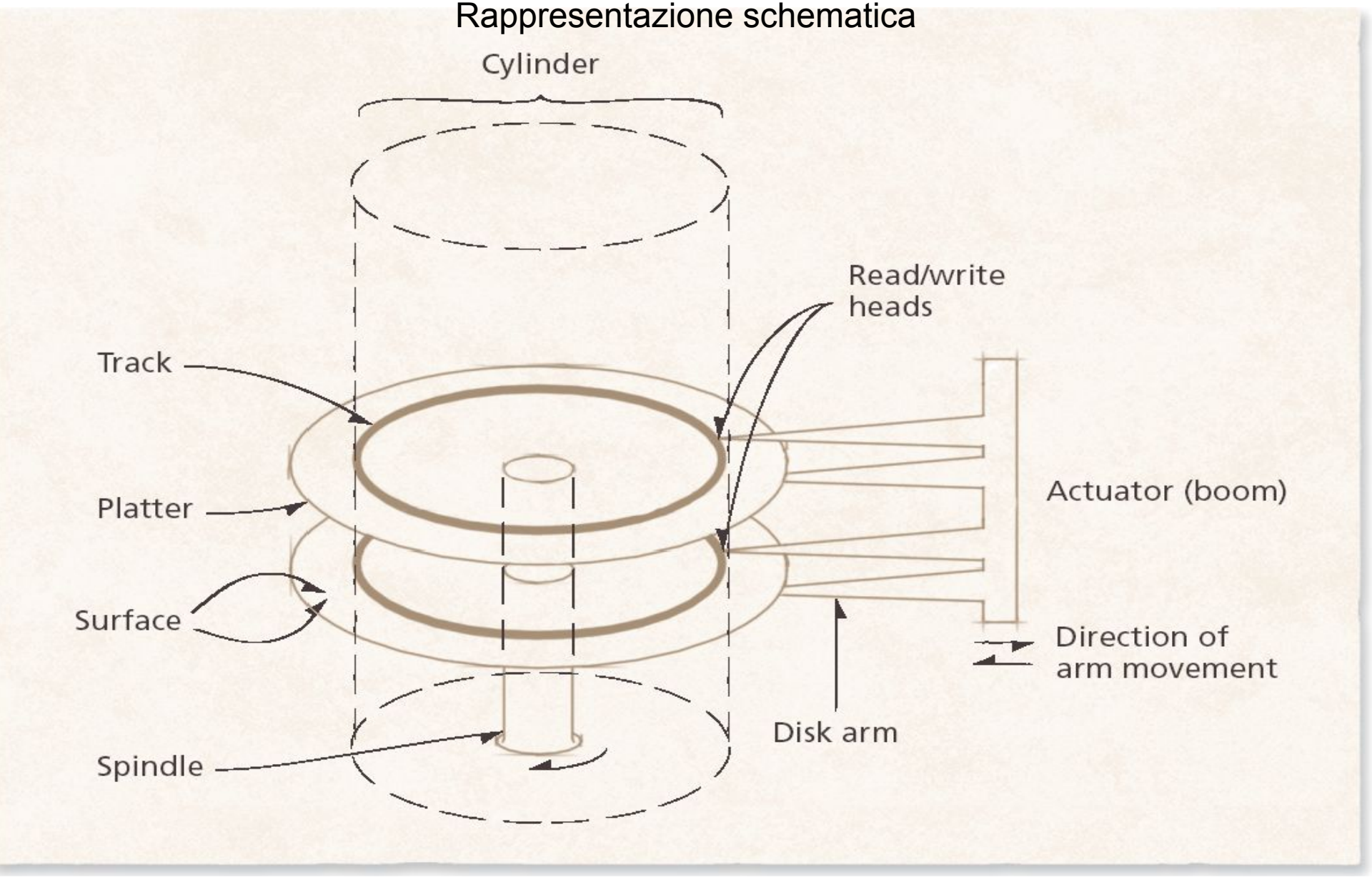
- La maggior parte dei dispositivi di memorizzazione secondaria si basano su supporti magnetici
  - Accesso ai dati con una testina di lettura-scrittura
  - I primi tecnologie utilizzavano memoria sequenziale
    - Informazioni accessibili in modo ordinato uno per volta
    - Inefficiente per applicazioni ad accesso diretto
  - Memorizzazione ad accesso casuale
    - Anche detto memoria ad accesso diretto
    - Accesso ai record in qualsiasi ordine

Caratteristiche dei dischi a testina mobile

- Struttura fisica di unità disco
  - Insieme di dischi (piatti) magnetici
    - Che ruotano su un perno (rotore)
    - Alta velocità
    - Composto da tracce, che a loro volta contengono settori
    - Cilindri: formati da gruppi verticali di tracce
    - Testina di lettura-scrittura molto vicina (micron)
    - Braccio mobile collegato ad un attuatore (*boom*)
    - Movimento della testina fra i cilindri
    - Ricerca del cilindro (*seek*)

Caratteristiche dei dischi a testina mobile

Rappresentazione schematica



Caratteristiche dei dischi a testina mobile

Parametro	Floppy disk IBM 360 KB	Disco fisso WD 3000 HLFS
Numero dei cilindri	40	36.481
Tracce per cilindro	2	255
Settori per traccia	9	63 (media)
Settori per disco	720	586.072.368
Byte per settore	512	512
Capacità del disco	360 KB	300 GB
Tempo di ricerca (cilindri adiacenti)	6 ms	0,7 ms
Tempo di ricerca (situazione media)	77 ms	4,3 ms
Tempo di rotazione	200 ms	6 ms
Tempo di stop/avvio del motore	250 ms	1 ms
Tempo per trasferire 1 settore	22 ms	1 μs

A. Tanenbaum – Modern Operating Systems

Caratteristiche dei dischi a testina mobile

- Indici di prestazione

1. Tempo di **ricerca** (***seek***)
   - Tempo per la testina di lettura-scrittura per spostarsi nuovo cilindro

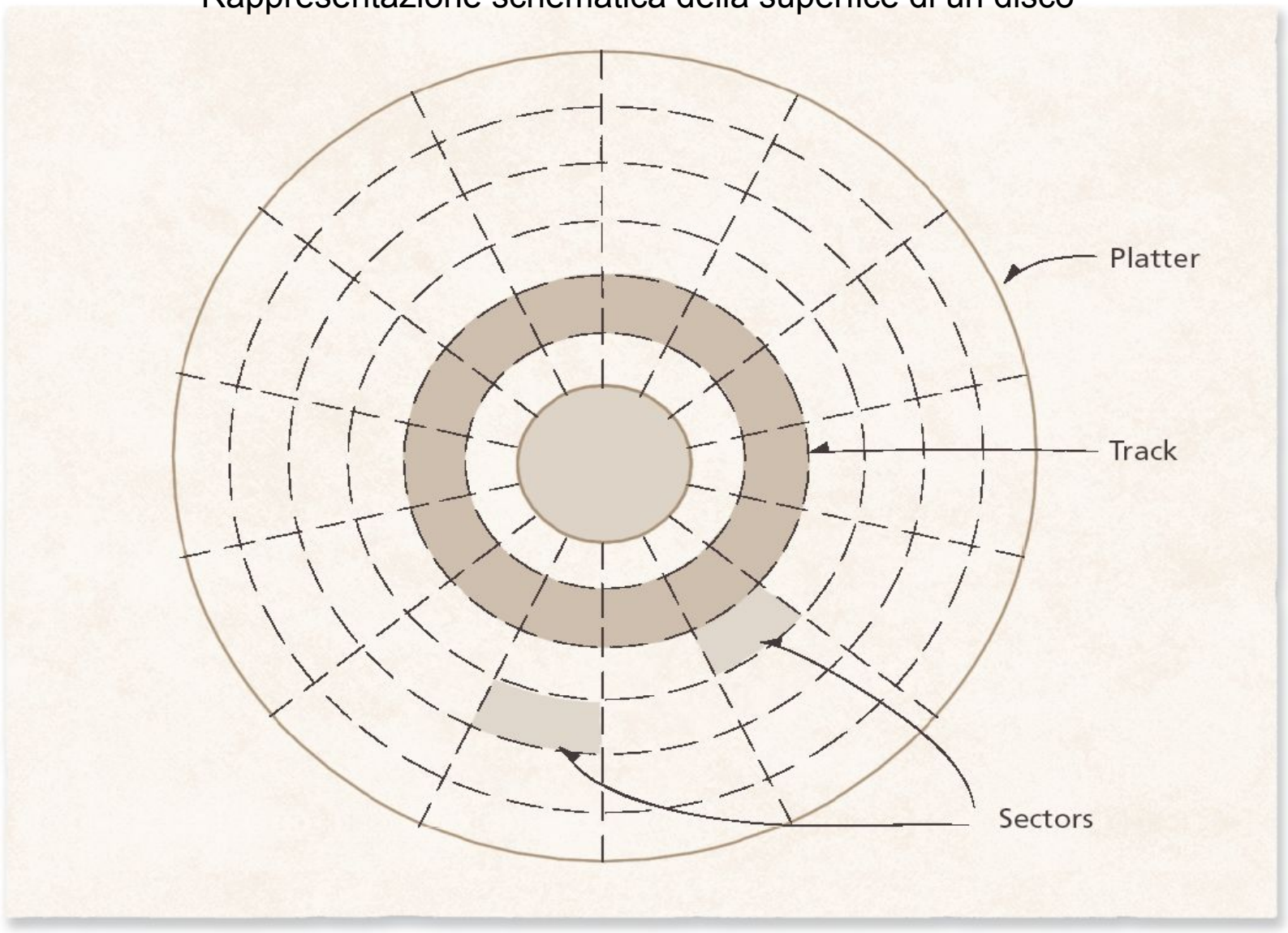
2. **Latenza** rotazionale
   - Tempo di ritardo dovuto alla rotazione, perché i dati ruotino dalla posizione attuale alla testina di lettura-scrittura

3. Tempo di **trasmissione**
   - Tempo di trasferimento perché tutti i dati cercati ruotino sotto la testina di lettura-scrittura

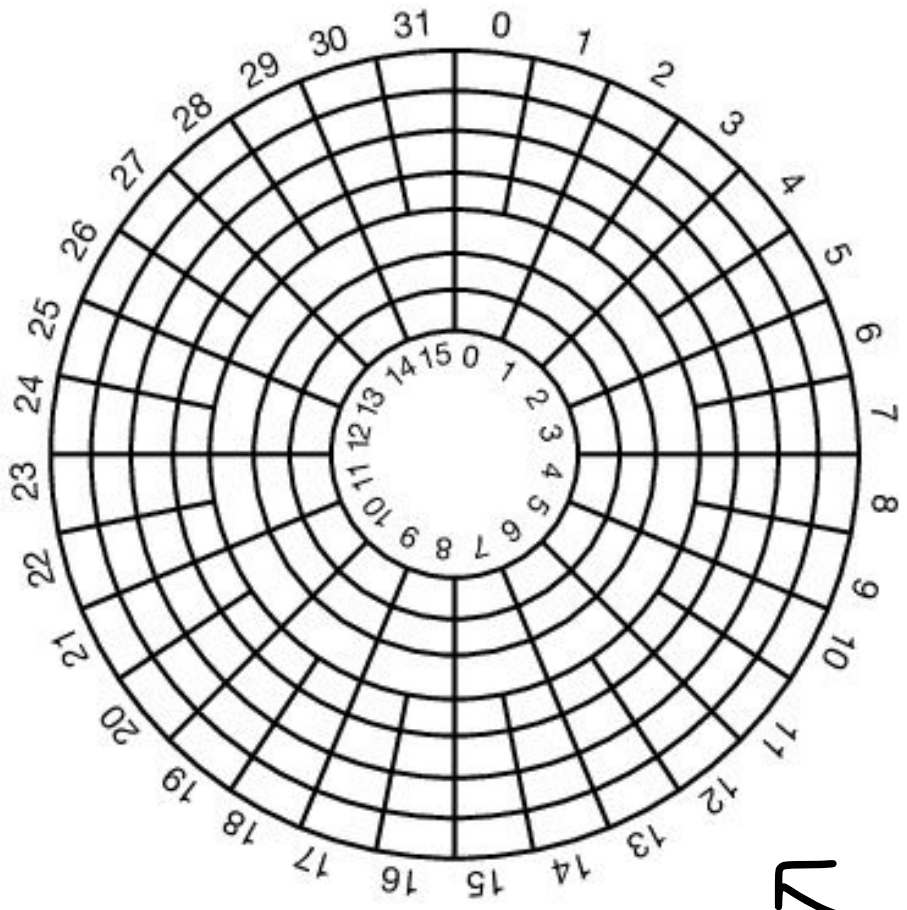
Caratteristiche dei dischi a testina mobile

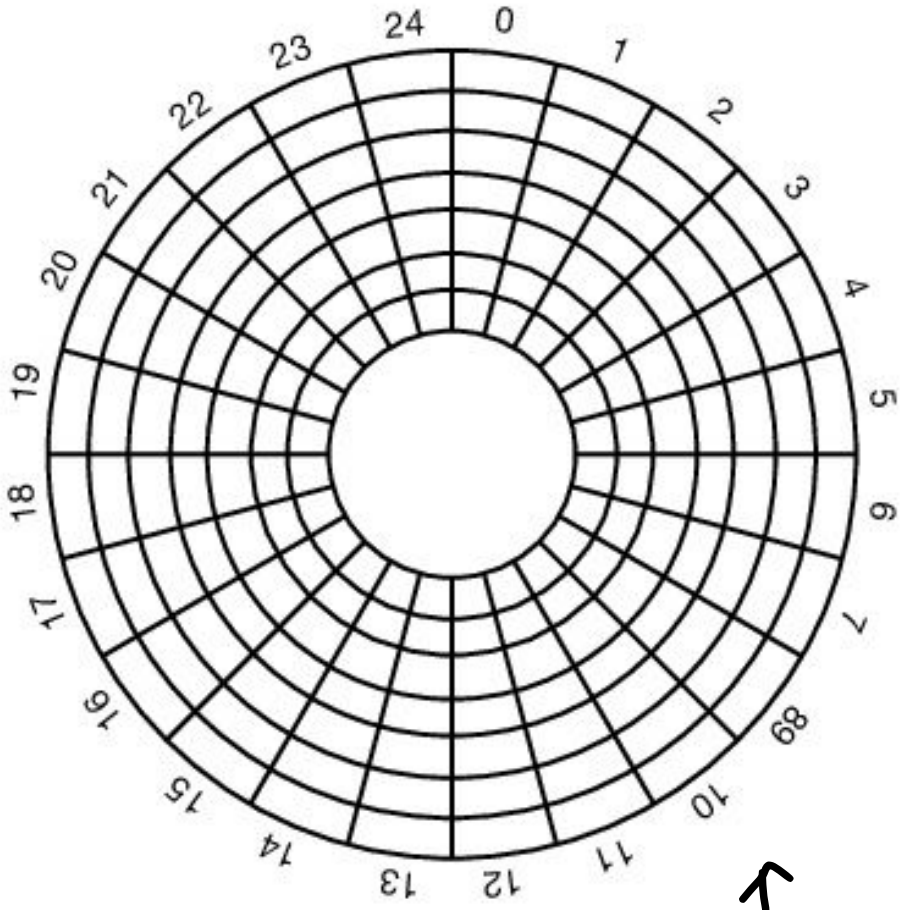
Dischi dividono le tracce in molti settori, ognuno tipicamente contiene 512 byte

Rappresentazione schematica della superfice di un disco



Caratteristiche dei dischi a testina mobile





Numero di settori per cilindro – geometria fisica e geometria virtuale

I dischi moderni supportano un sistema di indirizzamento logico dei blocchi con numerazione dei settori senza considerare la geometria del disco

RAID – Redundant array of inexpensive disks

Uso di meccanismi di

- ridondanza per aumentare l'affidabilità
- parallelismo per migliorare le prestazioni dei dischi

RAID è visto dal sistema come una sola grande unità disco

La progettazione include

- la gestione di un insieme di dischi a cui si accede in parallelo
- la gestione di molte copie di parti di dati
- la distribuzione delle parti dei dati su più dischi

Distribuzione

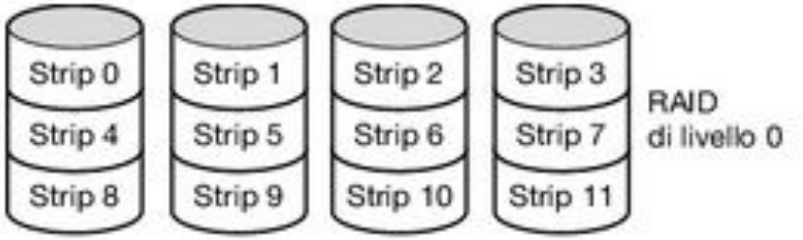
Partizione

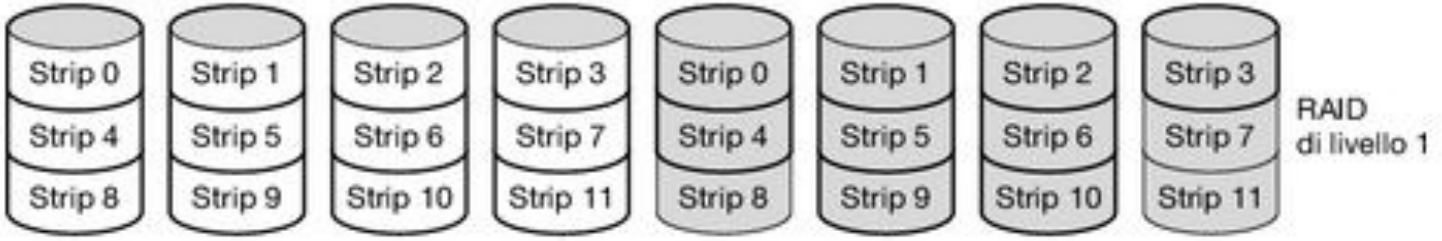
Insiemi (pila) di dischi SCSI o SATA

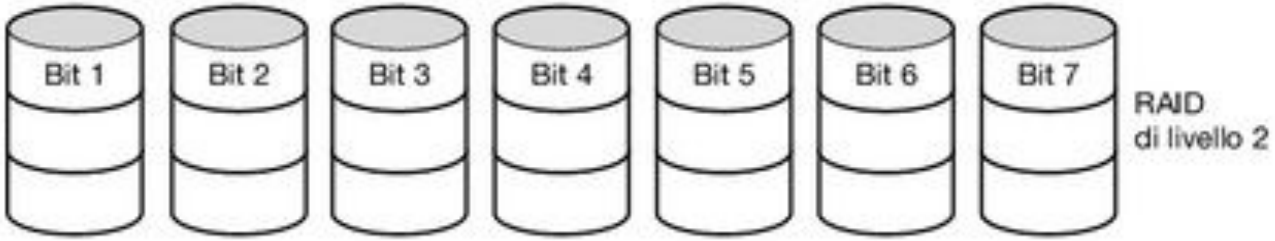
Compatibilità dei driver

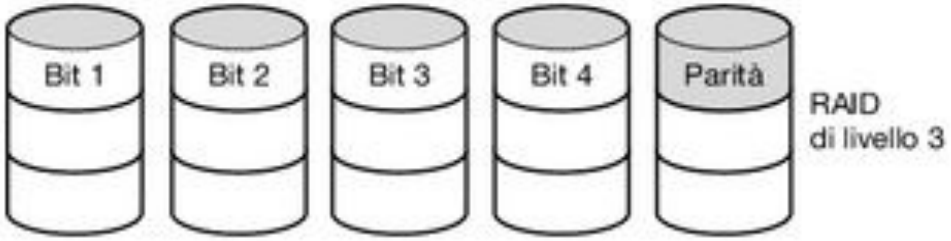
Diversi schemi di organizzazione dei RAID, detti livelli

RAID – Redundant array of inexpensive disks









Striping
ciascuna di k settori

Parallelismo
Prestazioni

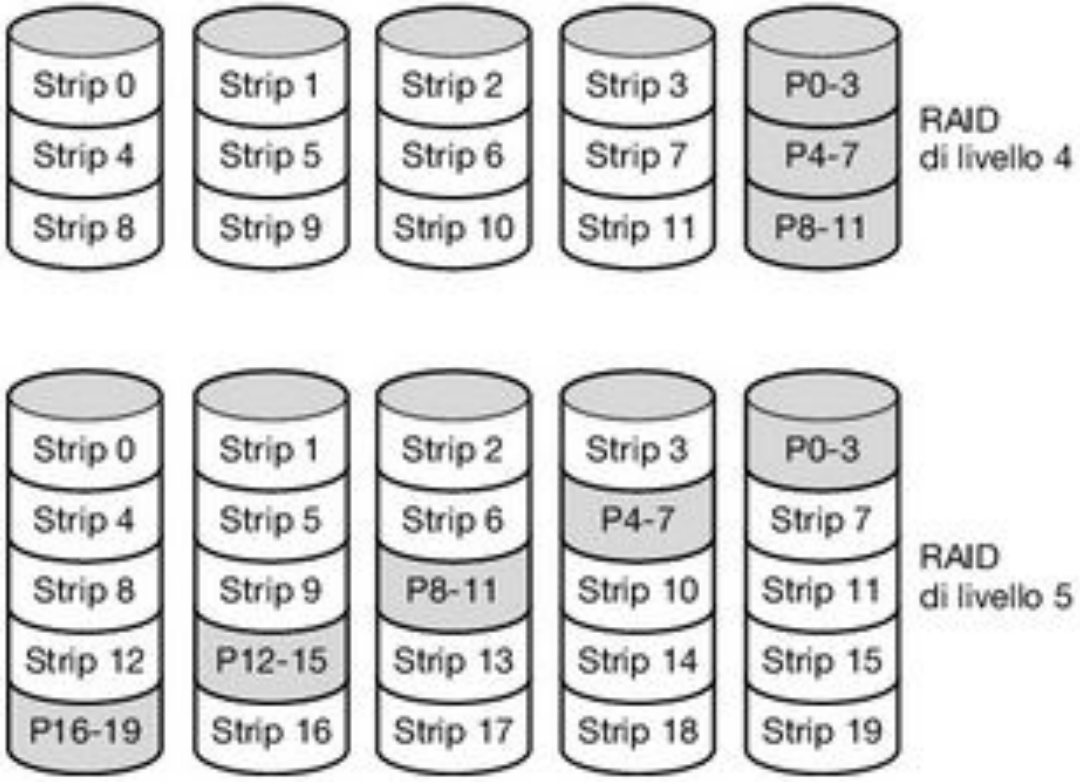
Ridondanza per la tolleranza i guasti

Parità a parole o a strip
Sincronizzazione dei dischi

Livelli 0,1,2,3

A. Tanenbaum – Modern Operating Systems

RAID – Redundant array of inexpensive disks



Livelli 4 e 5

Striping
Parità a strip

Prestazioni basse
per piccole modifiche

Centralizzazione
della parità

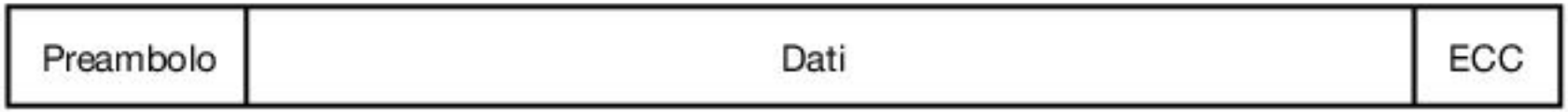
Parallelismo
Prestazioni

Ridondanza per la
tolleranza i guasti

Tecniche di
ricostruzioni in caso
di perdite da guasti

Formattazione dei dischi

Formattazione a basso livello dei piatti del disco, via sw
Tracce concentriche con i settori



Settore di un disco

ECC informazioni ridondanti per recupero di errori, es. 16 byte

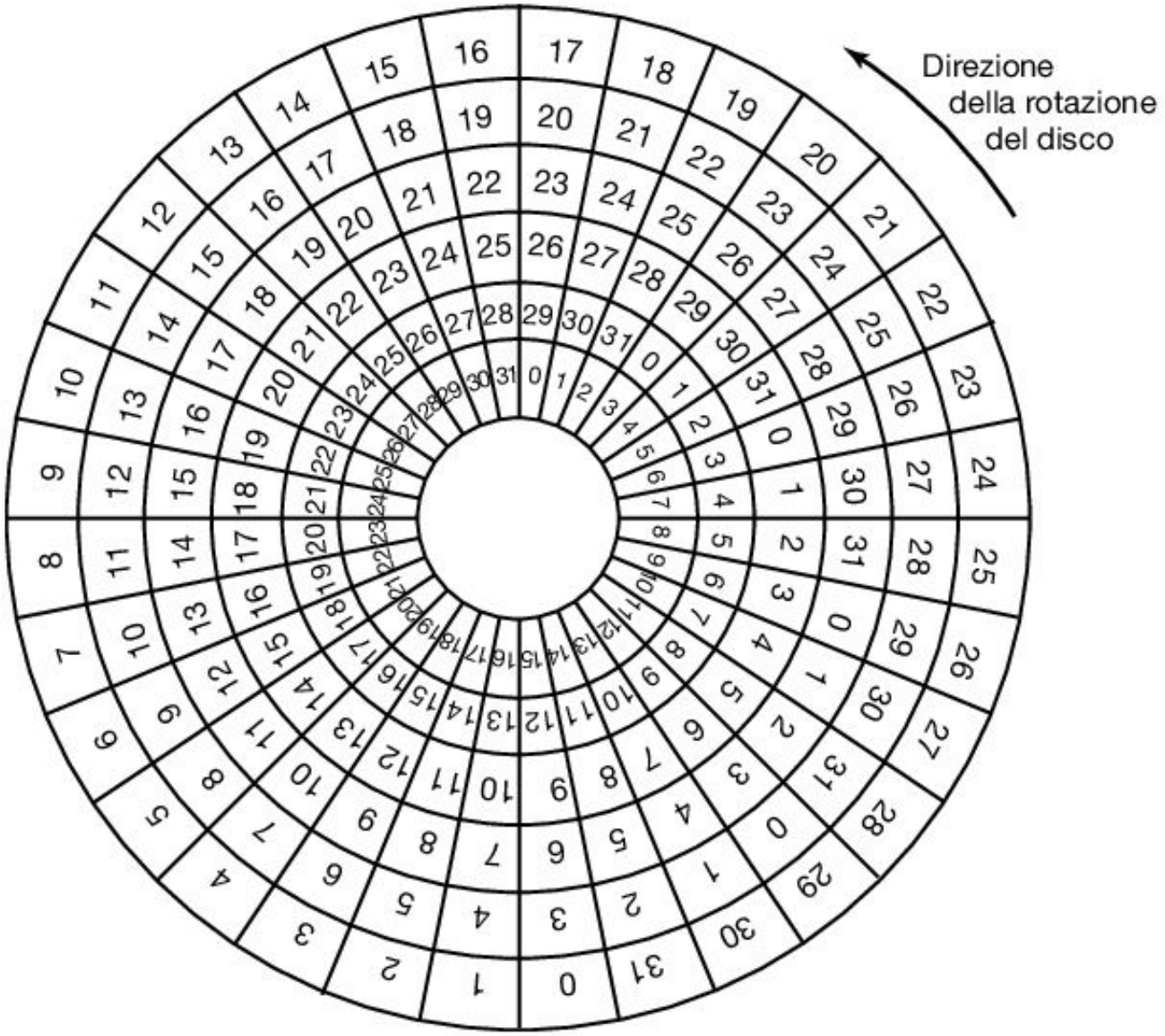
Lo spazio nel disco formattato si riduce es. circa del 20%

Cylinder Skew
per ogni traccia il settore 0 è spostato rispetto alla traccia precedente
per migliorare le prestazioni

Partizionamento del disco: tabella delle partizioni e dimensione di ogni partizione

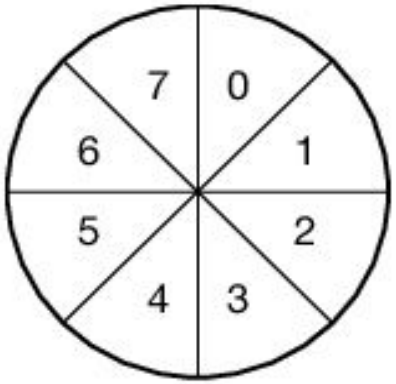
Formattazione ad alto livello di ogni partizione
Definisce: il blocco di avvio, gestione dello spazio libero, directory principale (*root*) e il file system (vuoto)

Formattazione dei dischi

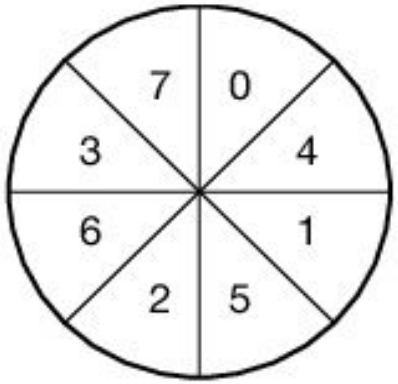


Cylinder
Skew

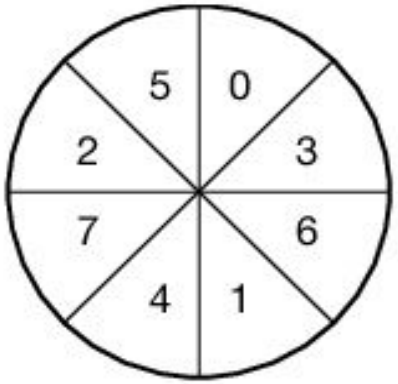
Formattazione dei dischi



Nessun interleaving



Interleaving singolo



Interleaving doppio

Lettura di due settori consecutivi
Permette al controller di copiare un settore dal buffer in memoria principale
- Interleaving singolo
- Interleaving doppio (per copie lente)

Necessità dello Scheduling del disco

- Scheduling First-come-first-served (FCFS) : notevoli svantaggi
  - La ricerca di dati con posizioni distribuite in modo casuale produce lunghi tempi di attesa e scarso throughput
  - Sotto carico pesante, il sistema può comportarsi in modo critico (*trashing*)

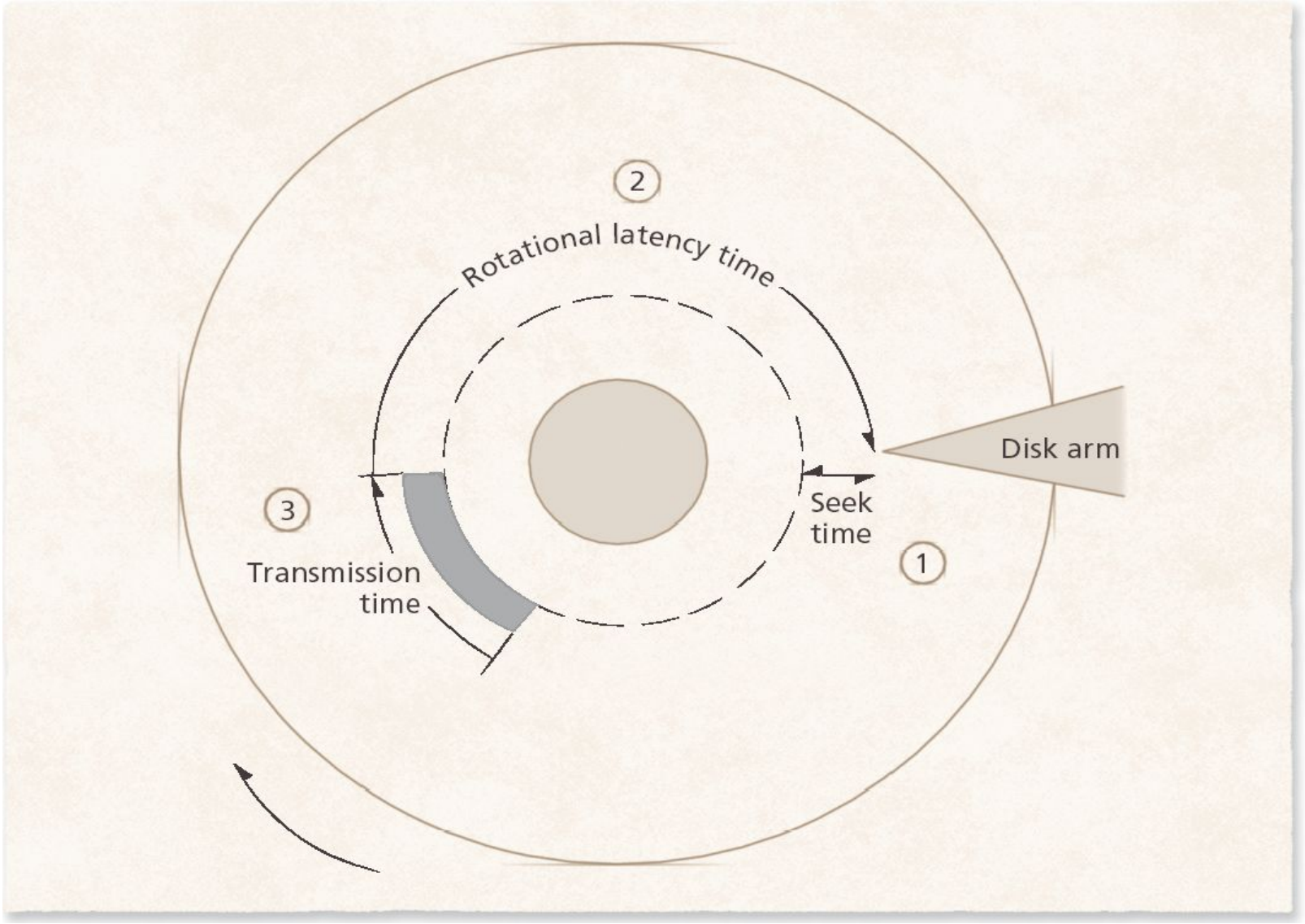
- Le richieste devono essere servite in ordine **logico** per minimizzare i ritardi
  - Servire le richieste che richiedono il minimo movimento meccanico

- I primi algoritmi di scheduling del disco si sono concentrati sulla minimizzazione del tempo di *seek*, la componente del tempo di accesso al disco con maggior latenza

- I moderni sistemi ottimizzano anche il tempo di rotazione

Necessità dello Scheduling del disco

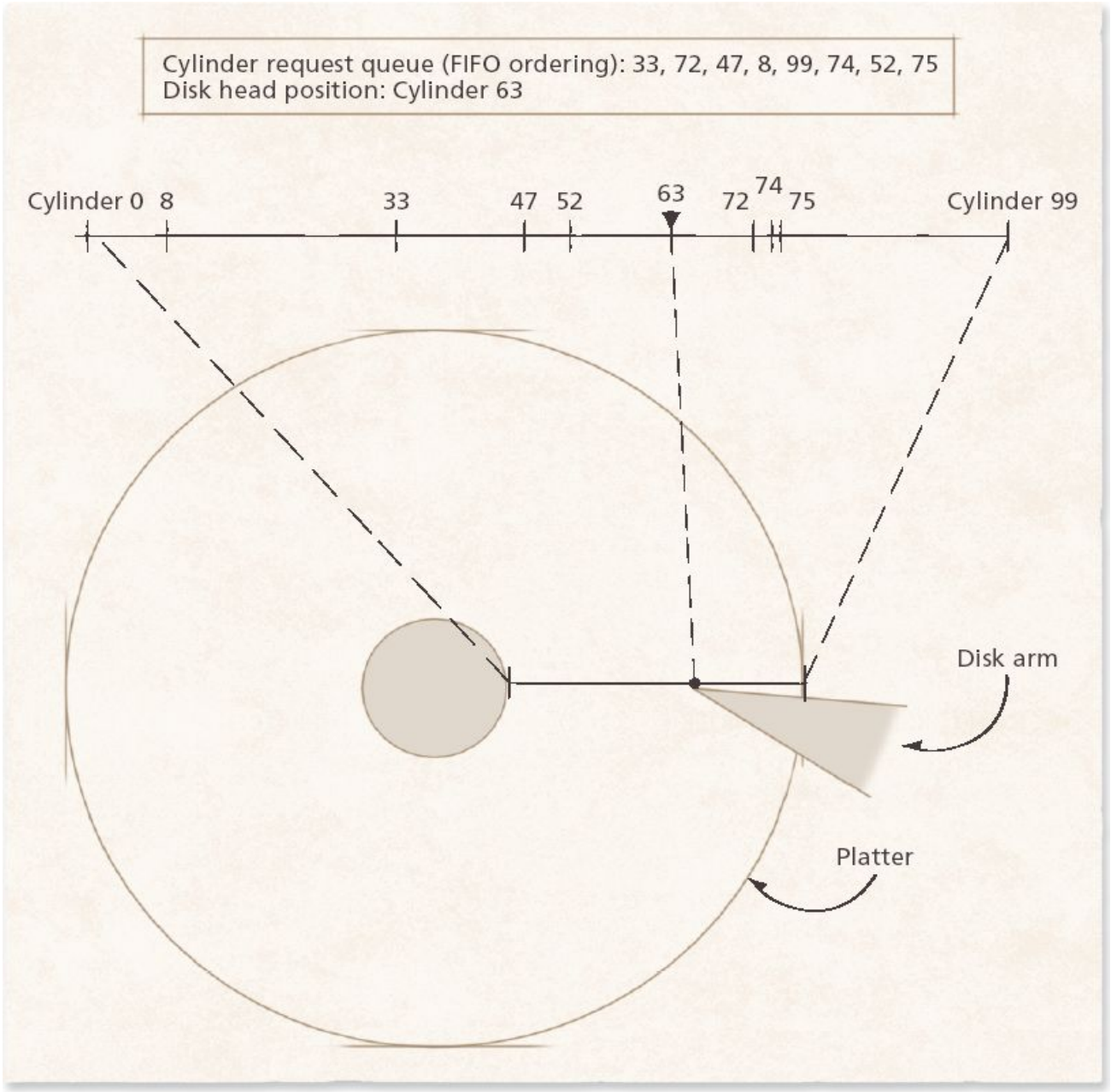
Componenti del tempo di accesso ad un disco



Strategie di Scheduling del disco

- Tre criteri per misurare le strategie
  - **Throughput**
    - Numero di richieste servite per unità di tempo
  - **Tempo** medio di **risposta**
    - Tempo medio di attesa che la richiesta sia servita e di servizio
  - Varianza del tempo di risposta
    - Misura della prevedibilità del tempo di risposta
- Obiettivi generali
  - Massimizzare il throughput
  - Minimizzare il tempo di risposta e la varianza di tempi di risposta

Strategie di Scheduling del disco



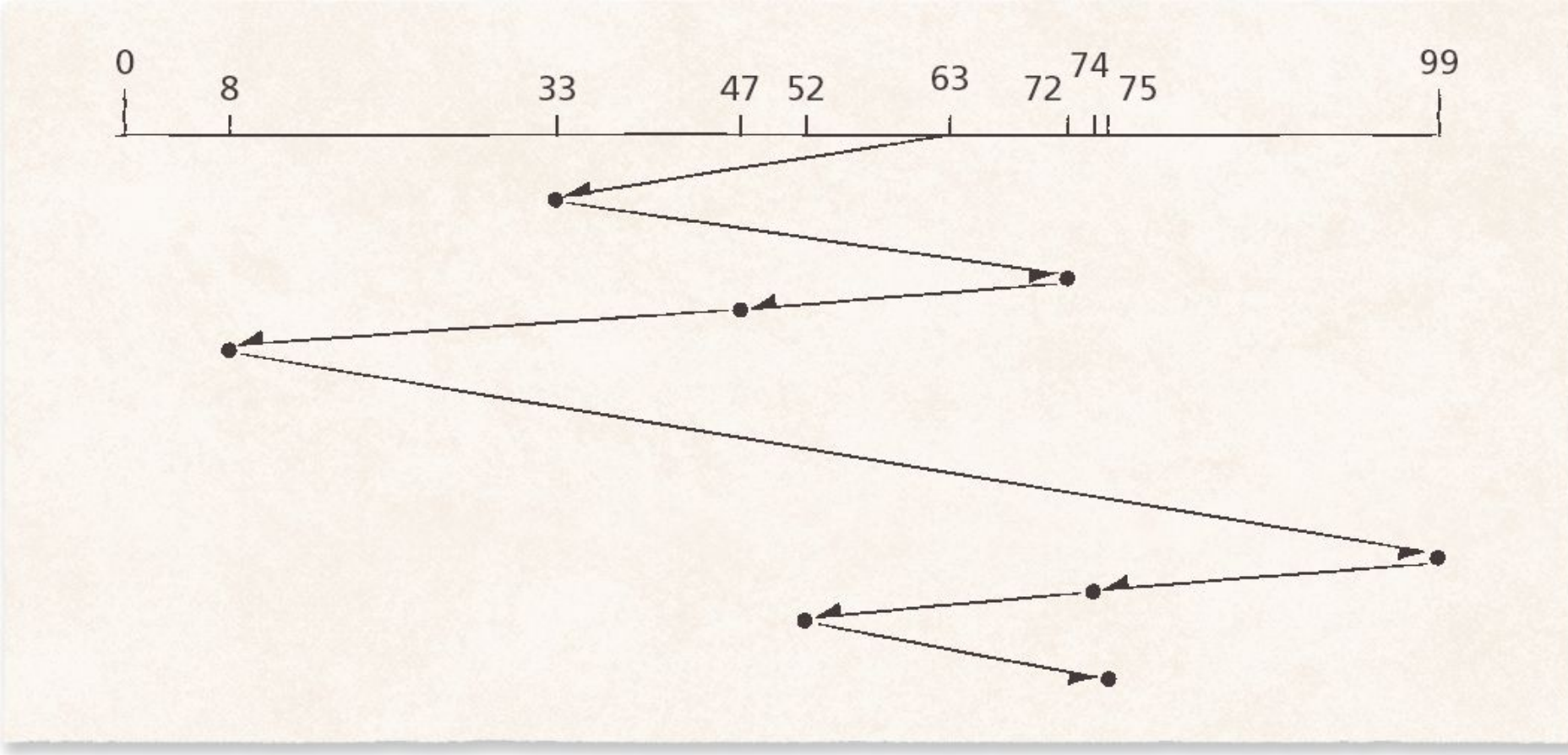
Modello di richieste di accesso ad un disco

Scheduling del disco First-Come-First-Served (FCFS)

- Richieste servite in ordine di arrivo
  - Vantaggi
    - Equo
    - Previene l'attesa infinita
    - basso overhead
  - Svantaggi
    - Possibile throughput estremamente basso
      - FCFS in genere porta ad un modello di ricerca di seek casuale perché non riordina le richieste per minimizzare il ritardo di servizio

Scheduling del disco First-Come-First-Served (FCFS)

Operazioni di seek con la strategia FCFS



Coda di richieste: 33, 72, 47, 8, 99, 74, 52, 75 – Cilindro di partenza: 63

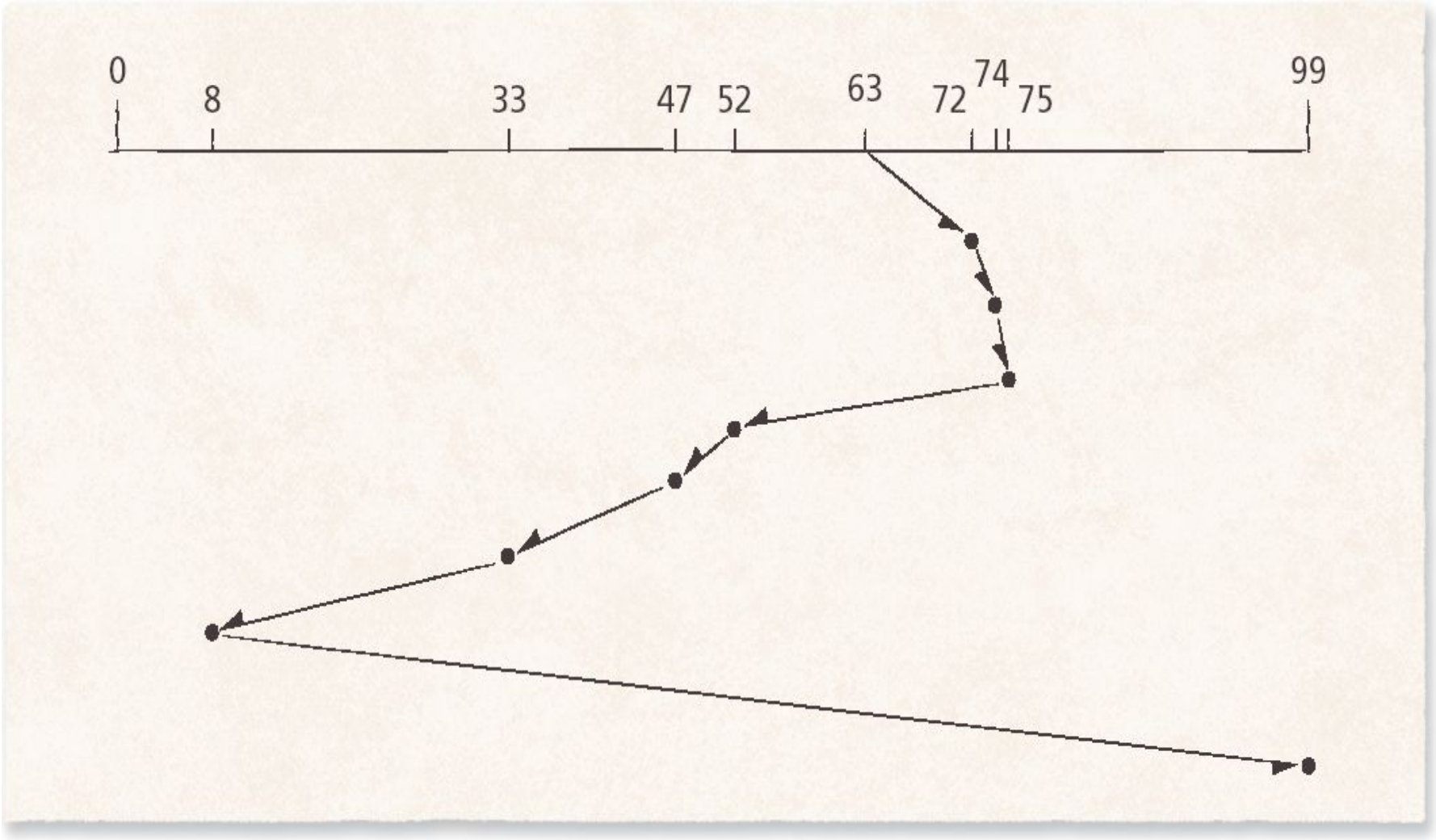
Tempo medio di seek: tempo totale 294, tempo medio 36,75

Shortest-Seek-Time-First

- SSTF: richiesta di servizio più vicina alla testina di lettura-scrittura
  - vantaggi
    - throughput maggiore e tempi di risposta inferiori rispetto a FCFS
    - soluzione ragionevole per i sistemi di elaborazione batch
  - svantaggi
    - Non garantisce equità
    - Possibilità di attesa infinita
    - Alta varianza dei tempi di risposta
    - Il tempo di risposta generalmente inaccettabile per sistemi interattivi

Shortest-Seek-Time-First

Operazioni di seek con la strategia SSTF



Coda di richieste: 33, 72, 47, 8, 99, 74, 52, 75 – Cilindro di partenza: 63

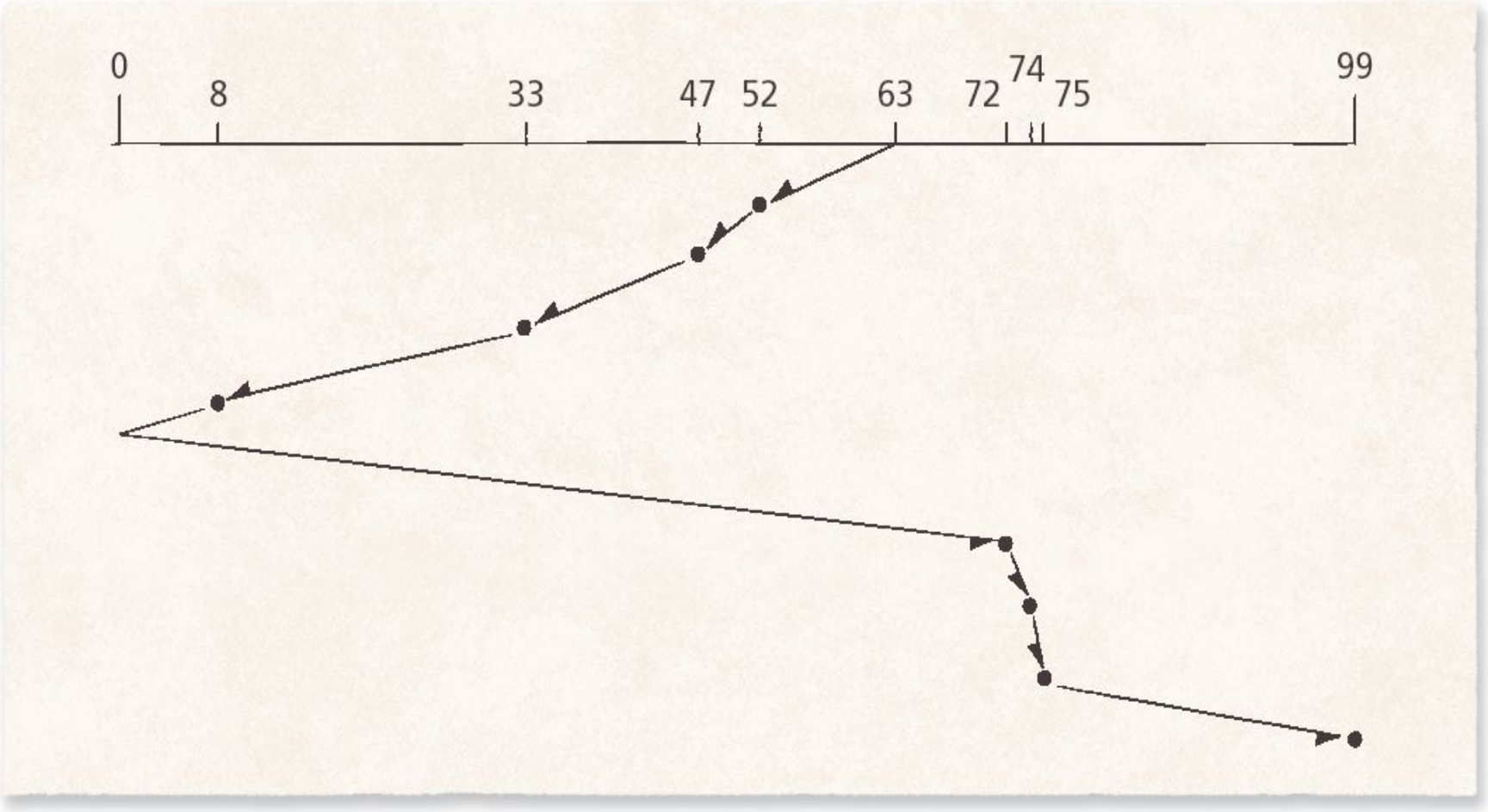
Tempo medio di seek: tempo totale 170, tempo medio 21,25

Scheduling del disco SCAN

- SCAN: tempo più breve di *seek* in una direzione preferita
  - Non cambia direzione fino a quando non si è raggiunto il limite del disco
  - Algoritmo dell'ascensore
  - Caratteristiche simili a SSTF
  - Attesa infinita ancora possibile
  - Non equo, le tracce centrali favorite
  - Migliora la varianza dei tempi di risposta

Scheduling del disco SCAN

Operazioni di seek con la strategia SCAN



Coda di richieste: 33, 72, 47, 8, 99, 74, 52, 75 – Cilindro di partenza: 63

Tempo medio di seek: tempo totale 165, tempo medio 20,25

Scheduling del disco C-SCAN

- C-SCAN: (Circolare):

  simile a SCAN, ma alla fine di una scansione verso l'interno,

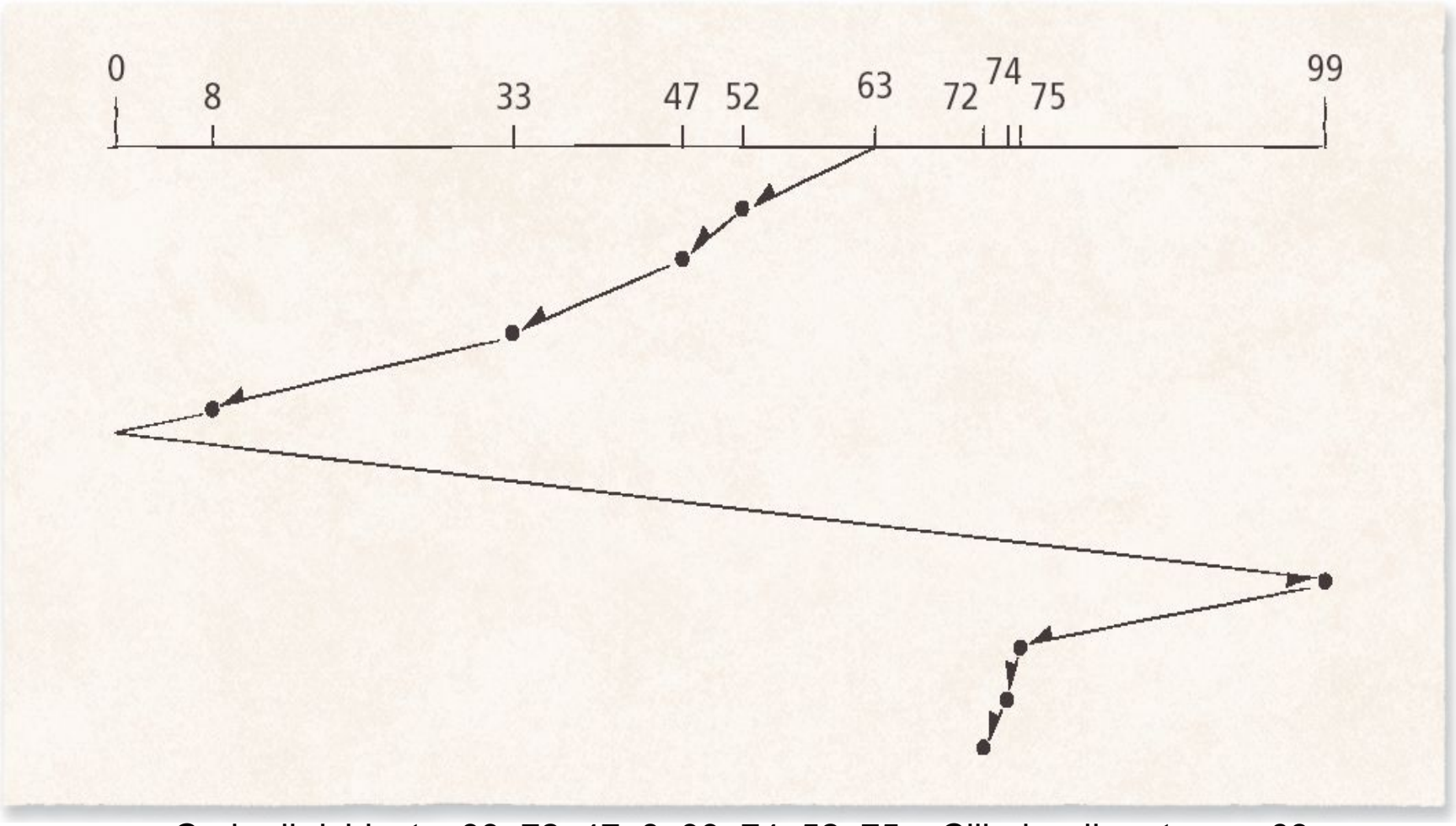
  il braccio del disco salta (senza servire richieste) al cilindro più esterno

  si muove sempre nella stessa direzione per servire le richieste

  – Ulteriore riduzione della varianza dei tempi di risposta, a scapito del throughput e del tempo medio di risposta

Scheduling del disco C-SCAN

Operazioni di seek con la strategia C-SCAN



Coda di richieste: 33, 72, 47, 8, 99, 74, 52, 75 – Cilindro di partenza: 63

Tempo medio di seek: tempo totale 180, tempo medio 23,625

Scheduling del disco FSSCAN e N-Step SCAN

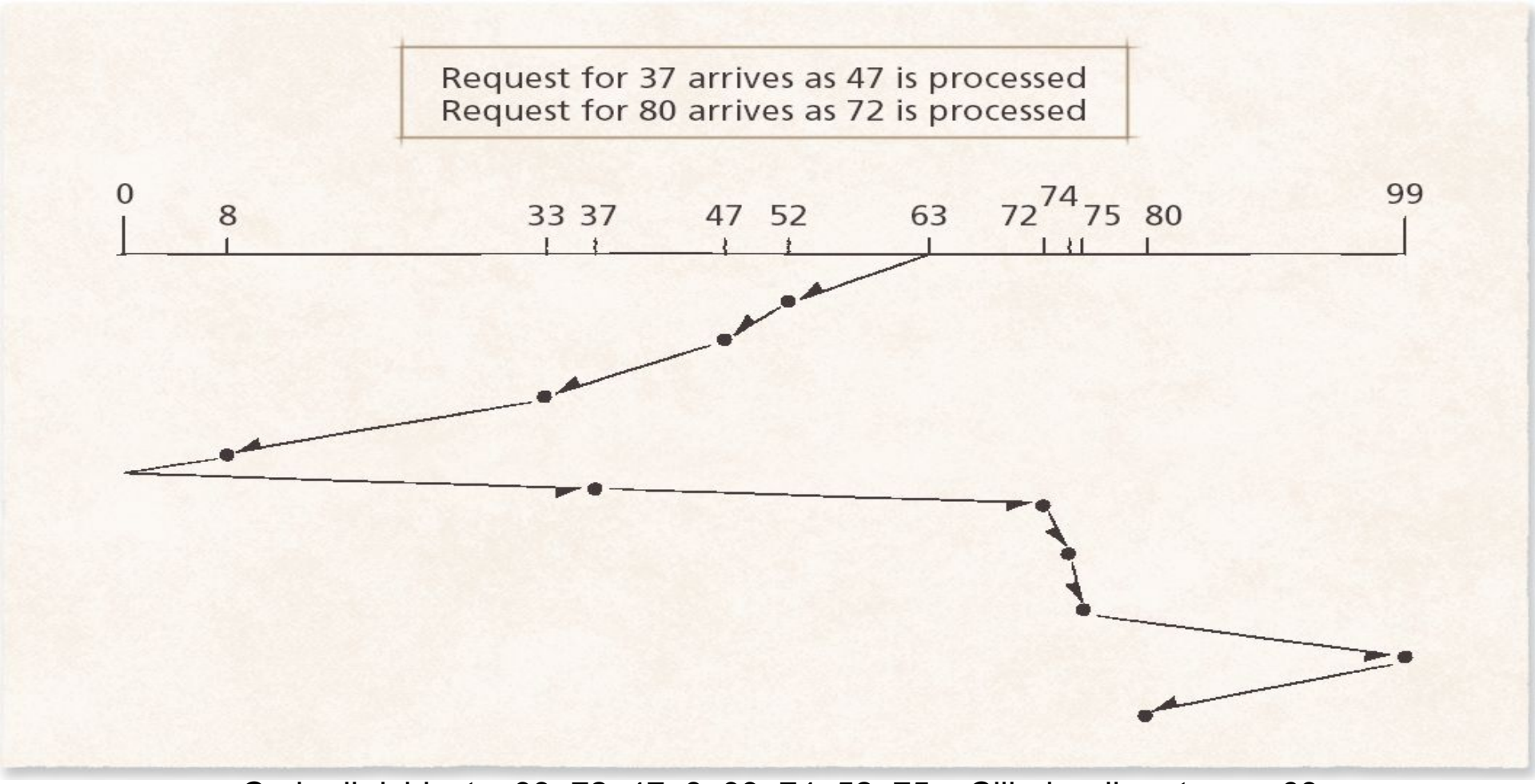
- Gruppi batch di richieste in
- FSCAN
  "congela" periodicamente la coda di richieste al disco e
  serve solo le richieste in coda in quel momento
- N-Step SCAN:
  serve solo le prime *n* richieste nella coda in quel momento

  –Entrambe le strategie prevengono l'attesa infinita

  –Entrambe riducono la varianza dei tempi di risposta rispetto a SCAN

Scheduling del disco FSSCAN e N-Step SCAN

Operazioni di seek con la strategia FSCAN

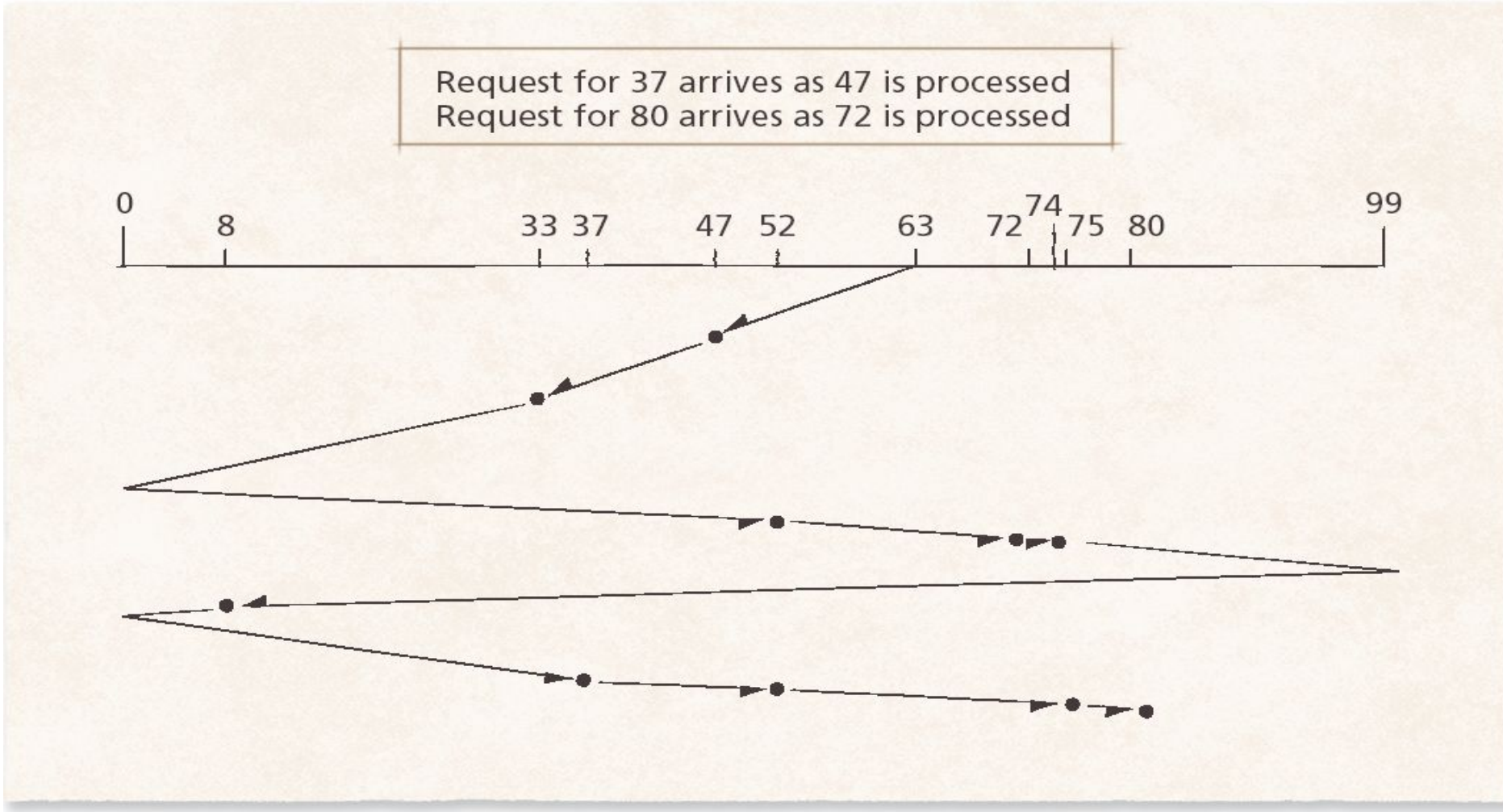


Coda di richieste: 33, 72, 47, 8, 99, 74, 52, 75 – Cilindro di partenza: 63

..37, …80

Scheduling del disco FSSCAN e N-Step SCAN

Operazioni di seek con la strategia N-Step SCAN (n=3)



Coda di richieste: 33, 72, 47, 8, 99, 74, 52, 75 – Cilindro di partenza: 63

..37, …80

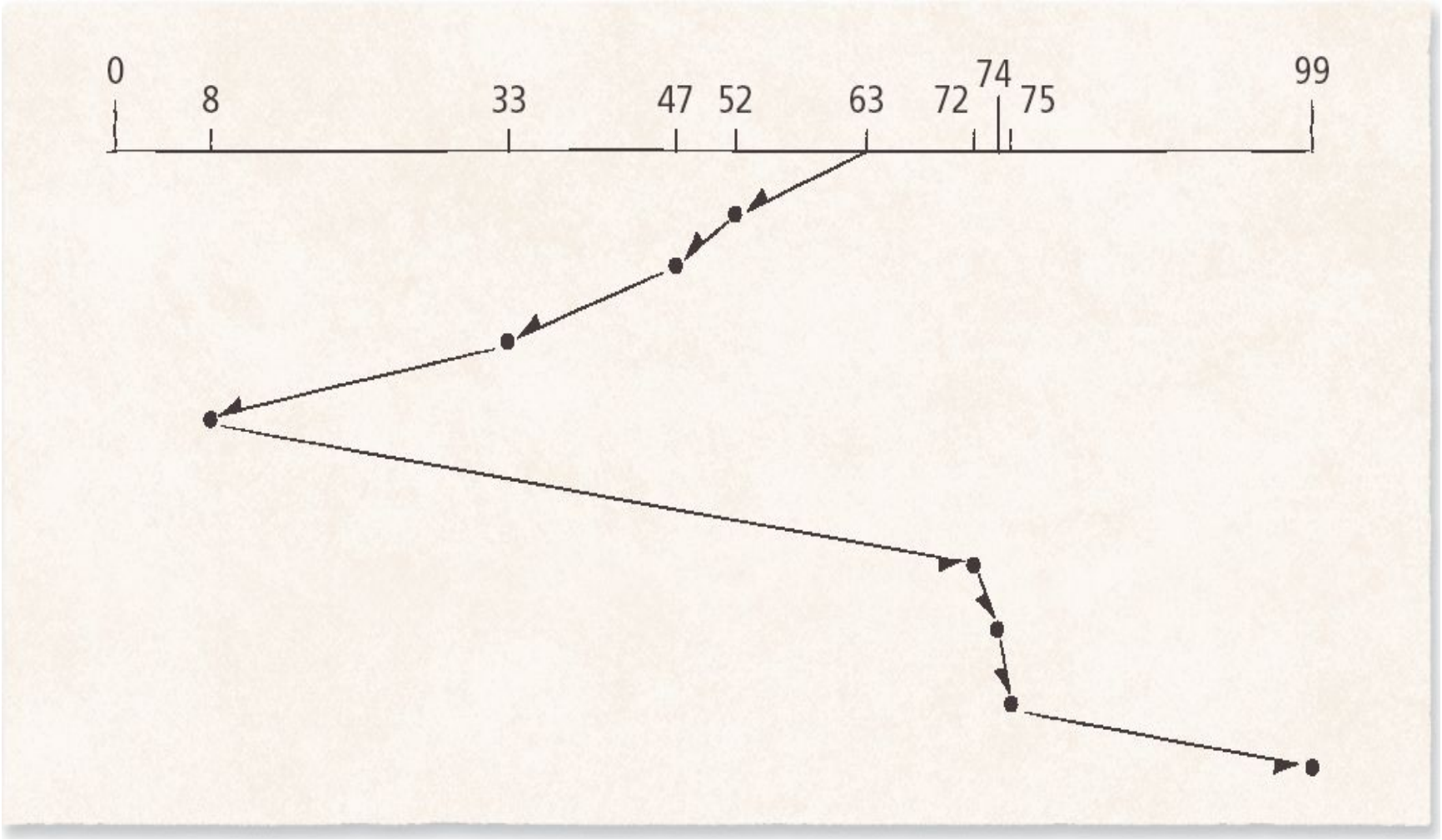
Scheduling del disco LOOK e C-LOOK

- LOOK: Migliora lo scheduling SCAN
  - (*look* ahead) continua fino al termine dell'attraversamento attuale per servire richieste, se non ci sono cambia direzione
    - Muove il braccio del disco verso il bordo esterno del disco se non ci sono richieste pendenti per tali regioni
    - Migliora l'efficienza evitando operazioni inutili di ricerca
    - Throughput elevato

- C-LOOK migliora lo scheduling C-SCAN
  - Combinazione di LOOK e C-SCAN
  - Quando non ci sono richieste nell'attraversamento verso l'interno si sposta verso le richieste posizionate più all'esterno senza servirne altre in mezzo e inizia un nuovo attraversamento
  - Minor varianza dei tempi di risposta di LOOK, a scapito della throughput

Scheduling del disco LOOK e C-LOOK

Operazioni di seek con la strategia LOOK



Coda di richieste: 33, 72, 47, 8, 99, 74, 52, 75 – Cilindro di partenza: 63

Scheduling del disco – sintesi e confronto

Strategia	Descrizione
FCFS	Serve le richieste in ordine di arrivo
SSTF	Serve per prime le richieste con minor distanza di *seek*
SCAN	La testina si sposta avanti e indietro e serve secondo SSTF
C-SCAN	La testina si sposta avanti e serve secondo SSTF in quella direzione, arrivata all'interno salta a quella più esterna e ripete
FSCAN	Come SCAN eccetto le nuove rinviate al successivo attraversamento
SCAN n-STEPS	Come FSCAN ma serve solo *n* richieste per attraversamento. Evita l'attesa infinita
LOOK	Come SCAN, ma la testina cambia direzione quando raggiunge l'ultima richiesta nella direzione preferenziale
C-LOOK	Come C-SCAN, ma la testina si ferma quando raggiunge l'ultima richiesta nella direzione preferenziale, serve la richiesta al cilindro più vicino al lato opposto del disco

Ottimizzazione rotazionale

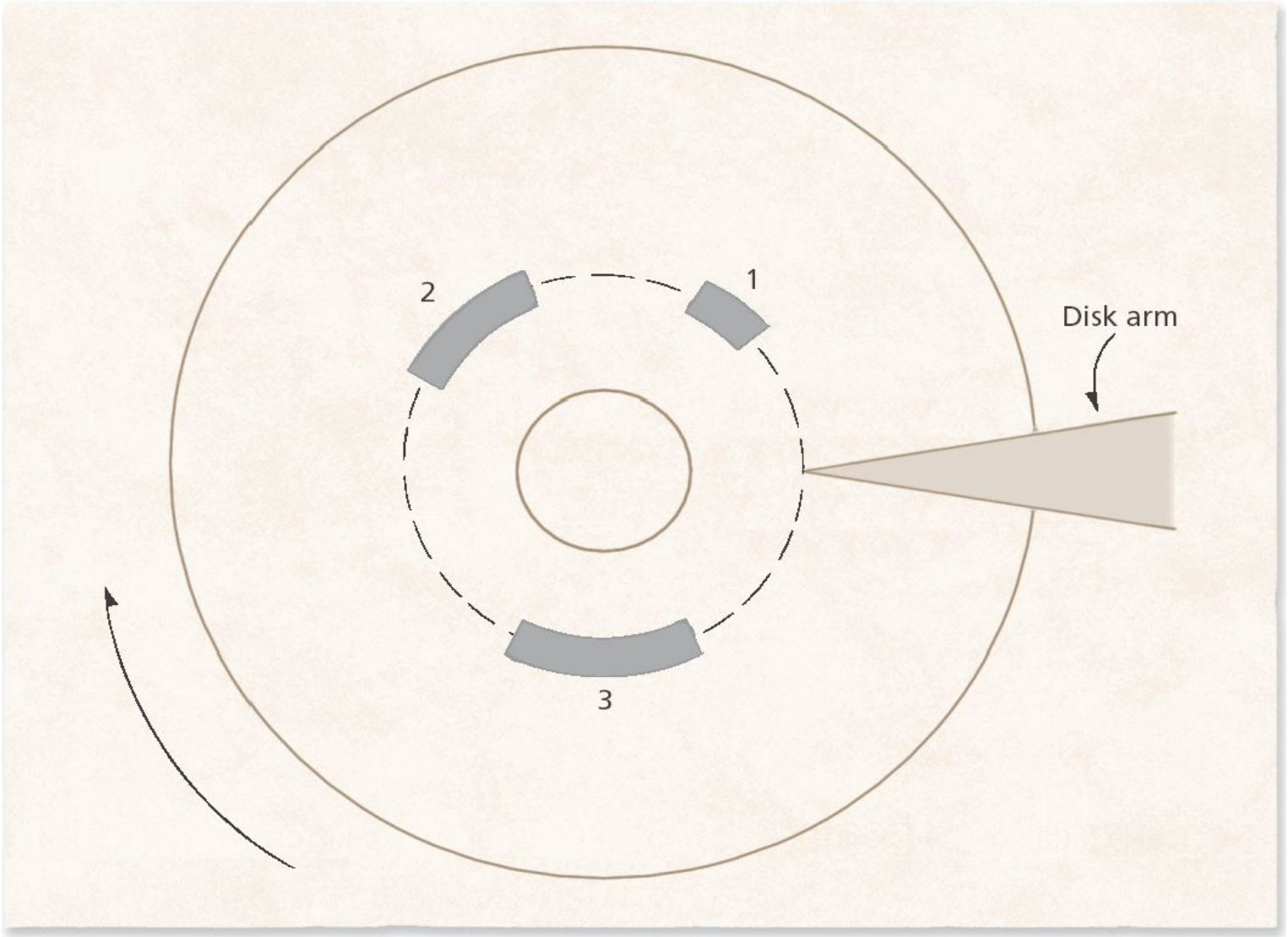
- Il tempo di ricerca (*seek*) precedentemente determinava i problemi di prestazioni
- Se i tempi di ricerca e la latenza rotazionale sono dello stesso ordine di grandezza
    - strategie sviluppate di recente tentano di ottimizzare le prestazioni del disco riducendo la latenza rotazionale
    - Importante quando si accede a piccoli porzioni di dati distribuiti casualmente in tutto il disco

Scheduling SLTF

- Shortest-latency-time-first scheduling
  - In un dato cilindro, serve le richieste con la minima latenza di rotazione
  - Facile da implementare
  - Accodamento dei settori
  - Raggiunge prestazioni quasi ottimali per la latenza rotazionale

Scheduling SLTF

SLTF scheduling: le richieste sono servite nell'ordine indicato senza considerare l'ordine di arrivo



Scheduling SPTF e SATF

- Shortest-positioning-time-first scheduling
  - Tempo di posizionamento: somma di tempo di ricerca e la latenza di rotazione
  - SPTF serve per prima la richiesta con il minimo tempo di posizionamento
  - Buone prestazioni
  - Può causare attesa infinita (cilindri più sui bordi)

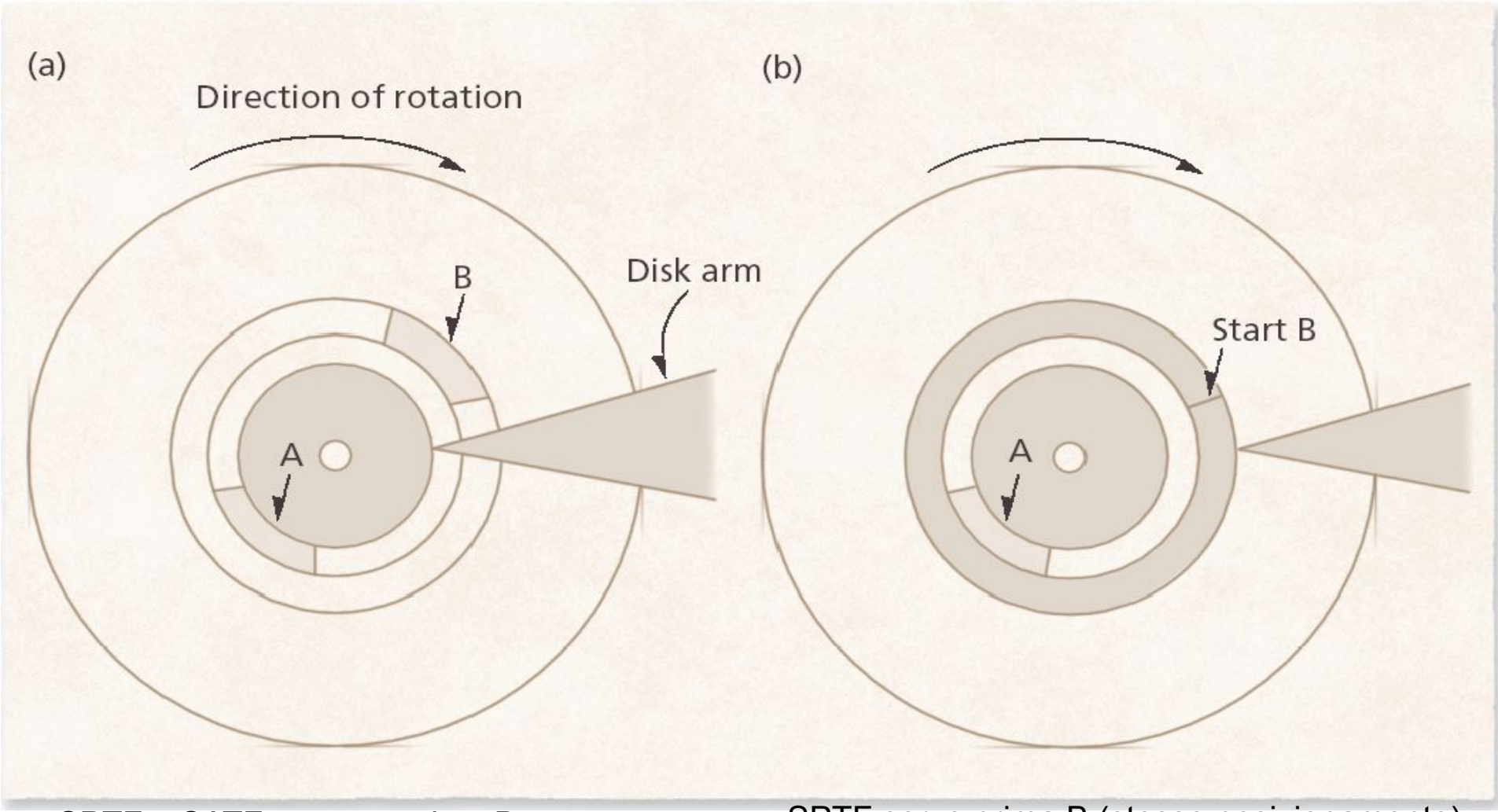
Scheduling SPTF e SATF

- Shortest-access-time-first scheduling
  - Variante di SPTF
  - Tempo di accesso: tempo di posizionamento più il tempo di trasmissione
  - Throughput elevato
    - Anche in questo caso, può causare attesa infinita

- Sia SPTF e SATF possono implementare LOOK (*ahead*) per migliorare le prestazioni

- Svantaggio
  - Sia SPTF e SATF richiedono la conoscenza delle caratteristiche di prestazioni del disco che potrebbero non essere immediatamente disponibili (tempi di *seek*, latenza, posizioni dei settori)
  - Possibile mascheramento al S.O. per controllo degli errori, correzione dei dati e riassegnazione trasparente dei settori danneggiati

Scheduling SPTF e SATF - esempio



SPTF e SATF servono prima B,
SST serve prima A (peggiori prestazioni)

SPTF serve prima B (stesso posizionamento)
SATF serve prima A (tempo di posizionamento + tempo di trasmissione)

Considerazioni di sistema

- Lo scheduling del disco è spesso utile, ma non sempre
  - Non aiuta sensibilmente nei sistemi processor-bound
  - Tipologie di carico: beneficio all'aumentare della multiprogrammazione e casualità
  - Richieste al disco in sequenze imprevedibili
    - *Esempi:* archiviazione in reti locali, uso di database e web server, molti utenti e richieste piccole (Online Transactions Processing)
  - Per distribuzioni non uniformi delle richieste, l'overhead dello scheduling può ridurre le prestazioni
    - *Esempio:* archiviazione di file posizionati su cilindri adiacenti
  - Le tecniche di organizzazione dei file a volte contrastano algoritmi di scheduling
  - Geometria reale e geometria virtuale possono vanificare i vantaggi degli algoritmi di scheduling

Caching e Buffering

- Buffer Cache: memorizzazione di una copia dei dati su disco in memoria più veloce
  - Situato in memoria principale, onboard cache, o sul controller del disco
  - Tempi di accesso molto minori dell'accesso al disco
  - Può essere usato come un buffer per ritardare la scrittura dei dati finché disco è sotto carico leggero

- Potenziale incoerenza
  - Il contenuto della memoria principale potrebbe essere perso per mancanza di corrente o guasto del sistema

Caching e Buffering

Gestione della possibile incoerenza

- Cache write-back (scrivi alla fine)
  - i dati non sono scritti su disco immediatamente, ma accorpati
  - Migliora le prestazioni
  - Periodicamente flushed verso il disco
- Write-through caching (scrivi subito)
  - Scrive contemporaneamente su disco e cache
  - Riduce le prestazioni rispetto al write-back, ma garantisce la coerenza

Possibile cache preventivo di più settori da parte del controller

Nota: cache del controller indipendente dalla cache del sistema operativo

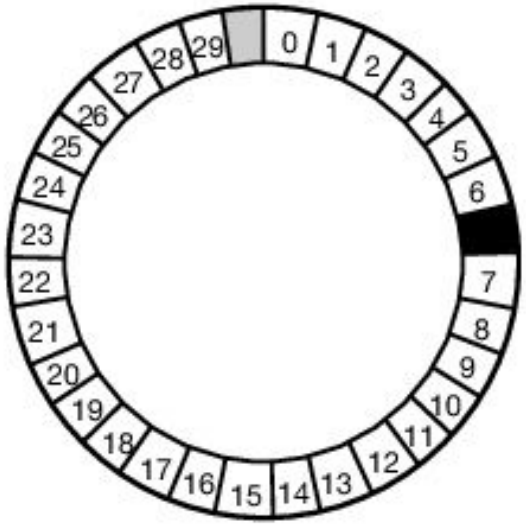
per blocchi non richiesti ma letti per convenienza della posizione

Gestione degli errori

Errori su una traccia, di settore

Settore difettoso
e settori di riserva

Nuovo mapping del
settore difettoso



Nuovo mapping del
settore difettoso e
dei successivi

Traccia di un disco con un settore con errore
Ridefinizione del mapping dei settori. Uso di tabelle interne, una per traccia.

Errori su un cilindro, di posizionamento

Possibile ricalibratura

Gestione degli errori

Problemi di affidabilità - uso di RAID

Problemi: crash e errori durante la lettura con corruzione dei dati
Memoria stabile: sottosistema disco che o scrive correttamente o non esegue niente.

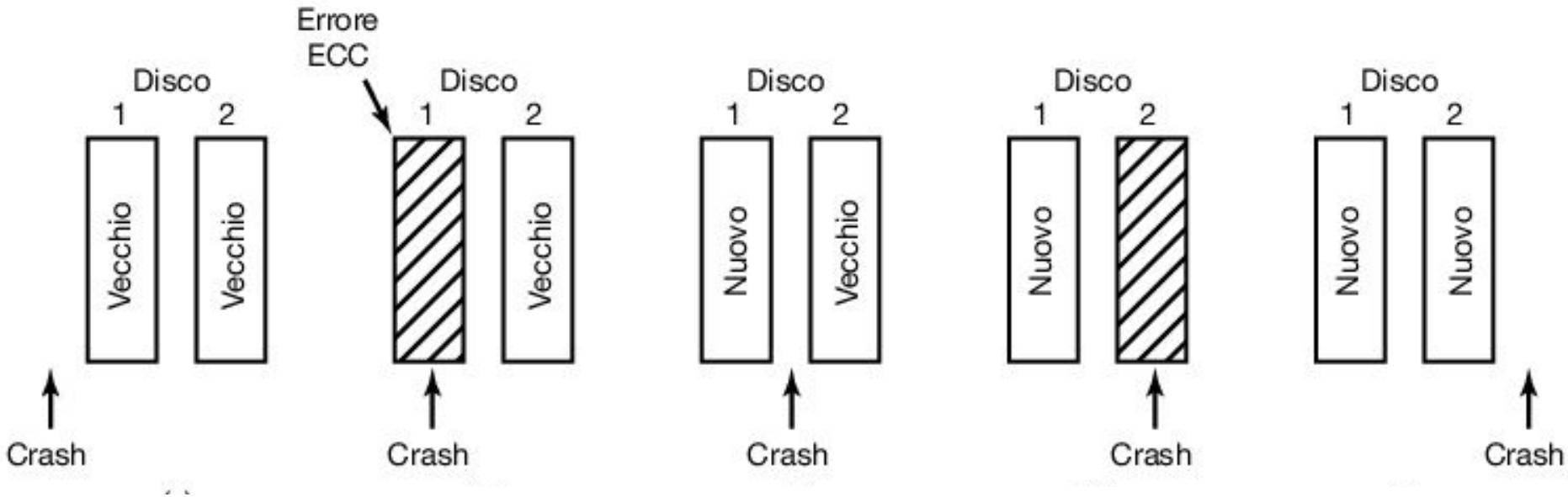
Assumendo di disporre di una coppia di dischi identici D1 e D2 e corrispondenti.

- Operazione dei scrittura stabile
  - scrive il blocco in D1, se non è corretto ripete *n* volte
  - se fallisce *n* volte mappa il blocco con uno di riserva e ripete
  - eventualmente ripete finché non completa
  - copia sul blocco corrispondente di D2
  - (scrittura corretta senza *crash* della CPU)
- Operazione dei lettura stabile
  - legge il blocco da D1, se non è corretto ripete *n* volte
  - se fallisce *n* volte legge da D2
  - (probabilità di doppio errore trascurabile)
- Ripristino da crash
  - scansione e confronto dei blocchi da D1 e D2
  - se uguali e validi è completato
  - se uno è errato viene riscritto con l'altro corrispondente
  - se validi ma diversi D1 sovrascrive D2

Gestione degli errori

Senza crash sono presenti due copie valide

In caso di crash della CPU diverse possibili situazioni per il ripristino



Dati corretti

Rileva errore su D1
Copia da D2

Rileva discrepanza
Copia D1 su D2

Rileva errore su D2
Copia D1 su D2

Dati corretti

Ripristino dei dati precedenti

Ripristino nuovi dati

Altre tecniche di ottimizzazione di prestazioni del disco

- Frammentazione di file e record a seguito di modifiche (aggiunte/rimozioni)
- Deframmentazione (riorganizzazione del disco)
  - Applicati periodicamente
  - Inserire i dati in relazione in settori contigui
  - Diminuisce il numero di operazioni di ricerca richiesto
  - Usare allocazione adiacente a spazio libero per dati frequenti o in espansione
  - Il partizionamento può aiutare a ridurre la frammentazione (file memorizzati in partizioni di disco)
- Compressione
  - I dati consumano meno spazio su disco
  - Migliora i tempi di trasferimento e di accesso
  - Maggiore overhead del tempo di esecuzione per la compressione / decompressione

Altre tecniche di ottimizzazione di prestazioni del disco

- Copie multiple di dati richiesti più frequentemente
  - Diverse posizioni del disco
  - Accesso alla copia più vicina alla testina di lettura-scrittura
  - Minor tempo di ricerca e di rotazione
  - Può comportare overhead significativi di memoria
  - Adatta per dati in sola lettura o rare modifiche (congruenza delle copie)
- Accorpamento di record (*blocking*)
  - Leggere / scrivere più record come unico blocco di dati
  - Riduce i tempi
- Anticipazione del braccio del disco
  - Quando inattivo, sposta il braccio del disco nella posizione dove è maggiore la probabilità del prossimo accesso ai dati, o al centro
  - Minor tempo di attesa specie in caso di località nella zona prevista
  - Se il braccio del disco predice in modo non corretto il prossimo accesso al disco, le prestazioni possono subire forti degradazioni
  - Meno efficace con la multiprogrammazione

Software per I/O

Input: da tastiera e da mouse

Output: verso finestre di testo, interfacce grafiche (GUI)

Il driver della tastiera fornisce un numero
- il driver converte in caratteri *(orientata a carattere)*
- usa una tabella ASCII
- li passa al programma

oppure gestisce una riga *(orientata a riga) (in POSIX modalità canonica)*
- la passa al programma
- caratteri speciali (comandi di controllo e gestione I/O)

Eccezioni, adattamenti necessari per altre lingue
- molti sistemi operativi forniscono keymap o codici caricabili

Software per I/O

Carattere	Nome POSIX	Commento
CTRL-H	ERASE	Cancella un carattere prima del cursore
CTRL-U	KILL	Cancella l'intera linea digitata
CTRL-V	LNEXT	Interpreta letteralmente il carattere successivo
CTRL-S	STOP	Ferma l'output
CTRL-Q	START	Avvia l'output
DEL	INTR	Interrompe il processo (SIGINT)
CTRL-\	QUIT	Forza il core dump (SIGQUIT)
CTRL-D	EOF	Fine del file
CTRL-M	CR	A capo (non modificabile)
CTRL-J	NL	Nuova riga (non modificabile)

Caratteri speciali in modalità canonica POSIX

Software per I/O

Output: verso finestre di testo, interfacce grafiche (GUI)

Finestra di testo

- blocco di caratteri (es. una linea)
- editori di schermo più complessi – comandi per gestire il cursore
  - sequenze di escape – *termcap* pacchetto sw uniforme standard ANSI

Sequenza di escape	Significato
ESC[nA	Muovi verso l'alto di n linee
ESC[nB	Muovi verso il basso di n linee
ESC[nC	Muovi a destra di n spazi
ESC[nD	Muovi a sinistra di n spazi
ESC[m;nH	Muovi il cursore a (m, n)
ESC[sJ	Cancella lo schermo a partire dal cursore (0 fino alla fine, 1 dall'inizio, 2 tutto)
ESC[sK	Cancella la linea a partire dal cursore (0 fino alla fine, 1 dall'inizio, 2 tutto)
ESC[nL	Inserisci n linee a partire dal cursore
ESC[nM	Cancella n linee a partire dal cursore
ESC[nP	Cancella n caratteri a partire dal cursore
ESC[n@	Inserisci n caratteri a partire dal cursore
ESC[nm	Abilita l'interpretazione n (0 = normale, 4 = grassetto, 5 = lampeggiante, 7 = in negativo)
ESCM	Fa scorrere lo schermo indietro se il cursore è alla prima linea

Software per I/O

Sistema X Window (X)

interfaccia per sistemi Unix

sviluppato al M.I.T., portabile, eseguito nello spazio utente

sistema sw cliente-servente

possono essere eseguiti sulla stessa macchina

o su macchine diverse

guidato da eventi

input: tastiera e mouse (X client)

output: schermo (X server)

es. su Linux ambienti desktop Gnome e KDE eseguiti su X

Sistema X non è una GUI completa

Struttura a livelli

Xlib libreria X: procedure per accedere alle funzioni di X

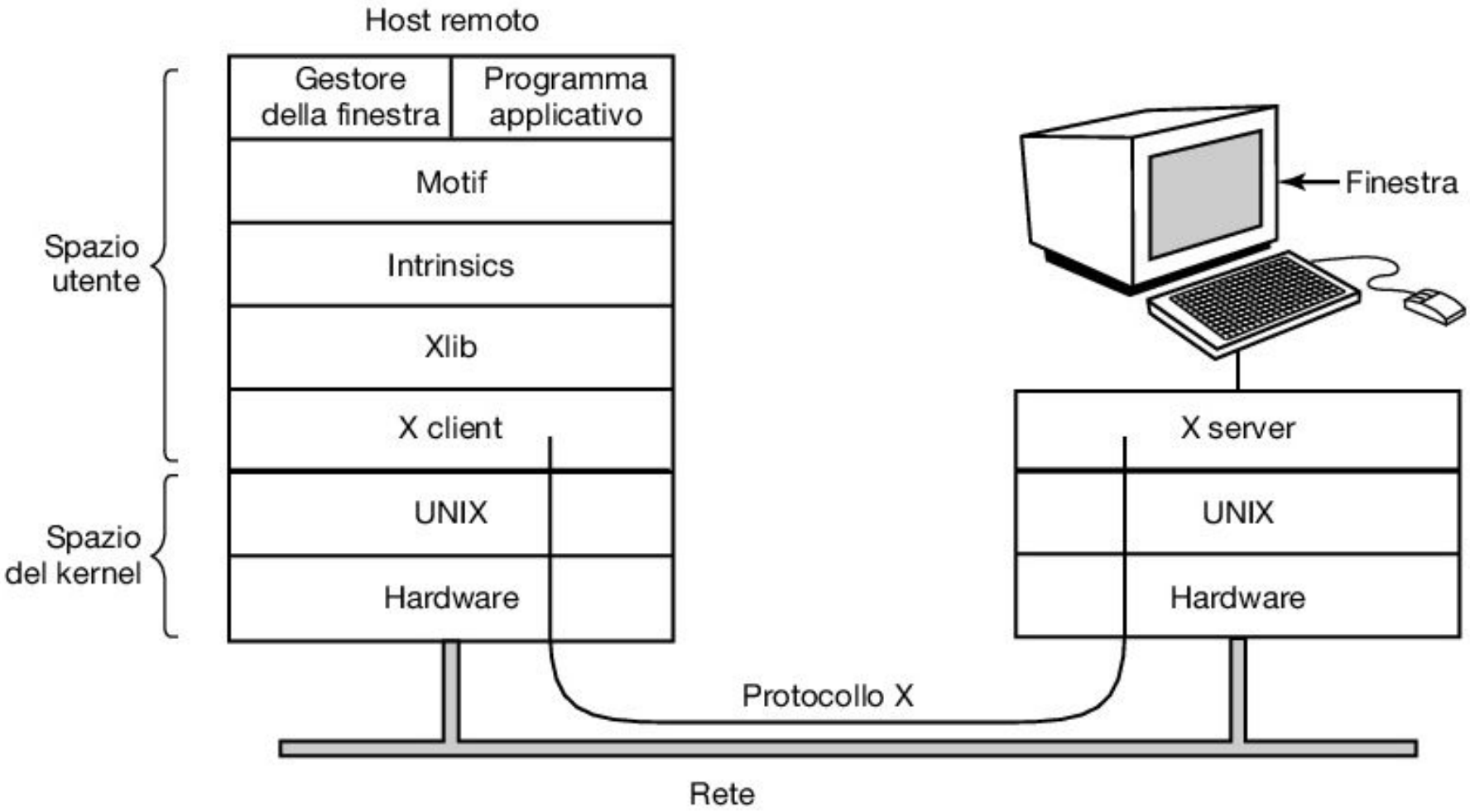
protocollo X dialogo fra X client e X server

Intrinsics strato con strumenti per accedere e usare Xlib

es. gestione dei testi, barre di scorrimento, etc – widget

Motif rende uniforme l'accesso alle funzioni

Software per I/O



Sistema X Window (X)

es.: struttura di Common Desktop Environment su Solaris e altri sistemi UNIX

Software per I/O

La gestione delle finestre non è parte del sistema X
Window Manager cliente separato dall'X client
gestione dello schermo
interagisce con X client

Schema adottato nei s.o. Unix, Linux, nelle diverse varianti
Interfaccia standard

Nel s.o. Windows i sistemi a finestra e le GUI sono uniti
collocati nel livello nucleo
più complessa la manutenzione e portabilità

Software per I/O - GUI

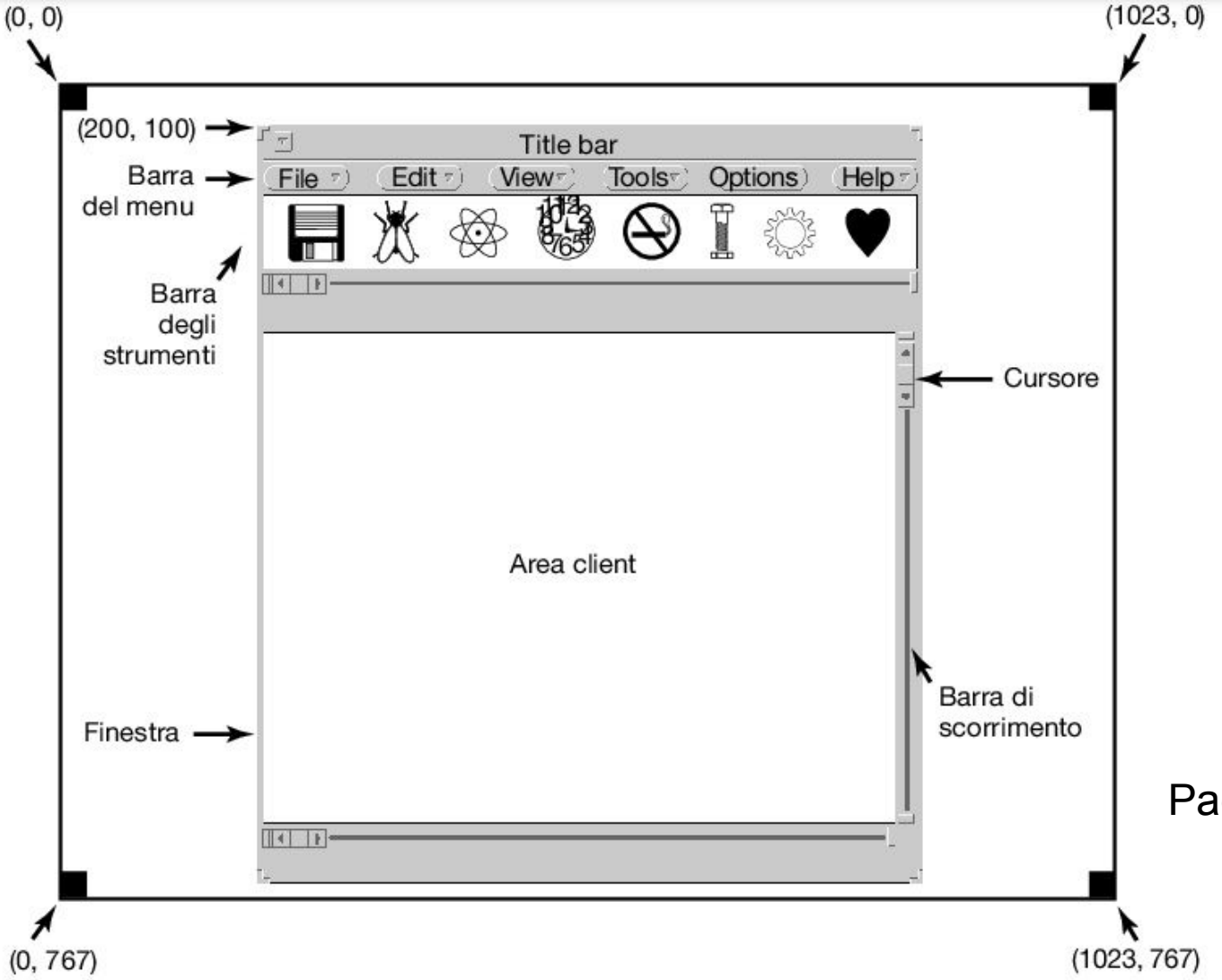
Graphical User Interface - GUI

Sviluppato alla Università di Stanford, poi da Xerox,
poi adottato dalla Apple
Lisa – sistema Macintosh
Microsoft poi ne usa alcuni elementi di interfaccia e sviluppa il sistema Windows

Elementi del GUI: WIMP Windows – Icons – Menu – Pointer

Sviluppato a livelle utente (*Unix*)
a livello nucleo (*Windows*)

Software per I/O - GUI



Esempio di GUI:
Finestre
Icone
Menu
Puntatore

GDI
Graphical
device interface

Pacchetto di procedure per la gestione dello schermo