

# Sistemi RAID

1

# Sommario

- Motivazioni
- Concetti di base
- Livelli RAID

2

## Motivazione

- L'evoluzione tecnologica ha permesso di avere dischi sempre più piccoli e meno costosi
  - E' facile equipaggiare un sistema con molti dischi
- La presenza di più dischi consente:
  - maggiori prestazioni: letture/scritture in parallelo
  - maggior affidabilità: tramite ridondanza

## RAID – definizione e obiettivi

- Redundant Array of Independent (Inexpensive) Disks.
- Obiettivi:
  - Migliorare l'affidabilità
  - Incrementare le prestazioni

## Struttura dei dispositivi RAID

- **Struttura SW**
  - Più dischi indipendenti collegati al bus
  - Funzionalità RAID implementata dal sistema operativo
- **Struttura HW**
  - Controllore intelligente gestisce diversi dischi collegati alla macchina
- **Batteria RAID**
  - Unità a se stante composta da controllore, cache, e dischi autonomi collegati a una macchina

## Concetti base

- Le strutture RAID si basano su:
  - Copiatura speculare dei dati (mirroring)
  - Sezionamento dei dati (data striping)per implementare una sorta di parallelismo che garantisce aumento di:
  - affidabilità
  - prestazioni

## Affidabilità

- Un guasto a un disco comporta la perdita di dati
- Per migliorare l'affidabilità si deve ricorrere alla *ridondanza*:
  - Memorizzare informazioni non strettamente necessarie, ma utili per ricostruire le informazioni perse in caso di guasto

## Copiatura speculare

- Il modo più semplice per implementare la ridondanza è il *mirroring* (o *shadowing*)
  - Un disco logico corrisponde a due dischi fisici
  - Ogni scrittura avviene su entrambi i dischi
  - I dati si perdono solo se si guastano entrambi i dischi
- Tempo medio di perdita dei dati in caso di mirroring dipende da:
  - Tempo medio di guasto di ogni singolo disco
  - Tempo medio di riparazione

## Esempio

- Supponendo che:
  - Possibili guasti sui dischi siano indipendenti
  - Tempo medio di guasto sul singolo disco = 100.000 ore
  - Tempo di riparazione = 10 ore
- Si ha il seguente tempo medio di perdita dei dati su un sistema con mirroring:
  - $100.000^2 / (2 \cdot 10) = 57.000$  anni!

9

## Guasti indipendenti?

- Non sempre i guasti su dischi sono indipendenti
  - Ad esempio in caso di:
    - disastro
    - calo di tensione
    - difetti di fabbricazione in una partita di dischi
    - ...
- i guasti potrebbero verificarsi contemporaneamente

10

## Prestazioni

- Con mirroring:
  - la frequenza di gestione delle letture raddoppia perché si può leggere da uno qualunque dei due dischi
  - il tempo di trasferimento rimane inalterato

## Sezionamento dei dati

- Usando più dischi è possibile migliorare la capacità di trasferimento distribuendo i dati in sezioni su più dischi
- Tale tecnica si chiama *data striping*

## Sezionamento dei dati

- Sezionamento a livello di bit
  - Distribuzione dei bit di ciascun byte su più dischi
  - Es. con 8 dischi, il bit  $i$ -esimo di un byte è memorizzato nel disco  $i$ -esimo
- Sezionamento a livello di blocco
  - Distribuzione dei blocchi di un file su più dischi
  - Es. con  $n$  dischi, il blocco  $i$ -esimo di un file è memorizzato nel disco  $(i \bmod n)$ -esimo

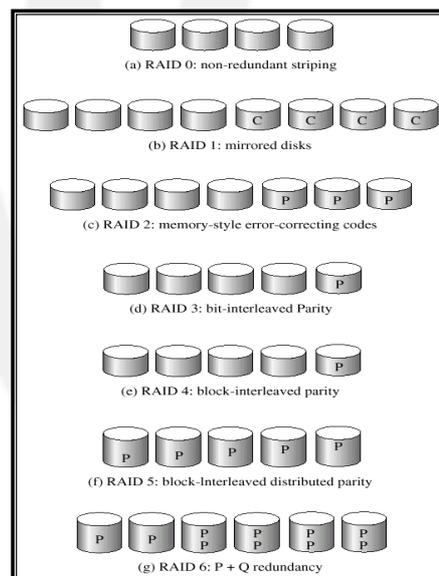
## Effetti del parallelismo

- Aumento, tramite bilanciamento del carico, della produttività per accessi multipli a piccole porzioni di dati
- Riduzione del tempo di risposta relativo agli accessi a grandi quantità di dati

## Livelli RAID

- Mirroring: alta affidabilità ma costoso
- Data striping: alta capacità di trasferimento dati, ma non migliora l'affidabilità
- Spesso si usano tecniche basate sui bit di parità
- Utilizzo combinato di queste tecniche è stato schematizzato in 6 livelli RAID

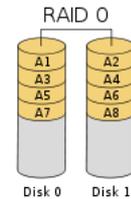
## Livelli RAID



- C = mirroring
- P = bit di correzione degli errori
- Es.: 4 dischi dati, gli altri servono per ridondanza

## Livello RAID 0

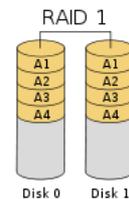
- **Caratteristiche:**
  - Sezionamento a livello di blocco
  - Senza ridondanza
- **Vantaggi:**
  - Economico
  - Alte prestazioni grazie al parallelismo delle operazioni di lettura
- **Svantaggi:**
  - Non ha ridondanza
  - L'affidabilità cala all'aumentare del numero di dischi impiegati (es.: l'affidabilità di un sistema con 2 dischi è la metà rispetto a quella con un disco solo)



17

## Livello RAID 1

- **Caratteristiche:**
  - Mirroring senza sezionamento di blocco
- **Vantaggi:**
  - Affidabilità aumenta linearmente con il numero di copie (dischi)
  - Aumento delle prestazioni in lettura
    - Se un disco è occupato posso leggere dall'altro
- **Svantaggi:**
  - Alto costo
  - Bassa scalabilità



18

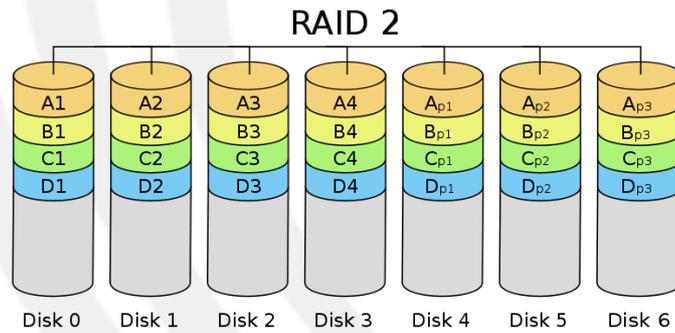
## Codici per la correzione degli errori

- Bit di parità
  - Ad ogni byte è associato un bit che indica se gli 1 presenti nel byte sono in numero pari (parità 0) o dispari (parità 1)
  - identificano tutti gli errori su un singolo bit
- Usando più bit supplementari si riescono a individuare/correggere un maggior numero di bit

## Livello RAID 2

- Caratteristiche:
  - Sezionamento a livello di byte
  - Utilizza i codici per la correzione degli errori (ECC)
    - Primo bit di ogni byte memorizzato nel disco 1, il secondo nel disco 2, ecc.
    - I bit di correzione sono memorizzati singolarmente in dischi separati differenti rispetto a quelli usati per i dati
  - Se un disco si guasta, i bit rimanenti del byte dati e i bit di correzione associati vengono usati per ricostruire il dato danneggiato
  - Il RAID 2 richiede solo 3 dischi in più per 4 dischi dati, contro i 4 richiesti dal RAID 1

## Livello RAID 2



21

## Livello RAID 2

- Vantaggi
  - E' un RAID 0 con maggior affidabilità
- Svantaggi
  - Costoso

22

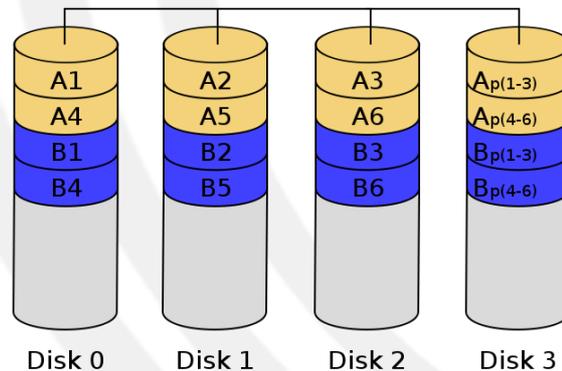
## Livello RAID 3

- **Caratteristiche:**
  - **Sezionamento a livello di byte con un disco dedicato al bit di parità**
    - **Nota come organizzazione con bit di parità intercalati**
  - **I controllori dei dischi sono in grado di rilevare se un settore è stato letto correttamente**
    - **Se un settore è danneggiato, per ogni bit del settore è possibile determinare se deve valere 0 oppure 1 calcolando la parità dei bit corrispondenti dai settori degli altri dischi.**
    - **Se la parità dei rimanenti bit è uguale a quella memorizzata, allora il bit mancante è 0, altrimenti è 1**

23

## Livello RAID 3

### RAID 3



24

## Livello RAID 3

- Vantaggi:
  - Stessa efficienza del RAID 2, ma usa un solo disco per i bit di parità
  - Velocità di trasferimento pari a  $n$  volte quella del RAID 1, grazie al data striping
- Svantaggi (rispetto al RAID 1):
  - Meno operazioni di I/O al secondo perché ogni disco è coinvolto da tutte le richieste
  - Tempo più lungo per scritture perché è necessario calcolare il bit di parità
    - Soluzione: controllore RAID è capace di gestire il calcolo della parità, sollevando la CPU dall'incarico

25

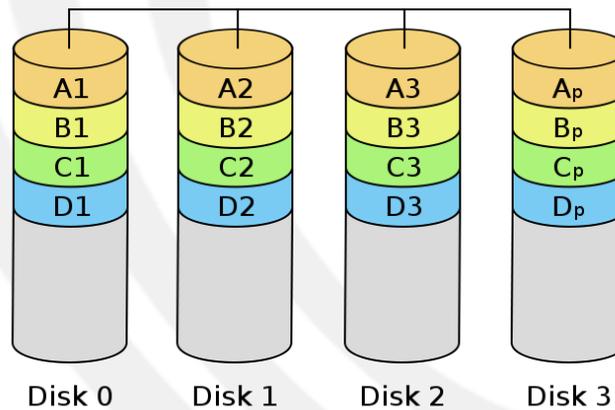
## Livello RAID 4

- Caratteristiche:
  - Sezionamento a livello di blocco con disco dedicato alla parità
    - Noto come organizzazione con blocchi di parità intercalati
  - Come RAID 0, più un blocco di parità in un disco separato

26

## Livello RAID 4

### RAID 4



27

## Livello RAID 4

- **Vantaggi:**
  - Tolleranza ai guasti
  - Letture più veloci grazie al parallelismo
- **Svantaggi:**
  - Il disco usato per la parità può essere collo di bottiglia
  - Scritture lente a causa del calcolo della parità

28

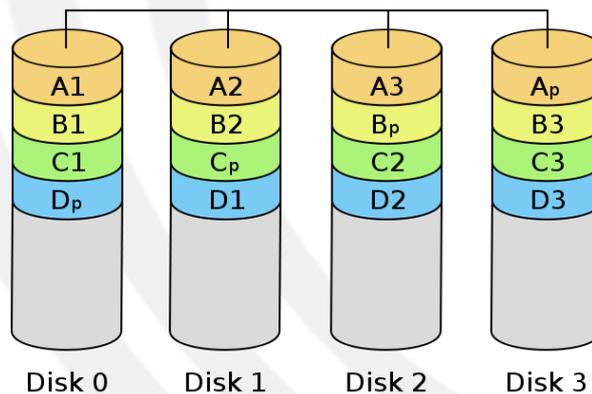
## Livello RAID 5

- **Caratteristiche:**
  - Sezionamento a livello di blocco con bit di parità distribuiti tra tutti i dischi del RAID
    - Noto come organizzazione con blocchi intercalati a parità distribuita
  - Un blocco di parità non può contenere informazioni di parità per blocchi che risiedono nello stesso disco
    - Altrimenti un guasto al disco farebbe perdere i dati
  - E' un implementazione molto popolare

29

## Livello RAID 5

### RAID 5



30

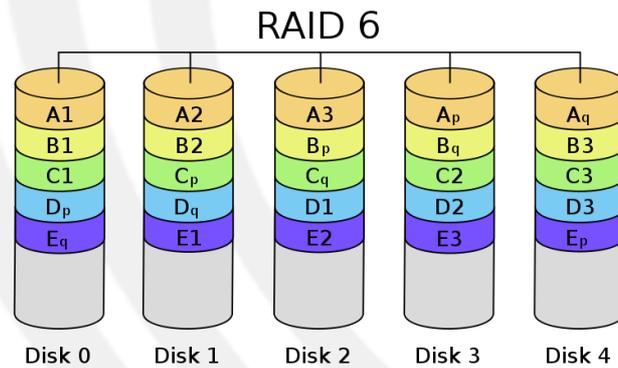
## Livello RAID 5

- Vantaggi
  - Come per il RAID 4 ma senza avere il collo di bottiglia del disco di parità
- Svantaggi
  - Scritture lente come per il RAID 4

## Livello RAID 6

- Caratteristiche:
  - Simile al RAID 5, ma con maggiori informazioni di ridondanza per gestire guasti contemporanei su più dischi.
  - Al posto della parità usa altri codici per la correzione dell'errore (Reed-Solomon)

## Livello RAID 6



33

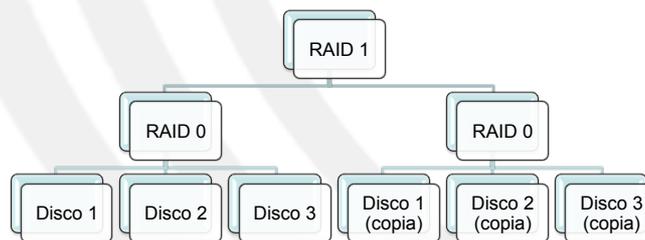
## Livello RAID 6

- Vantaggi:
  - Altissima ridondanza
- Svantaggi:
  - Molto costosi
  - Scritture molto lente per la gestione dei codici per la correzione degli errori

34

## RAID di livello 0+1

- **Caratteristiche**
  - Combinazione di 0 e 1 per fornire affidabilità e alte prestazioni



35

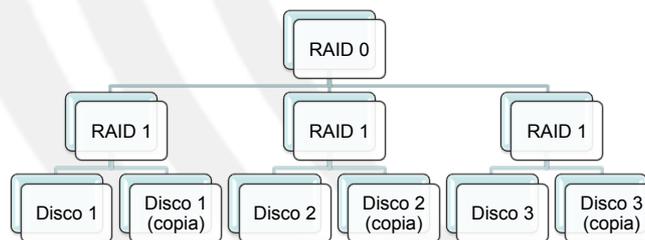
## RAID di livello 0+1

- **Vantaggi:**
  - Prestazioni migliori rispetto al RAID 5
- **Svantaggi:**
  - Richiede il raddoppio del numero di dischi necessari per memorizzare i dati
  - Più costoso del RAID 5
  - Non supporta la rottura simultanea di 2 dischi se non appartengono allo stesso stripe

36

## RAID di livello 0+1

- **Caratteristiche**
  - Combinazione di 1 e 0 per fornire affidabilità e alte prestazioni



37

## RAID di livello 1+0

- **Vantaggi:**
  - Più robusto del RAID 0+1
    - Ogni disco di ogni stripe può guastarsi senza far perdere dati al sistema
- **Svantaggi:**
  - Costoso

38

## Riassunto

- RAID 0: aumento delle prestazioni in lettura e scrittura
- RAID 1: tollera il guasto di un disco, con ricostruzione automatica
- RAID 2: prevede codici a correzione d'errore
- RAID 3: oltre ad avere codici a correzione d'errore, comporta minor sovraccarico
- RAID 4: consente l'esecuzione di letture contemporanee
- RAID 5: letture e scritture contemporanee, parità distribuita tra i dischi
- RAID 6: doppia parità, tollera il guasto di 2 dischi
- RAID 0+1: sfrutta velocità del livello 0, implementando la sicurezza come nel livello 1
- RAID 1+0: Tollera il guasto di 2 dischi