



# Basi di Dati

## Modulo Tecnologie

### Ottimizzazione di interrogazioni (2/2)

Dr. Sara Migliorini

# Algoritmi per il join

- Il **join** è l'operazione più **gravosa** per un DBMS.
- Le implementazioni più diffuse si riconducono ai seguenti operatori fisici:
  - Nested Loop Join
  - Merge Scan Join
  - Hash-based Join
- Si noti che, benché logicamente il **join sia commutativo**, dal punto di vista fisico vi è una chiara distinzione, che influenza anche le prestazioni, tra operando **sinistro** (o “**esterno**”, “**outer**”) e operando **destro** (o “**interno**”, “**inner**”).
- Per semplicità nel seguito parliamo di **relazione esterna** e **relazione interna** per riferirci agli input del join, ma va ricordato che in generale l'input può derivare dall'applicazione di altri operatori.

# Nested-Loop JOIN

---

- Date 2 relazioni in input R e S tra cui sono definiti i predicati di join PJ, e supponendo che R sia la relazione esterna, l'algoritmo opera come segue:

per ogni tupla  $t_R$  in R {

    per ogni tupla  $t_S$  in S {

        se la coppia  $(t_R, t_S)$  soddisfa PJ

            allora aggiungi  $(t_R, t_S)$  al risultato

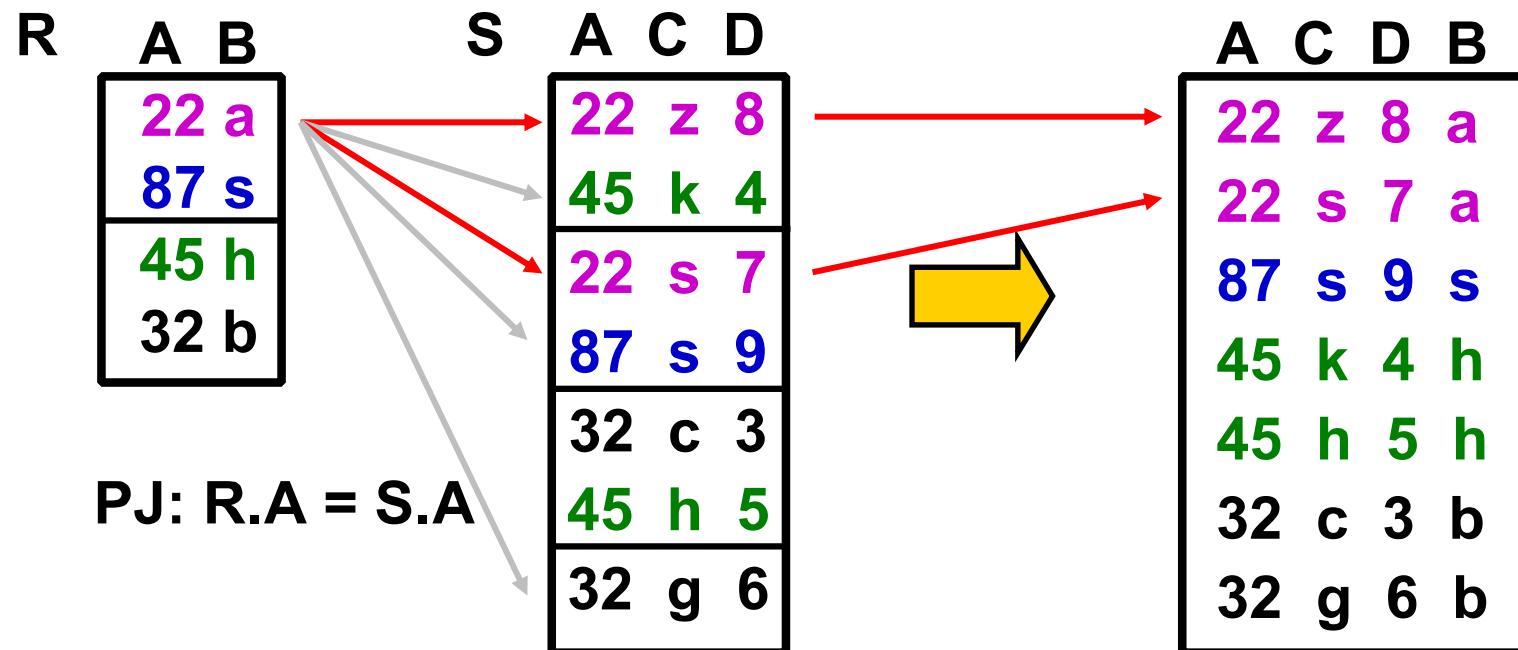
    }

}

# Nested-Loop JOIN

---

Esempio



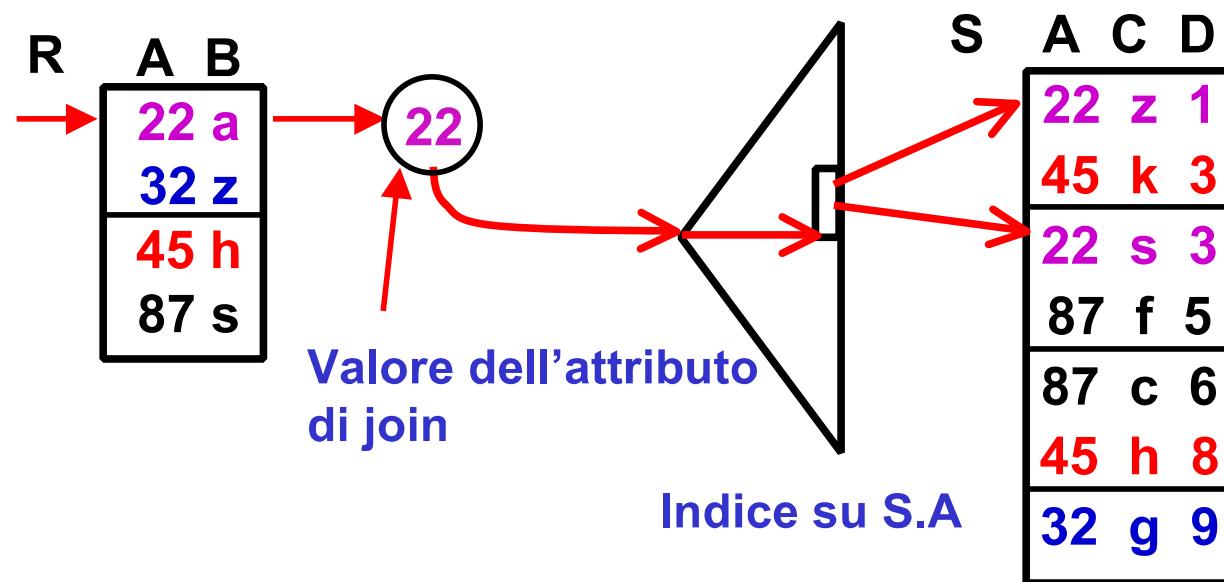
# Nested-Loop JOIN: costo

---

- Il costo di esecuzione dipende dallo spazio a disposizione nei buffer.
- Nel caso base in cui vi sia 1 buffer per R e 1 buffer per S:
  - bisogna leggere 1 volta R e
  - $\text{NR}(R)$  volte S, ovvero tante volte quante sono le tuple della relazione esterna,
  - per un totale di  $\text{NP}(R) + \text{NR}(R) * \text{NP}(S)$  accessi a memoria secondaria
- Se è possibile allocare  $\text{NP}(S)$  buffer per la relazione interna il costo si riduce a  $\text{NP}(R) + \text{NP}(S)$
- Si ricordi che:
  - $\text{NR}(R)$  = numero tuple (row) di R
  - $\text{NP}(R)$  = numero di pagine di R

# Nested-Loop JOIN con indice

- Data una tupla della relazione esterna R, la scansione completa della relazione interna S può essere sostituita da una scansione basata su un indice costruito sugli attributi di join di S (nell'esempio A), secondo il seguente schema:



# Nested-Loop JOIN con indice B+-tree: costo

---

- Nel caso base in cui vi sia 1 buffer per R e 1 buffer per S, bisogna leggere 1 volta R e accedere  $NR(R)$  volte a S, ovvero tante volte quante sono le tuple della relazione esterna, per un totale di:

$$NP(R) + NR(R) * \left( ProfIndice + \frac{NR(S)}{VAL(A, S)} \right)$$

accessi a memoria secondaria

**SELETTIVITÀ di A**

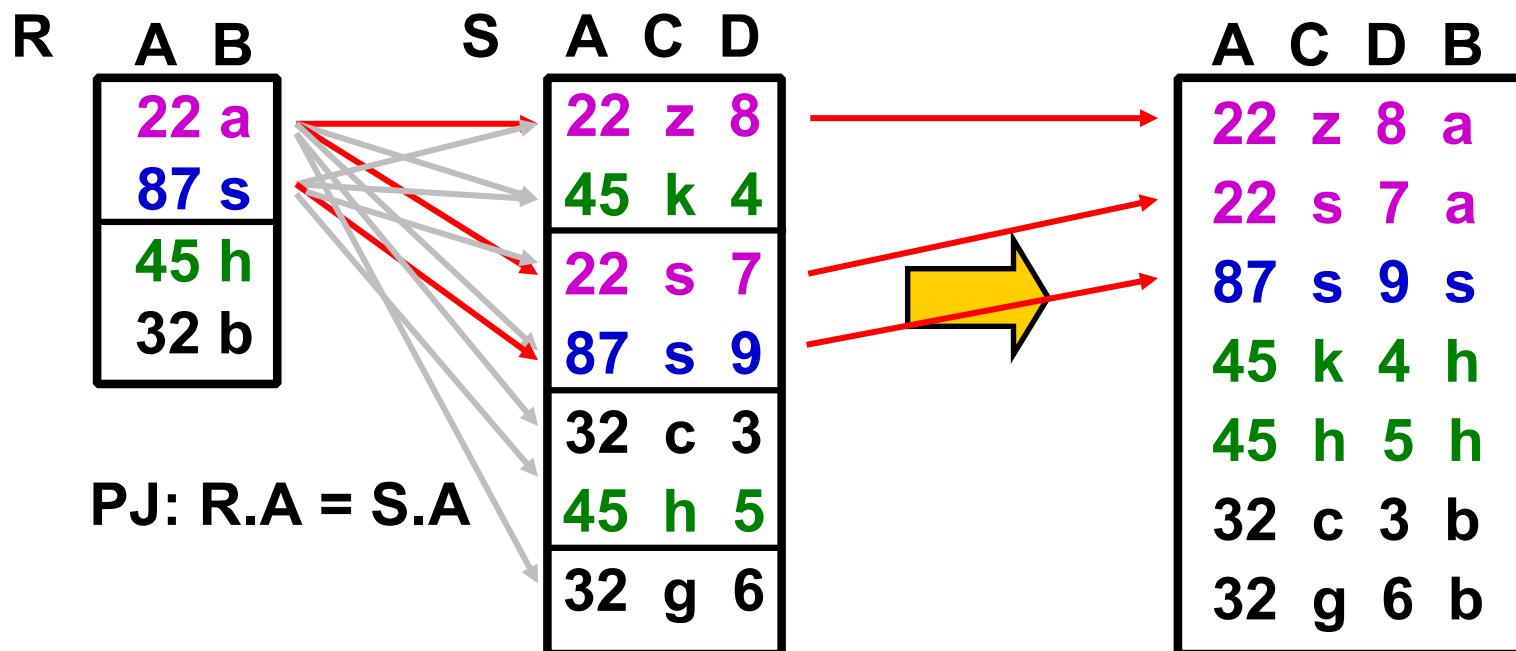
dove:

$VAL(A, S)$  rappresenta il numero di valori distinti dell'attributo A che compaiono nella relazione S.

# Block Nested-Loop JOIN

Esempio

Variante che bufferizza le righe lette della tabella esterna per ridurre il numero di volte che deve essere letta nel ciclo interno.



# Block Nested-Loop JOIN: costo

---

- Il costo di esecuzione dipende dallo spazio a disposizione nei buffer.
- Nel caso base in cui vi sia 1 buffer per R e 1 buffer per S:
  - bisogna leggere 1 volta R e
  - $NP(R)$  volte S, ovvero tante volte quanti sono i blocchi della relazione esterna,
  - per un totale di  $NP(R) + NP(R) * NP(S)$  accessi a memoria secondaria
- Se è possibile allocare  $NP(S)$  buffer per la relazione interna il costo si riduce a  $NP(R) + NP(S)$

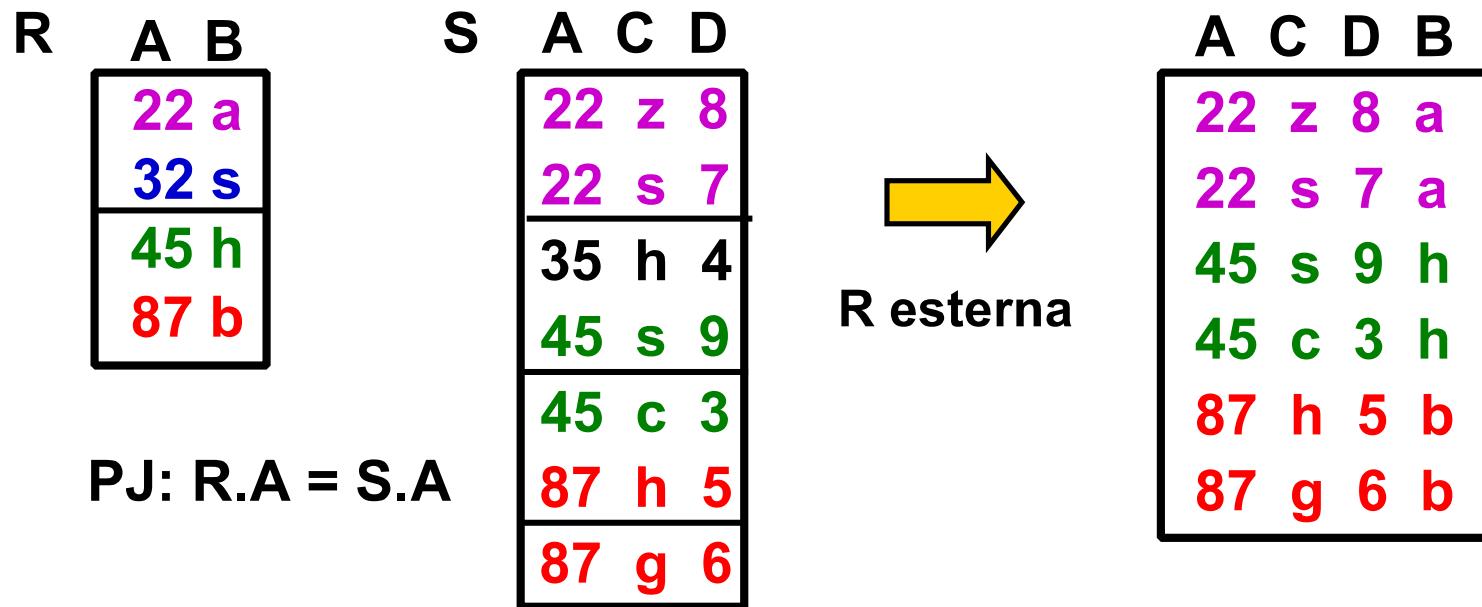
# Merge-Scan JOIN

---

- Il Merge-Scan Join è applicabile quando entrambi gli insiemi di tuple in input sono ordinati sugli attributi di join e il join è un equi-join.
- Ciò accade se per entrambe le relazioni di input **R** e **S** vale una almeno delle seguenti condizioni:
  - La relazione è fisicamente ordinata sugli attributi di join (file sequenziale ordinato come struttura fisica).
  - Esiste un indice sugli attributi di join della tabella che consente una scansione ordinata delle tuple.

# Merge-Scan JOIN

Esempio



# Merge-Scan JOIN: costo

---

- La logica dell'algoritmo sfrutta il fatto che **entrambi gli input sono ordinati** per evitare di fare inutili confronti, il che fa sì che il numero di letture totali sia dell'ordine di:

$$NP(R) + NP(S)$$

se si accede sequenzialmente alle due relazioni ordinate fisicamente.

- Con indici **B+-tree** su entrambe le relazioni il costo può arrivare al massimo a (indici già nel buffer):

$$NR(R) + NR(S)$$

- Con una relazione ordinata e un solo indice al massimo a:

$$NP(R) + NR(S) \text{ (o viceversa)}$$

# Hash-based JOIN

---

- L'algoritmo di Hash Join, applicabile solo in caso di **equi-join**, non richiede né la presenza di indici né input ordinati, e risulta particolarmente vantaggioso in caso di relazioni molto grandi. L'idea su cui si basa l'Hash Join è semplice:
- Si suppone di avere a disposizione una funzione hash  $h$ , che viene applicata agli attributi di join delle due relazioni (ad es.  $R.J$  e  $S.J$ ).
  - Se  $t_R$  e  $t_S$  sono 2 tuple di  $R$  e  $S$ , allora è possibile che sia  $t_R.J = t_S.J$  solo se  $h(t_R.J) = h(t_S.J)$
  - Se, viceversa,  $h(t_R.J) \neq h(t_S.J)$ , allora sicuramente è  $t_R.J \neq t_S.J$

# Hash-based JOIN

---

- A partire da questa idea si hanno diverse implementazioni, che hanno in comune il fatto che  $R$  e  $S$  vengono partizionate sulla base dei valori della funzione di hash  $h$ , e che la ricerca di matching tuples avviene solo tra partizioni relative allo stesso valore di  $h$ .

# Hash-based JOIN: costo

---

- Il costo può essere così valutato:
- A - costruzione hash map:
$$NP(R) + NP(S)$$
- B - accesso alle «matching tuples» che nel caso pessimo può costare (block nested loop join):
$$NP(R) * NP(S)$$
- ma dipende anche fortemente dal numero di buffer a disposizione e dalla distribuzione dei valori degli attributi di join (il caso uniforme è quello migliore).

# Scelta finale del piano di esecuzione

---

Data una espressione ottimizzata in algebra:

- Si generano tutti i possibili piani di esecuzione (alberi) alternativi (o un sottoinsieme di questi) ottenuti considerando le seguenti dimensioni:
  - Operatori alternativi applicabili per l'accesso ai dati: ad esempio, scan sequenziale o via indice,
  - Operatori alternativi applicabili nei nodi: ad esempio, nested-loop join or hash-based join
  - L'ordine delle operazioni da compiere (associatività)
- Si valuta con formule approssimate il costo di ogni alternativa in termini di accessi a memoria secondaria richiesti (stima).
- Si sceglie l'albero con costo approssimato minimo.

# Scelta finale del piano di esecuzione

---

- Nella valutazione delle stime di costo si tiene conto del profilo delle relazioni, solitamente memorizzato nel Data Dictionary e contenente per ogni relazione T:
  - Stima della cardinalità (#tuple):  $\text{CARD}(T)$
  - Stima della dimensione di una tupla:  $\text{SIZE}(T)$
  - Stima della dimensione di ciascun attributo A:  $\text{SIZE}(A,T)$
  - Stima del numero di valori distinti per ogni attributo A:  $\text{VAL}(A,T)$
  - Stima del valore massimo e minimo per ogni attributo A:  $\text{MAX}(A,T)$  e  $\text{MIN}(A,T)$