

Elaborazione delle Query

Leggere le sezioni 8.1 e 8.2 di Riguzzi
et al. Sistemi Informativi

Lucidi derivati da quelli di Hector Garcia-Molina

Query Processing

Come passare da una query ad un piano per eseguirla?

Esempio

Select B,D

From R,S

Where $R.A = "c" \wedge S.E = 2 \wedge R.C = S.C$

R	A	B	C	S	C	D	E
a	1	10	10	x	2		
b	1	20	20	y	2		
c	2	10	30	z	2		
d	2	35	40	x	1		
e	3	45	50	y	3		

Risposta

B	D
2	x

- Come eseguire la query?

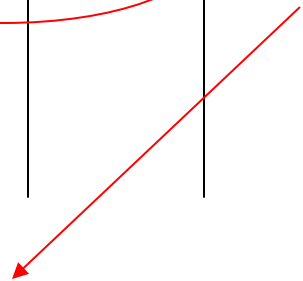
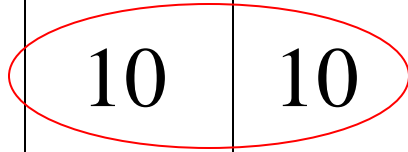
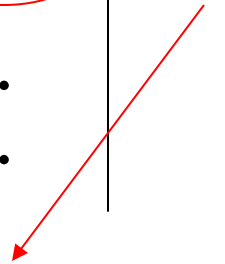
Un'idea

- Esegui prodotto cartesiano
- Seleziona le tuple
- Fai una proiezione

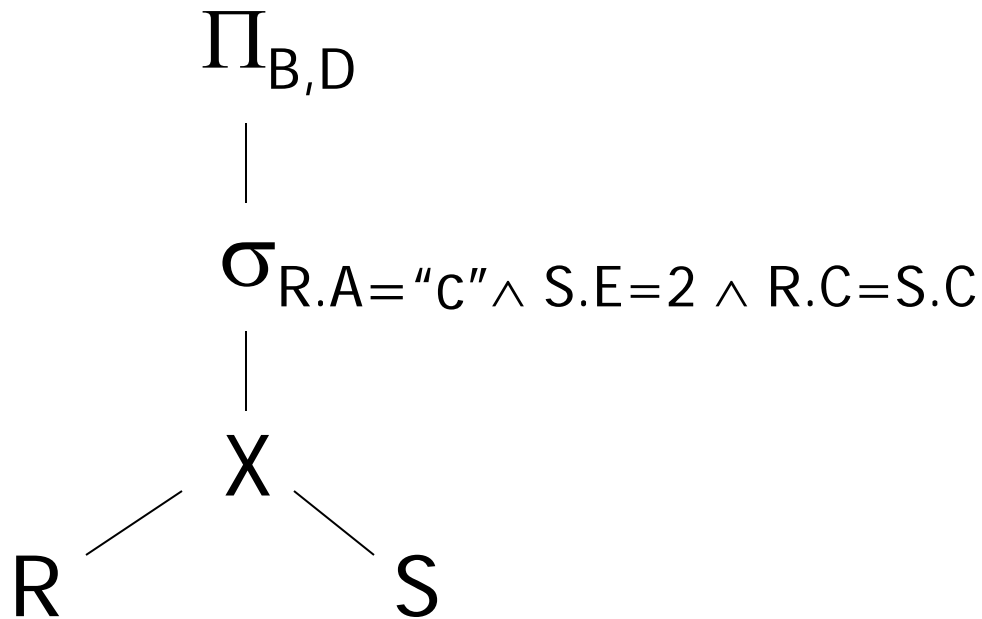
RXS

R.A	R.B	R.C	S.C	S.D	S.E
a	1	10	10	x	2
a	1	10	20	y	2
.					
.					
C	2	10	10	x	2
.					
.					

Trotvata! →



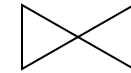
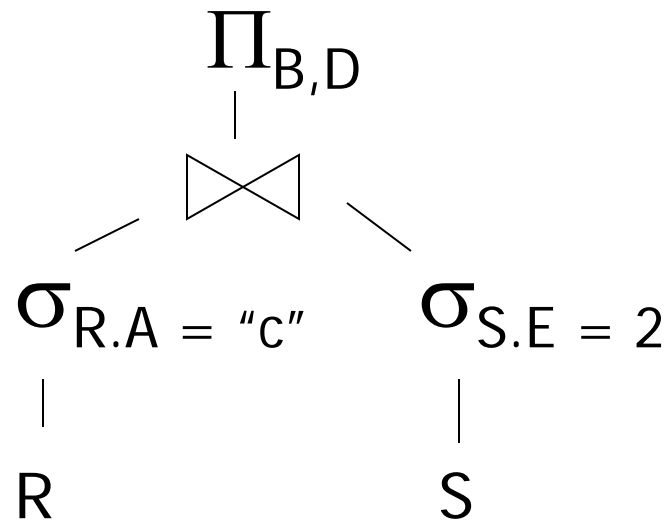
Algebra relazionale- puo' essere
usata per descrivere i piani.
Es: Piano I



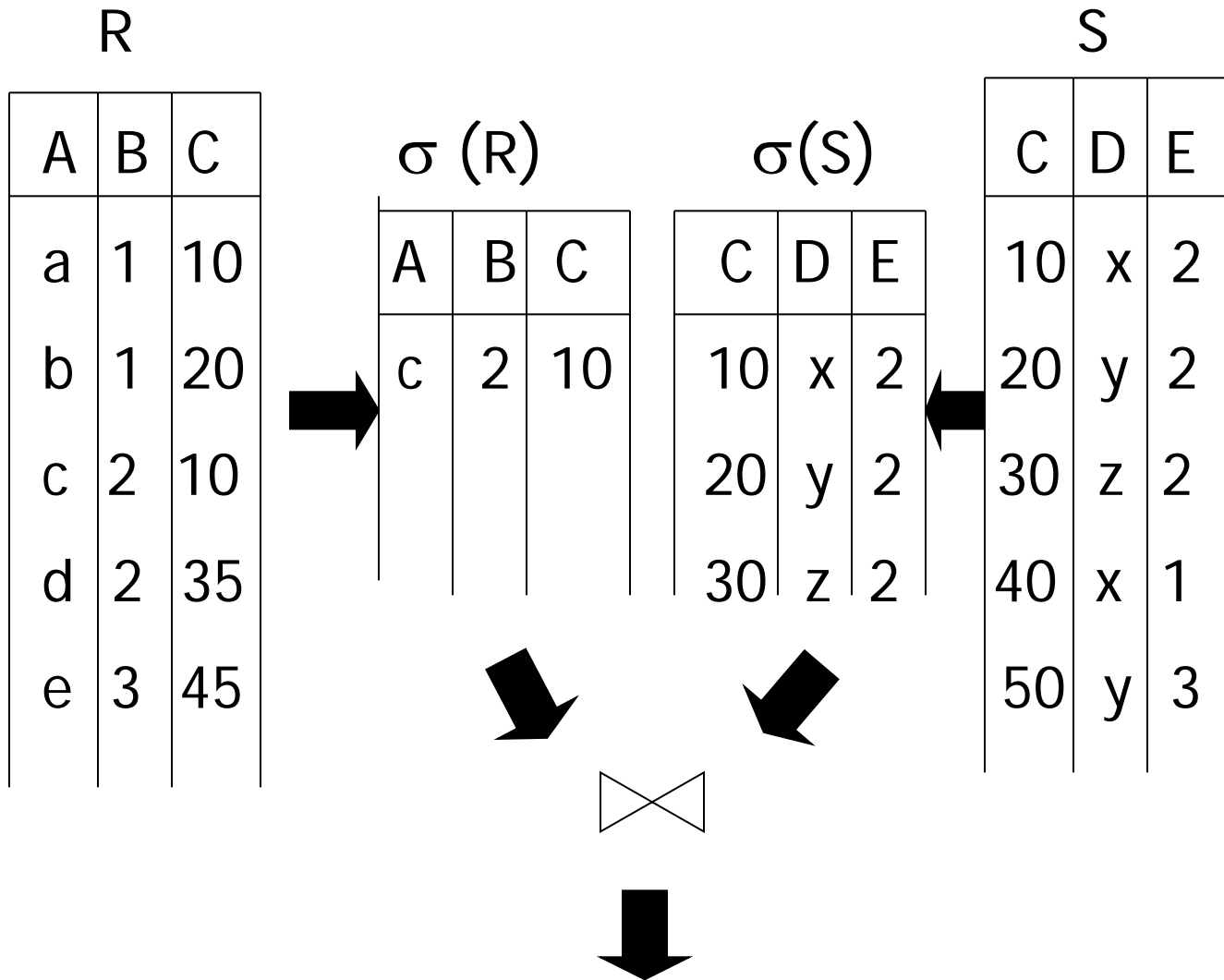
Oppure: $\Pi_{B,D} [\sigma_{R.A="C" \wedge S.E=2 \wedge R.C = S.C} (RXS)]$

Un'altra idea:

Piano II



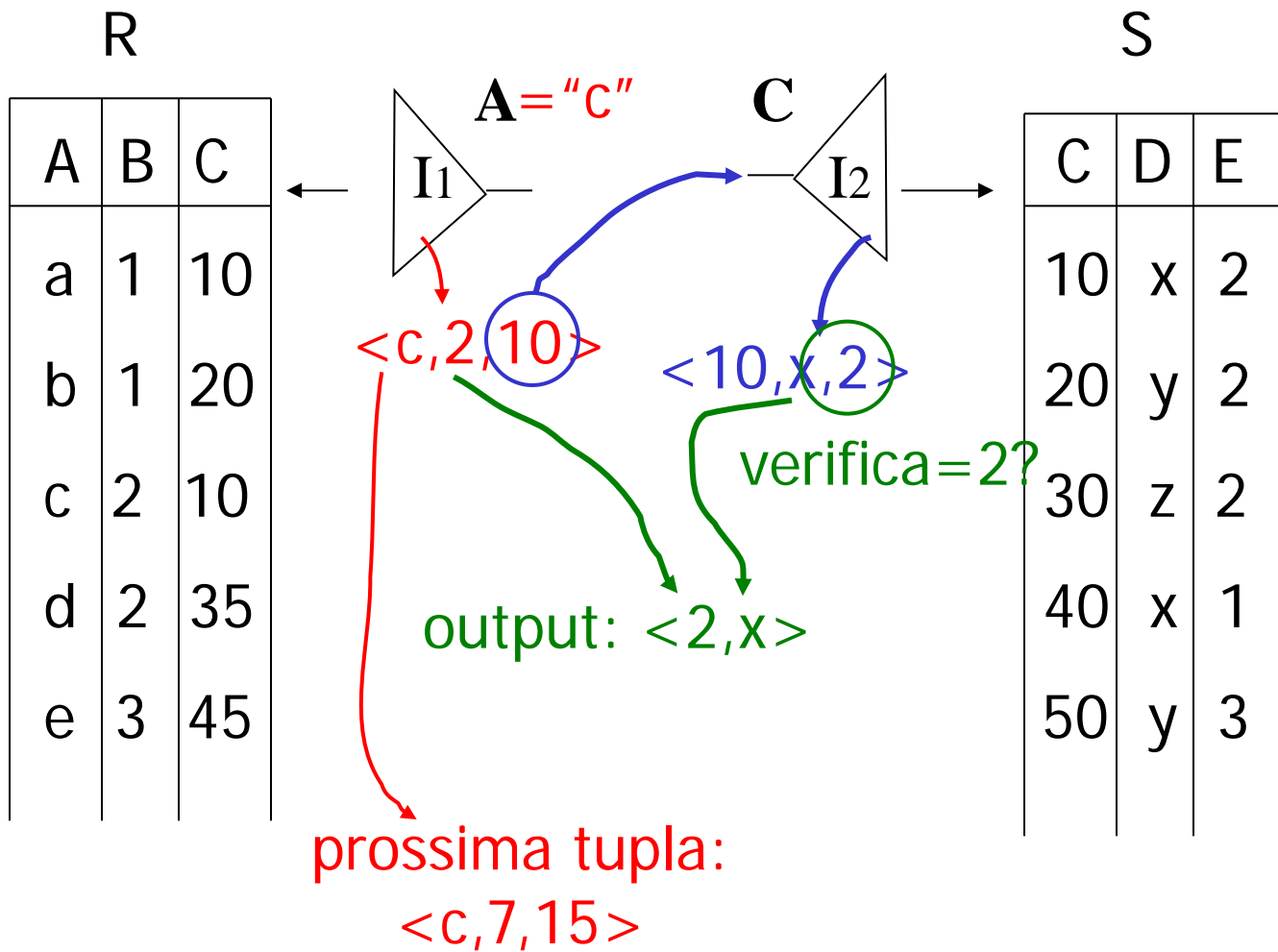
Join naturale



Piano III

Usa indici su R.A e S.C

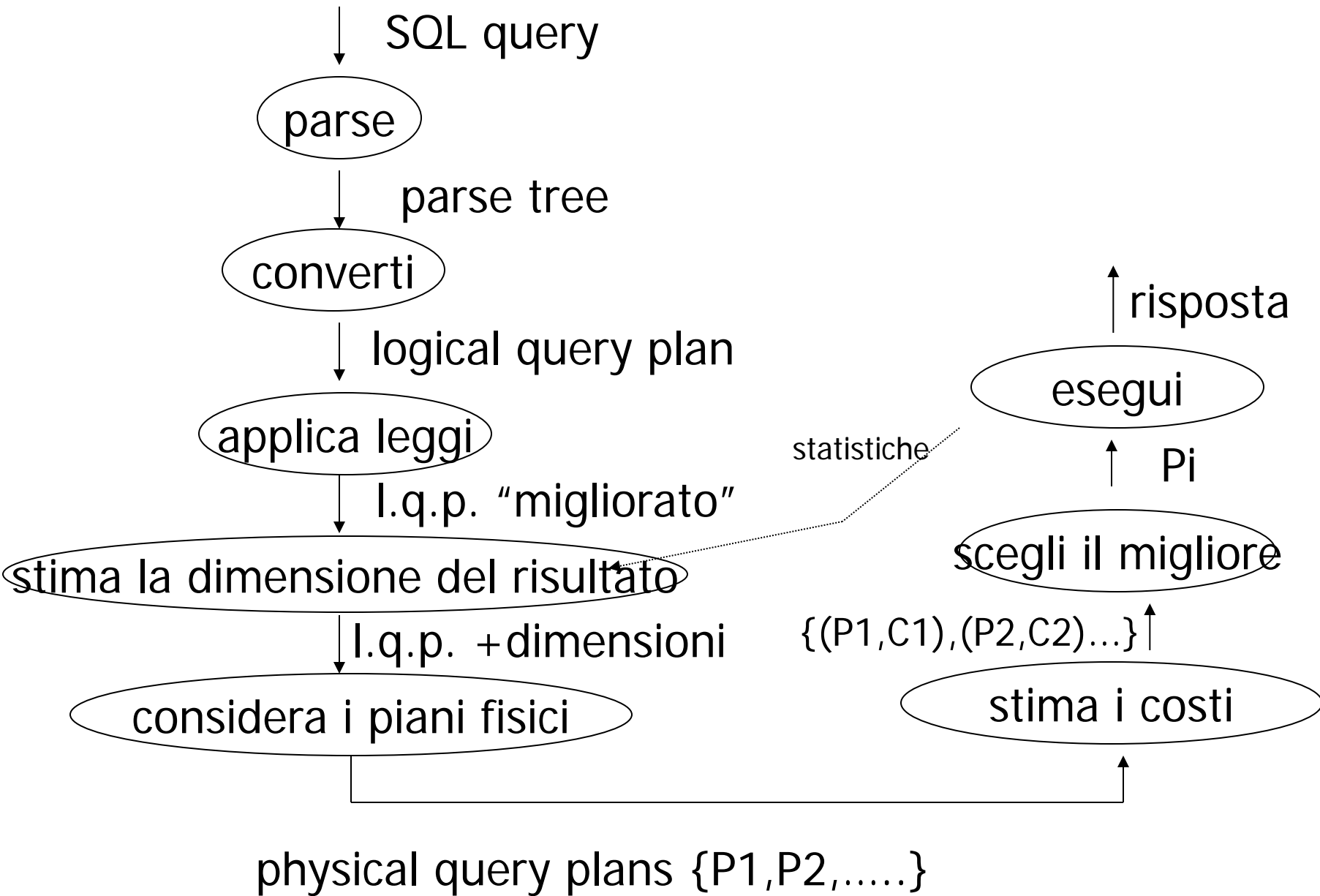
- (1) Usa l'indice su R.A per selezionare le tuple di R con $R.A = "c"$
- (2) Per ciascun valore R.C trovato, usa l'indice su S.C per trovare le tuple corr.
- (3) Elimina le tuple di S con $S.E \neq 2$
- (4) Esegui il join tra le tuple corrispondenti di R,S, proietta sugli attributi B,D e metti nel risultato



Ottimizzazione delle query

Piano descritto con l'algebra
relazionale=logical query plan

Piano descritto con operatori
fisici=physical query plan



Esempio: SQL query

StarsIn(movieTitle,movieYear,starName)

MovieStar(name,address,gender,birthdate)

```
SELECT movieTitle
```

```
FROM StarsIn
```

```
WHERE starName IN (
```

```
    SELECT name
```

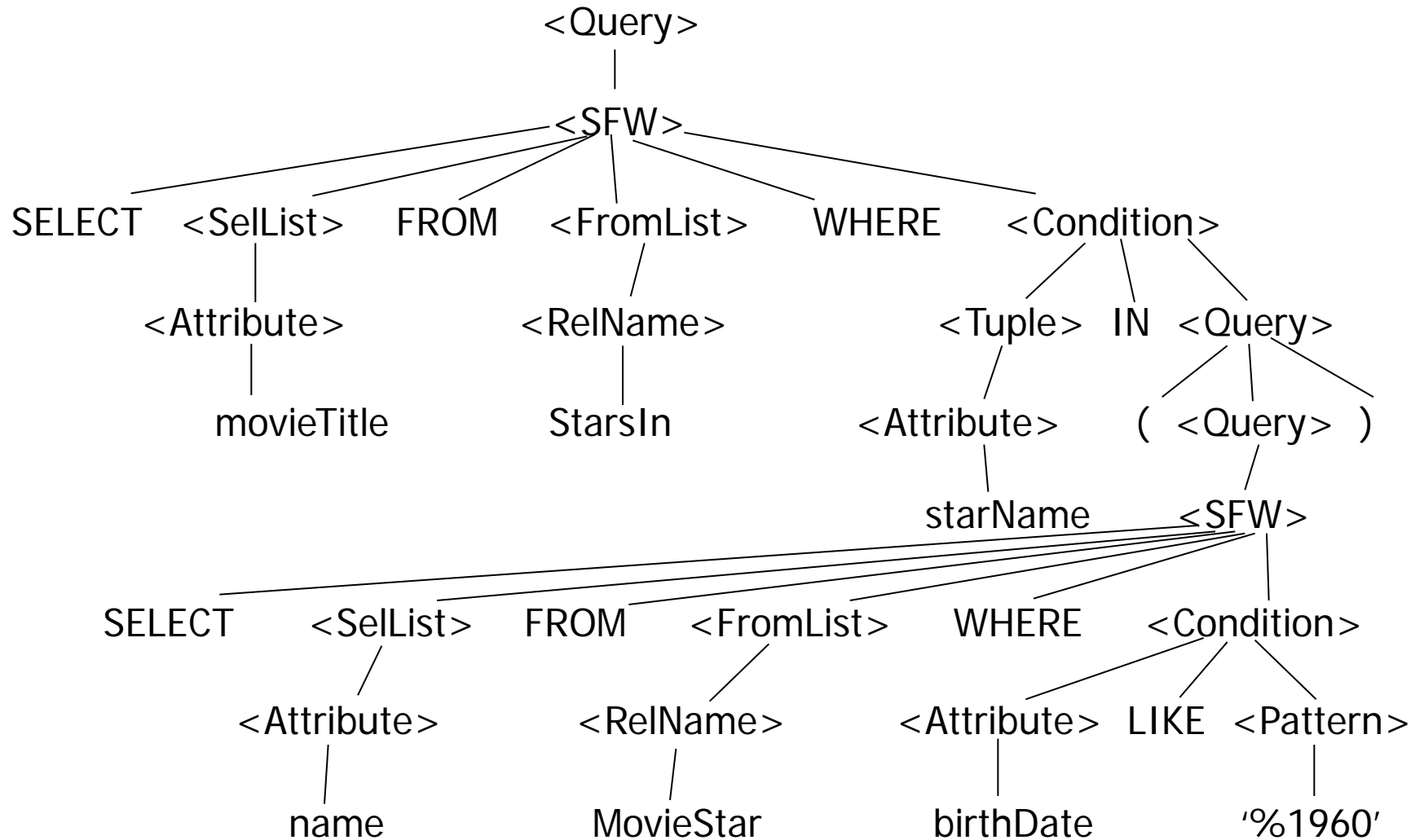
```
    FROM MovieStar
```

```
    WHERE birthdate LIKE '%1960'
```

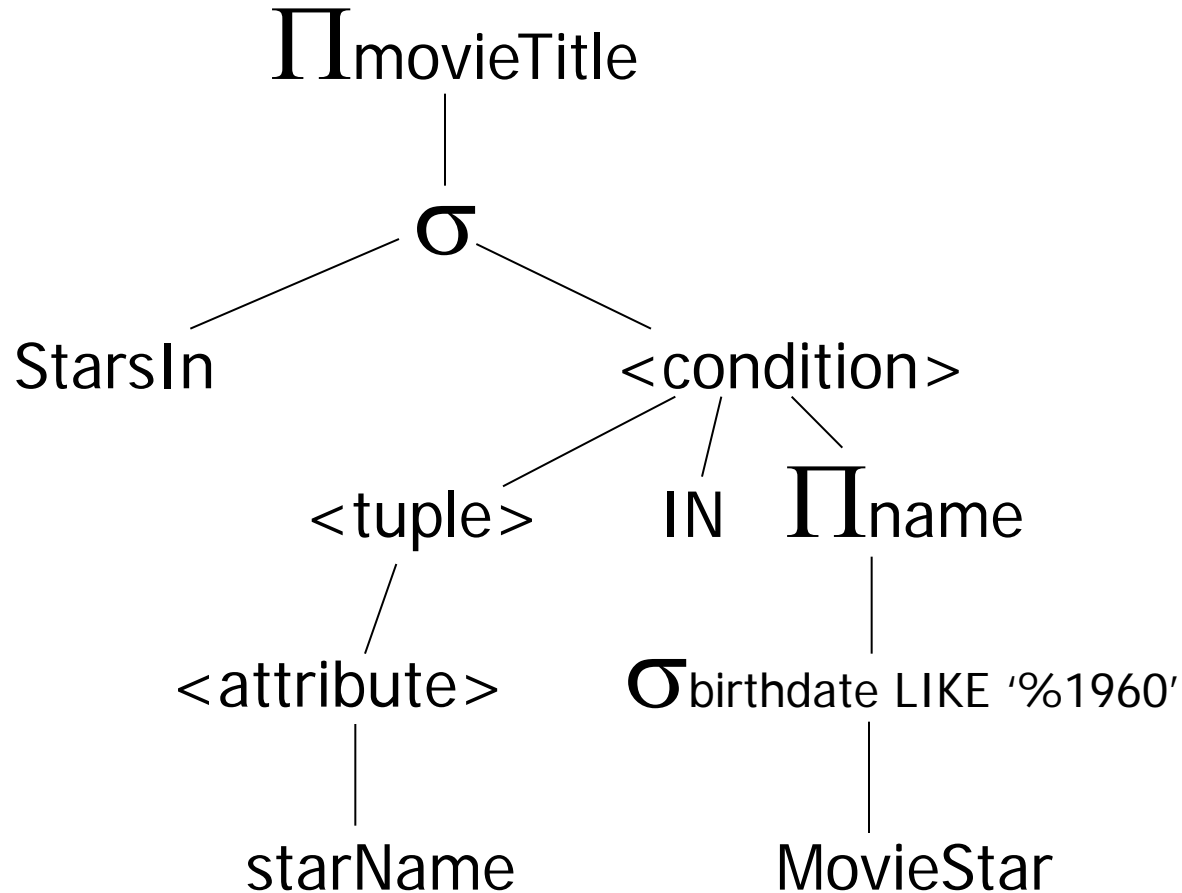
```
);
```

(Trova i film con star nate nel 1960)

Esempio: Parse Tree

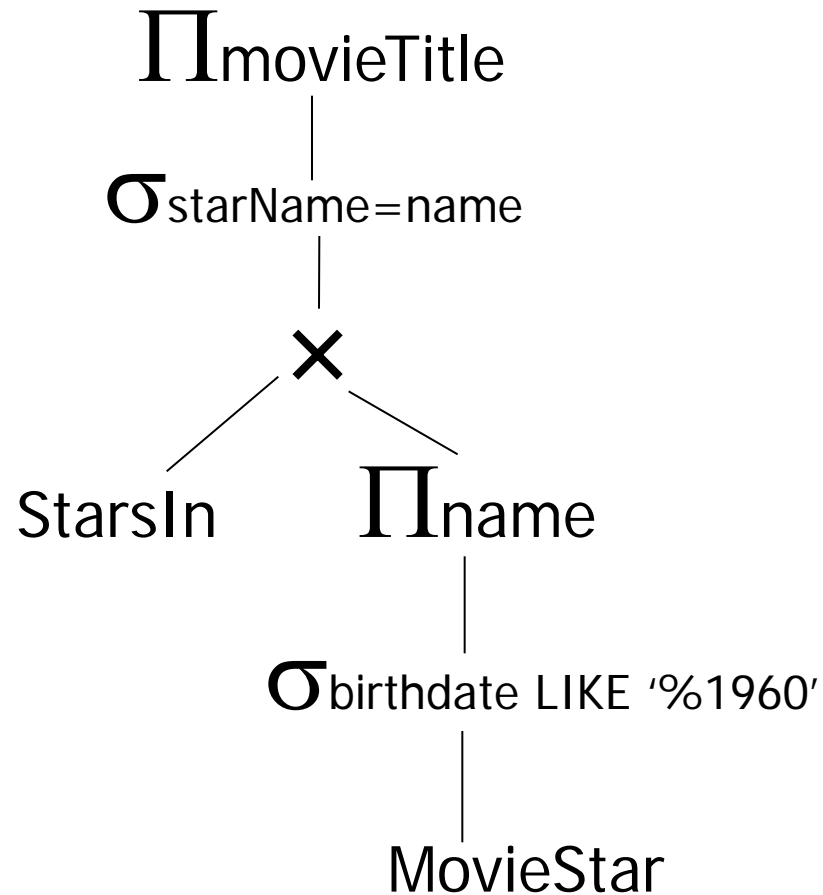


Esempio: Generazione dell'algebra relazionale



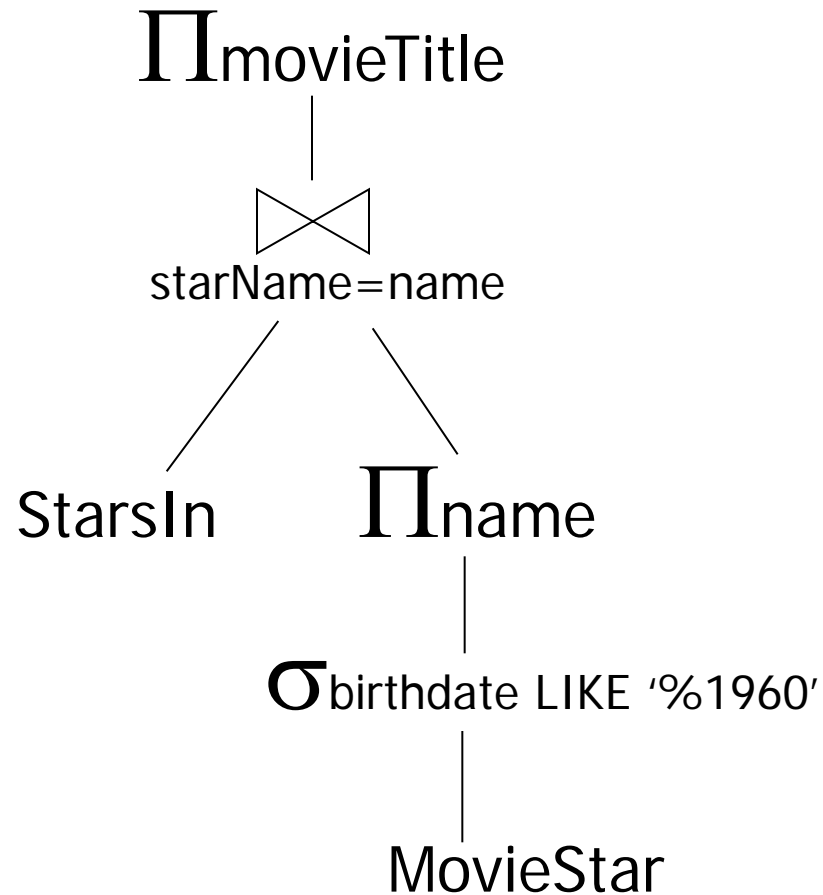
Il σ in questo caso si chiama "selezione a due argomenti" ed e' a mezza via tra il parse tree e l'algebra relazionale

Esempio: Piano logico della query



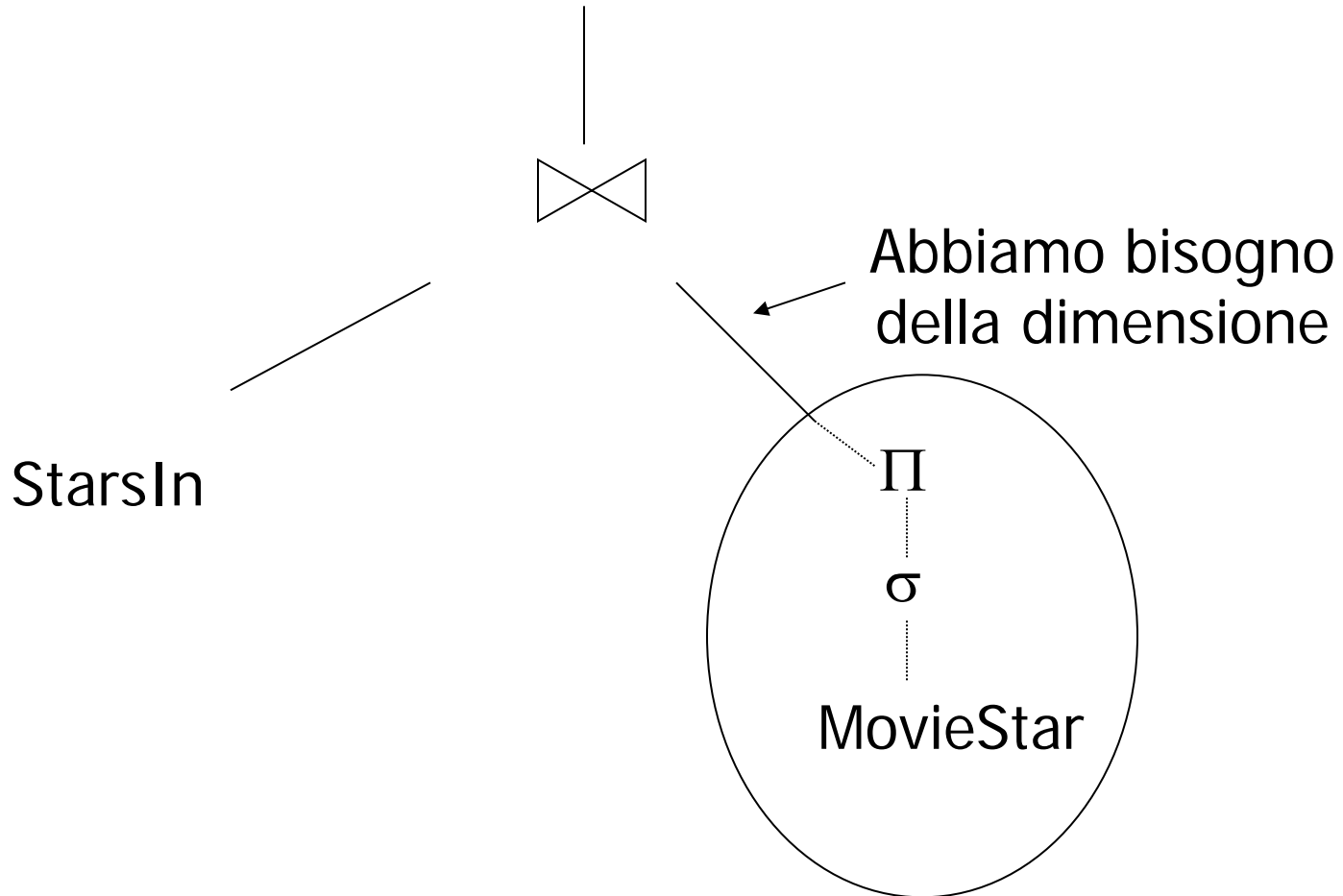
Trasformando la condizione IN

Esempio: Piano logico migliorato

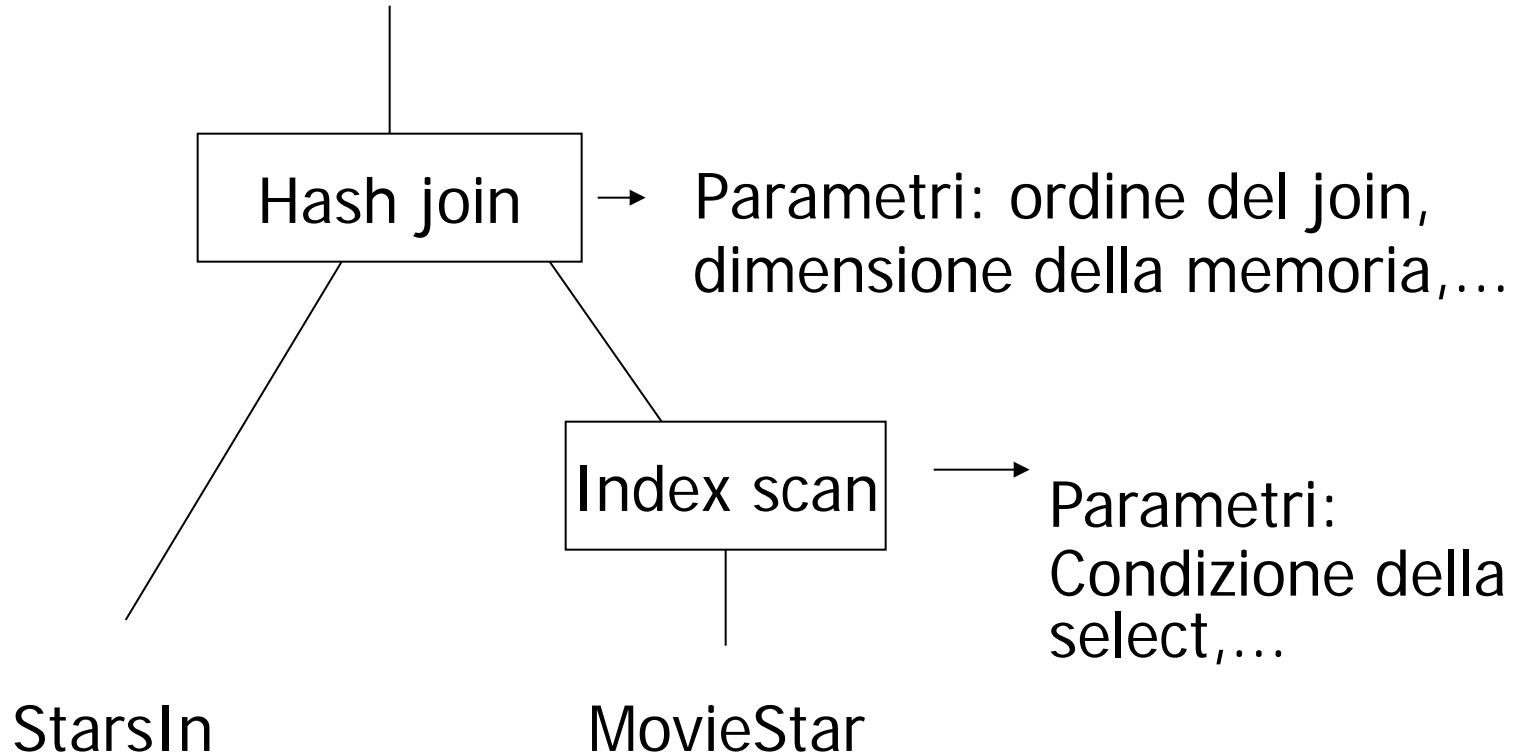


Un miglioramento sul piano precedente

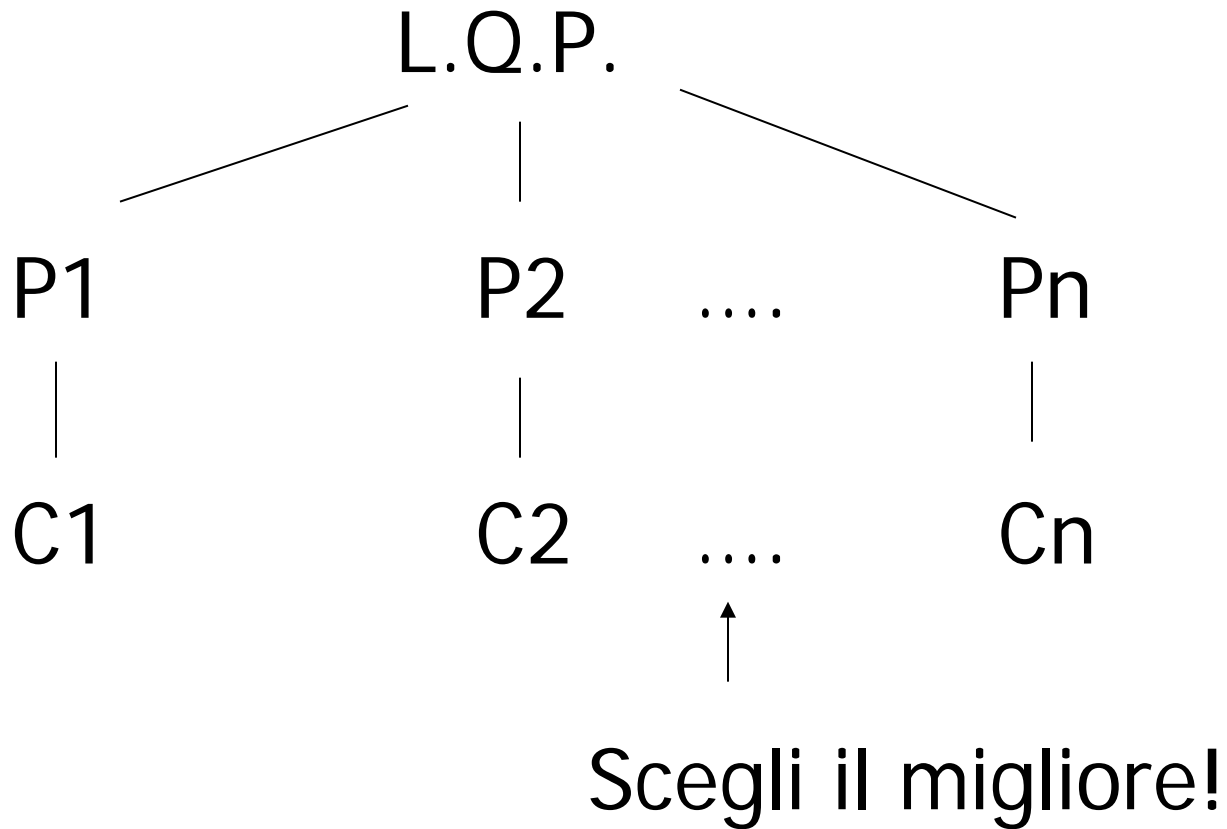
Esempio: Stima la dimensione del risultato



Esempio: Un piano fisico



Esempio: Stima i costi



Ottimizzazione delle Query

- Al livello dell'algebra relazionale
- Al livello del piano di query fisico
 - Genera i piani
 - Stima i costi, considerando i possibili algoritmi
 - Algoritmi di join
 - Uso o meno degli indici

Ottimizzazione dell'algebra relazionale

- Regole di trasformazione che preservano l'equivalenza

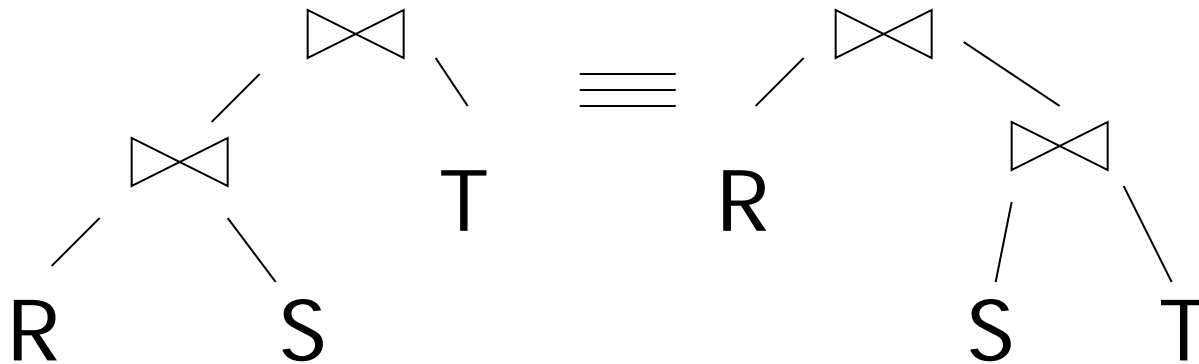
Regole: join naturale & prodotto cartesiano & unione & intersezione

$$R \bowtie S = S \bowtie R$$

$$(R \bowtie S) \bowtie T = R \bowtie (S \bowtie T)$$

Note:

- Dato che i nomi degli attributi sono contenuti nel risultato l'ordine degli operandi non e' importante
- Possiamo scriverli anche come alberi, ad es,:



Regole: join naturale & prodotto cartesiano & unione & intersezione

$$R \bowtie S = S \bowtie R$$

$$(R \bowtie S) \bowtie T = R \bowtie (S \bowtie T)$$

$$R \times S = S \times R$$

$$(R \times S) \times T = R \times (S \times T)$$

$$R \cup S = S \cup R$$

$$R \cup (S \cup T) = (R \cup S) \cup T$$

$$R \cap S = S \cap R$$

$$R \cap (S \cap T) = (R \cap S) \cap T$$

Regole: selezioni

$$\sigma_{p1 \wedge p2}(R) = \sigma_{p1} [\sigma_{p2}(R)] = \sigma_{p2} [\sigma_{p1}(R)]$$

$$\sigma_{p1 \vee p2}(R) = [\sigma_{p1}(R)] \cup_s [\sigma_{p2}(R)]$$

La seconda regola funziona solo se R e' un insieme e non un bag

Esempio:

$$R = \{a, b, c\}$$

$$S = \{b, c, d\}$$

$$R \cup_S S = \{a, b, c, d\}$$

$$R \cup_B S = \{a, b, b, c, c, d\}$$

$$R = \{a, a, b, b, b, c\}$$

$$S = \{b, b, c, c, d\}$$

$$R \cup_S S = \{a, b, c, d\}$$

$$R \cup_B S = \{a, a, b, b, b, b, b, c, c, c, d\}$$

$$\sigma_{p_1 \vee p_2}(R) = \sigma_{p_1}(R) \cup_S \sigma_{p_2}(R)$$

Esempio: $R = \{a, a, b, b, b, c\}$

P1 soddisfatto da a,b; P2 soddisfatto da b,c

$$\sigma_{p_1 \vee p_2}(R) = \{a, a, b, b, b, c\}$$

$$\sigma_{p_1}(R) = \{a, a, b, b, b\}$$

$$\sigma_{p_2}(R) = \{b, b, b, c\}$$

$$\sigma_{p_1}(R) \cup_S \sigma_{p_2}(R) = \{a, b, c\}$$

$$\sigma_{p_1}(R) \cup_B \sigma_{p_2}(R) = \{a, a, b, b, b, b, b, b, c\}$$

Regole $\sigma, \cup, -$ combinati:

$$\sigma_p(R \cup S) = \sigma_p(R) \cup \sigma_p(S)$$

$$\sigma_p(R - S) = \sigma_p(R) - S = \sigma_p(R) - \sigma_p(S)$$

Regole: $\sigma + \bowtie$ combinati

Siano p = predicati con solo attr. di R

q = predicati con solo attr. di S

m = predicati con solo attr. di R, S

$$\sigma_p (R \bowtie S) = [\sigma_p (R)] \bowtie S$$

$$\sigma_q (R \bowtie S) = R \bowtie [\sigma_q (S)]$$

$$\sigma_m (R \bowtie S) = \sigma_m(R) \bowtie \sigma_m(S)$$

Regole: $\sigma + \bowtie$ combinati (continua)

Alcune regole possono essere derivate:

$$\sigma_{p \wedge q} (R \bowtie S) =$$

$$\sigma_{p \wedge q \wedge m} (R \bowtie S) =$$

$$\sigma_{p \vee q} (R \bowtie S) =$$

$$\sigma_{p \wedge q} (R \bowtie S) = [\sigma_p (R)] \bowtie [\sigma_q (S)]$$

$$\sigma_{p \wedge q \wedge m} (R \bowtie S) = \sigma_m [(\sigma_p R) \bowtie (\sigma_q S)] = [\sigma_m(\sigma_p(R)) \bowtie \sigma_m(\sigma_q(S))]$$

$$\sigma_{p \vee q} (R \bowtie S) =$$

$$[(\sigma_p R) \bowtie S] \cup_S [R \bowtie (\sigma_q S)]$$

Solo se $(\sigma_p R) \bowtie S$ e $R \bowtie (\sigma_q S)$ sono insiemi e non bag

--> Derivazione per la prima:

$$\sigma_{p \wedge q} (R \bowtie S) =$$

$$\sigma_p [\sigma_q (R \bowtie S)] =$$

$$\sigma_p [R \bowtie \sigma_q (S)] =$$

$$[\sigma_p (R)] \bowtie [\sigma_q (S)]$$

Regole per σ , combinati con X

$$\sigma_p (R X S) = \sigma_p (R) X S$$

$$\sigma_q (R X S) = R X \sigma_q (S)$$

Regole: proiezione

Siano: X = insieme di attributi

Y = insieme di attributi

$$XY = X \cup Y$$

$$\pi_{xy}(R) = \pi_x[\pi_y(R)]$$

Regole: π, σ combinate

Sia x = sottoinsieme degli attributi di R

z = attributi nel predicato P

(sottoinsieme degli attributi di R)

$$\pi_x[\sigma_p(R)] = \pi_x \left\{ \sigma_p \left[\overset{\pi_{xz}}{\cancel{\pi_x}}(R) \right] \right\}$$

Regole: π , \bowtie combinati

Sia x = sottoinsieme degli attributi di R

y = sottoinsieme degli attributi di S

z = intersezione degli attributi di R,S

$$\pi_{xy} (R \bowtie S) =$$

$$\pi_{xy} \{ [\pi_{xz} (R)] \bowtie [\pi_{yz} (S)] \}$$

$$\pi_{xy} \{ \sigma_P (R \bowtie S) \} =$$

$$\pi_{xy} \{ \sigma_P [\pi_{xz'} (R) \bowtie \pi_{yz'} (S)] \}$$

$$z' = z \cup \{ \text{attributi usati in } P \}$$

Quali sono 'buone' trasformazioni?

$$\square \sigma_{p1 \wedge p2} (R) \rightarrow \sigma_{p1} [\sigma_{p2} (R)]$$

$$\square \sigma_p (R \bowtie S) \rightarrow [\sigma_p (R)] \bowtie S$$

$$\square R \bowtie S \rightarrow S \bowtie R$$

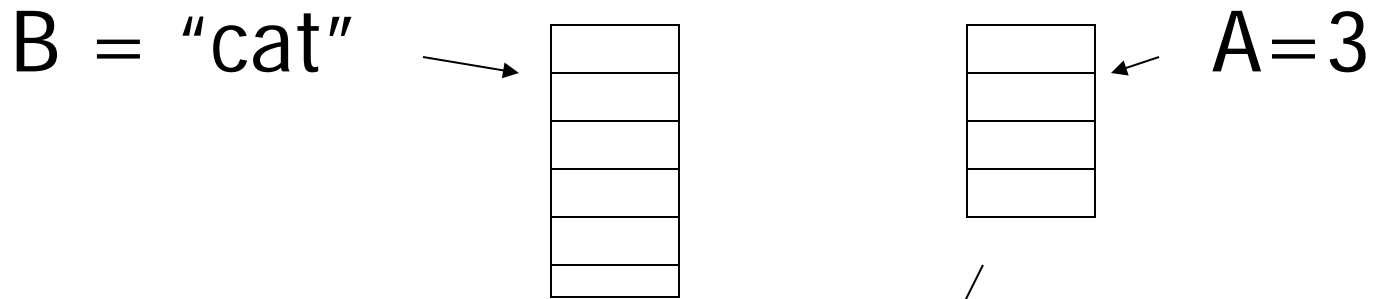
$$\square \pi_x [\sigma_p (R)] \rightarrow \pi_x \{ \sigma_p [\pi_{xz} (R)] \}$$

Normalmente:
esegui le proiezioni prima possibile

Esempio: $R(A,B,C,D,E)$ $x = \{E\}$
 $P: (A=3) \wedge (B="cat")$

$\pi_x \{ \sigma_p (R) \}$ rispetto. $\pi_E \{ \sigma_p \{ \pi_{ABE}(R) \} \}$

Ma se A e B hanno indici?



Interseca i puntatori per ottenere i puntatori alle tuple richieste

In conclusione:

- Non sempre conviene anticipare le proiezioni

Regola per le selezioni

- Normalmente e' buono anticipare le selezioni, cioe' spingerle in basso nell'albero

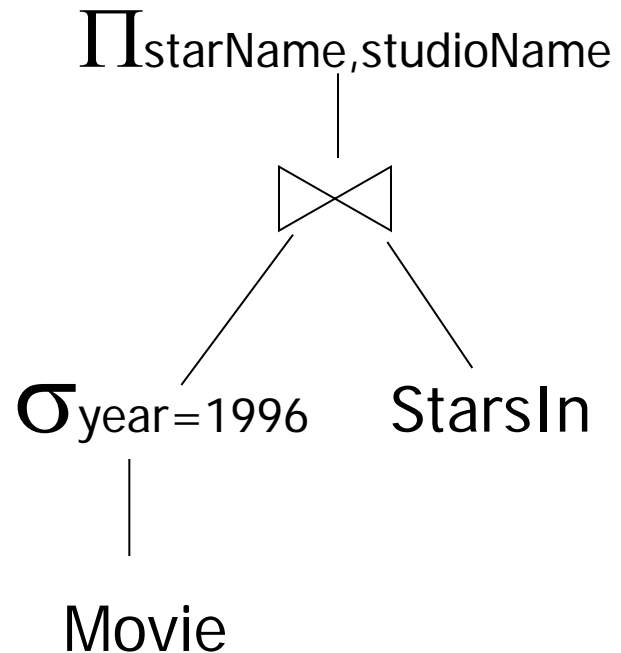
Eccezione

- StarsIn(title, year, starName)
- Movie(title, year, length, inColor, studioName, producerC#)

```
CREATE VIEW MovieOf1996 AS
  SELECT * FROM Movie WHERE
  year=1996
```

Eccezione

```
SELECT starName,  
       studioName  
FROM MoviesOf1996 m  
JOIN StarsIn s ON  
m.title=s.title AND  
m.year=s.year
```



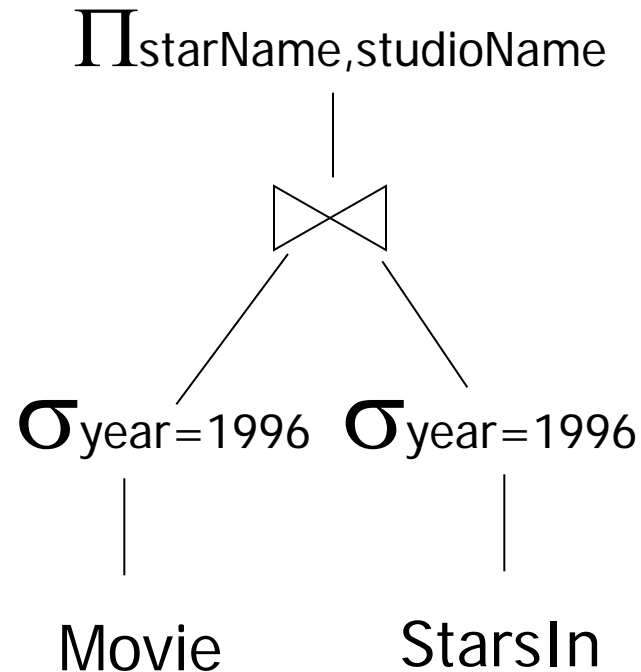
Eccezione

- Si usa la regola

$$\sigma_p (R \bowtie S) = \sigma_p(R) \bowtie S$$

- da destra verso sinistra e si porta la selezione sopra il join
- A questo punto, dato che year e' anche attributo di StarsIn e il join contiene year, si puo' spingere la selezione ad entrambi i figli del join

Eccezione



- Quindi in alcuni casi occorre far salire le selezioni il piu' possibile prima di farle scendere

Schema - Query Processing

- Livello dell'algebra relazionale (logical query plan)
 - Buone trasformazioni
- Livello del piano di query fisico
 - Stima dei costi
 - Genera e confronta i piani fisici dai piani logici

- Stima del costo di un piano di query
 - (1) Stima della dimensione dei risultati
 - (2) Stima del numero di IOs

Stima della dimensione del risultato

- Mantieni le statistiche per la relazione R
 - $T(R)$: # tuple in R
 - $S(R)$: # di bytes in ciascuna tupla di R
 - $B(R)$: # di blocchi per tenere tutte le tuple di R
 - $V(R, A)$: # di valori distinti in R per l'attributo A

Esempio

R

A	B	C	D
cat	1	10	a
cat	1	20	b
dog	1	30	a
dog	1	40	c
bat	1	50	d

A: stringa di 20 byte

B: intero di 4 byte

C: data di 8 byte

D: stringa di 5 byte

$$T(R) = 5 \quad S(R) = 37$$

$$V(R,A) = 3$$

$$V(R,C) = 5$$

$$V(R,B) = 1$$

$$V(R,D) = 4$$

Stima del numero di blocchi

- Ipotesi:
 - Record impaccati
 - Tutto lo spazio nei blocchi occupato da record (no strutture ausiliarie)

$$B(R) = T(R) * S(R) / B$$

Dove B e' la dimensione in bytes del blocco

Stima della dimensione per $W = R1 \times R2$

$$T(W) = T(R1) \times T(R2)$$

$$S(W) = S(R1) + S(R2)$$

Stima della dimensione per $W = \sigma_{A=a}(R)$

$$S(W) = S(R)$$

$$T(W) = ?$$

Esempio

R

A	B	C	D
cat	1	10	a
cat	1	20	b
dog	1	30	a
dog	1	40	c
bat	1	50	d

$$V(R,A)=3$$

$$V(R,B)=1$$

$$V(R,C)=5$$

$$V(R,D)=4$$

$$W = \sigma_{z=\text{val}}(R) \quad T(W) = T(R)/V(R,Z)$$

$$W = \sigma_{A=\text{val}}(R) \quad T(W) = T(R)/3$$

Assunzione:

I valori per l'attributo Z sono
uniformemente distribuiti sui possibili
 $V(R,Z)$ valori

Assunzione alternativa:

I valori per l'attributo Z sono uniformemente distribuiti sul dominio con $DOM(R,Z)$ valori.

Esempio

R

A	B	C	D
cat	1	10	a
cat	1	20	b
dog	1	30	a
dog	1	40	c
bat	1	50	d

Assunzione alternativa

$$V(R,A)=3 \quad \text{DOM}(R,A)=10$$

$$V(R,B)=1 \quad \text{DOM}(R,B)=10$$

$$V(R,C)=5 \quad \text{DOM}(R,C)=10$$

$$V(R,D)=4 \quad \text{DOM}(R,D)=10$$

$$W = \sigma_{z=\text{val}}(R) \quad T(W) = \frac{T(R)}{\text{DOM}(R,Z)}$$

$$C=val \Rightarrow T(W) = 5/10=0.5$$

$$B=val \Rightarrow T(W) = 5/10=0.5$$

$$A=val \Rightarrow T(W) = 5/10= 0.5$$

Cardinalita' della selezione

SC(R,A) = # medio di record che soddisfano una condizione di uguaglianza su R.A

$$SC(R,A) = \left\{ \begin{array}{l} \frac{T(R)}{V(R,A)} \\ \frac{T(R)}{DOM(R,A)} \end{array} \right.$$

Caso $W = \sigma_{z \geq \text{val}}(R)$?

$$T(W) = ?$$

- Soluzione # 1:

$$T(W) = T(R)/2$$

- Soluzione # 2:

$$T(W) = T(R)/3$$

- Soluzione # 3: stima i valori nel range

Esempio R

	Z

Min=1

$V(R,Z)=10$



$W = \sigma_{Z \geq 15} (R)$

Max=20

$$f = \frac{20-15+1}{20-1+1} = \frac{6}{20} \quad (\text{frazione del range})$$

$$T(W) = f \times T(R)$$

Equivalentemente:

$f \times V(R, Z)$ = frazione di valori distinti

$$T(W) = [f \times V(Z, R)] \frac{\times T(R)}{V(Z, R)} = f \times T(R)$$

Stima della dimensione per

$$W = R1 \triangleright \triangleleft R2$$

Sia $X =$ attributi di $R1$

$Y =$ attributi di $R2$

Caso 1

$$X \cap Y = \emptyset$$

Lo stesso di $R1 \times R2$

Caso 2

$$W = R1 \triangleright \triangleleft R2$$

$$X \cap Y = A$$

R1	A	B	C

R2	A	D

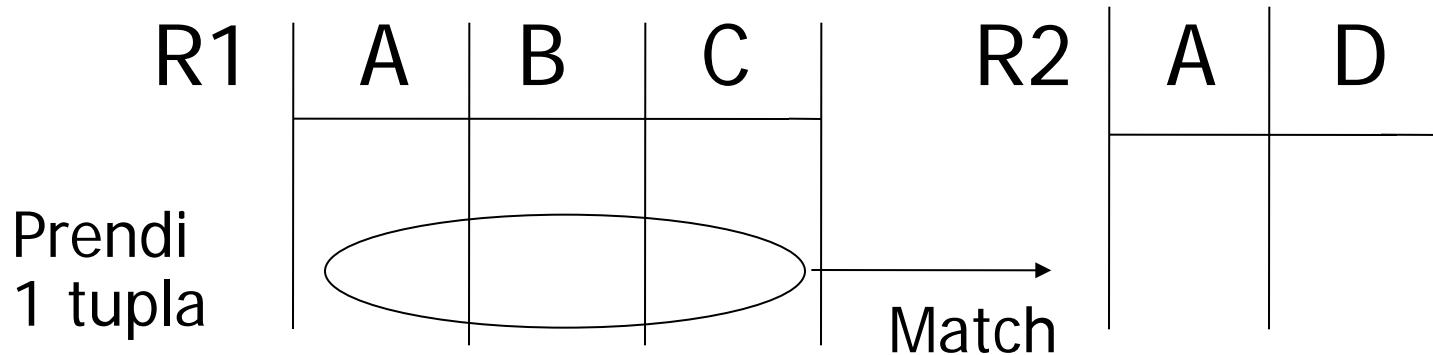
Assunzione:

$V(R1,A) \leq V(R2,A)$ e ogni valore per A in R1 e' in R2

$V(R2,A) \leq V(R1,A)$ e ogni valore per A in R2 e' in R1

“inclusione dell'insieme dei valori”

Calcolare $T(W)$ quando $V(R1,A) \leq V(R2,A)$



1 tupla corrisponde a $\frac{T(R2)}{V(R2,A)}$ tuple...

$$\text{Quindi } T(W) = \frac{T(R2)}{V(R2, A)} \times T(R1)$$

- $V(R1,A) \leq V(R2,A) \quad T(W) = \frac{T(R2) T(R1)}{V(R2,A)}$

- $V(R2,A) \leq V(R1,A) \quad T(W) = \frac{T(R2) T(R1)}{V(R1,A)}$

[A e' l'attributo comune]

In generale $W = R1 \triangleright \triangleleft R2$

$$T(W) = \frac{T(R2) T(R1)}{\max\{ V(R1,A), V(R2,A) \}}$$

In tutti i casi:

$$S(W) = S(R1) + S(R2) - S(A)$$

←
dimensione dell'attributo A

Join naturale con attributi di join multipli

$R1(x, y1, y2), R2(y1, y2, z)$

$W = R1 \triangleright \triangleleft R2$

Date due tuple $r1$ di $R1$ ed $r2$ di $R2$,
qual'è la probabilità che facciano join?

Prob che $r1$ ed $r2$ abbiano uguale $y1$
 $= 1 / \max\{V(R1, y1), V(R2, y1)\}$

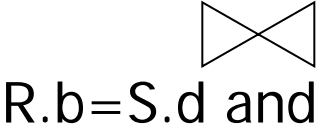
Prob che $r1$ ed $r2$ abbiano uguale $y2$
 $= 1 / \max\{V(R1, y2), V(R2, y2)\}$

Attributi di join multipli

- Quindi, di $T(R1)*T(R2)$ tuple, quelle che fanno match sono

$$\frac{T(R1)T(R2)}{\max\{V(R1,y1),V(R2,y1)\}\max\{V(R1,y2),V(R2,y2)\}}$$

Esempio

- $W=R(a,b,c)$  $S(d,e,f)$
R.b=S.d and R.c=S.e
- $T(R)=1000$ $T(S)=2000$
- $V(R,b)=20$ $V(S,d)=50$
- $V(R,c)=100$ $V(S,e)=50$
- $T(W)=1000*2000/(50*100)=400$

Stima delle dimensioni

- $S = \sigma_{A=a \wedge B=b} (R)$
- $T(S) = T(R) / (V(R,A) \times V(R,B))$
- $Q = \sigma_{A=a \text{ OR } B=b} (R)$
- $T(Q) = \min\{T(R), T(\sigma_{A=a}(R)) + T(\sigma_{B=b}(R))\}$

Nota: per espressioni complesse, e' necessario calcolare i risultati T,S,V intermedi.

$$\text{Es. } W = \underbrace{[\sigma_{A=a}(R1)]}_{\text{relazione U}} \triangleright \triangleleft R2$$

relazione U

$$T(U) = T(R1)/V(R1,A) \quad S(U) = S(R1)$$

Quanto vale $V(U, *)$?

Per stimare V_s

Es., $U = \sigma_{A=a}(R1)$

supponendo che R1 abbia gli attributi A,B,C,D

$$V(U, A) = 1$$

$$V(U, B) = V(R1, B)$$

$$V(U, C) = V(R1, C)$$

$$V(U, D) = V(R1, D)$$

Per i join $U = R1(A,B) \triangleright \triangleleft R2(A,C)$

$$V(U,A) = \min \{ V(R1, A), V(R2, A) \}$$

$$V(U,B) = V(R1, B)$$

$$V(U,C) = V(R2, C)$$

[assunzione "conservazione dell'insieme dei valori"]

Esempio:

$$Z = R1(A,B) \bowtie R2(B,C) \bowtie R3(C,D)$$

R1	$T(R1) = 1000$	$V(R1,A)=50$	$V(R1,B)=100$
R2	$T(R2) = 2000$	$V(R2,B)=200$	$V(R2,C)=300$
R3	$T(R3) = 3000$	$V(R3,C)=90$	$V(R3,D)=500$

Risultato parziale: $U = R1 \bowtie R2$

$$T(U) = \frac{1000 \times 2000}{200}$$

$$V(U,A) = 50$$

$$V(U,B) = 100$$

$$V(U,C) = 300$$

$$Z = U \bowtie R3$$

$$T(Z) = \frac{1000 \times 2000 \times 3000}{200 \times 300} = 100.000$$

$$V(Z,A) = 50$$

$$V(Z,B) = 100$$

$$V(Z,C) = 90$$

$$V(Z,D) = 500$$

Altro ordine

$$W = R2(B, C) \bowtie R3(C, D)$$

$$T(W) = \frac{2000 \times 3000}{300}$$

$$V(W, B) = 200$$

$$Z = R1 \bowtie W$$

$$T(Z) = \frac{2000 \times 3000 \times 1000}{300 \times 200} = 100.000$$

Osservazione

- Le assunzioni di inclusione dell'insieme dei valori e di conservazione dell'insieme dei valori garantiscono che la stima della dimensione del risultato sia la stessa indipendentemente dall'ordine con cui si eseguono i join

Altro esempio

$R(a,b,c) \bowtie S(b,c,d) \bowtie U(b,e)$

$$T(R) = 1000$$

$$T(S) = 2000$$

$$T(U) = 5000$$

$$V(R,a) = 100$$

$$V(R,b) = 20$$

$$V(R,c) = 200$$

$$V(S,b) = 50$$

$$V(S,c) = 100$$

$$V(S,d) = 400$$

$$V(U,b) = 200$$

$$V(U,e) = 500$$

Altro esempio

$$W=R \triangleright \triangleleft S$$

$$T(W) = \frac{1000 \times 2000}{50 \times 200}$$

$$V(W, b) = 20$$

$$Z=W \triangleright \triangleleft U$$

$$T(U) = \frac{1000 \times 2000 \times 5000}{50 \times 200 \times 200} = 5000$$

In generale

- Se abbiamo un join di n relazioni
- $S = R_1 \bowtie R_2 \bowtie \dots \bowtie R_n$
- $T(S)$ si ottiene moltiplicando il numero di tuple in ogni relazione e, per ciascun attributo A , dividendo per tutti i $V(R_i, A)$ tranne il piu' piccolo
- Se A appare una volta sola, $V(R_i, A)$ non compare nella formula
- Si veda il libro per la dimostrazione

- Da non dimenticare:
le statistiche devono essere mantenute aggiornate...

Schema

- Stima del costo di una query
 - Stima della dimensione dell'output fatto!
 - Stima del # di IOs prossimo...
- Generare e confrontare i piani