

Elaborazione delle Query

Leggere il capitolo 16 del Garcia-Molina et al.

Lucidi derivati da quelli di Hector Garcia-Molina

1

Query Processing

Come passare da una query ad un piano per eseguirla?

2

Esempio

Select B,D

From R,S

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

3

| 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 |

4

- Come eseguire la query?

Un'idea

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

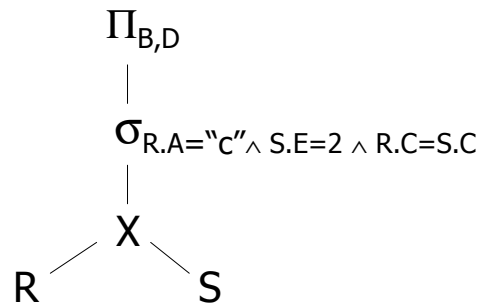
5

| 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 |
| | ⋮ | | | | | |
| | ⋮ | | | | | |

Trovata! →

6

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

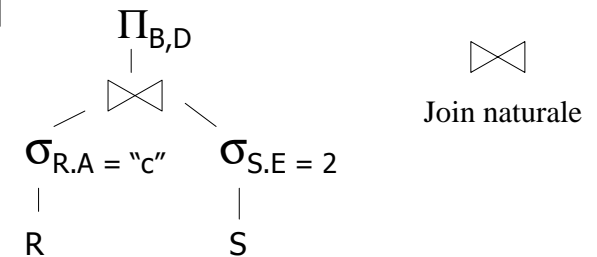


Oppure: $\Pi_{B,D} [\sigma_{R.A="c" \wedge S.E=2 \wedge R.C = S.C} (RXS)]$

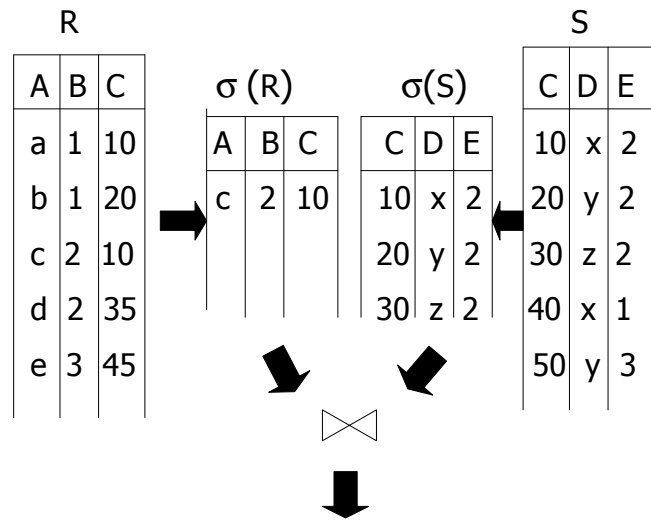
7

Un'altra idea:

Piano II



8



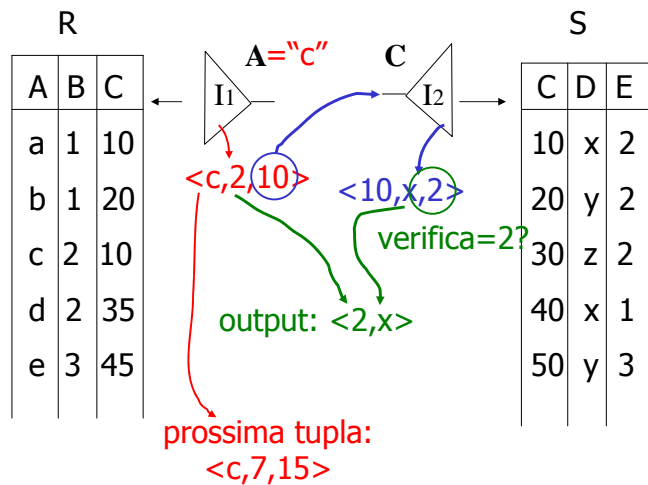
9

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

10



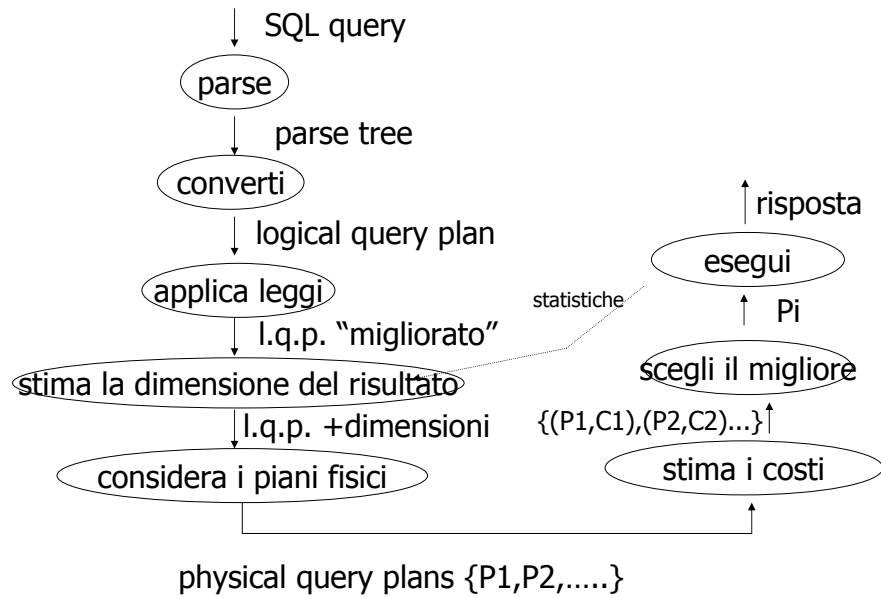
11

Ottimizzazione delle query

Piano descritto con l'algebra relazionale = logical query plan

Piano descritto con operatori fisici = physical query plan

12



13

Esempio: SQL query

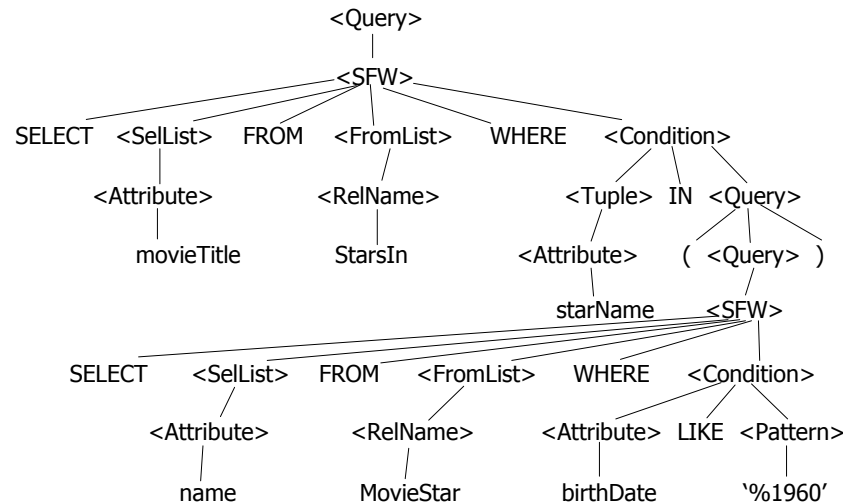
```
StarsIn(movieTitle,movieYear,starName)
MovieStar(name,address,gender,birthdate)
```

```
SELECT movieTitle
FROM StarsIn
WHERE starName IN (
  SELECT name
  FROM MovieStar
  WHERE birthdate LIKE '%1960'
);
```

(Trova i film con star nate nel 1960)

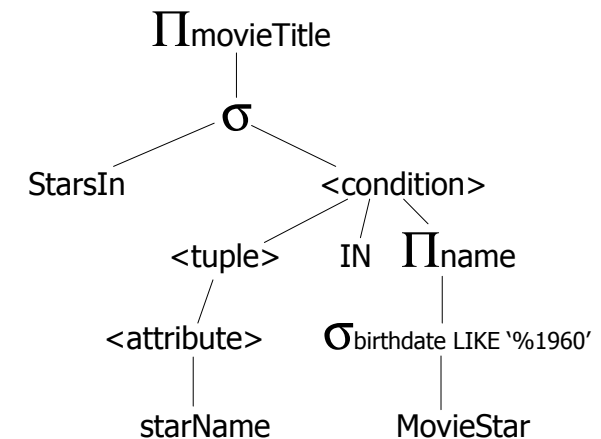
14

Esempio: Parse Tree



15

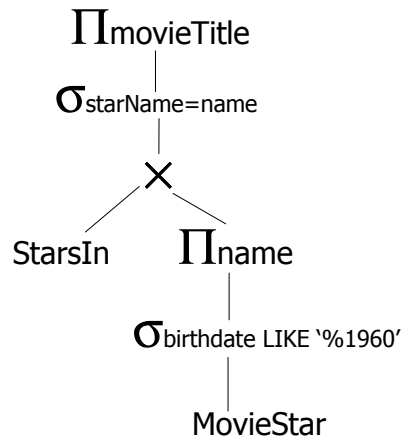
Esempio: Generazione dell'algebra relazionale



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

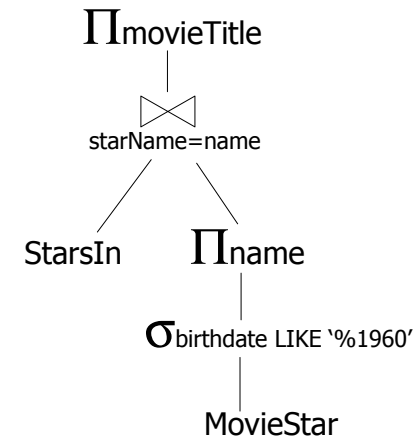
16

Esempio: Piano logico della query



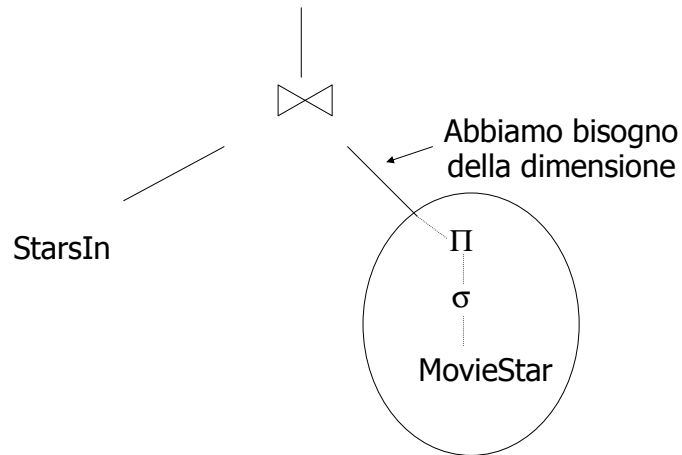
Trasformando la condizione IN

Esempio: Piano logico migliorato

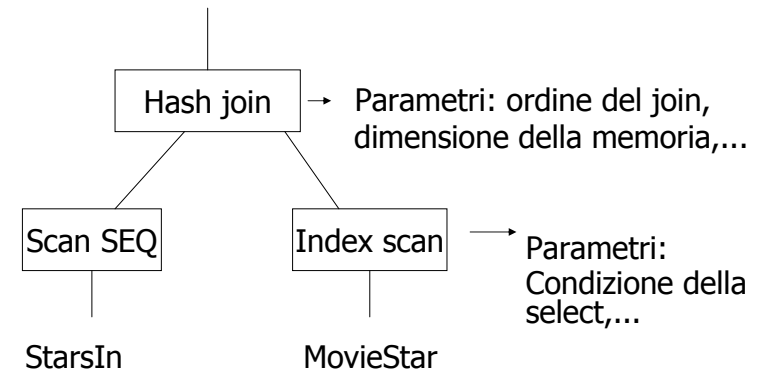


Un miglioramento sul piano precedente

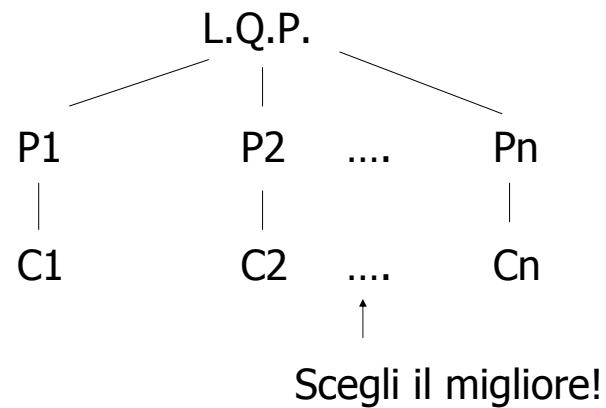
Esempio: Stima la dimensione del risultato



Esempio: Un piano fisico



Esempio: Stima i costi



21

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

22

Ottimizzazione dell'algebra relazionale

- Regole di trasformazione che preservano l'equivalenza

23

Regole: join naturale & prodotto cartesiano & unione & intersezione

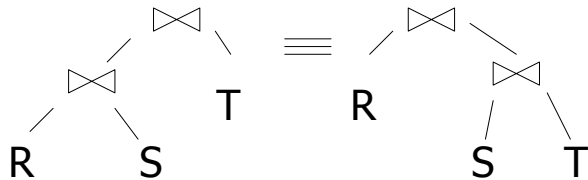
$$R \bowtie S = S \bowtie R$$

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

24

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,:



25

Regole: join naturale & prodotto cartesiano & unione & intersezione

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

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

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

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

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

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

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

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

26

Regole: selezioni

$$\sigma_{p_1 \wedge p_2}(R) = \sigma_{p_1} [\sigma_{p_2}(R)] = \sigma_{p_2} [\sigma_{p_1}(R)]$$

$$\sigma_{p_1 \vee p_2}(R) = [\sigma_{p_1}(R)] \cup_s [\sigma_{p_2}(R)]$$

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

27

Esempio:

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

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

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

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

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

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

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

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

28

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

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

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

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

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

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

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

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

29

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

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

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

30

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

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

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

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

31

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

Alcune regole possono essere derivate:

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

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

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

32

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

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

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

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

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

33

--> Derivazione per la prima:

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

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

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

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

34

Regole per σ , combinati con X

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

$$\sigma_q(R \times S) = R \times \sigma_p(S)$$

35

Regole: proiezione

Siano: X = insieme di attributi

Y = insieme di attributi

XY = X \cup Y

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

36

Regole: π, σ combinate

Sia x = sottoinsieme degli attributi di R
 z = attributi nel predicato P
(sottoinsieme degli attributi di R)

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

37

Regole: π, \bowtie combinati

Sia x = sottoinsieme degli attributi di R
 y = sottoinsieme degli attributi di S
 z = intersezione degli attributi di R,S

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

38

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

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

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

39

Quali sono 'buone' trasformazioni?

- $\sigma_{p1 \wedge p2}(R) \rightarrow \sigma_{p1}[\sigma_{p2}(R)]$
- $\sigma_p(R \bowtie S) \rightarrow [\sigma_p(R)] \bowtie S$
- $R \bowtie S \rightarrow S \bowtie R$
- $\pi_x[\sigma_p(R)] \rightarrow \pi_x \{ \sigma_p [\pi_{xz}(R)] \}$

40

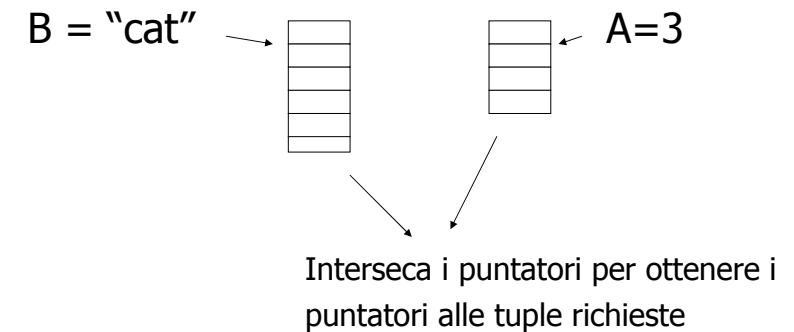
Normalmente:
esegui le proiezioni prima possibile

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

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

41

Ma se A e B hanno indici?



42

In conclusione:

- Non sempre conviene anticipare le proiezioni

43

Regola per le selezioni

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

44

Eccezione

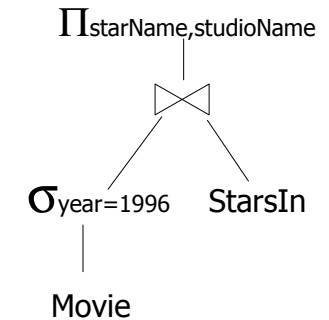
- StarsIn(title, year, starName)
- Movie(title,year,length, inColor,studioName, producerC#)

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

45

Eccezione

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



46

Eccezione

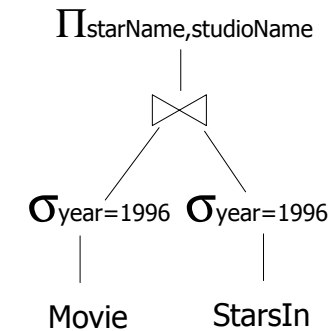
- Si usa la regola

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

- 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

47

Eccezione



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

48

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

49

- Stima del costo di un piano di query

- (1) Stima della dimensione dei risultati
- (2) Stima del numero di IOs

50

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

51

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

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

$$V(R,A) = 3 \quad V(R,C) = 5$$

$$V(R,B) = 1 \quad V(R,D) = 4$$

52

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

53

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

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

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

54

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

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

$$T(W) = ?$$

55

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 | |

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

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

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

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

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

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

56

Assunzione:

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

57

Assunzione alternativa:

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

58

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 DOM(R,A)=10

V(R,B)=1 DOM(R,B)=10

V(R,C)=5 DOM(R,C)=10

V(R,D)=4 DOM(R,D)=10

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

59

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

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

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

60

Cardinalita' della selezione

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

$$SC(R,A) = \begin{cases} \frac{T(R)}{V(R,A)} \\ \frac{T(R)}{DOM(R,A)} \end{cases}$$

61

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

T(W) = ?

- Soluzione # 1:
T(W) = T(R)/2
- Soluzione # 2:
T(W) = T(R)/3

62

- Soluzione # 3: stima i valori nel range

Esempio R

| | Z |
|--|---|
| | |

Min=1 V(R,Z)=10
 \updownarrow
 Max=20 W = $\sigma_{z \geq 15}(R)$

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

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

63

Equivalentemente:

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

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

64

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 x R2

Caso 2

$$W = R1 \triangleright \triangleleft R2 \quad X \cap Y = A$$

| | | | | | | |
|----|---|---|---|----|---|---|
| R1 | A | B | C | R2 | A | D |
| | | | | | | |

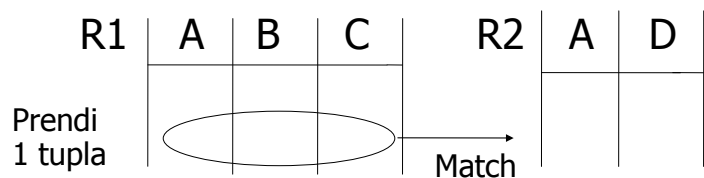
Assunzione:

$V(R1,A) \leq V(R2,A)$ 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 $W = R1 \triangleright \triangleleft R2$

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

69

In tutti i casi:

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

dimensione dell'attributo A

70

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 $y2$
 $= 1/\max\{V(R1,y2), V(R2,y2)\}$

71

Attributi di join multipli

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

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

72

Esempio

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

73

Stima delle dimensioni

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

74

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

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

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

Quanto vale $V(U, *)$?

75

Per stimare Vs

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

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

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

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

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

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

76

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

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

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

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

[assunzione "conservazione dell'insieme dei valori"]

77

Esempio:

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

$$\boxed{R1} \quad T(R1) = 1000 \quad V(R1,A)=50 \quad V(R1,B)=100$$

$$\boxed{R2} \quad T(R2) = 2000 \quad V(R2,B)=200 \quad V(R2,C)=300$$

$$\boxed{R3} \quad T(R3) = 3000 \quad V(R3,C)=90 \quad V(R3,D)=500$$

78

Risultato parziale: $U = R1 \bowtie R2$

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

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

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

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

$Z = U \bowtie R3$

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

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

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

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

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

79

80

Altro ordine

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

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

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

$$Z = R1 \bowtie W$$

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

81

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

82

Altro esempio

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

$$T(R) = 1000 \quad T(S) = 2000 \quad T(U) = 5000$$

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

$$V(R,b) = 20 \quad V(S,b) = 50 \quad V(U,b) = 200$$

$$V(R,c) = 200 \quad V(S,c) = 100$$

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

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

83

Altro esempio

$$W = R \bowtie S$$

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

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

$$Z = W \bowtie U$$

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

84

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 più piccolo
- Se A appare una volta sola, $V(R_i, A)$ non compare nella formula
- Si veda il libro per la dimostrazione

85

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

86

Schema

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

87