CS 245: Database System Principles

Notes 6: Query Processing

Hector Garcia-Molina

Vyhodnocení dotazu

- Dotaz
- Strom dotazu
- Logický plán
- Úpravy
- Fyzický plán
- Vyhodnocení

Příklad

Select B,D
From R,S
Where R.A = “c” $\wedge$ S.E = 2 $\wedge$ R.C=S.C

R

A	B	C
a	1	10
b	1	20
c	2	10
d	2	35
e	3	45

S

C	D	E
10	x	2
20	y	2
30	z	2
40	x	1
50	y	3

Výsledek:

B	D
2	x

- Jak vyhodnotit uvedený dotaz?

1. způsob

- kartézský součin
- výběr záznamů
- projekce

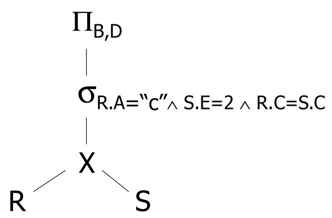
RXS

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
.					
.					

Bingo!
Jeden máme...

Relační Algebra – použití pro popis plánů

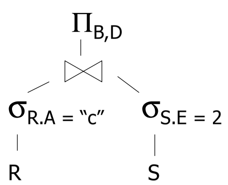
Př.: Plán I



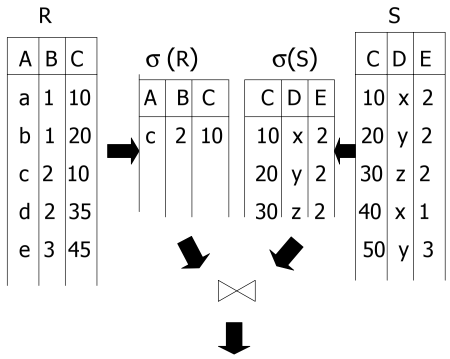
$\Pi_{B,D} [\sigma_{R.A=\text{“c”} \wedge S.E=2 \wedge R.C = S.C} (RXS)]$

Jiný způsob:

Plán II



$\bowtie$ přirozené spojení



R

A	B	C
a	1	10
b	1	20
c	2	10
d	2	35
e	3	45

σ (R)

A	B	C
c	2	10

σ(S)

C	D	E
10	x	2
20	y	2
30	z	2

S

C	D	E
10	x	2
20	y	2
30	z	2
40	x	1
50	y	3

Plán III

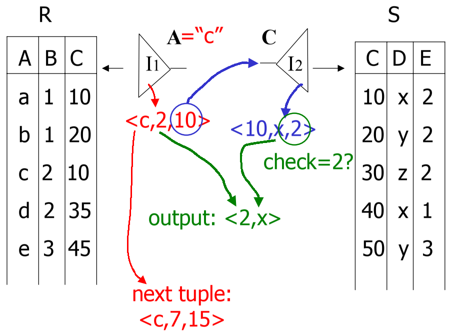
Použijeme indexy R.A a S.C

(1) použijeme index R.A k nalezení záznamů R splňující R.A = "c"

(2) Pro každou nalezenou hodnotu R.C použijeme index S.C pro nalezení odpovídajících záznamů

(3) Vypustíme záznamy S, kde S.E ≠ 2

(4) Spojíme odpovídající záznamy R,S provedeme projekci na atributy B,D



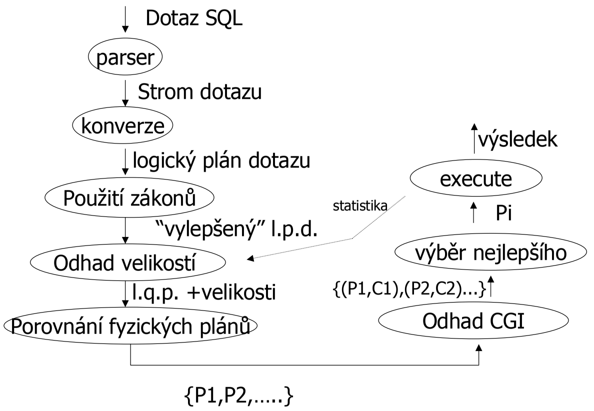
R

A	B	C
a	1	10
b	1	20
c	2	10
d	2	35
e	3	45

S

C	D	E
10	x	2
20	y	2
30	z	2
40	x	1
50	y	3

Přehled optimalizace dotazů

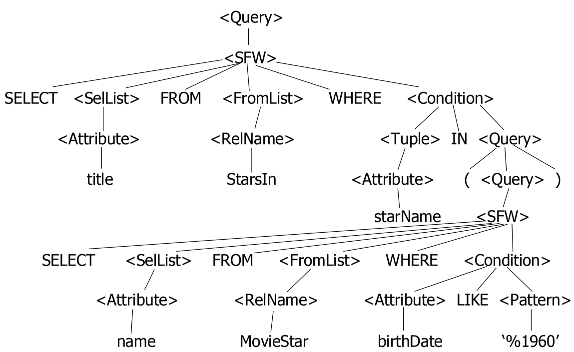


Příklad: dotaz SQL

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

(Find the movies with stars born in 1960)

Příklad: Strom dotazu



Příklad: Generování Relační Algebry

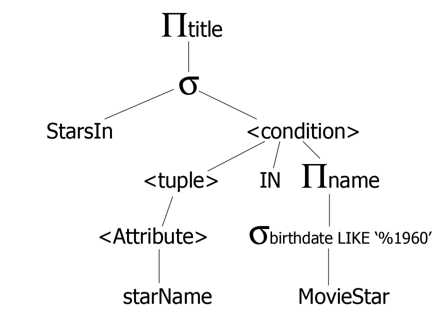


Fig. 7.15: An expression using a two-argument σ, midway between a parse tree and relational algebra

Příklad: Logický plán dotazu

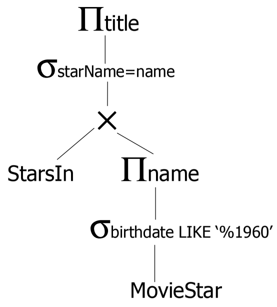
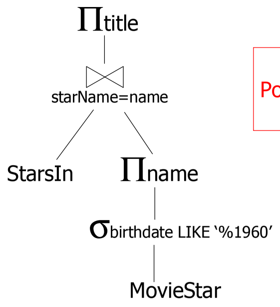


Fig. 7.18: Applying the rule for IN conditions

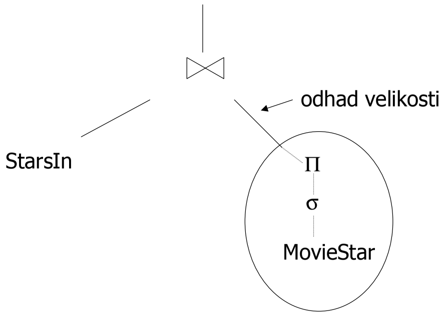
Příklad: Vylepšení logického plánu



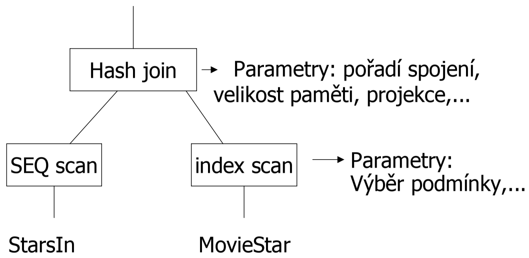
Otázka:
Posunout projekci na StarsIn?

Fig. 7.20: An improvement on fig. 7.18.

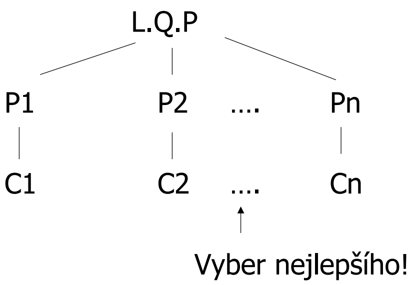
Příklad: Odhad velikostí výsledků



Příklad: jeden fyzický plán



Příklad: Odhad ceny



Optimalizace dotazu

- Úroveň relační algebry
- Úroveň podrobného plánu dotazu
  - Odhad ceny
    - bez indexů
    - s indexy
  - Vytvoření a porovnání plánů

Optimalizace

- Transformační pravidla (zajištění ekvivalence)
- Jaké transformace?

pravidla: Přir. spojení & součin & sjednocení

$R \bowtie S = S \bowtie R$

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

$R \times S = S \times R$

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

$R \cup S = S \cup R$

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

pravidla: výběr

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

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

Bags vs. Sets

R = {a,a,b,b,b,c}
S = {b,b,c,c,d}
RUS = ?

- Možnost 1 SUM
  RUS = {a,a,b,b,b,b,b,c,c,c,d}
- Možnost 2 MAX
  RUS = {a,a,b,b,b,c,c,d}

Možnost 2 (MAX) funguje:

$\sigma_{p1 \vee p2}(R) = \sigma_{p1}(R) \cup \sigma_{p2}(R)$

Příklad: R={a,a,b,b,b,c}
P1 satisfied by a,b; P2 satisfied by b,c

$\sigma_{p1 \vee p2}(R) = \{a,a,b,b,b,c\}$

$\sigma_{p1}(R) = \{a,a,b,b,b\}$

$\sigma_{p2}(R) = \{b,b,b,c\}$

$\sigma_{p1}(R) \cup \sigma_{p2}(R) = \{a,a,b,b,b,c\}$

Pragmatické rozhodnutí

-> použití “SUM” pro sjednocení multimnožin

-> některá pravidla nemůžeme pro multimnožiny použít

pravidla: kombinace $\sigma + \bowtie$

Nechť
p = výraz obsahující pouze atributy R
q = výraz obsahující pouze atributy R
m = výraz obsahující atributy R a S

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

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

pravidla: kombinace $\sigma + \bowtie$

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

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

$\sigma_m\left[(\sigma_p R) \bowtie (\sigma_q S)\right]$

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

$\left[(\sigma_p R) \bowtie S\right] \cup \left[R \bowtie (\sigma_q S)\right]$

Příklad odvození:

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

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

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

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

pravidla: kombinace π,σ

x = podmnožina atributů R
z = atributy ve výrazu P
(podmnožina atributů R)

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

pravidla: kombinace π, $\bowtie$

x = podmnožina atributů R
y = podmnožina atributů S
z = průnik atributů R,S

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

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

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

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

$z' = z \cup \{$atributy použité v P$\}$

pravidla kombinace σ, U:

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

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

Jaké transformace použít?

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

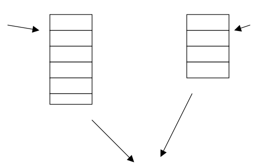
Obecné rada: projekci co nejdříve

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

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

Co když máme na A, B indexy?

B = "cat"



A=3

Průnik seznamu ukazatelů dává výsledek přímo

Obecná pravidla:

- bez transformací neuděláme chybu
- Většinou výhodné: brzký výběr
- eliminace společných podvýrazů

Outline - Query Processing

- Úroveň relační algebry
  - transformační pravidla
  - volba pravidel
- Úroveň podrobného plánu dotazu
  - odhad ceny
  - vytvoření a porovnání plánů

Odhad velikosti výsledku

- Statistika pro relaci R
  - T(R) : # záznamů R
  - S(R) : # bytů v každém záznamu R
  - B(R): # bloků obsazených R
  - V(R, A) : # různých hodnot R na atributech A

Příklad

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: 20 byte string
B: 4 byte integer
C: 8 byte date
D: 5 byte string

T(R) = 5   S(R) = 37
V(R,A) = 3   V(R,C) = 5
V(R,B) = 1   V(R,D) = 4

Odhad velikostí W = R1 x R2

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

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

Odhad velikostí W = $\sigma_{A=a}$ (R)

S(W) = S(R)

T(W) = ?

Příklad

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)   T(W) = $\frac{T(R)}{V(R,Z)}$

Předpoklad:

Hodnoty ve výrazu výběru Z = val jsou rovnoměrně rozloženy mezi všechny různé hodnoty v R, kterých je V(R,Z).

Alternativní předpoklad:

Hodnoty ve výrazu výběru Z = val jsou rovnoměrně rozloženy v oboru hodnot atributu Z: DOM(R,Z)

Příklad

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

Alternativní předpoklad
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)   T(W) = ?

$C=val \Rightarrow T(W) = (1/10)1 + (1/10)1 + \ldots$
$= (5/10) = 0.5$

$B=val \Rightarrow T(W) = (1/10)5 + 0 + 0 = 0.5$

$A=val \Rightarrow T(W) = (1/10)2 + (1/10)2 + (1/10)1$
$= 0.5$

Příklad

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

Alternativní předpoklad
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

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

Velikost výběru

SC(R,A) = průměrný počet záznamů splňujících podmínku rovnosti na R.A

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

Co když $W = \sigma_{z \geq val}(R)$?

$T(W) = ?$

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

- Řešení # 3: Odhad podle rozsahu

Příklad R

	Z

Min=1 … Max=20 V(R,Z)=10

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

$f = \frac{20-15+1}{20-1+1} = \frac{6}{20}$ (fraction of range)

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

Analogicky:
$f \times V(R,Z)$ = fraction of distinct values
$$T(W) = [f \times V(Z,R)] \times \frac{T(R)}{V(Z,R)} = f \times T(R)$$

Odhad velikostí $W = R1 \bowtie R2$

x = atributy z R1
y = atributy z R2

$\boxed{\text{Případ 1}}$ $X \cap Y = \emptyset$

Stejné jako R1 x R2

$\boxed{\text{Případ 2}}$ $W = R1 \bowtie R2$ $X \cap Y = A$

R1

A	B	C

R2

A	D

Předpoklad:

$V(R1,A) \leq V(R2,A) \Rightarrow$ každá hodnota A z R1 je i v R2
$V(R2,A) \leq V(R1,A) \Rightarrow$ každá hodnota A z R2 je i v R1

Výpočet T(W) pro $V(R1,A) \le V(R2,A)$

R1	A	B	C

R2	A	D

vezmi 1 záznam → vyhledej

1 záznam R1 se spojí s $\frac{T(R2)}{V(R2,A)}$ záznamy

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

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

[A je společný atribut]

Obecně

$W = R1 \bowtie R2$

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

$\boxed{\text{Případ 2}}$ Alternativní předpoklad

Hodnoty jsou rovnoměrně rozděleny v doméně

R1	A	B	C

R2	A	D

tyto záznamy se spojí s T(R2)/DOM(R2,A)

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

Předpokládáme stejné

Ve všech případech:

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

velikost atributu A

Poznámka: pro složitější výrazy potřebujeme velikosti mezivýsledků.

$$W = [\underbrace{\sigma_{A=a}(R1)}_{\text{bereme jako relaci U}}] \bowtie R2$$

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

potřebujeme V (U, *) !!

Odhad V

Př.: $U = \sigma_{A=a}(R1)$

R1 má atributy A,B,C,D

V(U, A) =

V(U, B) =

V(U, C) =

V(U, D) =

Příklad

R1

A	B	C	D
cat	1	10	10
cat	1	20	20
dog	1	30	10
dog	1	40	30
bat	1	50	10

V(R1,A)=3
V(R1,B)=1
V(R1,C)=5
V(R1,D)=3

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

$V(U,A) = 1$ $V(U,B) = 1$ $V(U,C) = \frac{T(R1)}{V(R1,A)}$

V(D,U) ... něco mezi

Možné odhady $U = \sigma_{A=a}(R)$

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

Pro spojení $U = R1(A,B) \bowtie R2(A,C)$

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

Příklad:

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

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

Mezivýsledek: $U = R \bowtie S$

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

$V(U,A) = 50$
$V(U,B) = 100$
$V(U,C) = 300$

$Z = U \bowtie R3$

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

$V(Z,A) = 50$
$V(Z,B) = 100$
$V(Z,C) = 90$
$V(Z,D) = 500$

Souhrn

- Odhad velikosti výsledků je "umění"

- Nezapomeňte:
  Pro korektní odhad potřebujeme korektní statistiky – nutnost udržovat při modifikacích tabulky

Přehled

- Odhad ceny plánu dotazu
  - Odhad velikosti výsledku ← Máme
  - Odhad počtu V/V operací ← Příště