



PA152: Efektivní využívání DB  
9. Ladění dotazů

Vlastislav Dohnal

# Poděkování

- Zdrojem materiálů tohoto předmětu jsou:
  - Přednášky CS245, CS345, CS345
    - Hector Garcia-Molina, Jeffrey D. Ullman, Jennifer Widom
    - Stanford University, California
  - Database Tuning (slides)
    - Dennis Shasha, Philippe Bonnet
    - Morgan Kaufmann, 1<sup>st</sup> edition, 440 pages, 2002
    - ISBN-13: 978-1558607538
    - <http://www.databasetuning.org/>

# Ladění dotazů

```
SELECT s.RESTAURANT_NAME, t.TABLE_SEATING, to_char(t.DATE_TIME,'Dy, Mon FMDD') AS THEDATE,
to_char(t.DATE_TIME,'HH:MI PM') AS THETIME,to_char(t.DISCOUNT,'99') || '%' AS AMOUNTVALUE,t.TABLE_ID,
s.SUPPLIER_ID, t.DATE_TIME, to_number(to_char(t.DATE_TIME,'SSSS')) AS SORTTIME
FROM TABLES_AVAILABLE t, SUPPLIER_INFO s,
(SELECT s.SUPPLIER_ID, t.TABLE_SEATING, t.DATE_TIME, t.DISCOUNT, t.OFFER_TYPE, t.NUM_OFFERS
FROM TABLES_AVAILABLE t, SUPPLIER_INFO s
WHERE t.SUPPLIER_ID = s.SUPPLIER_ID
and (TO_CHAR(t.DATE_TIME, 'MM/DD/YYYY') > TO_CHAR(sysdate, 'MM/DD/YYYY')
or TO_NUMBER(TO_CHAR(sysdate, 'SSSS')) < TO_NUMBER(TO_CHAR(t.DATE_TIME, 'SSSS'))
and t.NUM_OFFERS > 0 and t.DATE_TIME > sysdate
and t.TABLE_SEATING = '2' and t.DATE_TIME between sysdate and (sysdate + 7)
and to_number(to_char(t.DATE_TIME, 'SSSS')) between 39600 and 82800
and t.OFFER_TYPE = 'Discount'
GROUP BY s.SUPPLIER_ID, t.TABLE_SEATING, t.DATE_TIME, t.OFFER_TYP) u
WHERE t.SUPPLIER_ID=s.SUPPLIER_ID and u.SUPPLIER_ID=s.SUPPLIER_ID and t.SUPPLIER_ID=u.SUPPLIER_ID
and t.TABLE_SEATING = u.TABLE_SEATING and t.DATE_TIME = u.DATE_TIME
and t.DISCOUNT = u.AMOUNT and t.OFFER_TYPE = u.OFFER_TYPE
and (TO_CHAR(t.DATE_TIME, 'MM/DD/YYYY') != TO_CHAR(sysdate, 'MM/DD/YYYY')
or TO_NUMBER(TO_CHAR(sysdate, 'SSSS')) < s.NOTIFICATION_TIME - s.TZ_OFFSET)
and t.NUM_OFFERS > 2 and t.DATE_TIME > SYSDATE and s.CITY = 'SF'
and t.TABLE_SEATING = '2' and t.DATE_TIME between sysdate and (sysdate + 7)
and to_number(to_char(t.DATE_TIME, 'SSSS')) between 39600 and 82800 and t.OFFER_TYPE = 'Discount'
ORDER BY AMOUNTVALUE DESC, t.TABLE_SEATING ASC, upper(s.RESTAURANT_NAME) ASC,
SORTTIME ASC, t.DATE_TIME ASC
```

Provedení je příliš pomalé...

- 1) Jak je dotaz vyhodnocován?
- 2) Jak jej lze urychlit?

# Plán dotazu

## Výstup příkazu EXPLAIN v Oracle

Execution Plan

```
-----  
0  SELECT STATEMENT Optimizer=CHOOSE (Cost=165 Card=1 Bytes=106)  
1  0  SORT (ORDER BY) (Cost=165 Card=1 Bytes=106)  
2  1  NESTED LOOPS (Cost=164 Card=1 Bytes=106)  
3  2  NESTED LOOPS (Cost=155 Card=1 Bytes=83)  
4  3  TABLE ACCESS (FULL) OF 'TABLES_AVAILABLE' (Cost=72 Card=1 Bytes=28)  
5  3  VIEW  
6  5  SORT (GROUP BY) (Cost=83 Card=1 Bytes=34)  
7  6  NESTED LOOPS (Cost=81 Card=1 Bytes=34)  
8  7  TABLE ACCESS (FULL) OF 'TABLES_AVAILABLE' (Cost=72 Card=1 Bytes=24)  
9  7  TABLE ACCESS (FULL) OF 'SUPPLIER_INFO' (Cost=9 Card=20 Bytes=200)  
10 2  TABLE ACCESS (FULL) OF 'SUPPLIER_INFO' (Cost=9 Card=20 Bytes=460)
```

Operátor

Přístupová metoda

Cena provedení

# Monitorování dotazů

## ■ Co je pomalý dotaz?

- Vyžaduje příliš mnoho přístupů na disk
  - vysoké *costs* v plánu (explain)
  - Např. dotaz na přesnou shodu používá table-scan.
- Nevhodný plán dotazu
  - Vhodné (existující) indexy nejsou použity

## ■ Jak je objevit?

- Databáze umožňují logování „dlouhých“ dotazů
- ...

# Ladění dotazu

- Lokální změna = přepsání dotazu
  - První přístup ke zrychlení dotazu
  - Ovlivní pouze daný dotaz
- Globální změna
  - Vytvoření indexu
  - Změna schématu
  - Rozdělení transakcí
  - ...

# Přepisování dotazů

## ■ Příklad:

□ Employee(ssnum, name, manager, dept, salary, numfriends)

■ Shlukovaný index na *ssnum*

□ Tj. určuje uspořádání souboru

■ Neshlukované indexy: (i) *name*; (ii) *dept*

□ Student(ssnum, name, degree\_sought, year)

■ Shlukovaný index na *ssnum*

■ Neshlukovaný index na *name*

□ Tech(dept, manager, location)

■ Shlukovaný index na *dept*

# Přepisování dotazů

## ■ Techniky

- Použití indexů
- Rušení nadbytečných DISTINCT
- (Korelované) poddotazy
- Dočasné tabulky
- Používání HAVING
- Používání pohledů (VIEW)
- Uložené pohledy (materialized views)



# Používání indexů

- Optimalizátor dotazů nemusí použít index, pokud jsou používány:

- Aritmetické výrazy

  - WHERE salary/12 >= 4000;

  - WHERE inserted + 1 = current\_date;

- Funkce

  - SELECT \* FROM employee

  - WHERE SUBSTR(name, 1, 1) = 'G';

  - ... WHERE to\_char(inserted, 'YYYYMM') = '201704'

- Porovnávání atributů různých datových typů

- Víceatributové indexy

- Porovnání na NULL

# Používání indexů (pokr.)

## □ AgregáčnÍ funkce MAX(A), MIN(A)

- resp. ORDER BY A LIMIT 1
- použití funkcÍ v A
- Např.

Plus a secondary index on  
(sim\_imsi,time)

- conn\_log ( log\_key, sim\_imsi, time, car\_key, pda\_imei,  
gsmnet\_id, method, program\_ver )
- A. **SELECT max(time AT TIME ZONE 'UTC') AS time**  
FROM conn\_log  
WHERE sim\_imsi='23001234567890123' AND  
time> '2016-02-28 10:50:00.122 UTC' AND  
method='U' AND program\_ver IS NOT NULL;
- B. **SELECT time AT TIME ZONE 'UTC'**  
FROM (SELECT **max(time)** AS time  
FROM conn\_log  
WHERE sim\_imsi='23001234567890123' AND  
time>'2016-02-28 10:50:00.122 UTC' AND  
method='U' AND program\_ver IS NOT NULL) AS x;
- C. **SELECT max(time) AT TIME ZONE 'UTC' AS time ...**  
(cont. from query A.)

# Používání indexů (pokr.)

QUERY PLAN (QUERY A.)

---

Aggregate (**cost=19412.69..19412.70 rows=1 width=8**) (actual time=36.415..36.415 rows=1 loops=1)  
-> Append (cost=0.00..19385.45 rows=5448 width=8) (actual time=36.410..36.410 rows=0 loops=1)  
-> **Seq Scan** on conn\_log (cost=0.00..0.00 rows=1 width=8) (actual time=0.003..0.003 **rows=0** loops=1)  
Filter: ((program\_ver IS NOT NULL) AND ("time" > '2016-02-28 11:50:00.122+01':timestamp with time zone) AND (sim\_imsi = '23001234567890123':bpchar) AND (method = 'U':bpchar))  
-> **Index Scan** using conn\_log\_imsi\_time\_y2016m02 on conn\_log\_y2016m02 (cost=0.56..8.58 **rows=1** width=8) (actual time=28.464..28.464 rows=0 loops=1)  
Index Cond: ((sim\_imsi = '23001234567890123':bpchar) AND ("time" > '2016-02-28 11:50:00.122+01':timestamp with time zone))  
Filter: ((program\_ver IS NOT NULL) AND (method = 'U':bpchar))  
-> **Bitmap Heap Scan** on conn\_log\_y2016m03 (cost=194.11..14125.36 **rows=3969** width=8) (actual time=2.586..2.586 rows=0 loops=1)  
Recheck Cond: ((sim\_imsi = '23001234567890123':bpchar) AND ("time" > '2016-02-28 11:50:00.122+01':timestamp with time zone))  
Filter: ((program\_ver IS NOT NULL) AND (method = 'U':bpchar))  
-> **Bitmap Index Scan** on conn\_log\_imsi\_time\_y2016m03 (cost=0.00..193.12 **rows=4056** width=0) (actual time=2.584..2.584 rows=0 loops=1)  
Index Cond: ((sim\_imsi = '23001234567890123':bpchar) AND ("time" > '2016-02-28 11:50:00.122+01':timestamp with time zone))  
-> **Bitmap Heap Scan** on conn\_log\_y2016m04 (cost=71.87..5243.35 **rows=1476** width=8) (actual time=5.346..5.346 rows=0 loops=1)  
Recheck Cond: ((sim\_imsi = '23001234567890123':bpchar) AND ("time" > '2016-02-28 11:50:00.122+01':timestamp with time zone))  
Filter: ((program\_ver IS NOT NULL) AND (method = 'U':bpchar))  
-> **Bitmap Index Scan** on conn\_log\_imsi\_time\_y2016m04 (cost=0.00..71.50 **rows=1507** width=0) (actual time=5.342..5.342 rows=0 loops=1)  
Index Cond: ((sim\_imsi = '23001234567890123':bpchar) AND ("time" > '2016-02-28 11:50:00.122+01':timestamp with time zone))  
-> **Index Scan** using conn\_log\_imsi\_time\_y2016m05 on conn\_log\_y2016m05 (cost=0.14..8.16 **rows=1** width=8) (actual time=0.009..0.009 rows=0 loops=1)  
Index Cond: ((sim\_imsi = '23001234567890123':bpchar) AND ("time" > '2016-02-28 11:50:00.122+01':timestamp with time zone))  
Filter: ((program\_ver IS NOT NULL) AND (method = 'U':bpchar))

Planning time: 4.159 ms

Execution time: 36.535 ms



# Používání indexů (pokr.)

QUERY PLAN (QUERY C.)

Result (**cost=5.98..5.99 rows=1 width=0**) (actual time=0.186..0.186 rows=1 loops=1)

InitPlan 1 (returns \$0)

-> **Limit** (cost=1.87..5.98 rows=1 width=8) (actual time=0.182..0.182 rows=0 loops=1)

-> **Merge Append** (cost=1.87..22424.63 rows=5450 width=8) (actual time=0.181..0.181 rows=0 loops=1)

**Sort Key:** conn\_log."time"

-> **Index Scan Backward** using conn\_log\_imsi\_time on conn\_log (cost=0.12..8.15 rows=1 width=8) (actual time=0.005..0.005 rows=0 loops=1)

Index Cond: ((sim\_imsi = '23001234567890123'::bpchar) AND ("time" IS NOT NULL) AND ("time" > '2016-02-28 11:50:00.122+01'::timestamp with time zone))

Filter: ((program\_ver IS NOT NULL) AND (method = 'U'::bpchar))

-> **Index Scan Backward** using conn\_log\_imsi\_time\_y2016m02 on conn\_log\_y2016m02 (cost=0.56..8.58 rows=1 width=8)

(actual time=0.070..0.070 rows=0 loops=1)

Index Cond: ((sim\_imsi = '23001234567890123'::bpchar) AND ("time" IS NOT NULL) AND ("time" > '2016-02-28 11:50:00.122+01'::timestamp with time zone))

Filter: ((program\_ver IS NOT NULL) AND (method = 'U'::bpchar))

-> **Index Scan Backward** using conn\_log\_imsi\_time\_y2016m03 on conn\_log\_y2016m03 (cost=0.56..16225.91 rows=3969 width=8)

(actual time=0.064..0.064 rows=0 loops=1)

Index Cond: ((sim\_imsi = '23001234567890123'::bpchar) AND ("time" IS NOT NULL) AND ("time" > '2016-02-28 11:50:00.122+01'::timestamp with time zone))

Filter: ((program\_ver IS NOT NULL) AND (method = 'U'::bpchar))

-> **Index Scan Backward** using conn\_log\_imsi\_time\_y2016m04 on conn\_log\_y2016m04 (cost=0.43..6033.60 rows=1478 width=8)

(actual time=0.037..0.037 rows=0 loops=1)

Index Cond: ((sim\_imsi = '23001234567890123'::bpchar) AND ("time" IS NOT NULL) AND ("time" > '2016-02-28 11:50:00.122+01'::timestamp with time zone))

Filter: ((program\_ver IS NOT NULL) AND (method = 'U'::bpchar))

-> **Index Scan Backward** using conn\_log\_imsi\_time\_y2016m05 on conn\_log\_y2016m05 (cost=0.14..8.17 rows=1 width=8)

(actual time=0.003..0.003 rows=0 loops=1)

Index Cond: ((sim\_imsi = '23001234567890123'::bpchar) AND ("time" IS NOT NULL) AND ("time" > '2016-02-28 11:50:00.122+01'::timestamp with time zone))

Filter: ((program\_ver IS NOT NULL) AND (method = 'U'::bpchar))

Planning time: 3.094 ms

Execution time: 0.309 ms

# Rušení nadbytečných DISTINCT

## ■ Dotaz:

- Najdi zaměstnance pracující v oddělení *informační systémy*. Ve výsledku nechceme duplicity.
- `SELECT DISTINCT ssn  
FROM employee  
WHERE dept = 'information systems'`

## ■ DISTINCT není nutný

- *ssn* je primární klíč v *employee*

# Rušení nadbytečných DISTINCT

## ■ Dotaz:

- Vypiš čísla *ssnum* všech zaměstnanců nějakého technického oddělení.  
Ve výsledku nechceme opakování.
- `SELECT DISTINCT ssnum  
FROM employee, tech  
WHERE employee.dept = tech.dept`

## ■ Je DISTINCT nutný?

Employee(ssnum, name, manager, dept, salary, numfriends)  
Tech(dept, manager, location)

# Rušení nadbytečných DISTINCT

Employee(ssnum, name, manager, dept, salary, numfriends)

■ Dotaz: Tech(dept, manager, location)

□ SELECT DISTINCT ssnum  
FROM employee, tech  
WHERE employee.dept = tech.dept

■ Je DISTINCT nutný?

- *ssnum* je primární klíč v *employee*
- *dept* je primární klíč v *tech*
- → každý zaměstnanec se spojí s nejvýše jedním záznamem z relace *tech*.
- → DISTINCT není potřeba



# Rušení nadbytečných DISTINCT

- Vztah mezi DISTINCT, primárními klíči a spojeními lze popsat:
  - Definice „*privilegovanost*“
    - Relace  $T$  je *privilegovaná*, pokud atributy vrácené příkazem SELECT obsahují její primární klíč.
  - Definice relace „*záviset na*“
    - Necht'  $R$  není privilegovaná relace.
    - Když  $R$  je spojena s relací  $S$  podle rovnosti primárního klíče  $R$  a odpovídajících atributu(ů) z  $S$ , pak  $R$  je závislá na  $S$ . ( $S$  má cizí klíč do  $R$ )
  - Relace „*záviset na*“ je tranzitivní:
    - $R_1$  závisí na  $R_2$  a  $R_2$  závisí na  $R_3$ , pak  $R_1$  závisí na  $R_3$ .

# Rušení nadbytečných DISTINCT

## ■ Tvrzení:

- Ve výsledku příkazu SELECT nebudou duplicity (**bez DISTINCT**), pokud pro každou relaci ve FROM platí alespoň jedno z:
  - relace je **privilegovaná**.
  - relace **závisí na nějaké privilegované**.

# Nadbytečný DISTINCT (1)

- Dotaz:  $\text{Employee}(\underline{\text{ssnum}}, \text{name}, \text{manager}, \text{dept}, \text{salary}, \text{numfriends})$   
 $\text{Tech}(\underline{\text{dept}}, \text{manager}, \text{location})$ 
  - SELECT DISTINCT ssnum  
FROM employee, tech  
WHERE employee.manager = tech.manager
- *Employee* je privilegovaná
- Je *tech* privilegovaná?
  - Ne.
- Závisí *tech* na *employee*?
  - Ne, protože atribut *manager* není primárním klíčem *tech*.

# Nadbytečný DISTINCT (2)

Employee(ssnum, name, manager, dept, salary, numfriends)

■ Dotaz: Tech(dept, manager, location)

□ SELECT DISTINCT ssnum, tech.dept  
FROM employee, tech  
WHERE employee.manager = tech.manager

■ *Employee* je privilegovaná

■ Je *tech* privilegovaná?

□ Ano.

■ Výsledky se neopakují

# Nadbytečný DISTINCT (3)

- Dotaz:

- SELECT DISTINCT student.ssnnum  
FROM student, employee, tech  
WHERE student.name = employee.name  
AND employee.dept = tech.dept;

- *Student* je privilegovaná

- *Employee* není privilegovaná a nezávisí na žádné z ostatních relací.

- → DISTINCT je nutný.

Employee(ssnum, name, manager, dept, salary, numfriends)

Student(ssnum, name, degree\_sought, year)

Tech(dept, manager, location)

# Vnořené dotazy

- Příkaz SELECT obsahující další SELECT jako svoji část
  - SELECT employee\_number, name  
FROM employees AS X  
WHERE salary > (  
    *SELECT AVG(salary)*  
    *FROM employees*  
    *WHERE department = X.department*);
  - SELECT employee\_number, name,  
    (*SELECT AVG(salary) FROM employees*  
    *WHERE department = X.department*) AS department\_average  
FROM employees AS X;

# Přepisování vnořených dotazů

## ■ Důvod:

- Optimalizátor dotazů nemusí vždy správně fungovat na některých vnořených dotazech

- Typicky:

- Nekorelované dotazy bez agregační funkce
- Korelované dotazy

# Typy vnořených dotazů

- Nekorelované dotazy s agregační funkcí uvnitř
  - `SELECT ssnun FROM employee  
WHERE salary >  
(SELECT avg(salary) FROM employee)`
- Nekorelované dotazy bez agregační funkce
  - `SELECT ssnun FROM employee  
WHERE dept IN (SELECT dept FROM tech)`
    - Tzv. semi-join



# Typy vnořených dotazů

- Korelované s agregační funkcí
  - `SELECT snum FROM employee e1  
WHERE salary =  
(SELECT avg(e2.salary)  
FROM employee e2, tech  
WHERE e2.dept = e1.dept  
AND e2.dept = tech.dept)`

# Typy vnořených dotazů

## ■ Korelované bez agregační funkce

□ Neobvyklé (resp. lze napsat pomocí spojení)

- Semi-join dotazy mohou být vyhodnoceny neefektivně

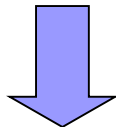
□ Příklad semi-join dotazů (2 různé):

- `SELECT ssnun FROM employee  
WHERE dept IN  
    (SELECT dept FROM tech  
    WHERE tech.manager=employee.manager)`
- `SELECT ssnun FROM employee  
WHERE EXISTS (SELECT 1 FROM tech WHERE  
employee.manager = tech.manager)`

# Přepsání nekorelovaných dotazů bez agregace

1. Relace z obou FROM dej dohromady
2. IN nahrad' rovností (=)
3. Vybírané atributy se nemění

```
SELECT ssnun FROM employee  
WHERE dept IN (select dept from tech)
```



```
SELECT ssnun  
FROM employee, tech  
WHERE employee.dept = tech.dept
```

# Přepsání nekorelovaných dotazů bez agregace

## ■ Problém s duplicitami:

- `SELECT avg(salary) FROM employee  
WHERE manager in (select manager from tech)`
- `SELECT avg(salary) FROM employee, tech  
WHERE employee.manager = tech.manager`

## ■ Druhý dotaz může vrátet zaměstnance vícekrát

- Pokud stejný manažer vede více oddělení.

## ■ Řešením je pomocná tabulka

- Kde pomocí `DISTINCT` eliminujeme duplicitu.

# Přepsání korelovaných dotazů

## ■ Dotaz:

- Najdi zaměstnance technických oddělení, kteří vydělávají alespoň průměrnou mzdu svého oddělení.

```
SELECT snum
FROM employee e1
  WHERE salary >= (SELECT avg(e2.salary)
                   FROM employee e2, tech
                   WHERE e2.dept = tech.dept
                   AND e2.dept = e1.dept);
```

# Přepsání korelovaných dotazů

```
CREATE TEMPORARY TABLE temp ( ... ) ON COMMIT DROP;
```

```
INSERT INTO temp
```

```
    SELECT avg(salary) as avsalary, tech.dept
```

```
    FROM tech, employee
```

```
    WHERE tech.dept = employee.dept
```

```
    GROUP BY tech.dept;
```

```
SELECT snum
```

```
FROM employee, temp
```

```
WHERE salary >= avsalary
```

```
    AND employee.dept = temp.dept
```

# Přepsání korelovaných dotazů

```
SELECT snum
FROM employee as E,
    (SELECT avg(salary) as avsalary, tech.dept
     FROM tech, employee
     WHERE tech.dept = employee.dept
     GROUP BY tech.dept) as AVG
WHERE salary >= avsalary AND E.dept = AVG.dept
```

# Přepsání korelovaných dotazů

## ■ Dotaz:

- Najdi zaměstnance technických oddělení, kteří mají stejně kamarádů jako pracovníků ve svém oddělení.

```
SELECT ssnum
FROM employee e1
WHERE numfriends = COUNT(
    SELECT e2.ssnum
    FROM employee e2, tech
    WHERE e2.dept = tech.dept
    AND e2.dept = e1.dept);
```



# Přepsání korelovaných dotazů

```
INSERT INTO temp
  SELECT COUNT(ssnum) as numworkers,
         employee.dept
  FROM tech, employee
 WHERE tech.dept = employee.dept
 GROUP BY tech.dept;
```

```
SELECT ssnum
  FROM employee, temp
 WHERE numfriends = numworkers
        AND employee.dept = temp.dept;
```

Vznikl zde problém v COUNT?

# Problém v COUNT?

## ■ Příklad:

- Helena pracuje v ekonomickém oddělení.
- V původním dotazu by se její přátelé porovnávali s  $\text{COUNT}(\emptyset)=0$ .
  - V případě, že Helena nemá přátele, zůstane ve výběru.
- V přepsaném dotazu by se záznam Heleny ve výsledku neobjevil.
  - Pomocná tabulka bude obsahovat pouze počty pro technická oddělení.
- Toto je omezení při přepisování korelovaných dotazů s COUNT.

# Přepsání korelovaných dotazů

## ■ Anti-joins

- `SELECT * FROM Tech WHERE dept NOT IN (SELECT dept FROM employee)`
  - Problém s případnou NULL v `employee.dept`
- `SELECT * FROM Tech WHERE NOT EXISTS (SELECT 1 FROM employee.dept=tech.dept)`

## ■ Problémy

- Nepoužívání join algoritmu
- Používání index join na příliš velkém množství záznamů

# Přepisování dotazů

## ■ Techniky

- Použití indexů
- Rušení nadbytečných DISTINCT
- (Korelované) poddotazy
- **Dočasné tabulky**
- Používání HAVING
- Používání pohledů (VIEW)
- Uložené pohledy (materialized views)

# Používání pomocných tabulek

## ■ Dotaz:

- Pro zaměstnance oddělení informačních systémů, kteří mají plat > 40000, vypiš jejich *ssnum* a umístění.

- INSERT INTO temp  
    SELECT \*  
    FROM employee  
    WHERE salary >= 40000

- SELECT *ssnum*, *location*  
    FROM temp  
    WHERE temp.dept = 'information systems'

## ■ Toto řešení nebude optimální

- Nelze využít index na *dept* v *employee*

- Optimalizátor dotazů takový index na *temp* nemá.

# Používání HAVING

## ■ Důvod zavedení

- Zkrácení dotazů, které filtrují podle výsledku agregačních funkcí
- Ve WHERE nelze použít agregační funkci
- V klauzuli HAVING ano

## ■ Příklad

- ```
SELECT avg(salary), dept  
FROM employee  
GROUP BY dept  
HAVING avg(salary) > 10 000;
```

# Používání HAVING

## ■ Jiný příklad

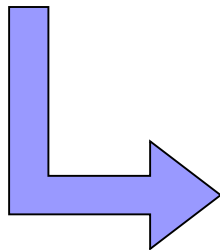
```
SELECT avg(salary), dept  
FROM employee  
GROUP BY dept  
HAVING count(ssnum) > 100;
```

# Používání HAVING

## ■ Nepoužívat HAVING

- Pokud lze zapsat ve WHERE.

```
SELECT avg(salary) as avgsalary, dept  
FROM employee  
GROUP BY dept  
HAVING dept = 'information systems';
```



```
SELECT avg(salary) as avgsalary, dept  
FROM employee  
WHERE dept= 'information systems'  
GROUP BY dept;
```



# Používání pohledů

```
CREATE VIEW techlocation AS  
  SELECT ssnum, tech.dept, location  
  FROM employee, tech  
  WHERE employee.dept = tech.dept;
```

```
SELECT location  
FROM techlocation  
WHERE ssnum = 43253265;
```

- Optimalizátor dotazů provede nahrazení pohledu jeho definicí

# Používání pohledů

- Výsledkem dostaneme:

```
SELECT location  
FROM employee, tech  
WHERE employee.dept = tech.dept  
      AND ssn = 43253265;
```

# Používání pohledů

## ■ Příklad v PostgreSQL:

```
□ CREATE VIEW hotels_in_city AS  
  SELECT city, COUNT(*) AS count  
  FROM hotel  
  GROUP BY city;
```

## ■ Použití pohledu

```
□ SELECT * FROM hotels_in_city  
  WHERE count > 8;
```

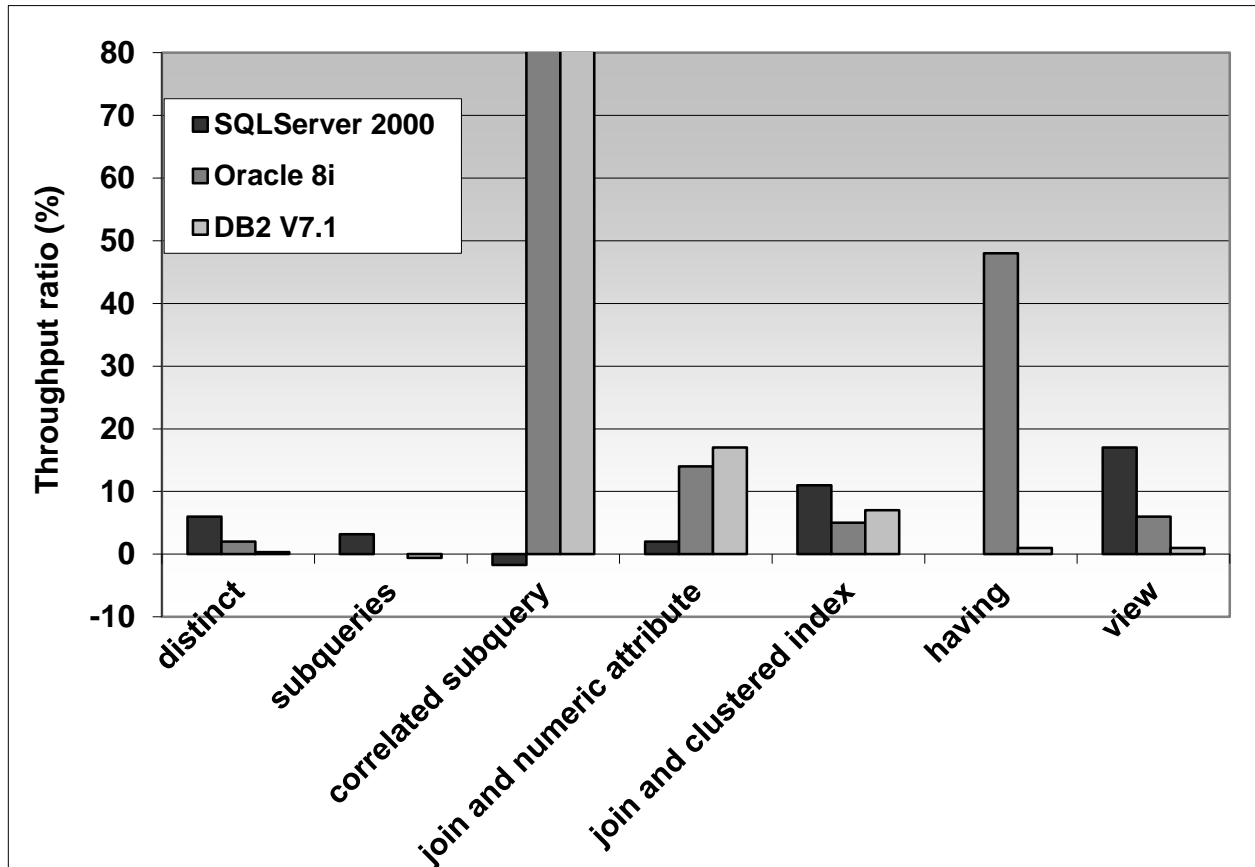
# Používání pohledů

## ■ Příkaz EXPLAIN

- EXPLAIN SELECT \* FROM hotels\_in\_city;
- EXPLAIN SELECT \* FROM hotels\_in\_city  
WHERE count > 8;
  - Porovnejte s  
EXPLAIN SELECT city, COUNT(\*)  
FROM hotel GROUP BY city  
HAVING COUNT(\*) > 8;

# Přepisování dotazů: výkonnostní vliv

>10 000



100k zaměstnanců, 100k studentů, 10 tech. oddělení

# Optimalizace agregačních funkcí

## ■ Příklad:

- Evidence objednávek obchodního řetězce
  - Order(ordernum, itemnum, quantity, purchaser, vendor)
  - Item(itemnum, description, price)
  - Shlukované indexy nad *itemnum* pro *Order* a *Item*
- Každých 5 minut se provádí dotazy:
  - Celková cena objednaného zboží jistého výrobce (vendor).
  - Celková cena objednaného zboží nějakým obchodem (purchaser).

# Optimalizace agregačních funkcí

## ■ Dotazy:

- SELECT vendor, sum(quantity\*price)  
FROM order, item  
WHERE order.itemnum = item.itemnum  
GROUP BY vendor;
- SELECT purchaser, sum(quantity\*price)  
FROM order, item  
WHERE order.itemnum = item.itemnum  
GROUP BY purchaser;

## □ Cena dotazů?

- → jsou drahé

# Optimalizace agregáčníc funkcí

## ■ Jak zrychlit?

Definice pohledů?

■ → nepomůže

Ukládat výsledky do pomocných tabulek?

■ → pomůže



# Optimalizace agregáčníc funkcí

## ■ Vytvoříme tabulky

- OrdersByVendor(vendor, amount)

- OrdersByPurchaser(purchaser, amount)

## ■ Tabulky se musí aktualizovat

- Kdy aktualizovat?

- Po každé změně *order*, popř. *item*?

- Realizovat pomocí triggerů (spouští)

- Periodicky po určitém čase znovu vytvořit

- Náklady na aktualizaci

- Musí být menší než náklady na původní dotazy.

# Uložené (materializované) pohledy

- Výsledek pohledu je uložený v tabulce
  - Automatická aktualizace databází
    - Obvykle...
  - Použití i v dotazech, které daný pohled nepoužívají
    - Optimalizátor dotazů přepisuje dotaz

# Uložené (materializované) pohledy

## ■ Např. Oracle

```
□ CREATE MATERIALIZED VIEW OrdersByVendor
  BUILD IMMEDIATE REFRESH COMPLETE
  ENABLE QUERY REWRITE
AS
SELECT vendor, sum(quantity*price) AS amount
FROM order, item
WHERE order.itemnum = item.itemnum
GROUP BY vendor;
```

# Uložené (materializované) pohledy

## ■ Příklad

### □ QUERY REWRITE

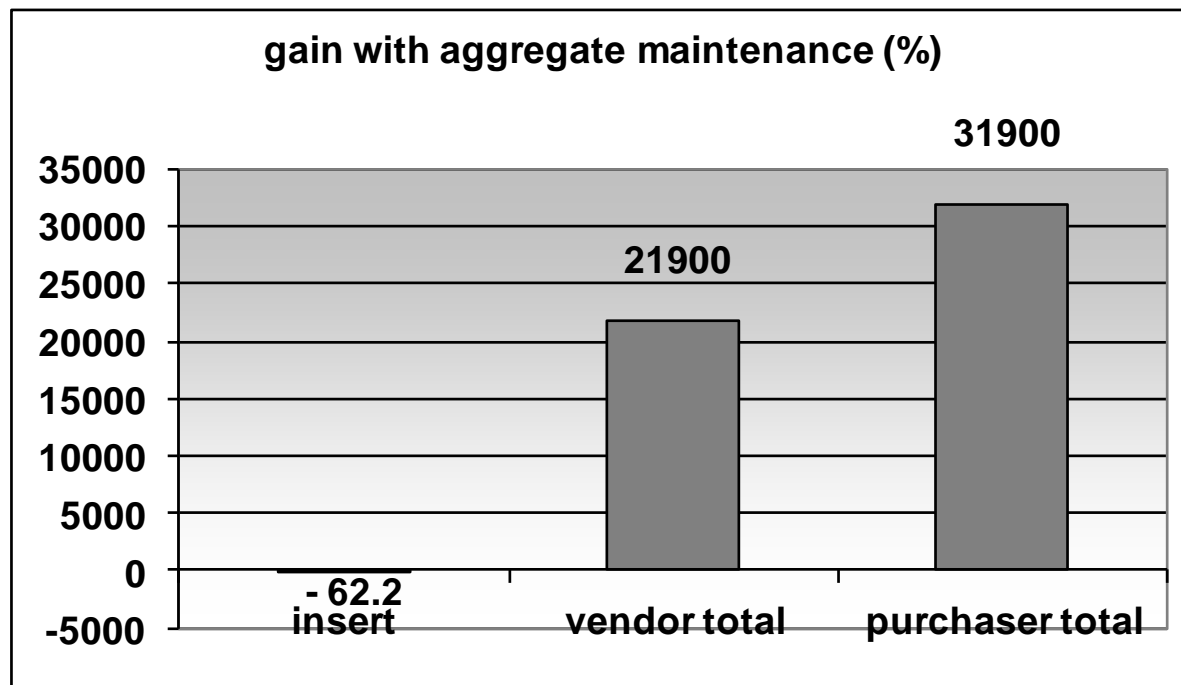
### □ Dotaz:

- SELECT vendor, sum(quantity\*price) AS amount  
FROM order, item  
WHERE order.itemnum = item.itemnum  
AND vendor='Apple'  
GROUP BY vendor;
- Použije se pohled OrdersByVendor
  - SELECT vendor, amount FROM OrdersByVendor  
WHERE vendor='Apple';

# Uložené (materializované) pohledy

## ■ Příklad

- SQLServer, implementováno pomocí triggerů
- 1m orders – 5 purchasers and 20 vendors
- 10k items



# Databázové spouště (triggers)

- Spoušť je uložené procedura
  - Kód používající SQL příkazy, prováděný při výskytu nějaké události.
- Události:
  - DML – insert, update, delete
  - Časové (nebývá časté)
  - DDL – definice tabulek, ...

# Databázové spouště (triggers)

- Nezávislé na aplikaci
  - Protože jsou prováděny samotným DB serverem.
- Bez spouští musí být vše řešeno aplikací
- Přinášejí dodatečné náklady
  - Mohou vkládat do dalších tabulek, ...
  - Spouštění omezovat podmínkami
    - Např. při aktualizaci ceny, počtu objednaných položek
    - Ne při aktualizaci popisu položky, ...

# Globální změny

- Vytvoření indexu
- Změna schéma
  - Viz další přednáška
- Rozdělení relací
  - Viz další přednáška
- ...



# Používání indexů

## ■ Malá tabulka

- Indexy jsou vytvořeny
- Přesto nejsou používány

## ■ Příklad

- `predmet(kod, nazev, kredity)`
- `SELECT COUNT(*) FROM predmet;`
  - Výsledek: 5
- `SELECT * FROM predmet  
WHERE kod='MA102';`
  - Použije se table-scan (seq scan)

# Vytváření indexů

- Sekvenční čtení tabulky (table scan / seq scan)
  - Všechny záznamy jsou kontrolovány
  - → pomalé
- Vytvoření indexu (index scan)
  - Zrychlí SELECT
  - Zpomalí INSERT, UPDATE, DELETE
    - Index se musí aktualizovat

# Vliv indexu na náklady

- Neplatí:

- Čím více indexů, tím rychlejší zpracování!

- Teoreticky platné pouze pro SELECT.

- Každý index zpomaluje aktualizace

- Nutné aktualizovat kromě relace i index

- Pozor:

- INSERT INTO tabulka SELECT ...

- DELETE FROM tabulka WHERE ...

# Vliv indexu na náklady: příklad

## ■ Relace

- StarsIn(movieTitle, movieYear, starName)

## ■ $Q_{\text{movies}}$

- SELECT movieTitle, movieYear FROM StarsIn  
WHERE starName='name';

## ■ $Q_{\text{stars}}$

- SELECT starName FROM StarsIn  
WHERE movieTitle='title' AND movieYear=year;

## ■ Insert

- INSERT INTO StarsIn VALUES ('title', year, 'name');

# Vliv indexu na náklady: příklad

## ■ Předpoklady:

- $B(\text{StarsIn}) = 10$  bloků
- Každý herec hraje průměrně ve 3 filmech.
- Každý film má průměrně 3 hvězdy.
- Relace není nijak uspořádaná.
  - Pokud je index, pak 3 čtení z disku (3 záznamy).

## □ Prohledání indexu

- 1 čtení

## □ Aktualizace indexu

- 1 čtení a 1 zápis bloku

## □ Vkládání do relace

- 1 čtení a 1 zápis bloku

- Tj. nehledáme volný blok (jak s indexem, tak bez)

# Vliv indexu na náklady: příklad

- Počty čtení a zápisů pro jednotlivé situace

- Pravděpodobnost provádění operací

- $Q_{\text{movies}} = p_1, Q_{\text{stars}} = p_2, \text{Insert} = p_i = 1 - p_1 - p_2$

| Akce                | Žádný index       | Index<br><i>starName</i> | Index<br><i>movieTitle, movieYear</i> | Oba indexy        |
|---------------------|-------------------|--------------------------|---------------------------------------|-------------------|
| $Q_{\text{movies}}$ | 10                | 4                        | 10                                    | 4                 |
| $Q_{\text{stars}}$  | 10                | 10                       | 4                                     | 4                 |
| Insert              | 2                 | 4                        | 4                                     | 6                 |
| Prům.<br>náklady    | $2 + 8p_1 + 8p_2$ | $4 + 6p_2$               | $4 + 6p_1$                            | $6 - 2p_1 - 2p_2$ |

- Situace1:  $p_1 = p_2 = 0.1 \rightarrow$  bez indexů

- Situace2:  $p_1 = p_2 = 0.4 \rightarrow$  oba indexy

# Optimalizace indexů

## 1. Stanovit dávku příkazů

- Tj. způsob vytížení
- Analýzou logů zjistit typy dotazů a aktualizací a jejich četnosti

## 2. Navrhnout různé indexy

- Optimalizátor nechat odhadnou cenu vyhodnocení dávky příkazů
- Vybrat konfiguraci s nejmenší cenou
- Vytvořit odpovídající indexy

# Optimalizace indexů

## ■ Ad bod 2

- Mám sadu možných indexů
- Začni bez indexů
- Opakuj
  - Pro každý navrhovaný index, vypočítej cenu
  - Vytvoř index s nejvyšším vylepšením ceny
    - používej jej v dalších iteracích
  - Opakuj, dokud byl nějaký index vytvořen.

## ■ Celý proces lze dělat i automaticky

- MS AutoAdmin (<http://research.microsoft.com/en-us/projects/autoadmin/default.aspx>)
  - MS Index Tuning Wizard (S. Chaudhuri, V. Narasayya: *An efficient, Cost-Driven Index Selection Tool for Microsoft SQL Server*. Proceedings of VLDB Conference, 1997) & the best 10-year paper in 2007!
- Oracle 10g (<http://www.oracle-base.com/articles/10g/AutomaticSQLTuning10g.php>)



# Referenční integrita

- Vytvoření cizího klíče neznamena index na attributech
- Příklad v PostgreSQL (db.fi.muni.cz)
  - Hotel – primární klíč *id*
  - Room – primární klíč *id*, cizí klíč *hotel\_id*
    - $V(\text{Room}, \text{hotel\_id}) = 6$
- Dotazy (zajímá nás výsledek EXPLAIN)

```
SELECT * FROM hotel WHERE id=2;
```

```
SELECT * FROM room WHERE hotel_id=2 AND number=1;
```

# Referenční integrita

## ■ Dotaz

```
SELECT * FROM room WHERE hotel_id=2 AND number=1;
```

## ■ Bez indexu (výstup z EXPLAIN SELECT...)

```
Seq Scan on room (cost=0.00..8750.89 rows=105 width=22)  
Filter: ((hotel_id = 2) AND (number = 1))
```

## ■ Vytvoříme index nad *hotel\_id*

```
CREATE INDEX room_hotel_id_fkey ON room (hotel_id);
```

```
Bitmap Heap Scan on room (cost=974.87..5782.99 rows=105 width=22)  
Recheck Cond: (hotel_id = 2)  
Filter: (number = 1)
```

```
-> Bitmap Index Scan on room_hotel_id_fkey (cost=0.00..974.84 rows=52608 width=0)  
Index Cond: (hotel_id = 2)
```

# Referenční integrita

- Cizí klíče mohou velmi zpomalit i mazání
- Příklad:
  - DELETE FROM hotel WHERE id=500;
    - Cizí klíč v *room* odkazuje na tabulku *hotel*
    - Při mazání se musí v tabulce *room* kontrolovat přítomnost záznamů *hotel\_id=500*
- Doporučení
  - Vytvářet na cizích klíčích indexy

# Kombinace indexů

■ **Dotaz** `SELECT * FROM room WHERE hotel_id=2 AND number=1;`

## ■ Pouze index nad *hotel\_id*

"Bitmap Heap Scan on room (cost=960.80..5756.77 rows=103 width=22)"

" Recheck Cond: (hotel\_id = 2)"

" Filter: (number = 1)"

" -> Bitmap Index Scan on room\_hotel\_id\_fkey (cost=0.00..960.77 rows=51798 width=0)"

" Index Cond: (hotel\_id = 2)"

## ■ Pouze index nad *number*

"Bitmap Heap Scan on room (cost=13.02..1688.30 rows=103 width=22)"

" Recheck Cond: (number = 1)"

" Filter: (hotel\_id = 2)"

" -> Bitmap Index Scan on room\_number\_idx (cost=0.00..12.99 rows=628 width=0)"

" Index Cond: (number = 1)"

# Kombinace indexů

■ Dotaz `SELECT * FROM room WHERE hotel_id=2 AND number=1;`

■ Index nad *hotel\_id, number*

```
"Bitmap Heap Scan on room (cost=5.34..366.14 rows=103 width=22)"
```

```
" Recheck Cond: ((hotel_id = 2) AND (number = 1))"
```

```
" -> Bitmap Index Scan on room_hotel_id_number_fkey (cost=0.00..5.31 rows=103 width=0)"
```

```
" Index Cond: ((hotel_id = 2) AND (number = 1))"
```

■ Dva indexy nad *hotel\_id a number*

```
"Bitmap Heap Scan on room (cost=974.07..1334.86 rows=103 width=22)"
```

```
" Recheck Cond: ((number = 1) AND (hotel_id = 2))"
```

```
" -> BitmapAnd (cost=974.07..974.07 rows=103 width=0)"
```

```
" -> Bitmap Index Scan on room_number_idx (cost=0.00..12.99 rows=628 width=0)"
```

```
" Index Cond: (number = 1)"
```

```
" -> Bitmap Index Scan on room_hotel_id_fkey (cost=0.00..960.77 rows=51798 width=0)"
```

```
" Index Cond: (hotel_id = 2)"
```

# Index s reverzním klíčem

- Specialita Oracle
- Zvýšení průchodnosti indexu
  - počet vkládání / aktualizací za čas
- Idea:
  - Hodnoty klíče v indexu používat reverzně
  - → hodnoty ze sekvencí jsou rozptýleny
    - Např. 12345 a 12346 → 54321 a 64321
  - → nižší kolize při souběžné aktualizaci indexu
- `CREATE INDEX idx ON tab(attr) REVERSE;`

# Globální změny

- Vytvoření indexu
- Změna schématu
  - Viz další přednáška
- Rozdělení relací
  - Viz další přednáška