



Databázové technologie

# Volba fyzického prováděcího plánu

Petr Krajča



Katedra informatiky  
Univerzita Palackého v Olomouci



- z logického prováděcího plánu lze odvodit několik fyzických prováděcích plánů
- při tvorbě fyzického plánu je nutné uvažovat:
  - 1 pořadí a seskupení asociativních a komutativních operací (spojení, sjednocení, průnik, ...)
  - 2 pro operátor logického plánu může existovat několik algoritmů (nested-loop join vs. hash-join)
  - 3 dodatečné operátory, které nejsou explicitně v logickém plánu, ale jsou potřeba pro provedení operace (průchody tabulkou, seřazení, ...)
  - 4 způsob, jak jsou jednotlivé argumenty předávány mezi operátory (iterátor, postupné předávání v jednom paměťovém bufferu, uložení průběžných výsledků na disk)
- rozdílná rychlost provedení
- je nutné vytvořit odhad na základě statistik o datech
- každé operaci je přiřazena cena (cost)
- vybrán fyzický prováděcí plán s nejnižší cenou
- typicky hlavní roli hraje množství I/O operací a v menší míře náročnost operace na CPU



- jako výsledky jednotlivých operací vznikají tabulky
- z vlastností operací lze odvodit vlastnosti těchto tabulek, např. zda jsou seřazeny
- pokud jsou uloženy na disk jsou uloženy **shlukovaně bez indexu** (pokud index není explicitně vytvořen v rámci prováděcího plánu)
- průběžné výsledky zabírají co nejmenší možné místo
- počet bloků, které průběžná tabulka zabírá, je dán primárně počtem řádků
- zajímá nás primárně odhad počtu řádků v průběžných tabulkách
- neexistuje univerzální mechanismus
- odhad by měl splňovat následující kritéria
  - 1 dáva přesný (dobrý) odhad,
  - 2 je snadné jej určit,
  - 3 je logicky konzistentní (nezáleží na způsobu, jak je hodnota spočítána, např. pořadí operací typu spojení nebo průnik).



## Odhad velikosti výsledku projekce

- operace projekce vybočuje, protože je možné spočítat velikost tabulky
- známe počet řádků, stačí vzít v potaz zmenšení řádků (lze určit z typu atributů)
- v praxi součástí operace projekce může být i výpočet hodnot nových atributů
- pokud jsou použity časově náročné uživatelsky definované funkce, je možné jim stanovit cenu (jako součást metadat)

## Odhad velikosti výsledku restrikce

- snížení počtu řádků, velikost řádku zůstává stejná
- pro restrikce typu  $S = \sigma_{y=c}(R)$ , kde  $y$  je atribut a  $c$  je konstanta
- lze udělat odhad  $T(S) = \frac{T(R)}{V(R,y)}$
- implicitní předpoklad, že všechny hodnoty atributu  $y$  jsou zastoupeny rovnoměrně



- obecně neplatí a často jiné typy rozložení
- např. Zipfův zákon (pravidlo)

$$T(\sigma_{y=c_i(R)}) \approx \frac{T(\sigma_{y=c_1(R)})}{\sqrt{i}}$$

- $c_1$  označuje nejčtenější hodnotu,  $c_i$  –  $i$ -tou nejčtenější hodnotu
- např. pokud se  $c_1$  vyskytuje  $1000\times$ , druhá nejčtenější hodnota  $707\times$ , třetí  $577\times$ , ...
- avšak pokud jsou konstanty pro restrikci vybírány náhodně, odhad  $T(S) = \frac{T(R)}{V(R,y)}$  v průměrném případě odpovídá



- pro restrikce typu  $S = \sigma_{y < c}(R)$ , kde  $y$  je atribut a  $c$  je konstanta
- se dá odhadovat, že výsledek bude menší (proporčně vůči velikosti tabulky)
- počáteční odhad by mohl být cca  $T(S) = \frac{T(R)}{2}$
- intuitivně se dá předpokládat, že nás zajímají méně časté výsledky
- např. *hledáme-li v databázi zaměstnanců, budou nás zajímat spíš ti, co berou přes milion nebo ti, co berou méně?*
- rozumnější odhad  $T(S) = \frac{T(R)}{3}$
  
- pro restrikce typu  $S = \sigma_{y \neq c}(R)$ , kde  $y$  je atribut a  $c$  je konstanta
- dá se předpokládat, že velikost bude podobná  $T(S) = T(R)$
- nebo lze uvážit selektivitu operátoru  $T(S) = \frac{T(R) \cdot (V(R,y) - 1)}{V(R,y)}$



- pokud podmínka restrikce obsahuje několik dílčích podmínek spojených spojkou  $\wedge$  (and)
- aplikuje se odhad postupně, viz pravidlo  $\sigma_{\theta_1 \wedge \theta_2}(R) = \sigma_{\theta_1}(\sigma_{\theta_2}(R))$
- může se stát, že podmínka obsahuje kontradikci, např.  $x = 10 \wedge x > 20$
- ty jsou odhalovány již na úrovni logického plánu a výsledek operace je nahrazen prázdnou tabulkou
- používá se sada pravidel hledající tyto zvláštní případy
- pokud je podmínka restrikce  $S = \sigma_{\theta_1 \vee \theta_2}(R)$  (tj. se spojkou or)
- nelze uplatnit výše popsané pravidlo ani ekvivalent
- dá se předpokládat, že výsledek bude větší než tabulky pro dílčí podmínky
- nelze použít maximum ani sčítání počtu řádek (absurdní výsledky)



- předpokládáme-li, že  $\theta_1$  a  $\theta_2$  jsou nezávislé, jde udělat odhad

$$T(S) = T(R) \left( 1 - \left( 1 - \frac{T(\sigma_{\theta_1}(R))}{T(R)} \right) \left( 1 - \frac{T(\sigma_{\theta_2}(R))}{T(R)} \right) \right)$$

- kde  $\left( 1 - \frac{T(\sigma_{\theta_1}(R))}{T(R)} \right)$  je poměr řádků nespĺňujících podmínku  $\theta_1$





- nejdříve budeme uvažovat přirozené spojení tabulek  $R$  a  $S$  na relačních schématech  $XY$  a  $YZ$ , kde  $Y = \{y\}$ , tj. mají právě jeden společný atribut.
  - odhad komplikuje, že nevíme nic o vztahu hodnot atributu  $y$  v tabulkách  $R$  a  $S$
  - extrémní případy
    - 1 množiny hodnot atributu  $y$  jsou disjunktní, pak  $T(R \bowtie S) = 0$
    - 2  $y$  je klíč v  $S$ , cizí klíč v  $R$ , pak se každý řádek v  $R$  spojí právě s jedním v  $S$ , tj.  $T(R \bowtie S) = T(R)$
    - 3 téměř všechny řádky  $R$  a  $S$  mají stejnou hodnotu, pak  $T(R \bowtie S) \approx T(R)T(S)$
  - má smysl soustředit se na běžné případy
  - použijí se dva zjednušující předpoklady
- (1) Pokud se atribut vyskytuje ve více tabulkách, uvažujeme, že hodnoty atributů v každé tabulce jsou vybírány z nějaké pevně dané posloupnosti hodnot  $v_1, v_2, \dots$ . Pokud  $V(R, y) \leq V(S, y)$ . Můžeme proto předpokládat, že hodnoty atributu  $y$  v  $R$  budou v  $S$ .



- (2) Spojíme-li tabulky  $R$  a  $S$  pak hodnoty atributu  $x \in X$  (není společný) zůstanou zachovány, tzn.  $V(R \bowtie S, x) = V(R, x)$ .
- oba dva předpoklady mohou být snadno porušeny
  - předpoklad (1) vždy platí pro cizí klíče (ale v praxi i v dalších situacích)
  - předpoklad (2) taky platí pro cizí klíče (je porušen, pokud existují nespojitelné řádky)
  - za předpokladů (1) a (2) a  $V(R, y) \leq V(S, y)$  odhad velikosti  $T(R \bowtie S)$  můžeme odvodit následovně:
  - každý řádek  $t$  z  $R$  se může spojit s řádkem  $S$  s pravděpodobností  $\frac{1}{V(S, y)}$
  - protože  $S$  obsahuje  $T(S)$  řádků, tj.  $t$  se spojí s  $\frac{T(S)}{V(S, y)}$  řádky
  - řádků v  $R$  je  $T(R)$ , tedy velikost tabulky je  $T(R \bowtie S) = \frac{T(R) \cdot T(S)}{V(S, y)}$



- předchozí předpoklad platí symetricky pro  $V(S, y) \leq V(R, y)$ , tj.

$$T(R \bowtie S) = \frac{T(R) \cdot T(S)}{V(R, y)}$$

- obecně se jako dělitel použije větší hodnota  $V(R, y)$  a  $V(S, y)$ , tj.

$$T(R \bowtie S) = \frac{T(R) \cdot T(S)}{\max(V(R, y), V(S, y))}$$

## Spojení přes více atributu

- přirozené spojení tabulek  $R$  a  $S$  na relačních schématech  $XY$  a  $YZ$ , kde  $Y = \{y_1, y_2\}$
- použije se stejný argument jako v předpokladu (1)
- pravděpodobnost spojení se odvodí jako v případě jednoho atributu

$$T(R \bowtie S) = \frac{T(R) \cdot T(S)}{\max(V(R, y_1), V(S, y_1)) \cdot \max(V(R, y_2), V(S, y_2))}$$

- analogicky pro více společných atributů



## další typy spojení

- velikost spojení na rovnost můžeme být určeno stejným způsobem jako v případě přirozeného spojení (potřeba vzít v úvahu jména atributů)
- $\theta$ -spojení jako kartézský součin a restrikce
  - $T(R \times S) = T(R) \cdot T(S)$
  - pro rovnost se použije princip přirozeného spojení
  - pro nerovnosti odhad na stejném principu jako u restrikce



- pro další operace neúplně snadné udelět dobrý odhad

## sjednocení

- multimnožiny – přímočaré  $T(R \cup S) = T(R) + T(S)$
- množiny – něco uprostřed, tj.  $T(R \cup S) = \max(T(R), T(S)) + \frac{T(R)+T(S)}{2}$

## průnik

- pro multimnožiny i množiny  $T(R \cap S) = \frac{\min(T(R), T(S))}{2}$
- pro množiny platí  $R \cap S = R \bowtie S$ , lze použít odhad pro přirozené spojení

## rozdíl

- protože pro  $T(R - S)$  je velikost výsledku mezi  $T(R)$  a  $T(R) - T(S)$
- lze odhadovat velikost  $T(R - S) = T(R) - \frac{T(S)}{2}$



## eliminace duplicit

- hodnota mezi  $T(R)$  a 0
- pro  $R$  na relačním schématu  $y_1, \dots, y_n$
- různá pravidla pro výpočet, dobrý odhad např.
- $T(\delta(R)) = \frac{1}{2}T(R) \cdot V(R, y_1) \cdot \dots \cdot V(R, y_n)$

## seskupení a agregace

- podobná situace jako u eliminace duplicit
- použijí se jen atribut, podle nichž se seskupuje



- přesnost odhadu velikosti výsledků jednotlivých operací lze zpřesnit dalšími statistikami
  - seznam nejčtetnějších hodnot
  - histogram (podle četnosti), percentily
- velikost výsledku (tj. počtu řádků v průběžných tabulkách) je užitečná informace pro optimalizaci logického prováděcího plánu (koreluje s počtem I/O operací)
- při volbě fyzického plánu uvažujeme převážně I/O operace



- prakticky není možné projít všechny možné plány
- uplatňují se heuristiky podobně jako u logického prováděcího plánu + optimalizující algoritmy
- nebo přibližné algoritmy
  - **zhora-dolů** – postupuje se od vrcholu stromu; pro každý možnou implementaci dané operace se uváží všechny možné výpočty jejich argumentů a jejich cena (uvažuje se nejmenší hodnota)
  - **zdola-nahoru** – pro každý podvýraz se určí možnosti výpočtu, spočítá se jejich cena (bere se operace s nejnižší cenou)
- metoda zdola-nahoru jednodušší (dynamické programování)
- System R style – optimalizace dynamického programování, pro každý uzel uchovány ještě další varianty s vyšší cenou, pokud je výsledek seřazen podle atributů, dle kterých
  - je výsledek seřazen v kořeni stromu,
  - dojde k seskupování vyše ve stromu,
  - atributů jež jsou součástí spojení.
- umožňuje vyhnout se uváznutí v lokálním minimu a použít algoritmy založené na řazení.