Databázové technologie

Volba fyzického prováděcího plánu

Petr Krajča

Katedra informatiky
Univerzita Palackého v Olomouci

Volba fyzického prováděcího plánu

- 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 průbežných výsledků na disk)
- rozdílná rychlost provedení
- je nutné vytvořit odhad na základě statistik o datech
- každé operaci je přiřazena cena (cost)
- vybrán fyzický provaděcí plán s nejnižší cenou
- typicky hlavní roli hraje množství I/O operací a v menší míře náročnost operace na CPU

Velikost průbežných výsledků (tabulek)

- 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 míssto
- počet bloků, které průběžná tabulka zabírá, je dán primárně počtem řádků
- zajímá nás primárně odhad počtu řádků v průbežných tabulkách
- neexistuje univerzální mechanismus
- odhad by měl splňovat následující kritéria
  1. dává 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 a restrikce

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

Odhad velikosti výsledku restrikce (2/5)

- 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 nejčetnější hodnotu, c_i – i-tou nejčetnější hodnotu
- např. pokud se c_1 vyskytuje 1000$\times$, druhá nejčetnější 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

Odhad velikosti výsledku restrikce (3/5)

- 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 zaměstnaců, 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 $T(S) = \frac{T(R) \cdot (V(R,y) - 1)}{V(R,y)}$

Odhad velikosti výsledku restrikce (4/5)

- 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 spojku `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)

Odhad velikosti výsledku restrikce (5/5)

- předpokládáme-li, že θ_1 a θ_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 $\left(1 - \frac{T(\sigma_{\theta_i}(R))}{T(R)}\right)$ je poměr řádků nesplňujících podmínku θ_i

Odhad velikosti výsledku spojení (1/4)

- 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 zjednodušující předpoklady

(1) Pokud se atribut vyskytuje ve více tabulkách, uvažujeme, že hodnoty atributů v každé tabulce jsou vybírány z nějaké pevně dané posloupnosti hodnot $v_1, v_2, \ldots$ a platí, že $V(R, y) \leq V(S, y)$. Můžeme proto předpokládat, že hodnoty atributu y v R budou v S.

Odhad velikosti výsledku spojení (2/4)

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

Odhad velikosti výsledku spojení (3/4)

- 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 atributů

- 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

Odhad velikosti výsledku spojení (4/4)

další typy spojení

- velikost spojení na rovnost můžeme být určeno stejným způsobem jako v případě přirozeného spojení (potřeba vzít v úvahu jména atributů)
- θ-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

Odhad velikosti výsledku dalších operací (1/2)

- pro další operace ne vždy snadné udělat 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 $T(R - S) = T(R) - \frac{T(S)}{2}$

Odhad velikosti výsledku dalších operací (2/2)

eliminace duplicit

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

seskupení a agregace

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

Poznámky

- přesnost odhadu velikosti výsledků jednotlivých operací lze zpřesnit dalšími statistikami
    - seznam nejčetnějších 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

Sestavení fyzického prováděcího plánu

- 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 každou 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 výše ve stromu,
  - atributů, jež jsou součástí spojení.
- umožňuje vyhnout se uváznutí v lokálním minimu a použít algoritmy založené na řazení.