

データベース・マシンにおける データ格納法に関する一考察

宮崎収兄, 角田健男, 柴山茂樹, 横田治夫, 村上国男

(財) 新世代コンピュータ技術開発機構

1. はじめに

データベース・マシンにおけるフルスキャン方式の限界が明らかになってきたため、クラスタリングやインデックスの導入が検討されている。本稿ではアトリビュート方向格納法(縦型格納法)が一様分布型アクセス特性に対して有効な方法であることを示す。

2. 知識ベースとアクセス特性

ICOTで開発中のデータベース・マシンDelta [1]は推論マシンと結合し知識ベースの実験・開発を行うことを主目的としている。このような用途におけるデータベースおよびそれへのアクセスの特性は以下のようであると推測している。

- (1) リレーションのアトリビュート数はあまり大きくない。
- (2) 検索条件として使われるアトリビュートは特定のものに偏っている。
- (3) タプルへの参照頻度の偏りは小さい。
- (4) 条件はANDで結合されることが多いが、OR結合は少ない。

これらのうち特に(2),(3)がデータ構造設計上問題となる。

3. 横型格納法とI/Oアクセス

タプルを単位とした格納法を横型格納法と呼ぼう。一般のDBMSではいくつかのアトリビュートによりクラスタリングを行い、他のアトリビュートには必要なら2次インデックスをつける方法がよく使われる。この時条件を満足するタプル数を k とすると検索条件によりアクセス・パスが異なり参照の必要なページ数は以下のいずれかになる。但しここでリレーション全体のページ数を m 、ページあたりのタプル数を n

とレインデックスへのアクセスは無視できるとした。

- $t_1 = l/n$ (クラスタリング・インデックスによるアクセス, ideal case)
- $t_2 = m[1 - (1 - 1/n)^k]$ (2次インデックスによるアクセス) (注1)
- $t_3 = m$ (フルスキャン)

この方法ではクラスタリング・インデックスが使用できない時の性能が悪く、上記特性(2)には適さない。また2次インデックスの効果があるのは k が小さい時のみである。

縦型格納法としてはマルチアトリビュート・クラスタリングの手法が各種提案されている。アダプティブ・コグメンテーション [2] を例にとると、アクセス・ページ数は近似的に、

- $t_4 = \max[m^{(k-1)/2}, l/n]$ (k はアトリビュート数) となる。図1に示すように t_4 は k がある程度大きい領域で t_2 より良い。また2次インデックスを追加すると k が小さい時 t_2 とほぼ同じになる。

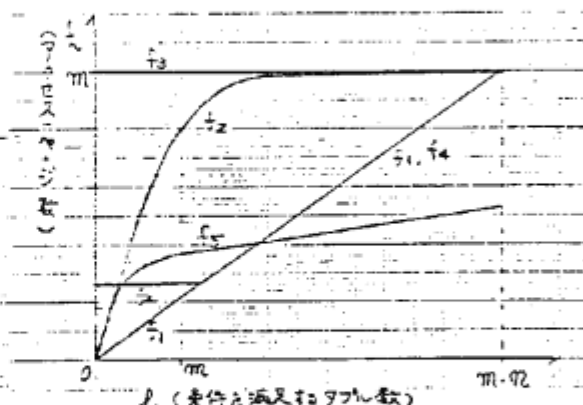


図1. アクセス・ページ数の比較

4. 縦型格納法とI/Oアクセス

横型格納法の対案としてアトリビュ

データ分割とドメイン・ベースド格納法である。ここではダブルをアトリビュートに分割し各アトリビュート毎に格納する方法(拡張格納法)について検討しよう。ダブルを再構成するためダブル識別子(値)を各アトリビュートに付加しておく。議論を簡単化するためアトリビュートの値をフラスコングしたデータを元でフラスコングしたデータを重複して再び決定する。検索条件のつけられたアトリビュートの数と、出力するアトリビュートの数とを k とし、各アトリビュートの長さが等しく k のオーバーヘッドやデータ圧縮を考慮できるとすると、

$$\frac{f_2}{f_1} = \frac{k}{n} \cdot \frac{1}{k} + \frac{m}{k} \left\{ 1 + \left(1 - \frac{k}{m} \right)^2 \right\}$$

拡張格納法は図1に示すように上の全域にわたるよりかなり良い特性を示す。

$k = m$ 周辺の f_2 と f_1 の比較は $f_2/f_1 = m^{-1/2}$ と $f_2/m = 1/2$ と比較すれば良い。 f_2/m は図2に示したが、 $m = 10^3$ (10^6 バイト)程度では f_2 と f_1 の大きな差はないと考えられる。

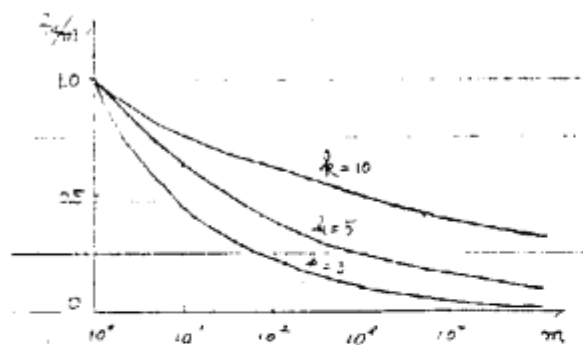


図2. アトリビュート・ログレバレッジの効果

5. マシン・アーキテクチャとの関係

拡張格納法には下記の特性がある。

(1) データ再構成を必要とする。ダブル再構成はジョインと同様のアルゴリズムとなるため、再構成と高速処理できるマシンでないと実用的でない。

(2) 複雑な条件を一度にチェックする

ハードウェアよりアトリビュート毎のチェッキングを行うハードウェアの方が実現容易である。このようなハードウェアを使用するマシンでは拡張格納法の利点が大きい。

(3) 2次元記憶中の異なったアトリビュートに対する行列アクセスが可能となる。

(4) 一般分布型のアクセス特性に対し簡単なデータ構造で高機能化できる。

6. まとめ

データベース・マシンにおけるデータ格納法について検討を行い拡張格納法の利点と欠点を示した。Deltaでは拡張格納法をもとにした二段階クラスタリングを採用する予定である[1]。

<参考文献>

- [1] 角田也, RDBM "Delta" (I), (II) のび(27), 26 情報学会 (1983.3)
- [2] Y. Tanaka, Adaptive Segmentation Schemes for Large Relational Database Machines, 3rd IJDM (1982.9)

(注1) f_2 の算出 (平均の場合)

各アトリビュートは相互に独立であるの値が一様に分布していると仮定する。

$P_k(l, m, m)$ と対応ページ数があるとする確率とする。 f_2 はこの期待値である。近似値として $m = \infty$ について計算する。

$$P_k(l, m, \infty) = \frac{1}{m} P_k(l-1, m, \infty) + \frac{m-l+1}{m} P_{k-1}(l-1, m, \infty)$$

である。これより母関数の漸化式を求め、両辺を微分すれば、

$$E_{k, m, \infty}(z) = 1 + \left(1 - \frac{1}{m} \right) E_{k-1, m, \infty}(z)$$

を得る。よって

$$E_{k, m, \infty}(z) = \sum_{i=0}^{k-1} \left(1 - \frac{1}{m} \right)^i = m \left\{ 1 - \left(1 - \frac{1}{m} \right)^k \right\}$$