

OODB エンジン Earth におけるキャッシュ共有の性能評価

4 A a - 2

山崎 伸宏

渡辺 美樹

早田 宏

富士ゼロックス株式会社

ドキュメント工学研究所

1 はじめに

筆者らは文書管理応用プログラムに組み込んで使用するオブジェクト指向データベース・エンジン Earth[Hayata 95]の研究開発を進めている。

Earth では、複数クライアントの並列処理に必要なメモリ資源の抑制のために、プロセス内のスレッドにより複数クライアントが並列動作する機能と、クライアント間でキャッシュ領域を共有する機能を実現している。これにより、複数クライアントが並列動作する際、少ないキャッシュ領域でも高性能を維持できる。

本稿では、クライアントが操作するデータの重複率と並列クライアント数の性能への影響を、数式でのシミュレーション及びベンチマークプログラムでの実験により評価する。

2 シミュレーションによる評価

ここでは、キャッシュ領域を共有する機能の性能への影響を数式でのシミュレーションにより評価する。

各クライアントの実行時間は、キャッシュのヒット率に強く影響される。

クライアントあたりの実行時間 t は、操作するデータがすべてキャッシュに存在する場合の実行時間を T_w 、キャッシュに存在しない場合の実行時間を T_c とし、操作するデータがキャッシュに存在する確率(ヒット率)を h とすると、式(1)で表される。

$$t = T_w h + T_c (1 - h) \quad (1)$$

ここでは、個々のクライアントが同一データに複数回アクセスしないことを仮定する。アクセスするデータがキャッシュに存在する場合は、他のクライアントと重複するデータをアクセスした場合のみである。

A Performance Evaluation on Cache Sharing of an OODB Engine Earth,
Nobuhiro Yamasaki, Yoshiki Watanabe and Hiroshi Hayata
Fuji Xerox Co., Ltd. Document Engineering Laboratory

あるクライアントが一連の処理の間に操作するデータ領域の集合をワーキングセットと呼ぶ。性能評価においては、各クライアントのワーキングセットを、全クライアントで共通に操作するデータ領域と個別に操作するデータ領域から構成する。各クライアントのワーキングセットにおいて共通部分の割合を重複率と定める。この重複率は、すべてのクライアントの延べのワーキングセットの大きさに対する、すべてのクライアントが共通に操作する延べのワーキングセットの大きさの割合と等しい。

各クライアントのワーキングセットの大きさを W とし、並列動作するクライアント数を c とすると、全てのクライアントの延べワーキングセットの大きさは Wc であり、重複している延べワーキングセットの大きさは Wcd で表される。また、最初の一回分の操作の対象となるワーキングセット(大きさは Wd)に対する操作はキャッシュにヒットしない。よってヒット率 h は式(2)で表される。

$$h = \frac{Wcd - Wd}{Wc} = \frac{d(c-1)}{c} \quad (2)$$

式(1)で T_w が T_c より十分小さいと仮定できるので、式(1)、(2)より以下の式が得られる。

$$t = T_c (1 - h) \quad (3)$$

$$= T_c \left(1 - \frac{d(c-1)}{c}\right) \quad (4)$$

式(4)に基づいて、複数の重複率におけるクライアント数とクライアントあたりの実行時間の関係を計算した結果を図1に示す。

図1から、重複率がクライアントあたりの実行時間に強く影響を与えていることが分かる。しかし、ある重複率において、クライアントあたりの実行時間は、クライアント数の増加に応じて一定の時間に収束している。その値は式(4)より $T_c(1-d)$ である。

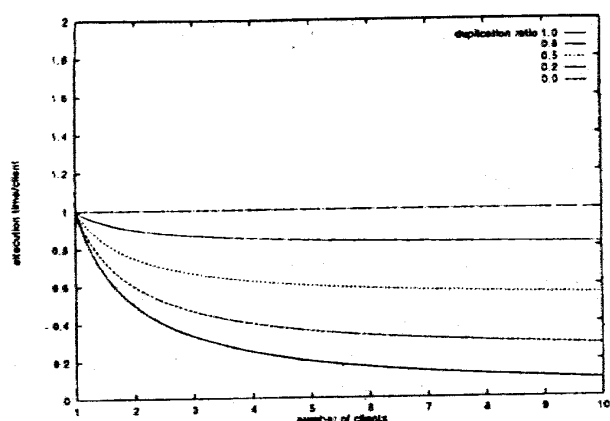


図1 並列数と重複率による実行時間の変化 (シミュレーション)

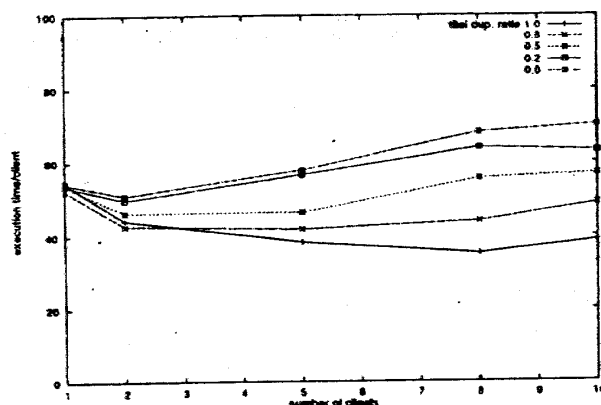


図2 並列数と重複率による実行時間の変化 (実験)

3 実験による評価

並列動作の性能を測定するために、OO1[Cattell 92]のlookup操作を基本とした並列動作向けのベンチマーク手法を設計した。本ベンチマーク手法では20,000個のPartオブジェクトを格納したデータベースファイルをクライアント数×10個用意する。重複度が d の場合、各クライアントは、 $10d$ 個の共通データベースと $10(1-d)$ 個の個別データベースを検索の対象とする。各検索においては無作為に選択した100個のオブジェクトをインデクスを用いて読み出す。各クライアントの検索操作は一つのトランザクションで実行される。

実験では、重複度として1.0, 0.8, 0.5, 0.2, 0.0を指定して、同時に起動するクライアント数を1, 2, 5, 8, 10と変化させベンチマークプログラムを実行した。実験環境として、Sun SparcStation 5(クロック110MHz、メモリ64MB、シングルプロセッサ)、Solaris2.5を利用した。Earthのキャッシュの大きさは16MBとした。

実験結果として、各重複率においてクライアント数に対するクライアントあたりの実行時間の変化を図2に示す。

4 考察

図1と図2から、両者の結果の共通点として、8クライアント付近からクライアント数が増加しても1クライアントあたりの実行時間は大きく変化しないこと、重複率が低くなるにつれて1クライアントあたりの実行時間が増大することがあげられる。図1のシミュレーションの結果に対して、図2の実験結果ではクライアント数が少ない時に実行時間が短くなっている。これは、各クライアントで自分自身が一度読み込んだデータを複数回

操作することで実際のキャッシュのヒット率が高くなっていることが原因であると考えられる。この影響はクライアント数増加によって減少し、実際のヒット率は8クライアント付近でシミュレーションでの式(2)に等しくなっていると考えられる。

5 結論

キャッシュを共有する機能がない場合には、実際の重複率にかかわらず、実験での重複率0での性能になってしまう。共有機能により重複率に応じた性能が得られる。すなわち、キャッシュの共有機能においては重複率を高めることがデータベースの設計上重要な要素となる。ただし、シミュレーションおよび実験の結果から、共有機能の効果が高いのは8クライアント以上の場合であると言える。

謝辞

Earthの研究開発に貢献してくださったFXPALの田中圭氏に感謝する。Earthを利用し貴重なフィードバックをくださった富士ゼロックス(株)内の関係者各位に感謝する。

参考文献

- [Cattell 92] Cattell, R. G. G. and Skeen, J.: Object Operations Benchmark, *ACM Transactions on Database Systems*, Vol. 17, No. 1, pp. 1-31, 1992.
- [Hayata 95] 早田宏, 渡辺美樹, 田中圭, 山崎伸宏: 組み込みに適した拡張可能なオブジェクト指向データベース・エンジンEarthの実現, 富士ゼロックステクニカルレポート No.10, pp. 98-107, 1995.