

## 1K-5

## デュアルコアプロセッサの OLTP における性能解析

千葉 将人† 大井 仁†

†会津大学コンピューター理工学部

## 1 はじめに

これまで、マイクロプロセッサの性能はシステムクロックの高速化や1クロックサイクルに複数の命令を実行するスーパースカラなどにより、飛躍的に伸ばしてきた。しかし、これらの手法は電力消費の問題や命令レベルの並列度などにより性能向上に限界があるといわれている。これらの問題点への解の一つとしてプロセッサのマルチコア化がおこなわれ、サーバからモバイルプラットフォームまで一般的になりつつある [1]。本研究においては、サーバ上の代表的なアプリケーションの一つである On Line Transaction Processing (OLTP) に対する3つのデュアルコアCPUの動作を比較し解析する

## 2 実験環境

本研究で用いたシステムの概要を以下に示す。

## 2.1 ハードウェア構成

今回の実験は Intel Pentium-D および AMD Athlon 64x2 に基いた小規模のタワー型サーバを用いて行った。各システムの詳細を表1に示す。

	S1	S2	S3
CPU	Intel Pentium-D		AMD Athlon 64 x 2
CPU Model	820	930	3800+
Clock Freq.	2.8GHz	3.0GHz	2.0GHz
L2 Cache Size	1MB ×2	2MB ×2	512KB ×2
Memory Type	DDR2		DDR
Memory Size	2GB		
HDD	SATA 7200rpm ×2 (striping)		

表 1: ハードウェア構成

## 2.2 ソフトウェア環境

実験に用いたソフトウェア環境は以下のとおり。OS は CentOS Ver. 4.4 (kernel 2.6.15.4), データベースは

PostgreSQL Ver. 8.2.0。ベンチマークプログラムとして OSDL dbt-2 を用いた [2]。これは流通業界でのトランザクション処理をモデル化したものである。モデルとなる環境の規模の基準となるのは Warehouse (倉庫) の数、 $W$  で、プログラムで用いられるデータベースのサイズやシュミレートされるユーザーの数などもこの  $W$  に比例した値をとる。OSDL Database Test2 (dbt-2) は非営利団体 TPC によって制定されたベンチマークの一つである TPC-C の仕様に基づいている [3]。しかし、TPC-C が製品の性能を競うための厳密な仕様であるのに対し、OSDL dbt-2 は開発者や研究者がデータベースやオペレーティングシステムの動作を解析し理解するためのツールである。両者は同様の動作をし、システムに対する負荷を与えるように設計されているが、定義および実装の厳密性の問題から結果を直接比較すべきものではない。

## 3 実験結果

実験結果およびその考察を以下に記す。

## 3.1 スケーラビリティ

最初に dbt-2 のスケールファクタである  $W$  の値を増加させていき、各トランザクションの応答時間を観測した。その結果  $W=30$  が応答時間の条件 (Stock-Level 以外の応答時間の 90% が 5 秒以下) を満たす最大の  $W$  であることがわかった。本実験において用いたシステム構成と dbt-2 の組み合わせは明らかに I/O パウンドであり、ディスクへの書き込みがトランザクションの応答事件を遅らせる原因になっている。この状態での CPU 実行モードの内訳を表2に示す。I/O による idle および wait モードの割合が圧倒的に高く、user 及び system モードでの実行は合計しても 5 から 6% と低く、CPU 自体の性能としては大分余裕がある事がわかる。

Linux の vmstat を用いた計測した  $W$  に対する I/O 転送レートの変化を表1に示す。数値は読み書きの合計であるが、全般的にリードアクセスは最高でもライトアクセスの 13% 程度である。このグラフを見ると  $W=30$  ではディスクシステムはまだ飽和してはいないものの、トランザクションの応答速度を圧迫し TPC-C による条件 (5 秒以下) を満たさなくなっている事がわかる。

†Masato CHIBA †Hitoshi OI

†The University of Aizu, School of Computer Science and Engineering

Mode	S1	S1	S1
sys	4.0	4.0	3.1
user	2.0	2.0	2.0
idle	48.7	46.5	52.4
wait	45.0	47.5	42.5

表 2: W = 30 における CPU 実行モードの内訳 (%)

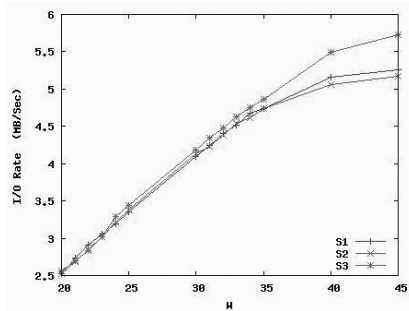


図 1: ディスクデータ転送量の変化

### 3.2 実行状態の比較

各システムにおける dbt-2 の実行状態を詳しく解析するためoprofile [4] を用いて計測を行った。スケールファクタ W は前述のように応答時間の条件を満たす最大の値  $W = 30$  に設定した。図 2 に各システムの Clock-cycle per instruction (CPI) を示す。各システムの CPI は PostgreSQL によるもの (psql), カーネルおよびディスク I/O に関するモジュールによるもの (OS)、そしてそれ以外 (misc) に分類されている。psql では前述のように更新ログ書き込みの XLogInsert, OS ではタイムマ (delay\_pmtmr) やディスクアクセス (libata) などが上位を占めている。また S1 と S2 の CPI を比較した場合、psql, OS, misc の比率は同様ながら S2 の値が大きくなっている。これは S2 のクロックが若干速いためメモリーやディスクのアクセスの相対速度が S2 でより遅くなっているため、と推察される。

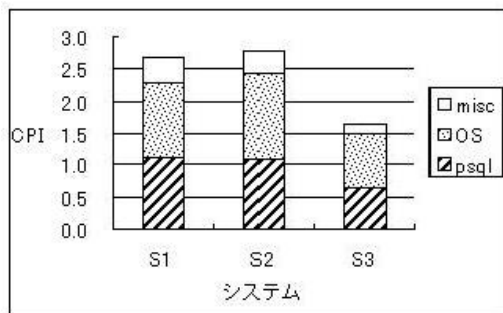


図 2: CPI の内訳

次に各システムにおける 1 命令あたりの L2 キャッシュ、分岐命令予測、ITLB のミスレートを計測した (表 3)。L2 キャッシュミスレートを各システムのサイズに対する単調増加関数になっている。また分岐命令予測と ITLB のミスレートの基本的には同じ Pentium-D である S1 と S2 はほぼ同じ数値であるが、異なるマイクロアーキテクチャ AMD Athlon である S3 においては分岐命令が高く ITLB が低くなっている。

Miss Type	S1	S2	S3
L2 Cache	0.347	0.205	0.475
Branch Miss Pred.	0.746	0.732	1.139
ITLB Miss	0.102	0.103	0.062

表 3: 1 命令あたりのミスレート (%)

## 4 まとめ

デュアルコアプロセッサを用いたサーバの OLTP 負荷における動作を比較解析した。プロセッサ自体の性能は高く、今回のような小規模システム、特にディスク構成ではその性能を十分に引き出す前にディスクシステムが飽和してしまう。特にデータベースの更新を頻繁に行なう OLTP では更新のログ書きこみによるディスクのアクセスが性能上のボトルネックになった。言いかえるとディスクが飽和しない程度の小規模の OLTP とそれ以外の CPU バウンドな計算量の多いアプリケーションとの同時実行であればデュアルコアの性能をより生かす事ができるかもしれない。また、余裕のある CPU の性能を利用し上記の更新ログ書き込みの圧縮も可能かもしれない。今後のテーマとしてこれらの可能性を検討していきたい。

## 参考文献

- [1] David Geer, "Industry Trends: Chip Makers Turn to Multicore Processors", Computer, May 2005 (Vol. 38, No. 5) pp. 11-13
- [2] OSDL Database Test 2, [http://www.osdl.org/lab\\_activities/kernel\\_testing/osdl\\_database\\_test\\_suite/osdl\\_dbt-2/](http://www.osdl.org/lab_activities/kernel_testing/osdl_database_test_suite/osdl_dbt-2/)
- [3] TPC-C, <http://www.tpc.org/tpcc/>
- [4] "Oprofile - A System Profiler for Linux (News)", <http://oprofile.sourceforge.net/news/>