

データベース処理を意識したディスクアレイ省電力化のための電力消費モデルの構築

平井 遥[†] 星野 喬[†] 合田 和生^{††} 喜連川 優^{††}

[†] 東京大学 大学院情報理工学系研究科 ^{††} 東京大学 生産技術研究所

概要

コンピュータ社会における情報量の爆発的な増大に伴い、データセンタなどにおいて大規模なディスクアレイが使用されている。ディスクアレイの消費する電力が消費電力全体に占める割合も増大しており、これを削減することが課題と考えられている。ディスクアレイが実際にどの程度の電力を消費しているかということについてはあまり詳しく調査が行われていない。そこで著者らは、ディスクアレイの消費電力を実際に計測すると共に、実測に基づきディスクアレイの消費電力をモデル化した。

1 はじめに

近年のコンピュータ社会では扱われる情報量が爆発的に増大しており、これは年率約 2 倍の割合で増加していると言われている。それに伴ってデータセンタなどでディスクストレージに使用される記憶とその管理に係わるコストも増加しており、システム全体の消費電力量に対してディスクストレージの消費電力量は無視できないものとなっている。

実際のデータセンタにおけるディスクストレージの消費電力量は平均して全体の約 3 割と言われており、さらに特定のシステムでは全体の約 7~8 割にも昇ると言われている [1, 2]。そのため、データセンタなどにおいてシステム全体の消費電力の削減を考えなくてはならない場合には、プロセッサだけではなくディスクストレージの消費電力を削減することが重要である。

本論文ではこの状況を踏まえた上でディスクアレイの効率的な省電力化手法を確立するために、ディスクアレイの消費電力を実測に基づいてモデル化する。

2 ディスクアレイの各構成部位の電力消費量の測定

実際にシステムが稼動している最中のディスクストレージの具体的な電力消費量や各構成部位の消費電力の内訳などについては詳細な調査は行われていない。

そこで著者らは、まずディスクアレイに DBMS を用いてアクセスを行い、その際の消費電力を実際に電力計を用いて計測することによって、(1) システム稼動中にディスクアレイがどの程度の電力を消費しているか (2) ディスクアレイの各構成部位がどの程度電力を消費しているかということについて調査を行った。

実験のために著者らは図 1 のような実験環境を構築した。測定対象とするディスクアレイには Newtech 製の EvolutionII Desktop NEV250G5SADT/LU を使用した。このディスクアレイの構成部位として PSU (電力供給部), HDD (ハードディスクドライブ), CTL (RAID コントローラー), FAN (ファンクーラー) の消費電力をそれぞれ計測できるようにした。図に示すように各構成部位の電力は YOKOGAWA 製の電力計 WT230 および WT1600 を用いて測定した。ディスクアレイ全体の消費電力は同じく YOKOGAWA 製の電力計 CW120 を用いて計測した。また、DBMS のサーバ PC としては DELL PRECISION 390 (CentOS 3.9) を使用した。サーバ PC の消費電力は同じく CW120 を用いて計測した。DBMS にはオープンソースのソフトウェアである MySQL を用い、代表的なデータベースベンチマークである TPCH の Q8 による問い合わせを用いた。

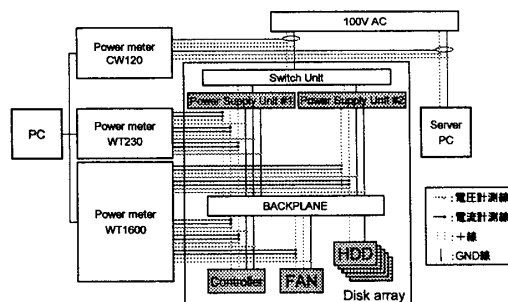


図 1: 実験システム

実験の結果は図 2 のようになった。まず、クエリを実行していない状態ではディスクアレイ全体では約 46.5 ワット、そのうち HDD が約 32.7 ワット、CTL が約 8.5 ワットを消費していた。Q8 の実行中はディスクアレイ全体では平均して約 52.7 ワット、そのうち HDD が約 39.6 ワット、CTL が約 8.8 ワットを消費していた。この実験結果よりディスクアレイの電力量の変動は、HDD の電力量の変動に大きく依存していると思

Development of Power Consumption Model for Database Aware Energy Saving of Disk Arrays

[†] Haruka Hirai (haruka@tkl.iis.u-tokyo.ac.jp)

[†] Takashi Hoshino (hoshino@tkl.iis.u-tokyo.ac.jp)

^{††} Kazuo Gouda (kgoda@tkl.iis.u-tokyo.ac.jp)

^{††} Masaru Kitsuregawa (kitsuregawa@tkl.iis.u-tokyo.ac.jp)

Graduate School of Information Science and Technology, the University of Tokyo ([†])

Institute of Industrial Science, the University of Tokyo (^{††})

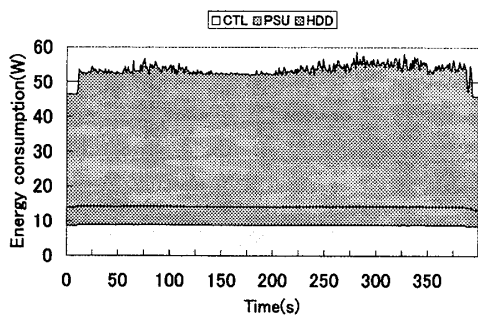


図 2: ディスクアレイの各構成部位ごとの消費電力

われる。そのため、ディスクアレイの消費電力モデルを考える際には HDD の消費電力の変化を見積もることが大切であると考えられる。

3 ディスクアレイの電力消費モデルの構築

次に著者らは [3] に示す方式に基づいてディスクアレイの消費電力モデルを構築するために実験を行い、ハードディスクの取り得る各状態ごとの電力を算出した。一般的なハードディスクドライブの状態には Active(アクセスを行っている状態), Idle(アクセスを行っていない状態), Standby(停止状態) の 3 状態がある。実験に用いたディスクアレイに使用されている HITACHI Deskstar T7K500 は設定によってこの他の状態も取り得るが紙面の都合上それらについてはここでは述べないものとする。

ディスクが Idle 状態と Standby 状態の場合には実際に電力を計測することが出来るため、実測値をこれらの状態での消費電力とする。

次に Active 状態については、以下の実験によってその電力値を算出した。以降ではディスクにアクセスを行うプログラムが実行されている最中に実際にディスクアクセスを行っている時間のプログラム実行時間に対する割合を busy 率と呼ぶことにする。まず、独自の I/O 生成ツールを用いてディスクに負荷をかけ、それらからディスクの busy 率と電力値の関係を測定した。ディスクアクセスはブロックサイズを 16KB とし、ランダムアクセスを行った。測定データ群から最小二乗法を用いて近似を行い、busy 率が 100% の時の値を算出してその値を Active 状態の電力値とした。

これらよりディスクアレイの電力消費モデルは表 1 のようになった。表の左半分は各状態での電力値を表しており、右半分は状態間の遷移コストを表している。

この電力消費モデルを検証するために 2. での実験を行った際のディスクアクセス時間を割り出し、それを用いて実測電力消費量とこのモデルで算出した電力消費量との比較を行ったところ、実測値が 20488.9[J]

に対して算出値が 19969.5[J] となっており、十分に誤差の少ない予測値を算出できていることが分かった。

表 1: 電力消費モデルのパラメータ

Disk state	Power consumption	Mode transition	Cost
Active	52.53[W]	Active ⇒ Idle	0[J],0[s]
Idle	47.2[W]	Idle ⇒ Active	0[J],0[s]
Standby	24.9[W]	Idle ⇒ Standby	77.0[J],2[s]
		Standby ⇒ Idle	1001.9[J],16[s]

4 まとめと今後の課題

本稿では近年の情報量の爆発的増大に伴って、ディスクストレージの電力削減が重要になってきていることについて述べた。一方で実際のディスクストレージの消費電力量に関しては調査が十分ではないことを踏まえてディスクアレイ内部の電力について計測を行った。また、ディスクアレイの電力消費モデルについてモデルの例を一つ示した。

今後の課題としては他のブロックサイズやディスクアクセス方法での電力消費モデルについて検証することが挙げられる。特に busy 率を元にして電力消費モデルを考える際にはブロックサイズがディスクアレイのチャンクサイズ以上かそうでないかによって電力消費モデルを分けて考える必要があると思われる。また現状では主に HDD のみに注目して電力消費モデルを構築しているが、他の構成部位を考慮に入れた電力消費モデルを構築することも考えられる。

参考文献

- [1] Q. Zhu, F.M. David, C. Devaraj, Z. Li, Y. Zhou, P. Cao, Reducing Energy Consumption of Disk Storage Using Power-Aware Cache Management, *Proceedings of the 10th International Symposium on High Performance Computer Architecture*, 2004.
- [2] H. Huang, P. Pillai, K.G. Shin, Design and Implementation of Power Aware Virtual Memory, *Proceedings of the 2003 USENIX Annual Technical Conference*, 2003.
- [3] 上野 裕也, 合田 和生, 喜連川 優, データベースシステムの間合せ実行計画を利用したディスクアレイ省電力化に関する一考察, *日本データベース学会論文誌 (DBSJ Letters) Vol.6 No.1, 2007*