

# 6042 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<sup>†</sup> 星野 喬<sup>†</sup> 合田 和生<sup>††</sup> 喜連川 優<sup>††</sup>

<sup>†</sup> 東京大学大学院情報理工学系研究科 <sup>††</sup> 東京大学生産技術研究所

## 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アレイに使用されるディスクドライブの数も増加しており、ハイエンドのものではこの数は約 500~1000 にもなっている。そのため、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が占める割合が増加している。

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 [2]、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][3]。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と考えられる。

本研究はこの状況を踏まえた上でディスクアレイの消費電力を実測に基づいてモデル化し、それをを用いることによってディスクアレイの効率的な省電力手法を模索することを目的としている。

本論文の構成は以下の通りである。まず、2. ではディスクアレイの内部パーツの電力計測についてその実験方法と結果について示した。次に 3. ではディスクアレイの電力消費モデルを構築するための実験方法とその結果について示した。そして最後に 4. でまとめと今後の課題について述べた。

## 2 ディスクアレイの各構成部位の電力消費量の測定

ディスクストレージの消費電力に関する調査としては 1. で述べたようなシステム全体に対する割合を示すのみにとどまっているものがほとんどである。そのため、実際にシステムが稼働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あまりその詳細は知られていない。そこで我々は、まずディスクアレイに DBMS でアクセスを行い、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) システム稼働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。

実験のために我々は図 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 Evolution 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した。図に示した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 には一般的な DBMS 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 TPC-H の Q8 による問い合わせを行った。

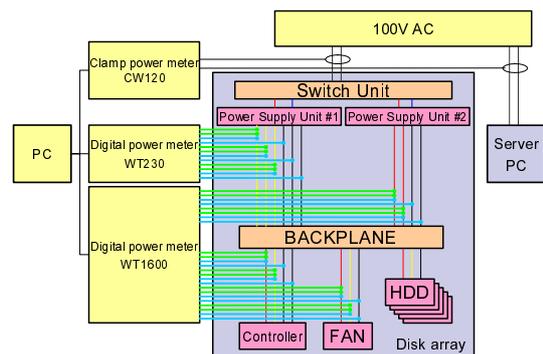


図 1: 実験装置

実験の結果は図 2 のようになった。今回の実験ではファンが故障していると思われたため、FAN の電力については計測していない。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 PSU と HDD が約 38.0 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 ワットの電力を消費し

Construction of power consumption model for power reduction methods for disk array

<sup>†</sup> Haruka Hirai(haruka@tkl.iis.u-tokyo.ac.jp)

<sup>†</sup> Takashi Hoshino(hoshino@tkl.iis.u-tokyo.ac.jp)

<sup>††</sup> Kazuo Gouda(kgoda@tkl.iis.u-tokyo.ac.jp)

<sup>††</sup> Masaru Kitsuregawa(kitsure@tkl.iis.u-tokyo.ac.jp)

Department of Computer Science, the University of Tokyo (<sup>†</sup>)

Institute of Industrial Science, the University of Tokyo (<sup>††</sup>)

4-6-1 Komaba, Meguro, Tokyo 153-8505, Japan

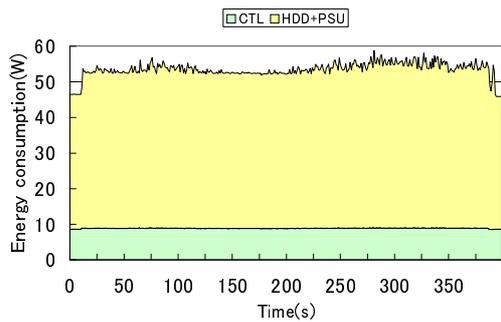


図 2: ディスクアレイの各構成部位ごとの消費電力 (Q8)

ており、そのうちの約 44.9 ワットを PSU と HDD が、8.8 ワットを CTL がそれぞれ消費していた。この実験結果よりディスクアレイの電力量の変動は、PSU の電力量の変動にも多少依存すると思われるが、HDD の電力量の変動に大きく依存していると思われる。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

次に我々は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図 3 のようになった。図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。

各状態ごとの消費電力値

Disk state	Power consumption
Active	52.63[W]
Idle	47.2[W]
Standby	24.9[W]

状態遷移コスト

Active ⇒ Idle	0[J], 0[s]
Idle ⇒ Active	0[J], 0[s]
Idle ⇒ Standby	77.0[J], 2[s]
Standby ⇒ Idle	1001.9[J], 16[s]

図 3: 電力モデル

### 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、今回の計測はファンクーラーが故障した状態で行ったため、すべてのシステムがしっかりと動作している状態で改めて計測を行いたい。

### 参考文献

- [1] E. Carrera, E. Pinheiro, R. Bianchini, *Conserving Disk Energy in Network Servers*, *Proceedings of the 17th Annual ACM International Conference on Super Computers*, 2003.
- [2] 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.
- [3] H. Huang, P. Pillai, K.G. Shin, *Design and Implementation of Power Aware Virtual Memory*, *Proceedings of the 2003 USENIX Annual Technical Conference*, 2003.