

# データベースの動作情報を用いたデータ再配置による ストレージ停止時間拡大の仮想化環境への適用

## Storage Power Saving by Data Placing based on Application Behavior in Virtualized Environment.

若色 匠†  
Takumi Wakairo

山口 実靖‡  
Saneyasu Yamaguchi

### 1. はじめに

近年、情報技術が普及しデータセンター等において多数のサーバ計算機が稼働するようになった。これに伴い、サーバ計算機の消費電力の増加が問題となっている。この問題に対する解決策の一つとして、アプリケーションの動作情報を用いてディスク上のデータレイアウトを変更し、HDD の消費電力を削減する手法がある[1]。

本研究では当該手法の仮想化環境下への適用について考察する。具体的には、仮想化環境にて TPC-E を実行する環境を想定し、各テーブルデータへのアクセス間隔を調査し、アクセス間隔の長いテーブルデータを 1 つの HDD にまとめ HDD 停止時間をどの程度確保できるかを調査する。また、スループットの低下はどの程度となるか、HDD の停止によるスループットの低下はどの程度かを調査する。

### 2. 既存研究

応用情報を利用してディスク上のデータレイアウトを変更する手法[1]では HDD 上の各データへの I/O 量とアクセス間隔を調査している。また HDD のスピンドウンからスピンドアップまでの電力量を調査し、HDD 停止により省電力化できるアクセス間隔のことをロングインターバルと読んでいた。そしてアクセスを監視し、ロングインターバルを持たないデータをまとめることで他の HDD におけるアクセス間隔を拡大し、省電力化を実現している。ロングインターバルの調査

HDD をスピンドアウンすると一時的に消費電力を下げる事ができるが、スピンドアアップ時に一定の大きな電力消費が発生する。スピンドアアップ時に減少した電力がスピンドアアップ時に増加した電力より多くなる時間がロングインターバルである。図 1 は今回使用した HDD のスピンドアウンからスピンドアアップまでをワットモニターを用いて調査した結果である。本調査より、我々の実験環境では 10 秒以上の停止時間がロングインターバルであることが分かった。

### 3. データベーステーブル再配置手法

TPC-E ではデータベーステーブルが複数作られ、各トランザクションに使われるテーブルには偏りがある。そのためアクセス頻度もテーブルによって大きく異なり、ロングインターバルの存在するテーブルも複数存在する。

† 工学院大学大学院工学研究科電気・電子工学専攻  
Electrical Engineering and Electronics, Kogakuin University Graduate School

‡ 工学院大学工学部情報通信工学科  
Department of information and Communications Engineering, Kogakuin University

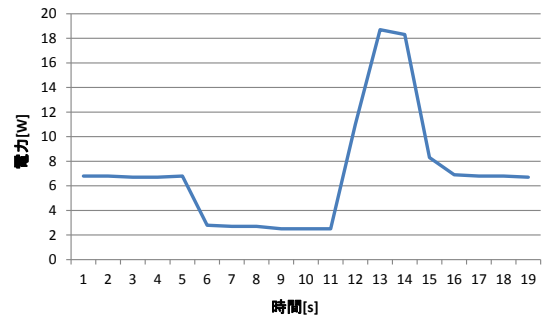


図 1 スピンドアウン・アアップ時の電力推移

本手法ではロングインターバルのあるテーブルを 1 つの HDD にまとめることにより、HDD のアクセス間隔を拡大し、HDD の停止時間を確保する。

### 4. 提案手法の性能評価

提案手法の有効性を確認するために性能評価の実験を行った。1 台の物理計算機上に 3 台の VM を稼働させ、それぞれの VM 上でベンチマークソフト tpcmysql を実行し、テーブルデータ移動前後の各 VM のスループットとロングインターバルのあるテーブルデータを集約した HDD のアクセス間隔を調査した。また、ロングインターバルのあるテーブルデータを集約した HDD にスピンドアウン時間を設定し停止した場合のスループットと消費電力を調査した。

実験環境には物理 HDD が 4 台あり、1 台は OS 用ファイルを格納し、残りの 3 台には TPC-E のテーブルデータを配置する。移動前(手法適用前)は各テーブルデータ配置用 HDD に各 VM のテーブルデータを配置する。移動後(適用後)はロングインターバルのあるテーブルデータを特定の HDD にまとめて配置し、その HDD 内のロングインターバルの無いテーブルデータは残りの 2 つの HDD にアクセス頻度が均等になるように配置する。

テーブルデータ配置用の HDD は容量が 250[GB]あり、VM 用の仮想 HDD イメージファイルはサイズが 50[GB]である。実計算機のメモリの容量は 12[GB]あり、各 VM に割り当てるメモリの容量は 3[GB]である。tpcmysql のデータサイズは合計で約 7.8[GB]であり、VM メモリの約 2.6 倍である。測定時間は 2 時間である。

各 VM 上の TPC-E の平均スループットを図 2 に示す。図内の“移動後”は再配置を行ったが HDD 停止設定は行っていない状態、“スピンドアウン設定後”は再配置を行いつつスピンドアウン時間を 10 秒とした状態である。vm1, vm2 のアクセスの少ないデータを vm3 用 HDD に移動したためスループットは移動前後で近い値になっている。しかし vm3 はアクセスの多いデータを vm1, vm2 用 HDD に分配

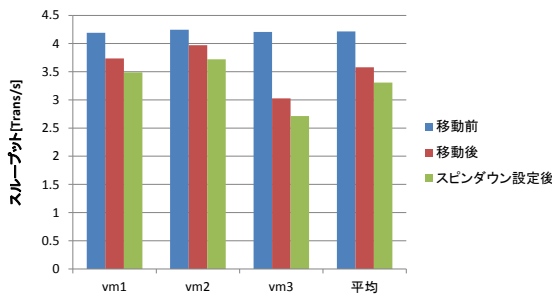


図2 各VMにおけるスループット

配置したため、vm1, vm2 よりスループットは悪くなっている。そして、3つの HDD から2つの HDD にアクセスの多いファイルが集中配置されたため、移動後は各 VM ともスループットが低下しているが、低下幅は平均で約15%となっている。また、スピンドウン時間を設定することによりスループットが減少したが、低下幅は平均では6%と移動後と小さな低下となっている。

ロングインターバルのあるテーブルデータを配置した HDD における移動前後のアクセス頻度を表1に示す。表1より、移動前ではロングインターバルは4回しかなく、停止している時間は1分未満であったが、移動後はロングインターバルのある表のみを集めたためアクセス回数が減少し100秒以上の間隔も多く得られた。

ロングインターバルのあるテーブルデータを配置した HDD における移動前後とスピンドウン時間を設定したときの消費電力の結果を図3に示す。移動後は移動前よりアクセス数が減少したため、移動前より消費電力が約14%低下している。移動かつスピンドウン時間設定後は多くの停止時間が確保されているため、移動前と比べて65%ほど消費電力を下げることができている。HDDは3台使用しているため、全体では約22%消費電力を削減できている。

スピンドウン設定時間によるスループットと平均消費電力の関係を図4と図5に示す。図4よりスピンドウンの設定時間によるスループットの大きな変化は見られなかった。しかし図5より平均消費電力では、スピンドウン設定時間が5秒ではロングインターバルでないときも多く停止してしまっているため消費電力が増え、60秒では設定時間内にアクセスが増えてしまったため停止が減少し消費電力が増えってしまうという結果となった。

## 5. まとめ

本稿では、アプリケーションの動作情報を用いてディスク上のデータレイアウトを変更し、HDDの消費電力を削減する手法を紹介した。そして、その手法を仮想化環境に適用し、評価結果を示した。結果から、アクセス数

表1 移動前後のHDDアクセス間隔

間隔(秒)	移動前(回数)	移動後(回数)
100~	0	29
30~100	1	25
10~30	3	5
1~10	188	63
0~1	675715	590

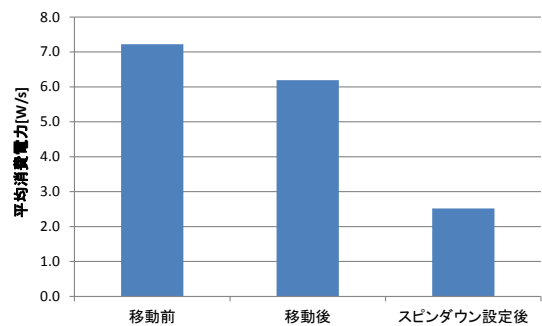


図3 平均消費電力

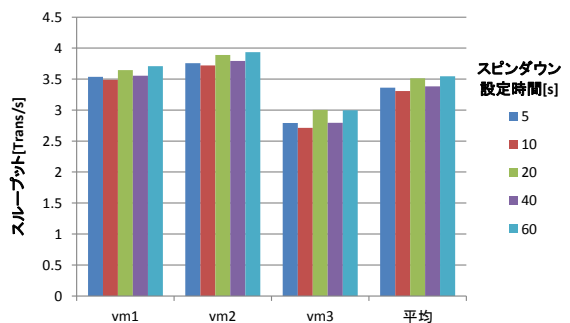


図4 スピンドウン設定時間によるスループット

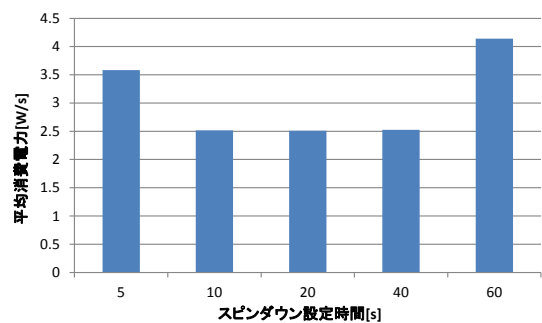


図5 スピンドウン設定時間による消費電力

の多いデータを集中配置したためスループットが減少したが、大幅な省電力化ができることがわかった。今後は、メモリの使用について調査し、その効果の検証を行っていく予定である。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 24300034, 25280022, 26730040 の助成を受けたものである。

## 参考文献

- [1] Norifumi Nishikawa, Miyuki Nakano and Masaru Kitsuregawa, "Energy Efficient Storage Management Cooperated with Large Data Intensive Applications," 28th IEEE International Conference on Data Engineering (IEEE ICDE 2012),