

B-030

## 複数仮想計算機環境における I/O スケジューラの動作と性能に関する考察 A Study of I/O Scheduler's Performance in Multiple Virtual Machines Environment

新居 健一<sup>†</sup> 山口 実靖<sup>†</sup>  
Kenichi NII Saneyasu YAMAGUCHI

### 1. はじめに

多くの企業で計算機の消費電力や設置スペースの増大などが問題視され、仮想化によるサーバ統合などが重要視されている。しかし、既存の OS の I/O スケジューラは仮想化環境を考慮しておらず、仮想計算機の I/O 性能は十分に高いとはいえない。仮想化環境における I/O スケジューラの性能評価に関する研究としては Boutcher らの性能評価[1]があり、ホスト OS の I/O スケジューラとして NOOP が優れているとしているが、これは必ずしも汎用的な結論ではなくさらに多くの評価が必要な状況にあるといえる。

そこで筆者らは、2 台の VM(仮想計算機)上でその I/O 性能を評価し、I/O 性能を向上させる手法として AS16 を提案した[2]。

本稿では、代表的な仮想化システムである Xen を用いて、Linux 標準の 4 つの I/O スケジューラが複数仮想計算機環境において I/O 性能にどのような影響を与えるかについて考察する。そして、その動作解析と複数仮想計算機環境に適した I/O スケジューラの改善手法を提案する。

### 2. I/O スケジューラ

I/O スケジューラは、アプリケーション群から発行された I/O 要求群を適切な順に並び変え、高性能や高公平性などを実現するソフトウェアである。

Linux には、NOOP, Deadline, AS, CFQ 4 つの I/O スケジューラが存在し、順に、単純に I/O を到着順に処理する、近隣の I/O を優先しさらに待ち時間の長い I/O を生じさせないように処理する、近隣の I/O が到着することを期待し I/O を遅延させる、高公平性を重視し処理する、などの特徴を持つ。

### 3. 複数仮想計算機環境における I/O スケジューラの性能

1 台の物理計算機上に、6 台の VM を起動し、各 VM 上でベンチマークソフト FFSB(Flexible File System Benchmark)を実行し、I/O 性能の測定を行った。その際ホスト OS と、ゲスト OS の I/O スケジューラを変更して、それぞれの性能を比較した。

測定結果を図 1 に示す。横軸がホスト OS の I/O スケジューラを表し、グラフの線がゲスト OS の I/O スケジューラを表す。図内の AS16 は Linux 標準の AS の遅延時間などを大きくしたものであり[2]、CFQC については 5 章で後述する。

図より、ゲスト OS の I/O スケジューラとしては AS が優れており、ホスト OS の I/O スケジューラとしては、既存のものでは CFQ、次いで AS が優れていることが分かる。

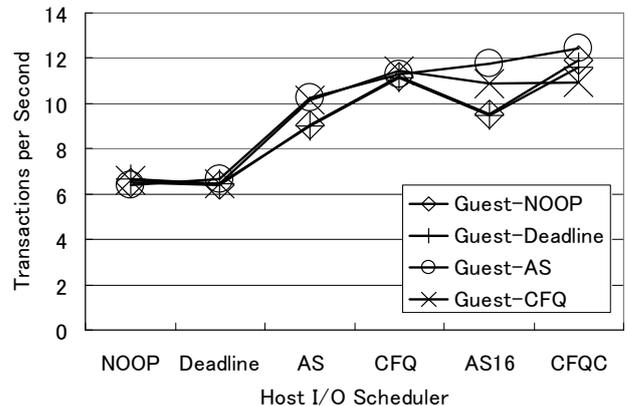


図1 仮想化環境における I/O スケジューラの性能 (FFSB)

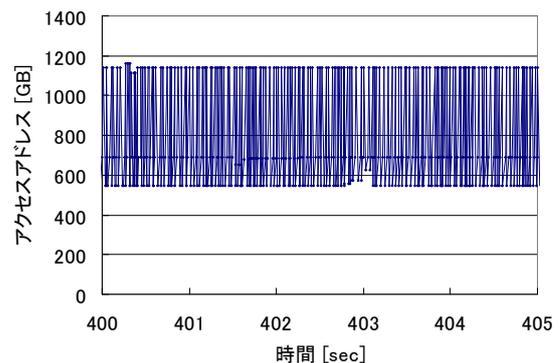


図2 発行 I/O (ホスト OS-NOOP, ゲスト OS-CFQ)

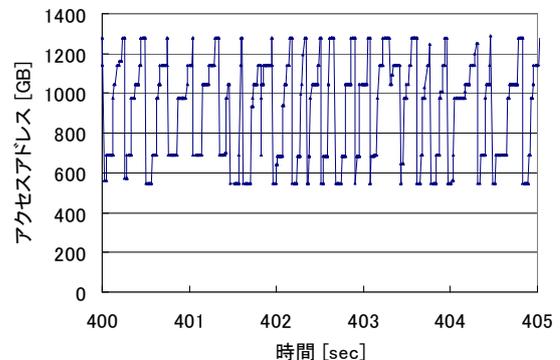


図3 発行 I/O (ホスト OS-AS, ゲスト OS-AS)

<sup>†</sup>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

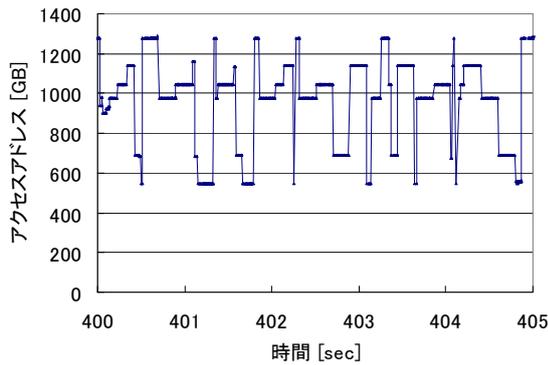


図4 発行 I/O (ホスト OS-CFQ, ゲスト OS-AS)

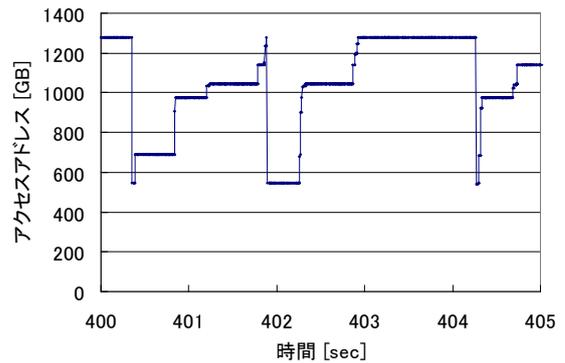


図5 発行 I/O (ホスト OS-AS16, ゲスト OS-AS)

#### 4. 発行 I/O の解析

FFSB をゲスト OS 上で実行した際に発行された I/O をホスト OS 上でモニタリングした。これによりスケジューリング結果の考察を行う。ホスト OS の I/O スケジューラが NOOP, AS, CFQ であるものを図 2-4 に示す。ゲスト OS の I/O スケジューラは、図 1 より AS が最も優れていたため AS を用いた。

Boutcher らはホスト OS の I/O スケジューラは、スケジューリング時に何もしない NOOP が適していると主張している[1]。しかし、図よりホスト OS の I/O スケジューラに NOOP を用いると、HDD ヘッドが複数の VM 間を頻繁に移動し性能が低下することが分かる。ホスト OS の I/O スケジューラに AS や CFQ を用いた場合は NOOP より VM 間移動が少なく、その結果 I/O 性能が高くなっている。

#### 5. VM 間移動を削減するスケジューリング法

前章の考察を踏まえ、VM 間移動を削減するために AS と CFQ の I/O 資源饑餓状態判定の閾値などを大きくした AS16 と CFQC を用いて測定を行い、その性能を図 1 の AS16 と CFQC に、スケジューリング結果を図 5, 6 に示す。

図 1 より、ホスト OS の I/O スケジューラとしては、CFQC, AS16, CFQ の順で I/O 性能が優れていることが分かる。また、図 5, 6 よりホスト OS の I/O スケジューラとして AS16 や CFQC を用いることで既存の CFQ などより VM 間移動が減少することが確認された。

次に、VM 間移動の頻度調査を行った。I/O 対象がある VM から別の VM に切り替わる頻度を図 7 に示す。横軸名の 1 つ目がホスト OS の I/O スケジューラ、2 つ目がゲスト OS の I/O スケジューラを示している(例えば NOOP/CFQ はホスト NOOP, ゲスト CFQ)。縦軸は単位時間あたりの切り替わり発生回数を示している。図より既存の I/O スケジューラでは CFQ を用いた場合が最も切り替わりが少なく、VM 間移動を削減したスケジューリング法である CFQC はさらに VM 間移動が削減されていることが確認できる。

#### 6. まとめ

本稿では、複数仮想化環境における I/O スケジューラの性能評価と、スケジューリング結果の解析を行い、I/O 要求の到着順にスケジューリングを行うことで、HDD ヘッドの VM 間移動を頻繁に発生させてしまう NOOP よりも、

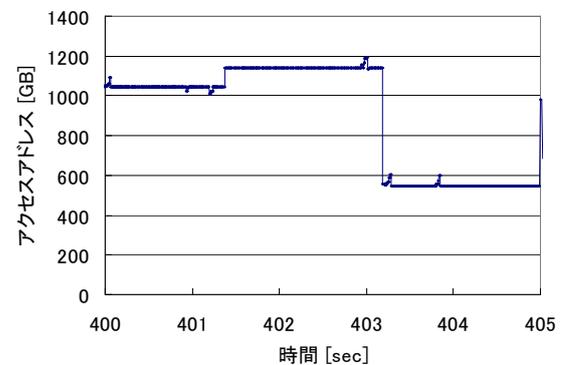


図6 発行 I/O (ホスト OS-CFQC ゲスト OSAS)

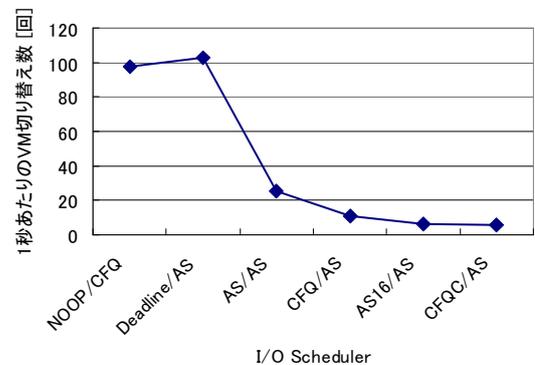


図7 VM 切り替えの発生頻度

VM 間移動が少ない AS や CFQ のほうが I/O 性能は高いことを確認した。そして、VM 間移動をさらに削減する手法を提案し、性能評価により I/O 性能が向上することを確認した。

#### 謝辞

本研究は科研費(22700039)の助成を受けたものである。

#### 参考文献

- [1]David Boutcher and Abhishek Chandra, "Does Virtualization Make Disk Scheduling Passé?," OSP Workshop on Hot Topics in Storage and File System (Hot Storage '09).
- [2]新居 健一, 山口 実靖, "仮想化環境における I/O スケジューラと I/O 性能の関係に関する一考察", 第 72 回情報処理学会 全国大会 (4L-6)