

I/O スケジューラの改善による仮想計算機 I/O 性能向上手法の 応答性能の評価

I/O Response Evaluation of I/O Scheduler Optimization in Virtualized Environment

新居 健一[†] 山口 実靖[†]
Kenichi Nii Saneyasu Yamaguchi

1. まえがき

近年、計算機が広く普及し、計算機の消費電力の増加や設置スペースの増大が問題となっている。その対策として仮想計算機やそれらを用いたクラウドコンピューティングが注目されている。しかし、既存の OS に備わっている I/O スケジューラは仮想化環境を考慮しておらず、仮想計算機における I/O 性能は十分に高いとはいえない[1]。

そこで我々は、代表的なベアメタル型仮想化システムである Xen とホスト型仮想化システム VMware Server を用いて Linux に標準で搭載されている I/O スケジューラの仮想化環境における I/O 性能を評価し、その動作を解析した。解析の結果、既存の I/O スケジューラを用いると仮想計算機イメージ間の長距離シークが頻繁に発生し、I/O 性能が低くなることが確認された。これに対して I/O 発行期限などを延長し、I/O 対象仮想計算機の切り替え頻度を低下させ I/O スループットを向上させる手法を提案した[2]。

本稿では、本手法の応答性能を評価する。

2. I/O スケジューラ

I/O スケジューラはプロセス群から発行される I/O 要求群を適切な順に並び替え、高性能や高公平性などを実現する OS 内のソフトウェアである。新しい I/O 要求が追加されたときに、I/O スケジューラが呼び出され、新しい I/O 要求をキューのどの位置に追加するかを決定する。

Linux には NOOP, Deadline, AS, CFQ の 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、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 の発行を遅延させる、公平性を重視し処理する、などの特徴を持つ。

既存の I/O スケジューラの AS, CFQ の I/O 発行期限などを延長した改善手法をそれぞれ ASC, CFQC と呼ぶ

3. I/O スケジューラの性能評価

3.1 I/O 性能

1 台の物理計算機上に、5 台の VM (仮想計算機) を起動し、各 VM 上でアプリケーションベンチマーク FFSB 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、それぞれの性能を比較した。仮想化システムとして Xen を用いたものを図 1、VMware Server を用いたものを図 2 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 スケジューラを表し、縦軸は I/O 性能を表す。

[†]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

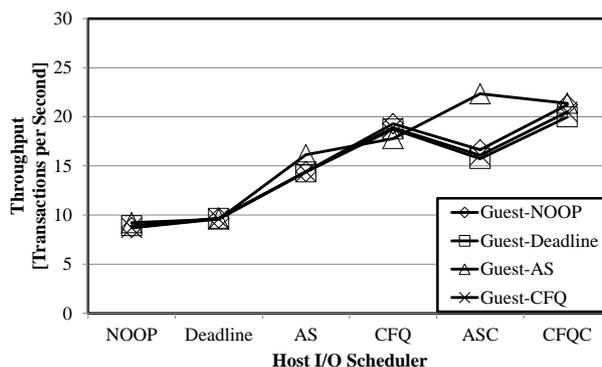


図 1. 仮想化環境における I/O スケジューラの I/O 性能 (Xen)

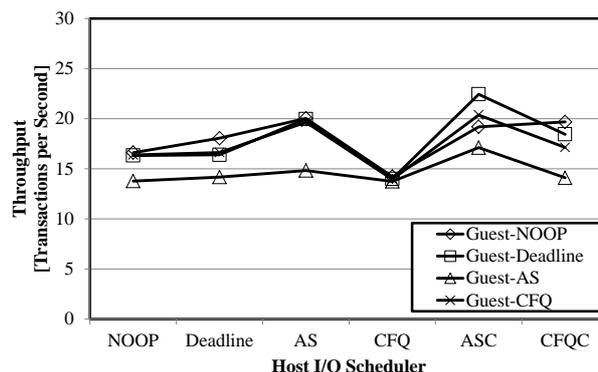


図 2. 仮想化環境における I/O スケジューラの I/O 性能 (VMware Server)

図 1 より、仮想化システムとして Xen を用いたときの I/O 性能は、ホスト OS の I/O スケジューラを変更することにより大きく変化し、CFQC, ASC, CFQ, AS, Deadline, NOOP の順に優れていることがわかる。また、ゲスト OS の I/O スケジューラによる I/O 性能の差が小さいことがわかる。図 2 より、VMware Server を用いた場合もホスト OS の I/O スケジューラ変更することにより I/O 性能は大きく変化し、ASC, AS, CFQC, Deadline, NOOP, CFQ の順に優れていることがわかる。また、ゲスト OS の I/O スケジューラによって I/O 性能の差が生じていることも確認でき、Deadline, NOOP, CFQ, AS の順に優れていることがわかる。

図より仮想化システムとして Xen, VMware Server どちらを用いても改善手法である ASC, CFQC をホスト OS の I/O スケジューラに用いることで、既存のものより I/O 性能が向上していることがわかる。

3.2 応答性能

各 VM 上 FFSB を実行し、その読み込み要求の応答性能の測定を行った。

仮想化システムとして Xen を用いたものを図 3、VMware Server を用いたものを図 4 に示す。横軸がホスト OS の I/O スケジューラを表し、系統がゲスト OS の I/O スケジューラを表し、縦軸が発行された読み込み要求の応答時間 (ターンアラウンドタイム) の平均を表す。

図 3 より、仮想化システムとして Xen を用いた場合、ホスト OS の I/O スケジューラを変更することにより、応答時間が大きく変化し、CFQC、ASC、CFQ、AS、Deadline、NOOP の順に優れていることがわかる。また、ゲスト OS の I/O スケジューラを変更することで応答時間が変化し、AS、NOOP、Deadline、CFQ の順に優れていることがわかる。図 4 より、VMware Server を用いた場合、ホスト OS の I/O スケジューラによる応答時間の変化は少なく、改善手法である ASC、CFQC の応答時間は既存手法とほぼ同等であることがわかる。また、ゲスト OS の I/O スケジューラを変更することで応答時間が変化し、AS、NOOP、CFQ、Deadline の順に優れていることがわかる。以上より、改善手法である ASC、CFQC を用いることで応答時間が既存のものとは比べ小さくなるか、あるいはあまり変化しないことがわかる。

この原因を調査するために、発行された読み込み要求 1 回にかかる応答時間を調査した。仮想化システムとして Xen を用い、ホスト OS の I/O スケジューラに AS、ゲスト OS の I/O スケジューラに AS を用いたものを図 5 に示す。同様に仮想化システムとして Xen を用い、ホスト OS の I/O スケジューラに ASC、ゲスト OS の I/O スケジューラに AS を用いたものを図 6 に示す。横軸が発行された読み込み要求を表し、縦軸が応答時間を表す。

両図より、ASC を用いることにより I/O 対象 VM の切り替えを伴わない I/O 処理が増え、応答時間の小さい I/O が増加していることがわかる。逆に応答時間の大きい I/O の増加もあるが、全体としては応答性能が改善していることがわかる。

まとめ

本稿では、仮想化システムとして Xen、VMware Server を用いた場合における I/O スケジューラの改善手法の I/O 性能を評価し、共に I/O 性能が向上することが確認された。

そして、その応答性能を評価し改善手法を用いることで応答時間が短くなるか、変化しないことが確認された。今後はホスト OS とゲスト OS の動作を統合的に考慮したスケジューリングシステムについて考察していく予定である。

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] D. Boucher and A. Chandra, "Does Virtualization Make Disk Scheduling Passe?," SOSP Workshop on Hot Topics in Storage and File System (Host Storage'09)

[2] 新居 健一, 山口 実靖, "仮想化環境における I/O スケジューラの動作解析", 情報処理学会第 73 回全国大会 講演論文集第 1 分冊, pp.191-192 (2011 年 3 月)

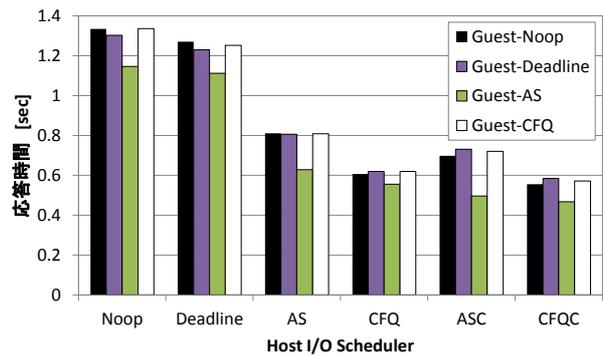


図 3. 仮想化環境における応答性能 (Xen)

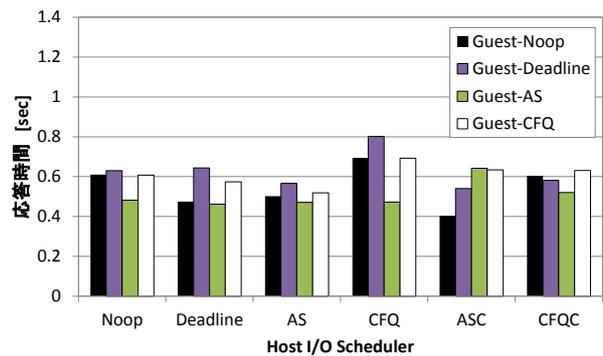


図 4. 仮想化環境における応答性能 (VMware Server)

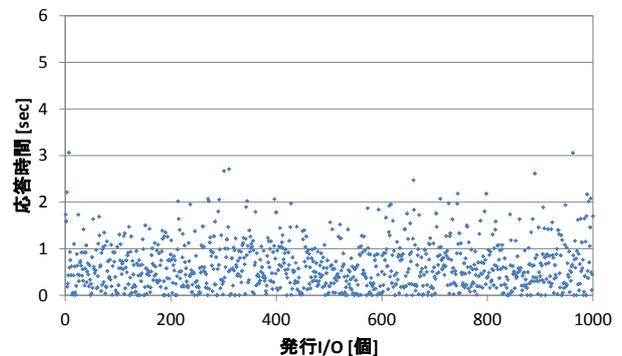


図 5. 読み込み要求の応答性能 (AS/AS)

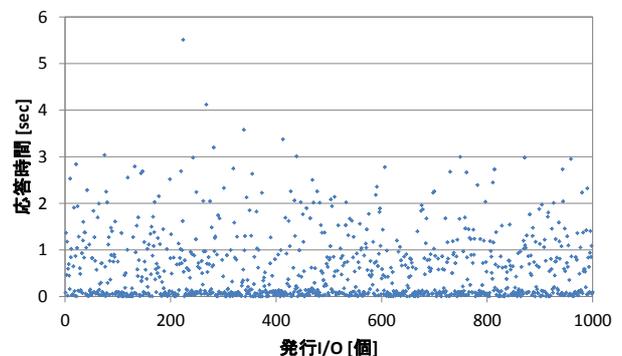


図 6. 読み込み要求の応答性能 (AS/ASC)