

I/O 要求の優先度制御方式における実行環境の違いに着目した評価

島谷 隼生† 田辺 雅則‡ 長尾 尚‡ 佐藤 将也‡ 谷口 秀夫‡
 †岡山大学工学部 ‡岡山大学大学院自然科学研究科

1 はじめに

入出力のデータ長を考慮した I/O 要求の優先度制御を行うディスク I/O 制御方式がある [1]。この方式を銀行のオンラインシステムに適用することで、オンライン処理の遅延を抑制できる。本稿では、プログラムの実行環境の違いに着目し、物理計算機 (Bare-metal Machine, 以降, BM) と仮想計算機 (Virtual Machine, 以降, VM) において、このディスク I/O 制御方式によるオンライン処理時間の短縮効果を述べる。

2 データ長を考慮したディスク I/O 制御方式^[1]

書き込みデータ長が小さい I/O 要求を優先的に実行するディスク I/O 制御方式 (以降, I/O 優先制御) の基本構造を図 1 に示し、以下に説明する。

(1) I/O サイズ分割機能

書き込みデータ長が大きいものを分割 (図 1 では「大サイズ」とする) し、一つ一つの I/O 要求の処理時間を短くする。

(2) I/O 処理キュー制御機能

I/O サイズの違いごとに実行待ちキューを用意して管理する。各キューは I/O 要求到着順である。小サイズ・キューは、書き込みデータ長が小さい I/O 要求を管理し、大サイズ・キューは、I/O サイズ分割機能により分割された I/O 要求を管理する。

(3) I/O 優先制御機能

小サイズ・キューの I/O 要求を大サイズ・キューの I/O 要求より優先させて、ディスクドライブに I/O 要求の実行を依頼する。なお、I/O 優先制御がディスクドライブに依頼する処理は一度につき一つである。これは、ディスクドライブの処理中に新たな I/O 要求が発生しても、優先制御を確実にを行うためである。

3 評価

3.1 観点と評価環境

実行環境を BM または VM としたときのオンライン処理時間とバッチ処理時間を明らかにし、実行環境の違いによる I/O 優先制御の有効性を評価する。BM 環境は、Intel® Core™ i5-3450 (3.1 GHz) を搭載した計算機である。VM 環境は、BM 環境と同じ計算機を利用し、仮想計算機モニタ (VM Monitor, 以降, VMM) は

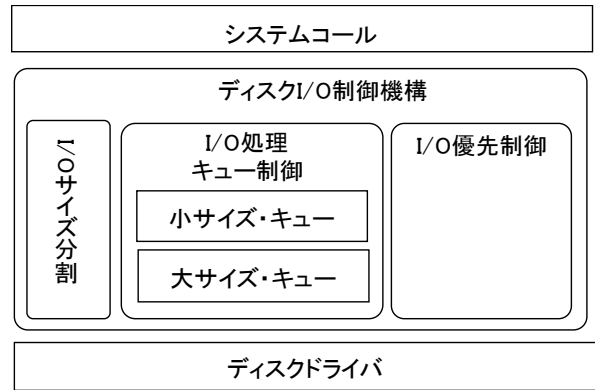


図 1 ディスク I/O 制御方式の基本構造

bhyve である。OS は、どちらの環境も FreeBSD 11.0-RELEASE である。

評価用プログラムは、文献 [1] と同じものである。このプログラムは、ある銀行システムの処理を擬似したものであり、オンライン処理の 1 回分のトランザクション処理を擬似した処理 (オンライン処理) とバッチ処理を擬似した処理 (バッチ処理) の 2 つからなる。

オンライン処理は、140 ミリ秒のプロセッサ処理、50 ミリ秒の Wait 状態、および 2 回の 1,000 バイトの書き込み処理を行う。バッチ処理は、プログラムの開始時と終了時に 50 ミリ秒のプロセッサ処理を行い、この 2 つの処理の間で、100 ミリ秒のプロセッサ処理、50 ミリ秒の Wait 状態、および 1 回の 1,000,000 バイトの書き込み処理を 150 回繰り返す。負荷が少ない場合の処理時間は、オンライン処理が 206 ミリ秒程度、バッチ処理が 30 秒程度である。バッチ処理の同時起動数を 4 とし、オンライン処理の同時起動数を変化させる。

3.2 オンライン処理時間

オンライン処理時間とオンライン処理負荷 (Transactions Per Second, 以降, TPS) の関係を図 2 に示す。図 2 より、以下がわかる。

(1) いずれの環境においても、TPS が大きくなるにつれて、I/O 優先制御の効果が大きくなる。TPS が大きくなるとオンライン処理の I/O 要求数が増加する。つまり、バッチ処理の I/O 要求によって、I/O 要求の実行待ち時間が長くなるオンライン処理数が増加し易い。このため、I/O 優先制御を行わない場合は、オンライン処理の I/O 要求の実行開始待ち時間が長くなる。一方、I/O 優先制御を行うことにより、I/O サイズ分割機能と I/O 優先制御機能が有効に働き、オンライン処理の I/O 要求の実行開始待ち時間を短縮できる。

Evaluation of I/O Priority Control Mechanism in Different Execution Environments.

Toshiki Shimatani†, Masanori Tanabe‡, Takashi Nagao‡, Masaya Sato‡, Hideo Taniguchi‡

†Faculty of Engineering, Okayama University

‡Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

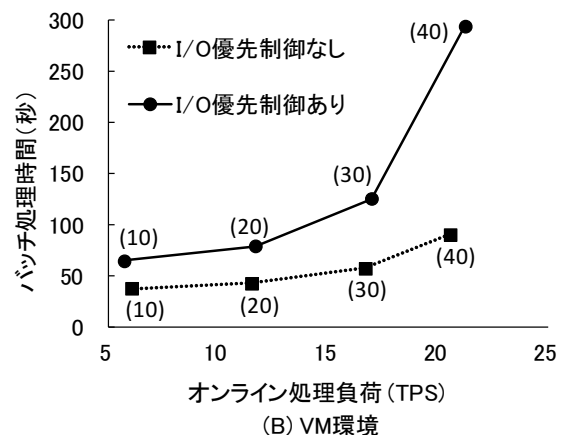
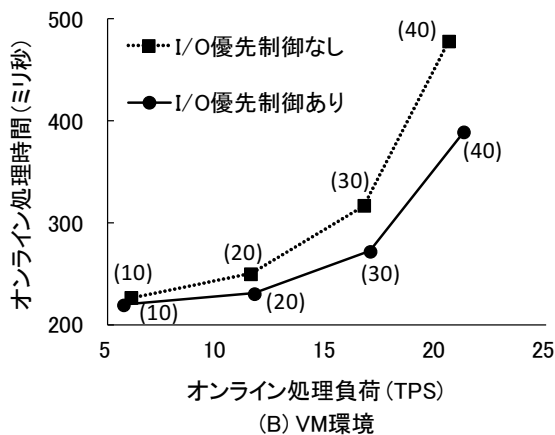
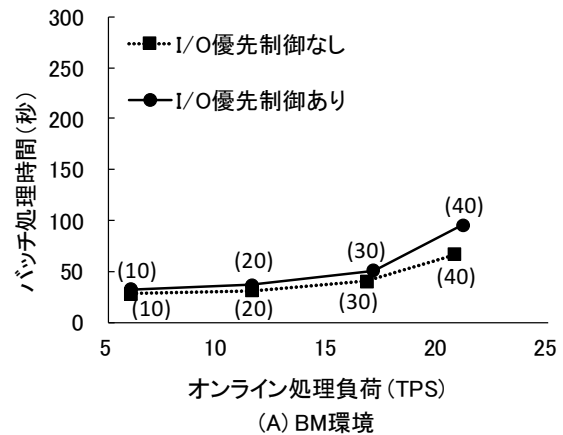
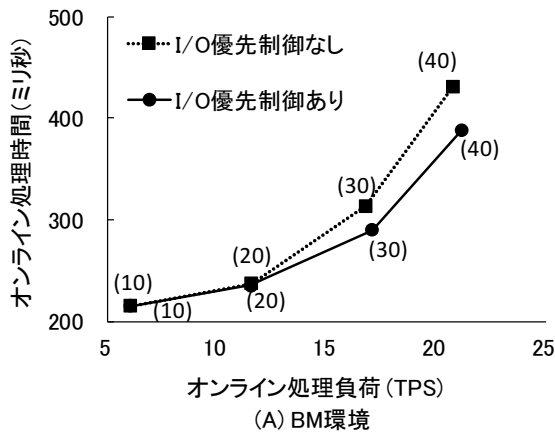


図2 オンライン処理時間

図3 バッチ処理時間

(2) VM環境では、BM環境よりもI/O優先制御の効果が大きい。VM環境では、I/O要求の処理は、ホストOSの処理とともにVMMの処理も行われる。つまり、I/O要求の処理時間が長くなる。このため、バッチ処理のI/O要求が先に実行された場合、オンライン処理のI/O要求処理が影響を受け、処理時間が長大化する。これに対し、I/O優先制御を行うことで、バッチ処理のI/O要求処理がオンライン処理のI/O要求処理より先に実行される確率を減らすことができる。したがって、VM環境において、I/O優先制御の効果が大きくなる。

3.3 バッチ処理時間

バッチ処理時間とTPSの関係を図3に示す。図3より、以下がわかる。

(1) いずれの環境においても、I/O優先制御を行う場合のバッチ処理時間は、I/O優先制御を行わない場合のバッチ処理時間よりも長い。I/O優先制御を行う場合、I/Oサイズ分割機能によって分割されたバッチ処理のI/O要求の間で、オンライン処理のI/O要求がI/O優先制御機能により優先的に実行される。このため、バッチ処理のI/O要求の実行開始待ち時間が長くなる。

(2) I/O優先制御を行う場合、VM環境では、BM環境よりもTPSの増加によるバッチ処理時間の増加が大き

い。VM環境では、先に述べたように、I/O要求の処理時間が長くなる。このため、I/O優先制御を行う場合、I/O優先制御機能により優先的に実行されたオンライン処理の影響を受け、バッチ処理時間が長くなる。

したがって、I/O優先制御を行う場合、バッチ処理時間は、オンライン処理の影響を受け、長大化する。このため、バッチ処理は計画的に実行し、長期的な負荷分散を行うことにより、I/O優先制御による影響を軽減する必要がある。

4 おわりに

I/O優先制御は、実行環境に関わらず、オンライン処理負荷が大きいほど、その効果が大きくなることを示した。また、BM環境よりもVM環境の方が、その効果が大きいことを示した。

謝辞 本研究の一部は、共同研究（株式会社富士通研究所）による。

参考文献

- [1] 田辺雅則, 横山和俊, 長尾尚, 谷口秀夫: オンライン処理とバッチ処理の処理負荷を分散制御する入出力制御方式の実装と評価, 情報処理学会論文誌 (2020) (掲載予定)。