

I/O 処理の動作を考慮した仮想計算機メモリ割当量に関する考察 A Study of Optimizing Memory Size of Virtual Machines Considering I/O Behavior in Virtualized Environment

渡邊 有貴[†] 山口 実靖[†]
Yuki WATANABE 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動するようになった。これに伴い、サーバの消費電力の増加等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、仮想化技術を用いて複数のサーバ OS を、一台の物理計算機に集約する手法がある[1]。

本稿では、代表的な仮想計算機システムである Xen を用いて、物理計算機及び仮想計算機の I/O 処理の動作について調査し、その結果から仮想計算機への適切なメモリ割当量及び適切な I/O 処理手法について考察する。

2. 仮想計算機に与えるメモリ量

仮想化環境では、ホスト計算機のメモリの一部が VM (仮想計算機) に割り与えられる。VM に多くのメモリを与えると VM が多くのキャッシュメモリを使用可能となり、VM におけるディスクキャッシュヒット率は向上するが、ホスト計算機におけるキャッシュヒット率は低下すると考えられる。

3. 仮想計算機で発行される入出力命令

仮想化環境では、VM のアプリケーションで発行される I/O 要求はゲスト OS、ホスト OS の様々なレイヤを経由してホスト計算機の物理ディスクへ到着する。その際にアプリケーションの要求量より多くの I/O が発生することや、VM で発行された I/O をホスト OS が分割し性能が劣化してしまうことが確認されている[2]。

4. 性能評価

適切な VM へのメモリ割当量、および I/O 処理方法について考察するために、VM のメモリ割当量、および I/O 処理方法(キャッシュ有効/無効)を変更して VM の I/O 性能の測定を行った。

4.1 FFSB

I/O ベンチマークソフト FFSB を用いて、VM の I/O 性能の測定を行った。一台の物理計算機上に 6 台の VM を起動し、全ての VM で FFSB を実行した。VM へのメモリ割当量は 128MB と 1GB に変更し、ベンチマークのデータサイズは 128MB から 4GB まで変更して測定を行った。測定結果を図 1 の”非 DIRECT”の線にて示す。図内の”DIRECT”の線については次節にて後述する。測定結果より、FFSB の測定においては VM に与えるメモリ量が多い方が良い性能が得られることが確認できた。

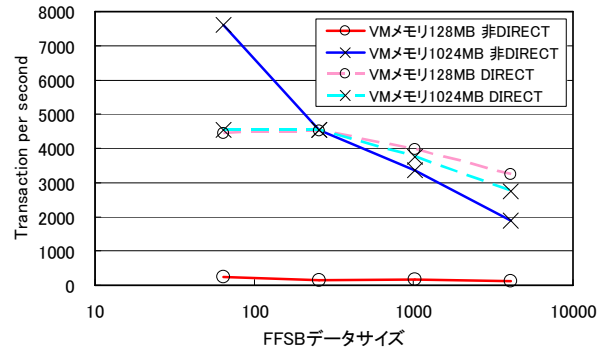


図 1 FFSB 測定結果

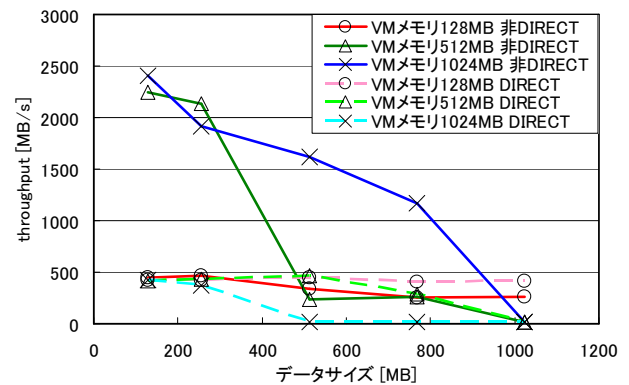


図 2 シーケンシャルリード測定結果

4.2 FFSB(DIRECT I/O)

前節と同様の測定を DIRECT I/O を用いて行った。測定結果を図 3 の”DIRECT”の線にて示す。ファイル総容量が大きくキャッシュヒット率が低い場合は DIRECT I/O を有効にして(キャッシュを無効化して)I/O 処理する方が良い性能となった。

4.3 シーケンシャルリード

4.1, 4.2 節と同一計算機に 6 台の VM を起動し、全ての VM で仮想ハードディスクのブロックデバイス(/dev/xvda)に対して Linux コマンド dd を実行し、VM のシーケンシャルリード性能を測定した。VM へのメモリ割当量は 128MB と 1GB、読み込みサイズは 128MB から 1GB、DIRECT I/O は有効と無効と変更して測定を行った。読み込みは繰り返し行い、キャッシュの影響がでる 2 回目以降のみ測定対象とした。測定結果を図 2 に示す。図より、4.2 節と同様に読み込みサイズが大きく VM のメモリキャッシュに格納できない場合は、VM に与えるメモリを減らし DIRECT I/O を有効にした方が良い性能が得られることが確認できた。

[†]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

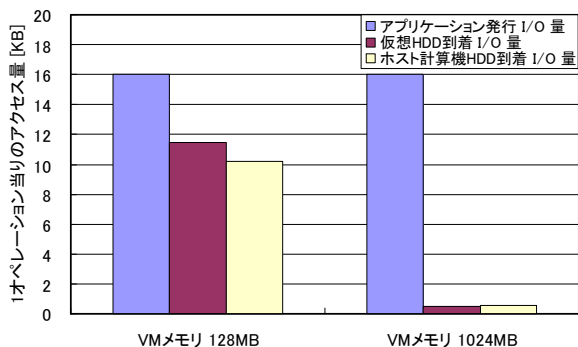


図3 FFSB データサイズ 64MB 時の各 I/O 要求量

5. VM とホスト計算機の I/O 解析

前章の結果より、ワークロードのデータサイズが小さく VM のキャッシュに納めることが可能である場合は、VM に多くのメモリを与えた方が良い性能が得られることが分かった。また、ワークロードのデータサイズが大きく VM のキャッシュの効果が期待できない場合は、VM に多くのメモリを与えず VM にて VM メモリキャッシュを無効化した DIRECT I/O を行った方が良い性能が得られた。これらの性能と、VM キャッシュとホスト計算機キャッシュの動作の関連性、DIRECT I/O の影響を調査するために、各層における I/O 量とその内訳を調査した。具体的には、(1)VM 上でアプリケーションが発行した I/O 要求の量、(2)VM の仮想ディスクに到着した I/O 要求の量、(3)ホスト計算機の物理ディスクに到着した I/O 要求の量を比較した。(1)と(2)の間には VM のディスクキャッシュが存在し、(2)と(3)の間にはホスト計算機のディスクキャッシュが存在する。

まず、データを VM キャッシュに格納可能な場合の動作について考察する。データサイズが 64MB で FFSB を行った際の各層における I/O 量を図 3 に示す。図より、VM に多くのメモリを与えた場合は VM のキャッシュが効果的に機能し、VM ディスク層における I/O 量が大幅に減少し性能向上につながっていることが分かる。

次に、データを VM キャッシュに格納不可能な場合の動作について考察する。データサイズが 4GB、VM メモリ 128MB にて FFSB を行った際の VM 仮想ディスク層及びホスト物理ディスク層に到着した I/O 数、アクセス量(バイト単位)、平均 I/O サイズを図 4、5 に示す。I/O 数とアクセス量はベンチマークの 1 オペレーションあたりの値である。両図より VM ディスク、物理ディスクに到着する I/O の多くがベンチマーク FFSB ファイルの read/write であることがわかる。また、DIRECT I/O 有効の場合はベンチマークが発行した I/O サイズ(16KB)と VM ディスクアクセス量がほぼ等しいが、DIRECT I/O が無効の場合は VM ディスクアクセス量がベンチマークが発行したものよりも大きいことが分かる。同様に、両ディスクに到着する I/O の数も DIRECT I/O が無効の場合の方が多いたことが分かる。また、DIRECT I/O 有効時の方が VM に到着する I/O のサイズが大きく、少数の大きい I/O により処理を行っているのがわかる。以上より、各レイヤを経由することににより I/O 数やアクセス量の増加、アクセスの分割が発生し、これらが性能優劣の原因になっていると考えられる。

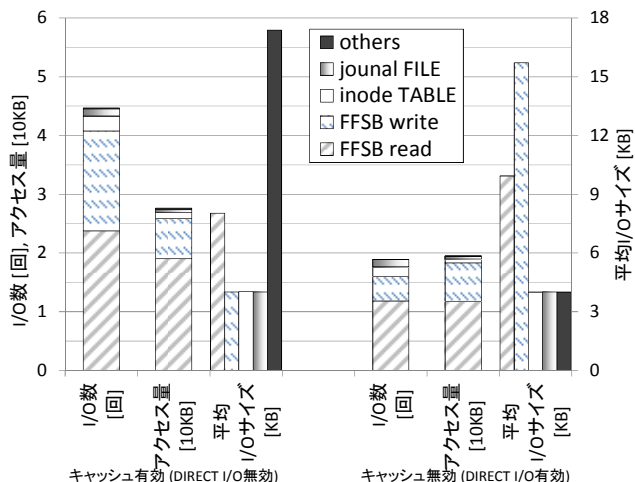


図4 VM 仮想ディスクの各 I/O

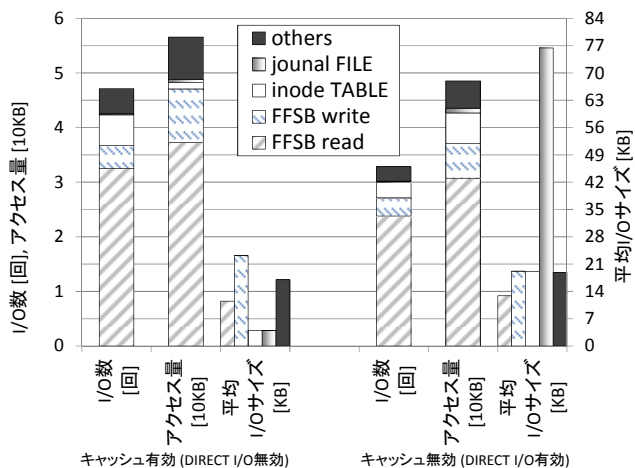


図5 ホスト計算機実ディスクの各 I/O

6. まとめ

本稿では、ホスト計算機及び仮想計算機の I/O 処理の動作について調査し、仮想計算機への適切なメモリ割当量及び適切な I/O 処理についての考察を行った。その結果、ワークロードのデータを VM のメモリキャッシュに格納可能な場合は VM に多くのメモリを与えることで性能が良くなり、格納することが不可能な場合は VM にメモリを多く与えず、更に DIRECT I/O を用いて VM のディスクキャッシュを無効化することで性能が良くなることを確認した。そして、動作を解析しその理由を考察した。

今後は、性能向上手法について考察する予定である。

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]越智 俊介, 山口 実靖, 浅谷 耕一, “仮想計算機 KVM によるサーバ統合におけるサーバ性能の向上”, 電子情報通信学会データ工学ワークショップ論文誌, 2008.
- [2]渡邊 有貴, 山口 実靖, “仮想計算機へのメモリ割当量と仮想計算機の I/O 性能に関する考察”, 情報処理学会第 72 回全国大会講演論文集, 2010.