

複数ストレージデバイスを用いる セキュアビッグデータ基盤の I/O 高速化

中島 健司† 近 丈一郎‡ 藤島 永太† 山口 実靖†

工学院大学大学院 工学研究科 電気・電子工学専攻† 工学院大学 情報通信工学科‡

1 はじめに

近年、世界中の情報量が爆発的に増加しており、その情報を収集・蓄積・分析して有効に活用することに注目が集まっている。本研究では、コンテンツ提供者が安心してデータを提供でき、コンテンツ利用者が信頼して結果を利用できるセキュアなコンテンツ共有・流通基盤に着目し、その I/O が大規模シーケンシャル I/O であることを考慮し、クラウド環境にて大規模シーケンシャル I/O 処理を高速化する手法について考察を行う。

クラウド環境では複数の物理計算機上に複数の仮想計算機を起動し、これらの仮想計算機上で複数ジョブが実行される環境(以下、マルチテナント環境と呼ぶ)で用いられることが多く、マルチテナント環境における I/O 処理の高速化手法についての考察は重要である。

本稿では、マルチテナントクラウド環境におけるセキュアビッグデータ基盤を想定し、大規模シーケンシャル I/O 処理の高速化手法の性能に関する考察を行う。

2 既存研究

2.1 ファイル格納位置の静的制御手法

本節にて、既存手法であるファイル格納位置の静的制御手法[1]について述べる。

定記録密度方式 HDD のシーケンシャル I/O 速度は内周側のゾーンより外周側のゾーンの方が速い。既存研究[1]ではこの特性を考慮し、ファイルを外周側のゾーンに優先的に格納し、シーケンシャル I/O 性能を向上させている。

本手法の実装は、オープンソースファイルシステムである ext2/ext3 を用いて行っている。これらのファイルシステムは、4KB のブロックを単位に管理され、複数のブロックでブロックグループを構成している。そして、ブロックグループ毎にブロックビットマップ、inode ビットマップ、inode テーブルが用意されている。各データブロックが使用中か未使用であるかはブロックビットマップで管理されている。各グループのデータブロックビットマップのうち、ディスクの外周側に相当する低アドレス部以外のブロックのビットを使用中ビットへ変更し、内周側に相当する高アドレス部にデータが格納されることを回避している。

2.2 仮想化環境における静的制御手法

本節では、仮想化環境における既存のファイル格納位置制御手法の課題を述べる。

ファイルシステム上に生成・配置されたイメージフ

イルは HDD の連続領域に配置される。よって、最初に生成されたイメージファイルは HDD の外周側領域(すなわち高速領域)に生成されるが、2 目以降のイメージファイルは既にイメージファイルが配置された領域以外(すなわち低速領域)に生成される。このようにイメージファイルが生成・配置された状況では、仮想 HDD およびゲスト OS ファイルシステムにおける格納位置が物理 HDD における格納位置と一致しないことになる。そして、この環境下で静的ファイル格納位置制御手法を用いると、図 1 の様に各仮想 HDD の低アドレス部に I/O が発生することになり、1 目目の VM 以外は物理 HDD の低速領域を使うことになる。また、ファイル格納位置が離れることにより、シーク距離が長くなってしまいう問題が生じる。

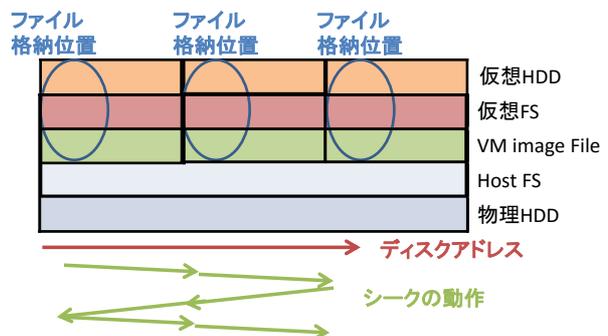


図 1 仮想化環境における静的ファイル格納位置制御手法

2.3 VM イメージファイルのストライピング手法

本節にて、ストライピング配置により仮想化環境における大規模シーケンシャル I/O の性能を向上させる手法[3]を紹介する。本手法では、各 VM のイメージファイルを等間隔で分割し、図 2 のようにイメージファイルの断片を順番にストライプ状に配置する。そしてこの状態にてゲスト OS ファイルシステムに既存のファイル格納位置制御手法を適用する。各イメージファイルの断片をストライプ状に配置することにより、各 VM の仮想 HDD の低アドレス部を物理 HDD の低アドレス部に対応させ、物理 HDD の高速な外周側を優先的に使用させることを可能とする。また、シーク距離も削減することができ、I/O 性能を向上させることができると考えられる。

本手法の実装は、2 章で記述した既存手法と同様に ext3 ファイルシステムのデータブロックビットマップを書き換えることにより行うことが可能である。具体的には各々のイメージファイルを生成する領域以外はビットを使用中に書き換えた状態でイメージファイルの生成を行う。これにより、イメージファイルの断片を図 2 のように順番に配置させることが可能となる。

I/O Performance Improvement of Secure Data Sharing and Distribution Platform

†Kenji Nakashima, Eita Fujishima, Saneyasu Yamaguchi, Electrical Engineering and Electronics, Kogakuin University
‡Joichiro Kon, Saneyasu Yamaguchi, Department of Information of Communications Engineering, Kogakuin University

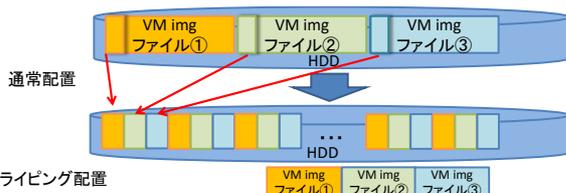


図 2 イメージファイルの通常配置とストライピング配置

3 性能評価

本章にて、ストライピング手法[3]のマルチテナントクラウド環境大規模シーケンシャル I/O 処理に対する有効性の検証を行う。Hadoop のサンプルアプリケーションである TestDFSIO を実行し、通常手法、ファイル格納位置制御手法、ストライピング手法の性能の評価を行った。

通常手法はホスト OS およびゲスト OS 上で制御を行わず、ファイル格納位置制御手法はホスト OS 上で制御を行わずゲスト OS 上でファイル格納位置制御を行い、ストライピング手法ではホスト OS 上でストライピング配置を行い、ゲスト OS 上でファイル格納位置制御を行っている。

測定環境は 3 台の物理計算機で構成され、各物理計算機上に 3 台の仮想計算機を起動した。Hadoop のクラスタ構成図は図 3 の様に各色の仮想計算機群でクラスタ、テナントを構成している。HDFS ブロックサイズは 64MB、ブロックの複製数は 3、各 VM のファイルシステムは ext3 とした。ストライピング手法の実装方法は前章の通りである。

TestDFSIO は入力ファイル数を 3、データサイズを 8GB とし、各クラスタ上で同時にジョブを実行し、測定した。ファイル格納位置制御手法およびストライピング手法ではファイル格納位置の静的制御手法を適用し、仮想 HDD における外周側 50GB 以外へのファイルの配置を禁止した。



○：仮想計算機

図 3 クラスタ構成図

TestDFSIO の write 処理、read 処理の I/O 速度および平均 I/O 速度の結果を図 4 および 5 に示す。図 4 より write 処理の I/O 速度は通常手法、ファイル格納位置制御手法、ストライピング手法の平均はほぼ変わらないことが確認できる。図 5 の read 処理では通常手法に比べてファイル格納位置制御手法では約 13.2%性能が向上していることが確認できる。さらに、通常手法に比べてストライピング手法は約 49.3%の I/O 速度の性能向上が確認できる。

図 5 において通常手法およびファイル格納位置制御手法の I/O 速度にはばらつきがあるが、ストライピング手法では I/O 速度のばらつきは少ないことが確認できる。

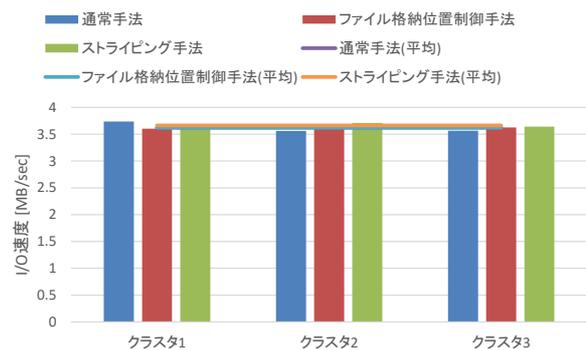


図 4 TestDFSIO(write)

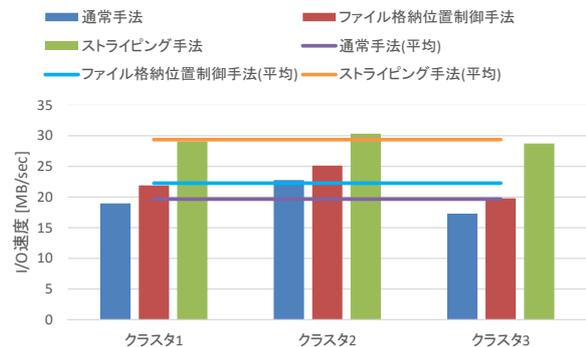


図 5 TestDFSIO(read)

4 おわりに

本稿では、仮想化環境におけるファイル格納位置制御手法の課題を示し、その解決手法を提案した。そして、マルチテナント環境において性能評価を行い、有効性を確認した。今後は、アクセス頻度を考慮した格納位置制御について考察していく予定である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 26730040, 15H02696 の助成を受けたものである。

本研究は、JST、CREST の支援を受けたものである。

参考文献

- [1] Eita Fujishima, Saneyasu Yamaguchi, "I/O Improving on Reduce Phase of Hadoop," International Symposium on Computing and Networking (CANDAR'15), (2015)
- [2] Eita Fujishima, Saneyasu Yamaguchi, "Dynamic File Placing Control for Improving the I/O Performance in the Reduce Phase of Hadoop", the Tenth International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication (IMCOM2016), 8-2, (2016)
- [3] 中島 健司, 藤島 永太, 山口 実靖, "ホスト OS ファイルシステムにおける VM イメージファイルの非連続配置による仮想化環境における Hadoop I/O 性能の向上", システムソフトウェアとオペレーティング・システム研究会 第 137 回, 2016-OS-137, 4 (2016)