

データの性能要件に基づくストレージ自動階層配置機能の提案

毛利 美緒子[†](株)日立製作所 横浜研究所[†]牧 晋広[†](株)日立製作所 横浜研究所[†]

1. はじめに

情報システムの扱うデータ量は年々増加傾向にある。Hard Disk Drive(HDD)も大容量化を続け、ビットコストも低下しているが、性能の向上は鈍いため、情報システムにおけるボトルネックとなる可能性が高くなってきている。一方、近年注目されている Solid State Drive(SSD)は HDD に比べて性能が良いが、容量が小さく、高価である。このため、限られた予算内で運営しなければならない企業システムにおいては、全 HDD を SSD に置換することは困難である。

そこで、HDD と SSD を階層的に組み合わせることで、大容量・高性能を兼ね備えた記憶領域を実現する方法がある。この方法は、データ階層管理と呼ばれ、異なる特性の複数のメディアを使い分ける研究が行われている。例えば、HDD コントローラにフラッシュメモリを搭載し、HDD に対するキャッシュとして用いる方法^[1]や、Operating System(OS)内で SSD を HDD のキャッシュとして利用可能な仮想デバイスを構築する方法^[2]が提案されている。これらの方法では、HDD コントローラや OS において、メディアに対するアクセス統計情報を取得し、高頻度にアクセスされるデータ領域を検出し、データを自動的に適正階層へ配置する。

また、アプリケーション固有の情報を用いたデータ階層管理方法^[3]がある。この方法は Relational Data Base Management System (RDBMS)アプリケーションのボリューム上のデータ配置及び処理特性を用いたデータ配置を行うことで、アプリケーションの処理時間短縮を実現している。しかし、この方法は、RDBMS のような構造化データを対象としており、ファイルのような非構造化データには適用できず、近年普及している仮想サーバ等のファイルベースの計算機環境の性能改善には利用できない。

本稿では、ファイルを適正階層に配置する方式として、ファイルの性能要件に基づくストレージ自動階層配置機能 (DPR-ASTF : Data Performance Requirement based Automated Storage Tiering Functions)を提案する。

2. ストレージ自動階層配置機能

2.1. 概要

ストレージ自動階層配置機能 (ASTF : Automated Storage Tiering Functions)は、ストレージによりデータを適正階層に配置するデータ階層管理技術である。これは、高頻度アクセスのデータを高性能メディアに配置することで、アプリケーションの処理時間を短縮する。

ASTF は、図 1 に示すストレージとサーバから成るシステムにおいて動作する。ストレージはコントローラとプールを備える。コントローラは、ストレージ内の処理を行う。プールは、性能の異なる複数の記憶領域(階層)から構成される。サーバは、アプリケーションが動作しており、ストレージから提供されるボリュームに、ファイルの読み書きを行う。ストレージがサーバに提供するボリュームは仮想的なボリュームであり、サーバによりデータが格納されると、ストレージはプールから適正階層の固定サイズの記憶領域(ページ)をデータサイズ分割り当てる。

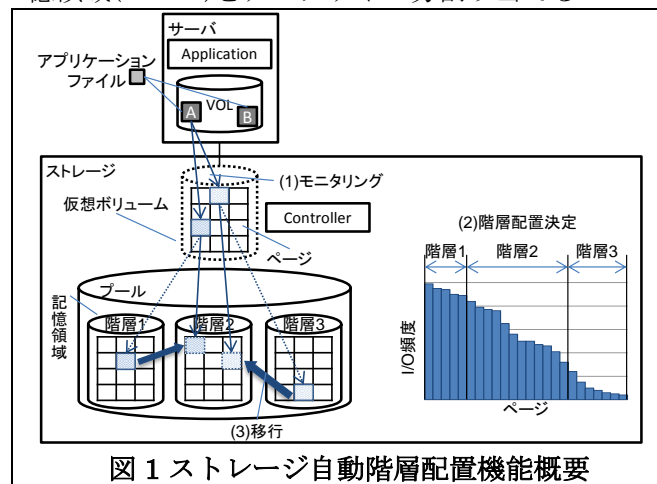


図 1 ストレージ自動階層配置機能概要

ASTF はサーバからのアクセス頻度(I/O の回数)に応じて、仮想ボリューム上のページを適正階層に再配置する。ASTF は主に以下の 3 ステップにより動作する。これらのステップは、周期的にコントローラにより実行される。

(1)モニタリング

仮想ボリューム上に割り当てられたページ毎に、サーバからのアクセス頻度を記録する。

(2)階層配置決定

モニタリングの結果に基づき、高頻度アクセスのページは高性能な階層(図1では階層1)、アクセス頻度の低下に応じて低性能な階層(図1では階層2または階層3)に配置されるように、各ページの配置先階層を決定する。

(3)ページ再配置

ページを新たな配置先階層へ移動する。

その結果、高頻度アクセスのデータが高性能メディアに配置される。

2.2. 課題

ファイルの性能要件は IOPS だけでなく、レスポンスタイムやスループットなど、多様な要件が存在する。この要件を満たさない場合、アプリケーションの動作に遅延が生ずる可能性がある。例えば、従来技術では、高速レスポンスを必要とするファイルでも、I/O 頻度が低いファイルは、低速な階層(レスポンスタイムが低い)に移行される。この結果、実際にアプリケーションがファイルを参照する際、ファイル読み込み性能が性能要件を満たさない。

3. 提案手法

DPR-ASTF は、多様なファイルの性能要件に応じて、ファイルに割り当てられているページを適正階層に移動する ASTF の拡張機能である。

DPR-ASTF は図2に示すストレージ、サーバ、管理サーバから成るシステムにおいて動作する。ストレージは、2章で述べた ASTF によるページ制御に加えて、管理サーバの指示によるページ移動を実施する。管理サーバは、エージェントから送付されるファイルの格納領域情報と性能要件情報を管理する。ファイルの性能要件情報は、アプリケーションが規定する。さらに、管理サーバは、ストレージから各階層の性能情報を収集し、それらの情報を基にストレージに対し、ページの適正階層への移動を指示する。

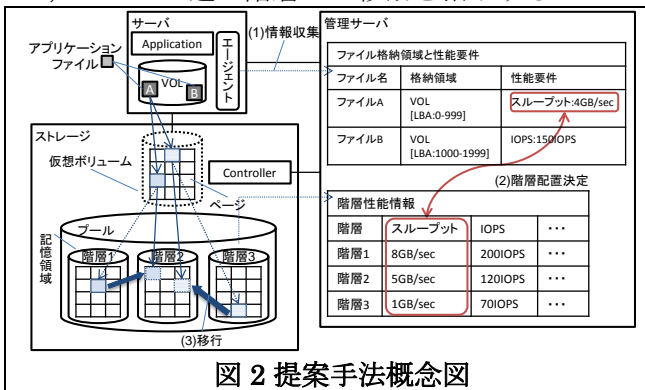


図2 提案手法概念図

DPR-ASTF では、管理サーバが管理するアプリケーションで規定されるファイルの性能要件情報に基づいてページを適正階層に配置するた

めに、ASTF の動作ステップに加えて、以下の3ステップを実施する。

(1)情報収集

エージェントがファイルの格納領域情報と性能要件情報を収集し、管理サーバに送付する。

(2)階層配置決定

(1)で収集した情報と事前に取得した各階層の性能情報から、管理サーバはファイルの性能要件を満たす階層を特定する。次に、ファイルの格納領域に存在するページを特定し、最後にストレージにページ移動を指示する。

(3)ページ再配置

管理サーバに指示に従い、ストレージのコントローラがページを新たな配置先階層へ移動する。

以下に、図2を用いて、ファイルAを適正階層に移行する方法を説明する。ファイルAはサーバで動作するアプリケーションが使用するファイルであり、4GB/secのスループットが求められている。サーバのエージェントは、ファイルAの格納領域と性能要件を管理サーバに送付する。管理サーバは、ファイルAの情報と、事前に取得したプールを構成する各階層の性能情報を比較し、ファイルAの要件を満たす階層(図2では階層2)を特定し、ストレージにページ移動を指示する。ストレージは、管理サーバからの指示に従い、ページを移動する。

本手法により性能要件を有するデータを格納するページを、性能要件を満たす階層に配置することができ、アプリケーションの動作遅延を防ぐことが可能になる。

4. さいごに

本報告ではファイルを適正階層に配置するため、ファイル毎の性能要件に基づきページ配置を制御する方式を提案した。今後は、本方式の有効性を詳細に検証するため、実環境での評価を実施する。

5. 参考文献

[1] T. Kgil, F. Roberts and T. Mudge: Improving NAND Flash Based Disk Caches. ACM SIGARCH Computer Architecture News Volume 36 Issue 3, June 2008.

[2] 仁科圭介, 並木美太郎: SSD をディスクキャッシュとして利用する Linux ブロックデバイスドライバ, 情報処理学会研究報告, Vol. 2010-OS-114, No.13, 2010.

[3] 松沢敬一, 林真一, 大谷俊雄: Application-aware なデータ階層管理アプリケーション処理高速化手法, 情報処理学会研究報告, Vol.2012-OS-120, No.8, 2012.