

審査の結果の要旨

氏 名 松澤 敬一

本論文は、階層ストレージにおけるアプリケーション透過なファイル最適配置手法に関する研究の成果をまとめたものである。コンピュータ・システムが扱うデータ量は増加を続けており、データを格納するためのストレージ・システムは大量のデータを高速に処理することが求められている。しかし、ストレージ・システムで用いられる記憶媒体はコストと性能の間にはトレード・オフの関係があるほか、各記憶媒体に固有の特性があり、単一の記憶媒体でストレージ・システムに対するあらゆる要求に答えることは困難である。

このようなトレード・オフの関係にある記憶媒体を用いてコストあたりの性能を向上させる手法として、階層ストレージという手法が古くから使われている。この手法では、複数の特性の異なる記憶媒体を組み合わせることで階層構造とすることで、コストと性能のバランスを取る手法である。具体的には、コンピュータ・システムにおいてはデータによってアクセスされる頻度に偏りがあることを利用して、頻繁にアクセスされるデータを高速・低容量な記憶媒体に格納することで平均的な性能を向上させつつ、その他のデータは低速・高容量な記憶媒体に格納することでコストを削減する手法である。

階層ストレージにおいては、どのデータをどの記憶媒体に配置するかが性能に大きく影響を与える。従って、データの性質を適切に捉えて配置を最適におこなう必要がある。一方で、既存環境においては様々なアプリケーションがすでに使われており、データの性質を捉えるためにアプリケーションに改変を加えることは現実的ではない。従って、アプリケーション透過、すなわちアプリケーションの改変を加えることなく、データを適切な記憶媒体に最適に配置する技術が求められている。

本論文では、現代的なシナリオに対して階層ストレージの考え方を適用し、アプリケーション透過なファイル最適配置手法を探るとともに、実用的な環境において詳細な性能評価をおこなって、その有効性を検証している。第一のシナリオでは、オンプレミス環境において新旧ファイルサーバの移行をおこなう際に一時的に階層的なストレージを構成し、ファイルサーバのダウンタイムやファイルアクセス性能の低下を抑えるためには、旧ファイルサーバのどのファイルをいつ新ファイルサーバに移行するのが良いかを定める手法を探っている。実際の製品にも採用された完成度の高いサーバ・ソフトウェアを用いて様々な手法の性能評価をおこなって、提案手法の有効性を実証している。

第二のシナリオでは、クラウド環境において仮想マシン上でデータベースを含むサーバ・アプリケーションを動作させる場合に、ハードディスクドライブ（HDD）とソリッドステートドライブ（SSD）を併用して性能を向上させるために、仮想マシンのどのデータをHDDとSSDのどちらの記憶媒体に格納すればよいかを決める手法を探っている。仮想マシン内でエージェントを動作させて仮想マシン内の情報をクラウド側で取得して連携できるようにすることで、アクセスされる可能性が高いデータをSSDに配置することを可能にしている。実際のアクセスパターンを模したベンチマークであるTPCx-V ベンチマークを用いて性能評価をおこなって、提案手法はトランザクション処理性能を改善できたことを確認している。

第三のシナリオでは、近年普及しつつある不揮発性メモリを活用して既存のSSDなどと階層ストレージ構成し、サーバ・アプリケーションの性能を向上させる手法を探っている。いくつかのサーバ・アプリケーションでは、他のソフトウェアとファイルをほとんど共有しないことを活用して、ユーザレベルのライブラリで専用ファイルシステムを構築して高速アクセスを可能にしつつ、サーバ・アプリケーションに対しては従来のPOSIXインタフェースを提供することで、既存のサーバ・アプリケーションを高速に動作させることを可能にしている。

本論文では、これらのシナリオの背景や関連手法との比較をおこなった上で、具体的手法の提案をしている。また、実際に提案した手法の設計・実装・評価をおこなって、実環境における有効性を詳細に評価している。これらの研究を通じて、階層ストレージという情報理工学の一研究領域に対する多大な知見を提供しており、当該分野の発展に資する学術的貢献があるものと認められる。

よって本論文は博士（情報理工学）の学位請求論文として合格と認められる。