

審査の結果の要旨

氏 名 穂山 空道

本論文は「Reducing Energy Consumption of Data Centers by Improving Virtual Machine Live Migration (仮想マシンライブマイグレーションの効率化によるデータセンター消費電力の削減)」と題し、クラウドコンピューティングを支える基盤技術である仮想マシンの移動(ライブマイグレーション)を高速化・効率化することによって、クラウドを実行するためのデータセンターの消費電力削減を実現した。

第一章では、「Introduction」と題し、近年のデータセンター消費電力の増大化を指摘し、本論文で取り組む技術的課題を述べている。

第二章では、「Related Work」と題し、ライブマイグレーションの効率化についての関連文献を網羅的にまとめている。

第三章では、「MiyakoDori」と題し、ライブマイグレーションをクラウドデータセンター内で利用するという条件を活かし、仮想マシンが一度実行された物理マシンに戻る際に更新されていないメモリを再利用することによって、ライブマイグレーションにかかるメモリ転送量と時間を削減する手法を提案した。既存のライブマイグレーション効率化技術では単一のマイグレーションのみに着目していたが、本論文では一度実行された物理マシンに「戻る」という点に着目し効率化を行った点が革新的である。評価実験の結果、提案手法がメモリ更新の少ないワークロードにおいて最大で80%以上のメモリ転送量・マイグレーション時間の削減を実現することを示した。

第四章では、「Page Cache Teleportation」と題し、ファイル入出力を多く伴うワークロードを実行する仮想マシンのライブマイグレーション高速化手法について述べている。このようなワークロードではメモリ中に読み込んだファイルのキャッシュが多く残りライブマイグレーションを遅延させるが、一方で単純にキャッシュを削除するとライブマイグレーション後にワークロードの性能が低下してしまう。本論文では「多くのデータセンターにストレージネットワーク (SAN) があること」、「メモリ中のファイルのキャッシュはストレージに同一のデータが存在すること」に着目し、メモリ中のファイルのキャッシュをSANを通してストレージノードから転送することでSANと通常ネットワークを同時に利用しライブマイグレーションにかかる時間を削減した。さらに、あるメモリページをSANと通常ネットワークのいずれから転送するかを動的に決定する手法によって、クラウドではネットワーク使用率の予測が困難なためどちらのネットワークからどの程度転送するかを事前に決定できないという技術的課題に対処した。評価実

験の結果、提案手法がファイル入出力を多く伴うワークロードにおいて最大で30%以上のマイグレーション時間の削減を実現することを示した。

第五章では、第三章と第四章で提案したライブマイグレーション高効率化技術を実際のデータセンタで利用した際にどの程度電力削減が実現できるかをシミュレーションによって評価している。既存文献では、ライブマイグレーション自体の高速化およびライブマイグレーションのコストを無視して利用した場合の消費電力削減については研究されているが、本論文ではライブマイグレーションによって生じる電力的オーバーヘッドを含めてデータセンタ全体の消費電力を議論したことが革新的である。

第六章では本論文の成果をまとめ、本論文のみならず当該研究分野全体の将来的な課題について述べている。

以上のように本論文では、クラウドコンピューティングにとってかかせないデータセンタの消費電力の削減に対して、仮想マシンのライブマイグレーションを高効率化するという観点から取り組んだ。第三・四章では単一・単純なライブマイグレーションを考えるのではなく、一度実行されたホストに戻る、あるいはファイル入出力の多いワークロードを対象とするといったようにライブマイグレーション技術のさらなる解析・発展に寄与した。また第五章ではこれまで無視されていた電力的オーバーヘッドを含めた議論を展開することで、ライブマイグレーションの高効率化がデータセンタの消費電力削減に実際に重要であることを示した。以上のように、本論文はデータセンタ消費電力削減に資する工学的側面をもっており、情報理工学における創造的実践の観点でも価値が認められる。

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。