

審査の結果の要旨

氏名 須崎 有康

OSなどの管理システムは、ハードウェアの大規模化やソフトウェアの頻繁な開発のため、その全体を見渡すことが難しくなっている。これは、下位レベルのアーキテクチャと管理システムが想定する抽象化の不一致に起因することが多く、実行の非効率化、管理業務の増大化などを招いていると考えられる。本学位請求論文は、下位レベルのアーキテクチャにおける最適化を考慮した抽象化に基づき、筆者が設計・開発した i) プロセススケジューリングおよび ii) OSマイグレーション（インターネットから起動可能なOS）という二つの管理システムの機構を説明し、それらの新規性と有用性を示すものである。

本論文の第1章では研究の動機と背景、目標、既存の研究との違い、および博士論文による貢献が概説されている。

第2章では、メッシュ結合型の並列計算機を想定し、空間分割と時間分割を効率的に融合したスケジューリング方式の開発が述べられ、この開発が下位のアーキテクチャの最適化を考慮した適切な抽象化に基づき、効率的で汎用的なスケジューリングを実現したことを示している。ここでの適切な抽象化とは slice と呼ばれる時間分割のための並列計算機の抽象化を意味し、slice 上に実行すべきタスク群が空間分割アルゴリズムにより並列計算機アーキテクチャを考慮して割り当てられる。必要に応じて slice は複数生成され、ラウンドロビンで実計算機に割り当てて処理することで、タスクの割り当て待ちを回避し、応答性を向上させる。タスク群は空間分割アルゴリズムによりスライス内に効率的に割り当て場所が決められ、一定のプロセッサ利用率が達成される。本方式ではさらに複数のスライスを用いてプロセッサの有効利用を図っている。タスクが占有するプロセッサ群の配置はタスク終了するまで変わらないが、その配置場所が他のスライスで使われていなければ、そのタスクを複数のスライス上で存在させ、処理を進めることを許す。この機能によりタスクの応答性が向上するばかりでなく、全スライスを考慮したとき、より高いプロセッサ利用率を達成できる。

本スケジューリング方式の性能評価はシミュレータを用いて行われ、それにより応答性の良さとプロセッサ利用率の高さを両立することが示された。さらに、実際の並列計算機（富士通製 AP1000+）にこの方式を適用しその実用性を示した。

第3章では、OSのバージョン管理の手間の問題を解決するために、各ユーザが Internet からインストールなしに直接OSが起動できる OS Circular を提案し、その実現としてネットワーク透過なブロックデバイス LBCAS（LoopBack Content Addressable Storage）方式を開発して、どのようなOSでも仮想計算機上に起動可能であることを示

した。LBCAS は、ブロックをファイルとして抽象化し管理する LoopBack と、ブロックの内容の SHA-1 値による間接アドレスリングを行う CAS (Content Addressable Storage) を組み合わせたものである。これにより、ファイルという抽象化による管理の容易さおよび、同一内容のブロックは同一 SHA-1 値で共有されたため容量削減の効果が得られる。

OS Circular の設計・開発では、転送される OS イメージは、ファイルレベルの抽象化ではなく、それより下位のブロックレベルの抽象化により扱われ、任意の OS を扱うことができた。また、ブロックレベルの抽象化により、任意のファイルシステムでの最適化も可能となった。論文では LBCAS システムの基本性能を測定し、キャッシュの有効性やネットワークレイテンシを考慮した最適なブロックサイズなども確定している。

開発された OS Circular は世界で広く公開されている。2つの Linux ディストリビューション (Ubuntu と Debian) を毎週更新しており、ネットワーク起動で最新のものが利用できるようになっている。アクセスも大変多く、実証実験では北米の 3 サイト、欧米に 3 サイト、国内に 7 サイトを用意し、近隣のサーバを見つける DNS-Balance によりレイテンシを隠蔽した世界規模の配信も可能であることを確認している。

第 4 章において全体のまとめと将来の研究方向を示されている。

以上をまとめると、下位レベルのアーキテクチャにおける最適化を考慮した適切な抽象化が管理システムの設計・実現方針として重要であるのと認識のもとに、空間分割と時間分割を効率的に融合したスケジューリング、および起動可能なディスクイメージを Internet 経由で配信する新規性と有用性の高い技術を開発した。

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。