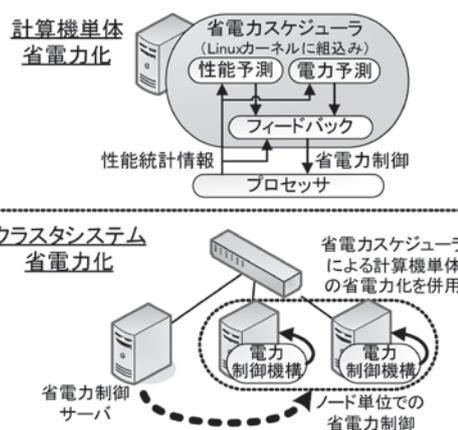


学位論文題目	性能予測とフィードバックに基づくシステムソフトウェアによる計算機システムの省電力化の研究
取得年月	2009年3月
学位種別	博士(工学)
大学	東京農工大学
氏名	金井 遵((株)東芝 研究開発センター 研究員)
推薦研究会	システムソフトウェアとオペレーティング・システム
推薦文	本論文では、性能予測モデルをベースに性能予測とフィードバック制御により DVFS 制御を行う省電力 Linux スケジューラについて述べている。ユニコア、マルチコアプロセッサ、クラスタについて一貫した方式で省電力制御を行い、実機による評価で有用性を検証している。本研究によりコンピュータサイエンス領域賞などを受賞している。

近年、計算機システムの消費電力の増加やユビキタス化に伴い、計算機の省電力化の要求が高まっている。このため、プロセッサの電力に注目して、プロセッサの電圧・周波数制御機構と連携し、ソフトウェアによって計算機の消費電力を削減する研究が多数行われている。既存の省電力化手法には、電力制御時の性能予測に基づいた手法、電力制御時の性能や消費電力のプロファイルをあらかじめ取得して省電力化に活かす手法、動的に性能や電力状況を監視して省電力化制御を最適化する手法などが存在する。しかしいずれも、広い環境への適用が困難、最適な電力制御に収束するまでに電力の無駄が大きいなどの欠点があった。また、適用の容易さやアプリケーションの並行動作を考慮していないなど、実運用を考えた省電力化システムソフトウェアの構成が必ずしも明らかになっていない。

本研究では上記の問題点を鑑み、多様化する計算機の構成やアプリケーションに対して汎用的に適用できる省電力化技術を提案した。さらに、その技術を容易に適用できるシステムソフトウェアの構成を明らかにし、Linuxシステム上に実証環境を構築して省電力効果を検証した。本研究の具体的成果を以下に示す。

- (1) 性能予測と消費電力予測に基づく電力制御と実行時の性能を電力制御に反映させるフィードバック手法を統合した省電力化手法を確立した。本研究では性能に大きく影響するキャッシュミス率などの統計情報と性能や消費電力の関係を回帰分析し、計算機ごとの電力制御時の性能や消費電力特性をモデル化できるようにした。この結果から、アプリケーション単位で性能と消費電力の予測を行うとともに、予測が外れた場合にはフィードバックを併用して、性能制約の範囲内で動的に性能・電力最適化を行う計算機単体の省電力化手法を提案した。
- (2) 異なるアーキテクチャやマルチプロセスへ対応できる OS レイヤでの省電力化手法とシステムの構築法を確立し、システムを実装して消費電力削減効果を実証した。本研究ではプロセッサコア間のリソース競合の性能や電力への影響を考慮することにより、シングルコアだけでなくマルチコアプロセ



ッサにも対応する性能と消費電力の分析・予測手法を提案した。さらに、性能予測式の自動的な最適化機構および、予測とフィードバックによる省電力化機能を有するシステムを構築して、効果を実証した。特に予測式はベンチマークを実行するのみで環境ごとに最適化でき、容易に各環境へ省電力化機能を適用できる。さらに、OSによりプロセス単位で省電力化を行うことで、さまざまなアプリケーションが同時に動作する場面においても、各アプリケーションに適した電力制御を行えるようにした。

- (3) クラスタシステムにおいて計算機ノード全体の省電力化と計算機単体の細粒度の省電力化を併用する消費電力削減手法を提案し、効果を実証した。クラスタシステムにおいて、計算機単体での性能予測とフィードバックに基づく省電力化に加えて、計算機ノード自体のスリープを併用する省電力化方式を提案した。プロセス単位での電力制御と計算機ノード単位のスリープを連携させることで、従来と同等の性能で省電力化を達成した。

本研究により、省電力化が必要とされるシングルコアプロセッサ、マルチコアプロセッサを搭載する計算機システムで自動的に性能予測を最適化し、フィードバック手法と併せて最適な電力制御を行えるようになる。さらにクラスタ環境においても細粒度の電力制御を行うことができる。それらの応用用途として、携帯電話、AV機器といった組み込み機器からPC、サーバまでさまざまな環境の消費電力削減効果が期待できる。

(平成22年3月29日受付)