

エクサスケールで顕在化する Power Wall 問題 ～現状と今後の打開策～

近藤 正章

電気通信大学大学院情報システム学研究科

[アブストラクト]

エクサスケール HPC システムでは、消費電力がその設計や実効性能を制約する最大の要因の一つと考えられており、各構成要素の省電力化のみならず、システムレベルでの電力制御技術の開発が重要な課題となっている。本講演では、プロセッサやメモリ、ネットワークデバイス等の省電力化に関する要素技術動向について述べるとともに、現在取り組んでいる電力制約下において電力配分を最適化するための電力マネジメントフレームワークの研究について紹介する。

[キーワード]

エクサスケールシステム、ハイパフォーマンスコンピューティング、Power Wall、省電力化、電力マネジメント

1. はじめに

エクサスケール高性能計算システムの開発においては、消費電力が最も重要な制約条件の 1 つであると認識されている。2013 年 10 月現在において Top500 リスト中 3 位にランクされるスーパーコンピュータの BlueGene/Q は、8MW 程度の消費電力で 17 ペタフロップスの実効性能を達成している。これに対し、2020 年前後の稼働を目指すエクサスケール高性能計算機システムでは、20~30MW と現在の電力の 3 倍程度の消費電力で BlueGene/Q の 50 倍超の処理速度向上が要求されることになる。現状のトレンドを外挿すると、(比較的楽観的に見積もったとしても) 実効で 1 エксаフロップスを達成するためには 50MW 近い消費電力が必要となる。そのため、消費電力当りの性能(MFlops/Watt)を向上させることが急務であり、この課題の解決無くしてはエクサスケール・スーパーコンピュータは実現し得ない。

この電力効率の改善に向けては、DVFS、Power-gating、不揮発性メモリなど、既存技術の活用をさらに進めるのはもちろんのこと、3次元積層技術、FinFET、FDSOI、SOTB、Hybrid Memory Cube、シリコン・フォトニクスといった最新の電力効率に優れるデバイスの利用を

検討することが必要である。また、ハードウェア、およびソフトウェアからの電力マネジメント技術も重要になると考えられる。今後、これらの各種要素技術のコストや技術成熟度を検証しつつ、システムを開発を進めていくことが求められる。

2. 電力マネジメントフレームワークの研究開発

上述のように、電力マネジメント技術はエクサスケールシステムの実現に向け、重要な技術の一つである。ポストペタスケール時代のアプリケーションは、超大規模システムにスケールさせる上で、システムへの要求は多様化すると予想されるため、供給電力や熱設計電力制約の中でハードウェア資源を投入し、運用時のピーク消費電力が制約を超えないことを保証する従来の設計思想では、アプリケーションを今後の大規模システムに対してスケールさせることは難しい。そこで、今後の HPC システムのあるべき姿として、従来のように利用可能な全ハードウェア資源を使い切るのではなく、ピーク消費電力が電力制約を超過することを積極的に許し(Over-provisioning)、ハードウェアが持つ電力性能ノブを適応的に制御することで限られた電力資源を計算・記憶・通信という要素に適応的に配分しつつ、実効電力を制約以下に抑えるシステム形態を提唱し、そのための電力マネジメントフレームワークの研究開発を富士通株式会社、九州大学、東京大学と連携して実施している。

現在は、電力観測・制御のための各種ミドルウェアの開発や、使用可能電力に制約が存在する中で各アプリケーションの性能を最大化するための電力制御最適化手法を開発しており、初期結果として適応的な電力配分により 1.4~2 倍超の性能向上を達成できている。

3. おわりに

エクサスケールシステムでは、消費電力がシステム設計や実効性能を制約する最大の要因であり、電力効率を意識したシステムデザインが特に重要である。今後、限られた電力資源を真に有効利用できるシステムの実現を目指し、ハードウェアのみならず、関連するシステムソフトウェアの開発を、国内だけではなく国際的にも連携して進めて行くことが重要であると考えられる。