

6 パワーウェア動的配置制御技術

IOWN時代のサーバ基盤において省電力と高性能の両立を実現するパワーウェア動的配置制御技術

NTT ネットワークサービスシステム研究所

主任研究員 金子 雅志 / 研究主任 藤本 圭 / 研究主任 岩佐 絵里子

IOWN時代の高度なデータ処理サービスを実現するためのサーバ基盤においては、大容量データをリアルタイムに処理可能な高い処理性能と省電力化を両立させる必要があります。本稿では多様な計算資源(省電力CPU、アクセラレータ等)の処理に応じた柔軟な組み合わせと、電力モニタリング/フィードバック制御による処理の配置最適化によりソフトウェアベースでのサーバ基盤の省電力化/電力効率最大化を実現するパワーウェア動的配置制御技術を紹介します。

サーバ基盤における電力効率の重要性

近年 IPトラフィックは指数関数的に増加しています。昨今サーバCPUの性能向上は頭打ちになっていることなどから、現状のサーバハードウェアの電力効率で試算するとデータセンタ運用に要する電力は2050年に4,000倍になると予想されています^[1]。IOWNではAPN(All-Photonics Network)によるトラフィック伝送のオール光化による電力削減を提唱していますが、APNが実現されればネットワークを流通するデータ量が爆発的に増加することが見込まれるため、それら

の処理/蓄積に使用されるサーバ基盤が消費する電力が課題になることが予想されます。

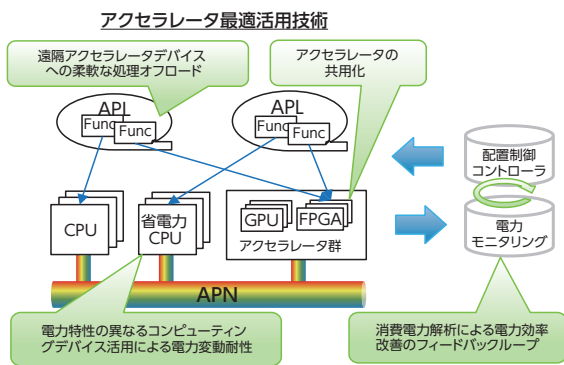
パワーウェア動的配置制御技術



(左から) 主任研究員 金子 雅志、研究主任 藤本 圭、岩佐 絵里子

従来のサーバにおける省電力化のアプローチとしては、負荷に応じてCPUの周波数や電圧を制御することで電力低減を図るDVFS(Dynamic Voltage and Frequency Scaling)や冷却ファンコントロールなど、ハードウェア的なアプローチが主でした。しかしながら、これらハードウェアによる省電力化には限界があるため、将来に向けてはソフトウェア制御を主体として電力効率を向上させるアプローチを検討する必要があります。

等のアクセラレータデバイスに対してネットワークワイドで処理をオフロードすることで、電力あたりの処理効率を飛躍的に向上させる「アクセラレータ最適活用技術」と、省電力CPUやアクセラレータ等の多様な計算資源が混在するサーバ基盤において電力的に最適な構成になるようにシステムを構成するソフトウェアコンポーネントを配置することで省電力化を図るとともに、負荷や給電状況変動に応じた自律的な稼働ハードウェアの選択やシステムの縮退制御等により不安定な再生エネルギー発電を最大限に活用可能なサーバ基盤を実現する「再生エネルギー活用型サーバ基盤技術」の研究開発を進めており、これらの技術を確認することでIOWN時代のサーバ基盤における消費電力の課題解決をめざしています。



再生エネルギー活用型サーバ基盤技術
図1 パワーウェア動的配置制御技術

アクセラレータ最適活用技術

近年、データ分析や機械学習のような複雑な計算処理に対してCPUだけでなく、GPUやFPGAのようなアクセラレータを活用するケースが増えてきています。アクセラレータは一般的に処理に対する汎用性が低い代わりに、得意な処理に対してはCPUに対し100倍以上の効率で処理が可能な場合があります。現状、アクセラレータを利用するにはCPUで実行されているプログラムの一部をOpenCL等のAPIを通してアクセラレータにオフロードする利用方法が一般的です。この場合、プログラムを処理しているCPUと同一サーバハード上に空き状態のアクセラレータが存在しなければ処理をオフロードさせることができません。

アクセラレータ最適活用技術は、従来技術のように物理的な接続構成に縛られず、ネットワーク上に分散配置された遠隔のアクセラレータを、まるでローカルに配置されているようにオーバーヘッドを少なく高速・低遅延に利用可能とすること、及び、複数ユーザからアクセラレータを共用利用可能とすることでアクセラレータの利用効率を更に高める技術です。これにより、従来のサーバ基盤では物理的な制約でアクセラレータ利用ができない状況を解消し、電力効率がCPUより圧倒的に高いアクセラレータでの処理の割合を高めることにより、サーバ基盤の電力効率を大幅に改善させることをめざしています。

再生エネルギー活用型サーバ基盤技術

現在のサーバハードウェアは常時

安定的な電力が給電されることを前提に設計されています。一般的なサーバハードウェアはアイドル時でも高負荷時の6～7割程度の電力を消費するので、多数のサーバを稼働させるデータセンタはトラフィックが少ない状況においても常に大容量の電力を安定的に供給できる必要があります。近年、データセンタへの給電に再生エ

ネルギーを活用する動きがあります。データセンタ近傍の再生エネルギー発電設備から電力供給を行うことで、化石燃料による発電への依存度を減らしCO₂排出を削減することが期待できます。しかしながら前述の通り現状のサーバハードウェアは常に安定的な電力供給が必要であるため、太陽光発電のような発電量が不安定な再生エネルギーのみで長時間安定稼働させることは困難です。

再生エネルギー活用型サーバ基盤技術では電力のモニタリングとシステム配置制御のフィードバックループにより電力観点でシステム構成の最適配置制御を常時実施し、サーバ基盤の消費電力削減や給電量に応じたデバイス選択を継続的に実現します。一例として、一般的なサーバハードウェアとRaspberry Piのような低電力で稼働可能なコンピューティングデバイスとを組み合わせたヘテロサーバクラスタを実現し、給電量の低下が見込まれる状況においてサーバ上で稼働しているシステムを低電力なデバイス側にマイグレーションさせることで、一般的なサーバハードだけでは実現できないレベルでの

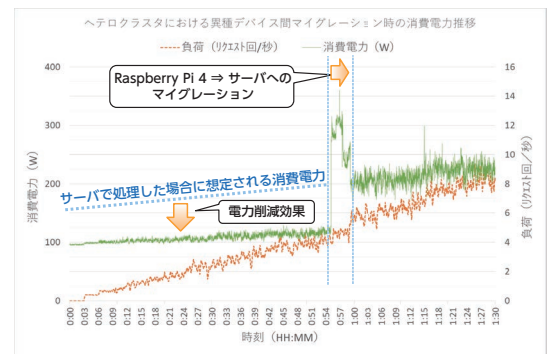


図2 再生エネルギー活用型サーバ基盤技術における省電力化制御の一例

低電力稼働を実現することができません。図2のグラフは15台のRaspberry Pi 4と一般的なラックマウントサーバでサーバクラスを構成し、負荷に応じてシステムをマイグレーションさせたときの消費電力を表しています。Raspberry Piクラスタで処理を行っている低負荷状態(サーバはOFF状態)は、サーバのアイドル時の電力(およそ150w)よりも低い電力で処理を実施できていることがわかります。このように、電力的に特性の異なる複数のコンピューティングデバイスを組み合わせ制御することで、給電量の変動に耐性のあるサーバ基盤を実現することが可能であると考えています。

今後の展望

本稿ではIOWN時代のサーバ基盤における電力面の課題を解決すべく検討を進めているパワーアウェア動的配置制御についてご紹介させていただきました。今後もソフトウェア技術による省電力化/電力効率改善のアプローチを引き続き検討し、IOWNが掲げる電力1/100という目標達成に向けた研究開発を推進します。