

2P118

ミニアプリ Modylas-mini, NTChem-mini に対する電力制約下での性能最適化

(九大シス情) ○ 稲富 雄一, 井上 弘士

Performance optimization under power constraint for min-apps.,

Modylas-mini and NTChem-mini

(Kyushu Univ.) ○ Yuichi Inadomi, Koji Inoue

【概要】 現在, 日本をはじめとして各国で開発が進んでいる次世代のスーパーコンピュータ (スパコン) では, 期待される性能に対して利用できる電力が大きく制約されていると予想されている. 例えば, 米国エネルギー省 (DOE) は次の 10 年の間に 20MW 以下の消費電力で 1 エクサフロップス (京コンピュータの 2 倍弱の消費電力で約 100 倍の演算性能) を達成することを目標に設定している. そのようなスパコンにおいて, 限られた電力で高い性能を発揮できるようにするためには, 電力効率のよいハードウェアの開発だけでなく, 限られた利用可能電力 (電力バジェット) の下でアプリケーションプログラム (アプリ) の性能を最適化 (電力性能最適化) することも重要になると考えている.

ところで, 同じカタログスペックの CPU 間で消費電力特性にばらつきがあること, ならびに, 一律の電力制約を適用した場合には実行性能がばらつくようになることが知られている[1]. 図1は, すべてのプロセスで同じ行列-行列積を実行する並列プログラム*DGEMM を九州大学情報基盤研究開発センターに設置されているクラスタ型並列計算機で実行した場合の消費電力や実行時間の測定結果である (Vt や Cm などの略号の意味については図の注釈に記載). 左図は電力制約を適用していない場合の各モジュール (CPU と DRAM) の消費電力を示しているが, 全 CPU で同じ動作をするプログラムを実行しているにも関わらずモジュール間で消費電力が最大 30% 程度ばらつくことが分かる. 一方で, CPU や DRAM の電力測定や制御を行うために Intel が提供している RAPL インターフェイスを利用して全 CPU に一律の電力制約を適用した場合には, 各モジュールの実行性能がばらつくことが分かる. この結果は, 静的な負荷分散でプロセス間負荷均等化が図られた効率の良い並列アプリに一律の電力制約を適用すると負荷不均衡が生じて並列性能が低下する, ということを示唆している. したがって, 電力制約下で並列アプリ性能を改善するためには, モジュール間の消費電力特性ばらつきを考慮して各モジュールの実行性能をできる限り同じにするように電力配分を行うことが必要である. 我々は, そのような電力配分を行う手法を検討して, その性能評価を行ってきた. 今回は我々が提案している電力配分による性能最適化を分子科学関連のミニアプリ [2] である Modylas-mini と

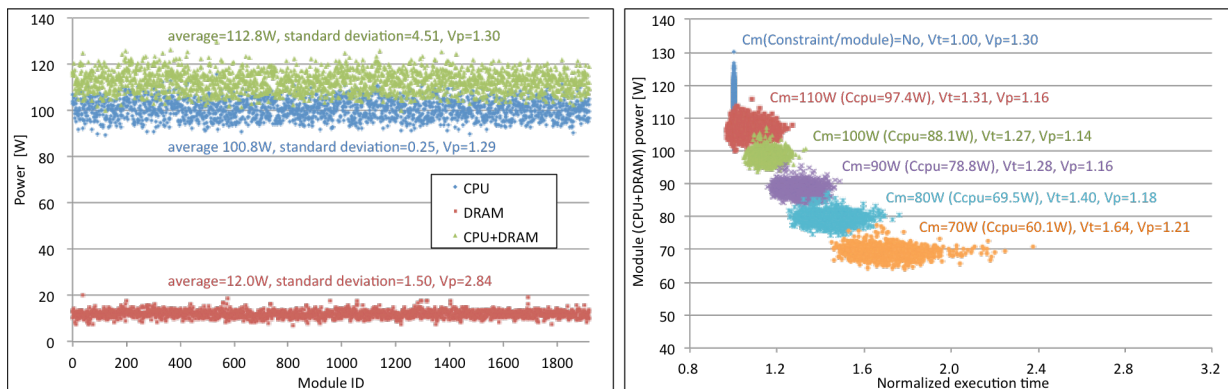


図 1: (左) 非電力制約時の*DGEMM 実行時における各モジュールの消費電力 (右) CPU 消費電力を一律に制約した場合の各モジュールの実行時間と消費電力

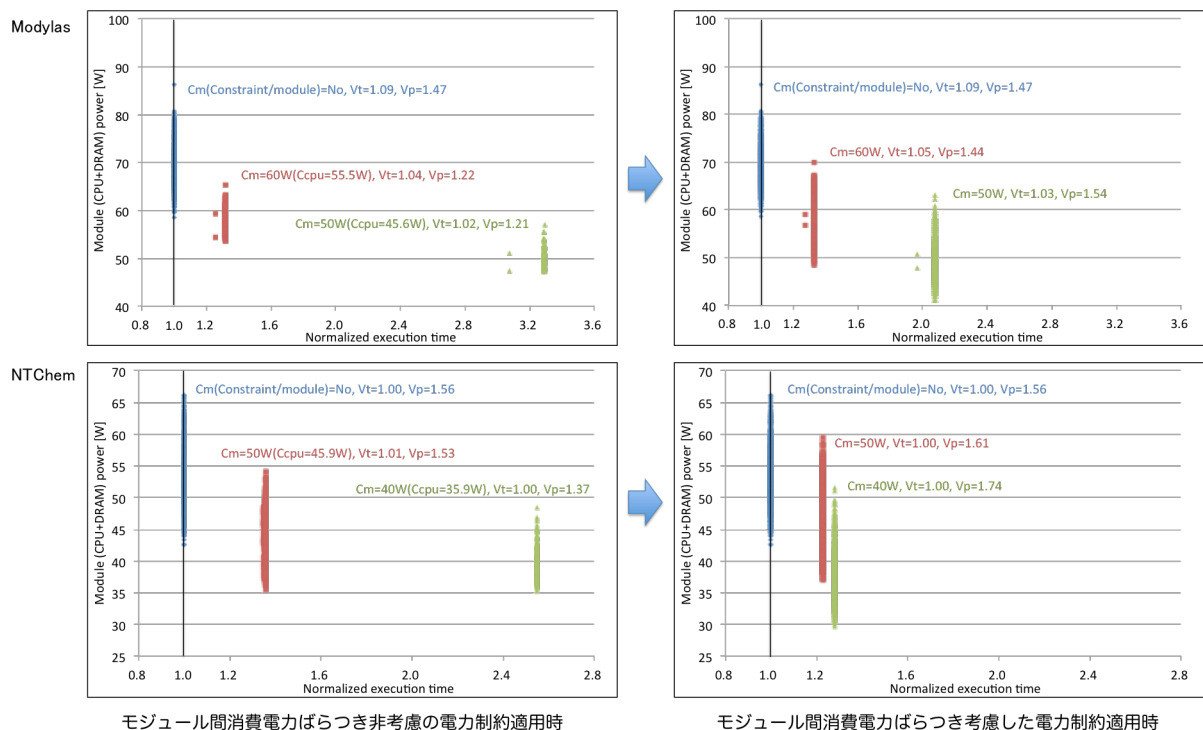
(Vp=消費電力の最大値と最小値の比, Vt=実行時間の最大値と最小値の比, Ccpu=CPU への電力制約値, Cm=モジュール (CPU+DRAM) への電力制約値)

NTChem-miniに適用して、提案手法により電力制約下での性能がどの程度向上するのかを検証した。

【結果】 Modylas-mini と NTChem-mini にモジュール間消費電力ばらつきを考慮しないで電力配分した場合とばらつきを考慮して（提案手法で）電力配分した場合の実行時間と消費電力の測定結果を図2に示す。左側の図はモジュール間の消費電力ばらつきを考慮しないで全モジュールに一律の電力制約を適用した場合の結果で、右側の図はモジュール間消費電力ばらつきを考慮した電力制約を適用した場合の結果である。各図の横軸は非電力制約時の実行時間で正規化した実行時間を、縦軸はモジュール消費電力をそれぞれ表している。この結果から、ばらつきを考慮した電力配分手法を適用することで電力制約時の実行時間が改善されていることが分かる。例えば、Modylas-mini のモジュール平均 50W 制約時 ($C_m=50W$ の場合) で比較すると、ばらつきを考慮しない場合では非制約時の約 3.3 倍の実行時間がかかっているが、ばらつきを考慮した場合には非制約時の 2.1 倍程度の実行時間となっており、ばらつきを考慮した提案手法を適用することで 1.6 倍程度の性能向上が得られていることが分かった。ばらつきを考慮した場合には、ばらつきを考慮しない場合に比べてモジュール間の消費電力ばらつきの程度 (V_p の値) が大きくなっていることから、消費電力が小さな（電力効率が良い）モジュールから消費電力の大きな（電力効率が悪い）モジュールに電力を割り振って各モジュールの処理性能を均等化することで並列性能が向上していると考えられる。

適用した電力配分手法の詳細や、他の電力配分手法との比較などについては当日報告する。

謝辞 本研究は九州大学情報基盤研究開発センターの「先端的計算科学研究プロジェクト」の成果である。また、JST,CREST の研究領域「ポストペタスケール高性能計算に資するシステムソフトウェア技術の創出」の研究課題「ポストペタスケールシステムのための電力マネージメントフレームワークの開発」の支援を受けている。



モジュール間消費電力ばらつき非考慮の電力制約適用時

モジュール間消費電力ばらつき考慮した電力制約適用時

図 2: 異なる 2 つの電力配分手法を適用した場合における電力制約時の実行時間と消費電力

参考文献: [1] Y. Inadomi et al., "Analyzing and Mitigating the Impact of Manufacturing Variability in Power-Constrained Supercomputing", Technical Paper, SC'15, Austin (USA), in press. [2] N. Maruyama, S. Suzuki, K. Mikami, Y. Komuro, S. Takizawa, and M. Matsuda. Fiber Miniapp Suite. fiber-miniapp.github.io.