

大規模計算クラスタにおける Arm プロセッサ利用のための性能評価

金子 紗梨[†] 高瀬 亘[†] 村上 晃一[†] 佐々木 節[†]高エネルギー加速器研究機構[†]

1. はじめに

高エネルギー加速器研究機構(KEK)計算科学センターでは、大規模 Linux クラスタによる計算機システムを運用している。本システムは、高エネルギー物理学実験で得られる大規模データの蓄積や処理、シミュレーションに利用されている。10,024 コアを有する計算サーバ、13PB のディスクシステムと最大容量 70PB のテープシステムから構成され、KEK の研究を支えている。

本システムの課題の一つとして、電気代を含むトータルコストの最適化がある。安価で電力効率のいい計算サーバの導入を検討している。Arm は、スマートフォンなどのモバイル機器やデジタル家電などに広く利用されているプロセッサで、省電力かつ安価であることが特徴である。近年、科学技術計算向けの Arm プロセッサが登場している。SMT (Simultaneous Multithreading) 機能により、1 コアあたり最大 4 スレッドを同時実行できることも特徴であり、HPC の業界でも注目が集まっている。

今回、大規模クラスタにおける Arm プロセッサの適応性評価を実施した。Arm プロセッサ搭載サーバ (Arm サーバ) と Intel プロセッサ搭載サーバ (Intel サーバ) とで計算性能および電力効率を測定し、比較を行う。

2. 評価方法

2.1. 測定環境

Arm プロセッサを持つサーバとして HPE Apollo 70 System を用いた。サーバ構成を表 1 に示す。

表 1 HPE Apollo70 の構成

ハードウェア	
CPU	Cavium ThunderX2 CN9980-2200L 2 基 (2.2GHz, 32 cores/CPU)
メモリ	256GB (DDR4, 2666 MT/s)
ソフトウェア	
カーネル	4.14.0-115.el7a.0.1.aarch64
OS	CentOS Linux release 7.7.1908 (AltArch)

Performance evaluation of Arm processor for large-scale computer cluster

Kaneko Sari, Takase Wataru, Murakami Koichi, Sasaki Takashi

[†]High Energy Accelerator Research Organization(KEK)

2.2. 測定方法

計算性能を評価するためのベンチマークテストとして、Geant4[1]放射線シミュレーションを利用したベンチマークプログラム G4Bench[2]を用いた。このベンチマークは、電子や陽子等を測定器に照射し、測定器の応答をシミュレーションする。計算性能の評価として、単位時間あたりに処理するイベント数(スループット)を測定する。今回は、1GeV の電子による電磁カロリメータのシャワーシミュレーションを用いて、スループットの測定を行った。また本ベンチマークはマルチスレッドで実行可能であり、実行スレッド数に応じて計算性能が向上する。

2.3. 測定条件

(1) Arm サーバの SMT 性能の比較

Arm サーバ上で、SMT の値を 1, 2, 4 とした時のマルチスレッド性能を比較した。スレッド数は G4Bench の設定で 1, 32, 64, 96, 128, 256, 512 にして測定した。

(2) Arm サーバ、Intel サーバの計算性能の比較

Arm サーバと Intel サーバの計算性能を比較した。Intel サーバとして、現行の Linux クラスタと同世代の Intel Xeon E5-2630 (8 cores) を 2 基搭載したサーバと、Intel Xeon Gold 6148 (20cores) を 2 基搭載したサーバの 2 種類を用意した。Arm サーバでは SMT の値を 4 とし、Intel サーバではハイパースレッディングをオンに設定した。スレッド数は G4Bench で 1, 16, 32, 64, 96, 128, 256, 512 にして測定した。

(3) Arm サーバ、Intel サーバの電力効率の比較

Arm サーバと(2)で用いた 2 種類の Intel サーバの消費電力あたりの計算性能を比較した。消費電力の測定にはクランプメータを用いて、毎秒ごとの電力を測定した。Arm サーバでは SMT の値を 4 とし、Intel サーバではハイパースレッディングをオンに設定した。スレッド数は 256 にして測定した。

3. 測定結果

2.3(1)~(2)の測定結果をそれぞれ図 1, 2 に示す。各サーバのスレッド数を増やしたときの G4Bench のスループットを示している。これらの結果から以下のことが判明した。

3.1. Arm サーバの SMT 性能の比較(図 1)

論理コア数まで、スレッド数が増えるにしたがってパフォーマンスが向上していることが分かる。特

に SMT が 2, 4 の場合に比べて、1 に設定した時は物理コア数までリニアに性能が向上する。また、SMT を 4 に設定した時は 128 スレッドでスループットが落ちることを確認した。

3.2. Arm サーバ・Intel サーバの計算性能の比較 (図 2)

1 スレッドの場合、Arm サーバのスループットは Intel Xeon Gold サーバの約 3 分の 1 である。しかし 512 スレッドの時、約 1.2 倍になるという結果が得られた。

3.3. Arm サーバ・Intel サーバの電力効率の比較

各サーバの 1kWh あたりの処理イベント数の比較を表 2 に示す。

表 2 各サーバの 1kWh あたりのイベント数

Xeon E5	Xeon Gold	ThunderX2
1.761×10^7	4.500×10^7	3.591×10^7

Arm サーバと比較して、Intel Xeon Gold は約 1.25 倍の電力効率という結果が得られた。測定した 256 スレッドでは 3.2 の結果よりスループットは Arm サーバが最も良い。Arm サーバの電力効率を悪くしている原因として、待機電力が大きいことが分かった(表 3)。

3.4. 測定結果まとめ

各サーバの特徴と、Intel Xeon Gold を基準とした測定結果を表 3 にまとめた。

表 3 各サーバの特徴・測定結果

	Xeon E5	Xeon Gold	ThunderX2
コア数	8	20	32
SMT	1, 2	1, 2	1, 2, 4
コアあたりの値段	\$83 [3]	\$154 [3]	\$56 [4]
スループット	1スレッド	0.75	1
	256スレッド	0.33	1
1kWhあたりのイベント数	0.39	1	0.80
平均電力	待機	1.59	1
	ベンチマーク	0.76	1

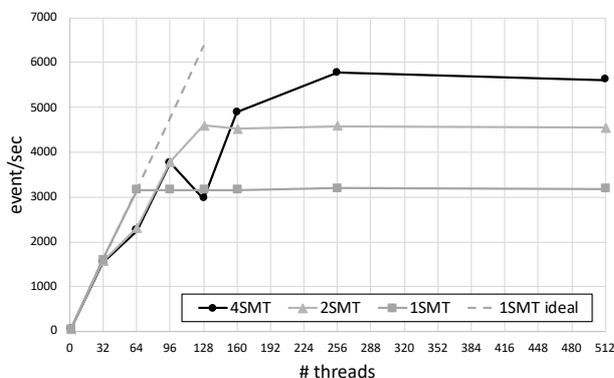


図 1 測定結果 SMT 性能の比較

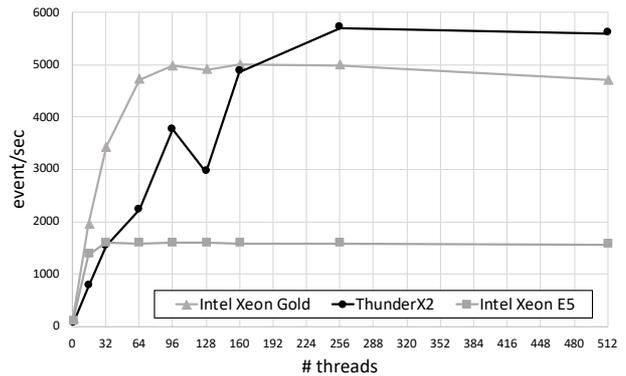


図 2 測定結果 計算性能の比較

4. まとめと今後の展望

本稿では、KEK の大規模 Linux クラスタへの Arm プロセッサの適応性評価として、Arm サーバと Intel サーバとでベンチマークテストを行い、計算性能と電力効率を比較した。

- ・計算性能の面では、Arm プロセッサはスレッド数を上げた時、ピーク計算性能については有利であることが分かった。これはコア数が多いことと、SMT 機能で 1 コアあたり 4 スレッド実行可能のためであると考えられる。

- ・消費電力あたりの計算性能の面では、Intel Xeon Gold サーバの消費電力は Intel Xeon E5 より大幅に改善されている。Arm サーバは Intel Xeon Gold より劣っている結果となった。原因の 1 つとして、Arm サーバのファンの消費電力が高いことが考えられる。

今回用いた G4Bench は高エネルギー実験のシミュレーションで使われるものであり、本システムにおいても多く利用されるため、測定に用いた。今後は、他の計算プログラムやメモリ負荷がかかるプログラムにおいても性能測定を行う必要があると考える。また、128 スレッドでスループットが落ちる原因についても調査する予定である。

5. 参考文献

- [1] Geant4 <http://geant4.web.cern.ch/>
- [2] G4bench <https://github.com/koichi-murakami/g4bench>
- [3] Recommended Customer Price on <https://ark.intel.com/>
- [4] <https://www.cavium.com/news/cavium-announces-thunderx2-general-availability>