

Android クラスタにおける SPEC MPI を用いた並列処理性能の初期評価

飯村 琢泉[†] 新里 将大^{††} 大津 金光^{††} 横田 隆史^{††}

[†]宇都宮大学工学部情報工学科 ^{††}宇都宮大学大学院工学研究科情報システム科学専攻

1 はじめに

近年, パーソナルコンピュータの世帯保有率をモバイル端末が上回る等, スマートフォンを含むモバイル端末の保有率の増加, および高性能化が進んでおり, モバイル端末は持ち運びが容易かつ高性能であるため並列処理の為に計算資源として期待されている. そこで我々は, AndroidOS を搭載したモバイル端末をノードとした複数ノードによる MPI 並列処理を行うクラスタ計算機システムを開発している [1]. 本クラスタシステムの課題点として, クラスタの開発において性能の解析が重要な作業であるが, これまでに評価用に使用したアプリケーションプログラムは規模が小さいものや分野が偏っており, より広い分野での性能評価が行えていなかった.

Standard Performance Evaluation Corporation (SPEC)[2] は, コンピューティングシステムのパフォーマンス及びエネルギー消費の性能評価の為にベンチマーク群を作成することを目的とした非営利団体であり, SPEC MPI は, クラスタコンピュータ及び対称型マルチプロセッシングハードウェアの並列処理性能を計測するためのベンチマークスイート群である.

我々は SPEC MPI を用いて MPI 並列処理性能の評価環境の構築及び初期評価を行った. 本稿ではそれについて述べる.

2 Android クラスタシステム

Android クラスタに用いる構成ノードとしてタブレット端末, スマートフォンの他に ARM プロセッサを搭載したシングルボードコンピュータである Raspberry Pi に AndroidOS を搭載したものも使用する. これは, Raspberry Pi がモバイル端末と同様に比較的安価で持ち運びが容易な点の他, 一般的なモバイル端末には搭載していない有線 LAN による Ethernet を使用することにより, ネットワーク性能の差による並列処理性能の変化を測定するためである. モバイル端末を用いた Android クラスタでは, Wi-Fi ルータを用いた Wi-Fi による無線ネットワーク通信によって MPI 並列処理を実行する.

本クラスタにおける MPI 並列処理は, 先行研究 [1] において使用された MPI 並列処理アプリケーションを用いて実行させる. このアプリケーションは, Android

アプリケーション毎に固有に与えられるストレージ領域内に MPI の実装の 1 つである OpenMPI のライブラリ及び MPI プログラムを格納し, 同アプリケーションから MPI プログラムを実行する.

3 SPEC MPI

SPEC MPI は 18 種類の MPI 並列処理ベンチマークプログラムおよびそれらを実行するためのツールによって構成されているクラスタコンピュータ及び対称型マルチプロセッシングハードウェアの総合的な性能評価を測定する, ベンチマークスイートである.

4 評価環境の構築

通常, Android 向けのプログラムは Java 及び Kotlin で開発されるが, Android 用ネイティブ開発環境ツールである Android Native Development Kit (Android NDK)[3] を用いることにより C, C++ で記述されたプログラムをコンパイルして実行することができる.

SPEC MPI を構成するベンチマークスイート群は C, C++, Fortran またはそれらの併合により記述されており, AndroidOS 上での動作を想定していないが, 各ベンチマークプログラムのコンパイルツールや参照するライブラリを変更するための Makefile が用意されているため, Makefile で Android NDK のコンパイラを指定することで AndroidOS 上での SPEC MPI ベンチマークプログラムを動作可能とするためのクロスコンパイルを行った. しかし, Android NDK では Fortran のサポートはしていない為, 本稿では SPEC MPI ベンチマークスイート群の内, C, C++ のみで記述されたベンチマークプログラムを対象として Android クラスタ上で実行するバイナリプログラムコードを生成する.

その他に, Linux PC 上でビルドした実行ファイルを Android 端末内のアプリケーション領域に格納するために, Android のアプリケーション開発支援ツールが多数含まれる Android Software Development Kit (SDK) の内, PC 上からの Android 端末へのシェルコマンドの発行, ファイル転送等を支援するツールである Android Debug Bridge (adb) を使用した.

5 動作検証および初期評価

SPEC MPI ベンチマークプログラムを Android NDK を用いてビルドして得られた実行可能バイナリファイルが実際に AndroidOS 上で動作するかの検証について, AndroidOS と Linux PC で動作した結果を比較検証する. 表 1 に動作テストに使用した環境を示す. また, 初期評価として複数ノードを用いたベンチマークプログラムによる MPI 並列処理を行い, プロセス数の変化による速度向上比の測定も行う. SPEC MPI にお

Preliminary evaluation of parallel processing performance using SPEC MPI on Android cluster

[†]Takumi Iimura

^{††}Masahiro Nissato, Ootsu Kanemitsu and Takashi Yokota
Department of Information Science, Faculty of Engineering,
Utsunomiya University ([†])

Department of Information Systems Science, Graduate
School of Engineering, Utsunomiya University (^{††})

いて C,C++のみで記述されたベンチマークプログラムは4種類である. 本稿ではそれらの内,2種類のベンチマークプログラムを実行した結果を示す. 実行しないベンチマークの内1つである 142.dmilc は演算処理内容が実行するプログラムの1つと通っているため本稿では割愛する. もう1つの 125.RAxML は, Linux PC 上での動作, 及びクロスコンパイルを行ったが Raspberry Pi 上での動作確認ができなかったため割愛する.

図1がLinux PC 上での並列処理実行結果, 図2は Android 端末上で表示された MPI アプリケーションの並列処理実行結果のスクリーンショットである. 図1と図2で同じ実行結果が表示されていることから, Linux PC 上と同様に Android 端末上でも一部の SPEC MPI ベンチマークプログラムが動作可能であることを確認できた.

```
C_LOOP: 2 14 6      2.895932e+00 ( 1 5 3 6 2 4 )
C_LOOP: 2 15 6      2.698338e+00 ( 1 5 4 6 2 3 )
GACTION: 2.573789e+00
PBP: mass 1.250000e-02  2.071800e-02  5.712016e-03 ( 1 of 1 )
FACTION: mass = 1.250000e-02, 1.501117e+00 ( 1 of 1 )
RUNNING COMPLETED
average cg liters for step= 4.800000e+01
Time = 2.689992e+00 seconds
total_iters = 317
```

図 1: Linux 上での実行結果

図 2: AndroidOS 上での実行結果

表 1: テスト環境

Android クラスタ	
使用端末	Raspberry Pi 3B+
CPU	64bit 4 コア ARM Cortex-A53
動作周波数	1.40GHz
メモリ	1GB
OS	AndroidOS 9.0 Pie
PC	
CPU	64bit 4 コア Core i7 3820
動作周波数	3.60GHz
メモリ	64GB
OS	Ubuntu 18.04

表2は AndroidOS を搭載した Rapsberry Pi を用いた複数ノードでのプロセス数による速度向上比である.

表 2: 速度向上比

プロセス数	104.milc	122.tachyon
2	1.68	1.85
4	2.27	3.76
8	2.86	6.19
16	2.82	動作不可

表2より, プロセス数を増やしたことによる全体的な速度向上はみられたが, 104.milc においてプロセスを 16 とした時の速度向上がみられなかった. また, tachyon を 16 プロセスで動作させた場合プロセスが終了しないといった問題が生じた. これについては今後原因を調査する予定である.

6 おわりに

本稿では, Android クラスタにおいて SPEC MPI ベンチマークスイート群を用いることによる Android クラスタの評価環境の構築を行った. また, AndroidOS 上でのベンチマークプログラムの動作検証, および初期性能評価を行った.

今後の課題は, 本稿で動作不可能であったベンチマークプログラムの原因の特定及び動作の確認, より多くのノードを用いた Android クラスタの MPI 並列処理性能, 及びネットワーク性能の変化による処理性能への影響の測定をすることである.

謝辞

本研究は, 一部日本学術振興会科学研究費補助金 (基盤研究 (C)17K00265) の援助による.

参考文献

- [1] Masahiro Nissato, Hiroki Sugiyama, Kanemitsu Ootsu, Takeshi Ohkawa, Takashi Yokota: “Realization and Preliminary Evaluation of MPI Runtime Environment on Android Cluster”, Proc. 33rd International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA-2019), pp.407-418, Mar. 2019.
- [2] Standard Performance Evaluation Corporation, <https://www.spec.org/>,