

並列言語 XcalableMP における自動チューニング機構の開発

Development of auto-tuning function for parallel language XcalableMP

中尾 昌広

理化学研究所 計算科学研究センター

1. 研究目的

メニーコアを持つ Oakforest-PACS (OFP) やアクセラレータを持つ Cygnus のような HPC システムは様々な分野で利用されている。しかしながら、それらのシステムで利用されるプログラミング言語はそれぞれ異なるため、コードの移植コストが問題となっている。さらに、同じ製造会社が作成したメニーコアやアクセラレータであっても、世代によってそのアーキテクチャは大きく異なる場合があるため、世代間の性能チューニングのコストも問題となっている。

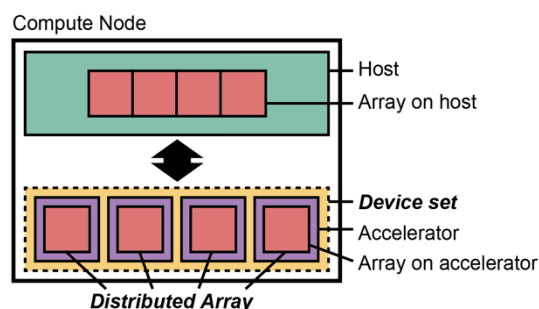
本研究の目的は、上記に挙げたコードに関する様々なコストを下げるため、自動チューニング機構を並列言語 XcalableMP (XMP) に導入することである。XMP はプロセスレベルの並列言語であり、ユーザは簡易な指示文を用いるのみで、逐次コードから並列コードを生成することができる。XMP では既存の並列言語 OpenMP との連携も可能であるため、OpenMP が持つスレッドレベル並列化およびアクセラレータに対するプログラミングも行うことができる。

2. 研究成果の内容

まず計算ノード内の複数の計算資源を 1 つに抽象化し、それらを統一的に扱えるように OpenMP の拡張を行った。その概念図を右に示す。デバイスセット (Device set) とはホストに接続されている複数のアクセラレータの組である。OpenMP 拡張ではデバイスセットに対して処理を記述する

ことで、複数のアクセラレータを 1 つの計算資源のように扱うことができる。分散配列 (Distributed Array) はデバイスセット上にマップされた配列であり、ホストメモリにある 1 つの配列を複数のアクセラレータのメモリに分散してマップすることが可能である。我々が開発した OpenMP 拡張は次の 3 つの機能を提供する。(1) デバイスセットと分散配列の定義、(2) ホストとデバイスセット間におけるデータ転送、(3) デバイスセット内のデバイス間におけるデータ転送。

次に、複数の計算ノードを利用するため、XMP の拡張を行った。具体的には、ス



テンシル計算などの並列アプリケーションを効率よく実装するために、次の 2 つの機能を開発した。(1)最適化手法の 1 つであるテンポラルブロッキング法を簡易に記述する記法、(2)袖通信に対する非同期化を簡易に記述できる記法。なお、これらの機能は同時に用いることも可能である。

OpenMP および XMP の新しい記法を用いてステンシル計算を含むアプリケーションの開発を行い、既存手法と比較して簡易に記述でき、かつ簡単に性能チューニングを行えることを確認した。

3. 学際共同利用が果たした役割と意義

我々の研究はメニーコアおよびアクセラレータを搭載した大規模 HPC システムに対するプログラミング環境の向上を目的としている。OFP や Cygnus といった世界トップレベルの大規模環境を用いることで、その効果を確認できた。

4. 今後の展望

XMP は並列言語であるため、既存のアプリケーションのすべてを XMP を用いて書き直すことは現実的でない。そこで、より簡易に XMP を導入するため、XMP 指示文が提供する各機能を API の形で呼び出せるようにすることを考えている。また、メタプログラミング的手法を XMP に取り入れることにより、既存のコンパイラシステムでは不可能な、アルゴリズムの変更を伴うような性能チューニングも可能にすることも考えている。

5. 成果発表

(1) 学術論文

Hitoshi Murai, Mitsuhsa Sato. "Design and evaluation of efficient global data movement in partitioned global address space," *Parallel Computing*, Apr. 2020. doi:10.1016/j.parco.2020.102624

(2) その他

- ① "XcalableMP PGAS Programming Language," DOI: 10.1007/978-981-15-7683-6, Springer, Nov. 2020

使用計算機	使用計算機 に○	配分リソース※	
		当初配分	追加配分
Cygnus	○	4000	
Oakforest-PACS	○	56000	
※配分リソースについてはノード時間積をご記入ください。			