

パネルディスカッション1 T2Kアプリケーション

高橋大介

筑波大学大学院システム情報工学研究科
計算科学研究センター

自分の立場(何をやっているのか)

- 筑波大学計算科学研究センター
超高速計算システム研究部門
 - 研究および運用に従事
- 計算機科学
 - ハイパフォーマンスコンピューティング
 - 並列計算機における高性能数値計算アルゴリズム
 - 性能評価

T2Kシステムへの期待

- T2K筑波システム
 - 理論ピーク性能95TFLOPS
 - 2008年6月運用開始時点で国内第2位の性能となることが見込まれている.
- 先進的なアーキテクチャ
 - 4-socket Quad-Core Opteron
 - 理論ピーク性能: ノード当たり147.2GFLOPS × 648ノード ≒ 95TFLOPS
 - 主記憶: ノード当たり32GB × 648ノード ≒ 20TB
 - Multi-rail InfiniBand (4X DDR x 4)
 - 計算ノード単体当たりの理論データ転送速度: 8GB/s

大規模科学技術計算の高速化手法

- 計算科学で用いられる, 大規模科学技術計算の高速化手法としては, 大きく分けて以下の3つが考えられる.
 - より高速な計算機を使う
 - 演算量の削減
 - 最適化による実効性能の向上
- 計算資源には限りがあるが, 最適化により2倍性能を高くできれば, 2倍高速な計算機を使うのと同じ効果がある.

T2K筑波システムのメモリバンド幅

- AMD Quad-Core Opteron (2.3GHz, DDR2 667MHz, 4ソケット)では, 1ノード当たり
 - 理論ピーク性能は
 $9.2\text{GFLOPS} \times 4\text{コア} \times 4\text{ソケット} \div 147.2\text{GFLOPS}$
 - メモリバンド幅は最大42.7GB/s
 - Byte/Flop値は $42.7/147.2 \div 0.290$
- NEC SX-9(16CPU／ノード)では, 1ノード当たり
 - 最大ベクトル性能は
 $102.4\text{GFLOPS} \times 16\text{CPU} = 1638.4\text{GFLOPS}$
 - メモリバンド幅は最大4TB/s
 - Byte/Flop値は $4096/1638.4 = 2.5$

メモリ転送ネックになるアプリの例

- Level-1 BLAS (DAXPY)

```
subroutine daxpy(n, a, x, y)
  real*8 a, x(*), y(*)
  do i = 1, n
    y(i) = y(i) + a * x(i)
  end do
```

- DAXPYでは、1回のiterationにつき、2回の倍精度浮動小数点演算に対して3回の倍精度実数データ(合計24Byte)のload/storeが必要.
 - この場合, $(24\text{Byte})/(2\text{Flop}) = 12\text{Byte/Flop}$ となる.

Level-1 BLAS (DAXPY)における 理論性能の比較

- AMD Quad-Core Opteron (2.3GHz, DDR2 667MHz, 4ソケット)
 - ワーキングセットがキャッシュの容量を超えた場合、メモリバンド幅 (42.7GB/s) が律速となるので、 $(42.7\text{GB/s}) / (12\text{Byte/Flop}) = 3.56\text{GFLOPS}$ が限界.
 - 理論ピーク性能の約2.4%
- NEC SX-9 (16CPU / ノード)
 - メモリバンド幅 (4TB/s) が律速となるので、 $(4\text{TB/s}) / (12\text{Byte/Flop}) \div 341.3\text{GFLOPS}$ が限界.
 - 最大ベクトル性能の約20.8%

PCクラスタ向けのコード開発の必要性

- メモリ転送ネックとなるアプリケーション (Level-1 BLAS など) では, ワーキングセットがキャッシュの容量を超えた場合, PCクラスタでは性能を発揮させるのは難しい.
- 一方, Level-3 BLAS (行列積) を用いたHPLのようにキャッシュの再利用性が高いアプリケーションでは, 理論ピーク性能比70%程度のシステム性能を得ることが可能.
- PCクラスタのメリットを享受するためには, メモリ転送 & ネットワークがネックとならないようなコード開発が必須.

T2Kシステムへの要望（運用側から）

- まず、T2Kシステムを使ってほしい。
- ぜひ、今まで使っているプログラムのチューニングを行って頂き、T2Kシステムの性能をさらに引き出してほしい。
- 計算科学アプリケーションの研究者と計算機科学の研究者が協力することが重要。
- T2Kシステムでの性能チューニングの結果は、他のPCクラスタでも役立つ。
- 今後PFLOPS級のシステムでアプリケーションを走らせる場合、T2Kシステムでの経験が生かされるはず。

自分としては何をやってみたいか

- T2Kシステム向けの性能最適化手法の研究
- 性能評価
- 今後の超高速計算システムおよびアプリケーションの開発にフィードバックする