

並列計算機ADENAシステムの性能評価

5 L - 9

富田 貞文*1 岡本 理*2 若谷 彰良*2 廉田 浩*2
 (株)松下ソフトリサーチ 第一開発部*1 松下電器産業(株) 半導体研究センター*2

1. はじめに

大規模な科学技術計算を高速に処理することを主な目的とする並列計算機ADENAシステム[1]を開発した。本稿では、システム構成及びネットワーク、並列処理言語について説明した後に、ADENAシステムの性能について報告する。

2. システム構成及びネットワーク

図1に、ADENAシステムの構成を示す。大きく分けると並列計算を行うADENAとADENAを制御するホスト計算機からなる。

ホスト計算機は、実際、VMEバスを備えたUNIXワークステーションである。ADENAシステムは、FORTRANを拡張した並列処理言語ADETRAN[2]をサポートしている。ホスト計算機には、ADETRANコンパイラ、リンカ、アセンブラ等のソフトウェアが用意されていて、ユーザーは、UNIX環境下でADETRANのアプリケーションプログラムを開発することができる。

ADENA内部には、並列計算を行う256個のプロセッサ(PE)とこれらのプロセッサ間のデータ転送を高速に行うADENAネットワークがある。図2に、プロセッサ9個の場合のADENAネットワークを示す。プロセッサは、演算装置と転送装置からなる。転送装置は、ADENAネットワークを介して、データをBMU(Buffer Memory Unit)に送信したり、演算中にBMUからデータを受信する機能を持っている。ADENAネットワークは、次のような特徴を持っている。

- プロセッサ間の直接転送を2回行うことで、任意のプロセッサにデータを転送できる。PE(1,1)からPE(3,3)にデータを転送する場合を例にとり説明する。PE(1,1)は、モジュール1上のBMUを介してPE(1,2)とPE(1,3)に結合されている。また、PE(1,3)は、モジュール3上のBMUを介してPE(3,1)、PE(3,2)、PE(3,3)に結合されている。PE(1,1)からPE(3,3)にデータを転送する場合、PE(1,1)からPE(1,3)にデータを転送した後、PE(1,3)からPE(3,3)にデータを転送すればよい。
- 交互方向編集が、1回のプロセッサ間の直接転送で実現できる。

各プロセッサが保有しているx軸方向のデータをy軸方向に並べかえたり、y軸方向のデータをz軸方向に並べかえたりする操作を、交互方向編集と言う。例えば、PE(1,1)がx軸方向のデータ1,2,3を、

PE(2,1)がx軸方向のデータ4,5,6を、PE(3,1)がx軸方向のデータ7,8,9を保有しているとする。PE(1,1)がモジュール1上でPE(1,1)に最も近いBMUにデータ1を送り、PE(2,1)がモジュール1上でPE(2,1)に最も近いBMUにデータ4を送り、PE(3,1)がモジュール1上でPE(3,1)に最も近いBMUにデータ7を送り、最後に、PE(1,1)がBMUのデータ1,4,7を順番に受け取ると、PE(1,1)内でy方向にデータが並ぶ。同様のことが他のプロセッサについても言える。

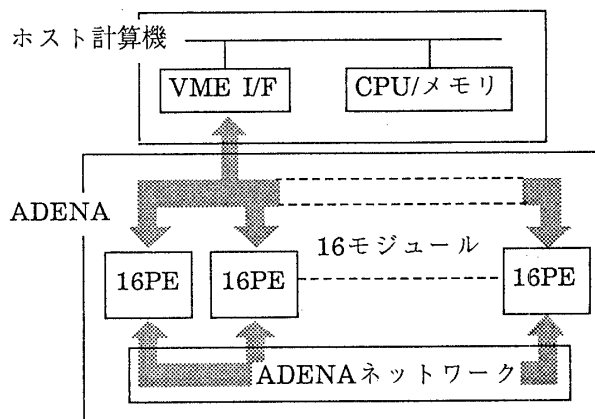


図1 システム構成

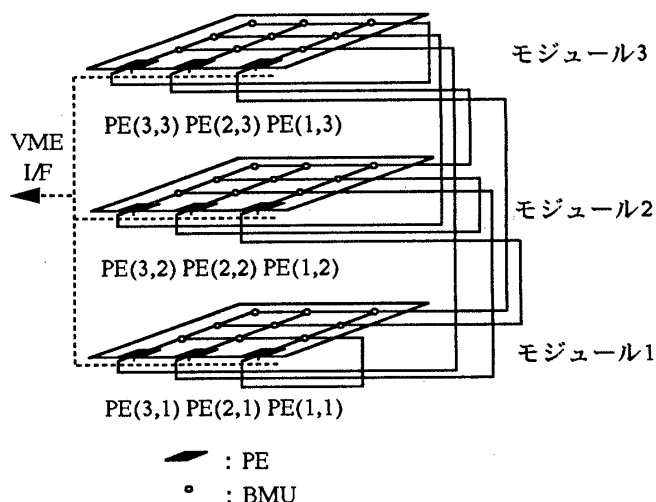


図2 ADENAネットワーク(3モジュール×3PE)

Performance of the ADENA system
 Sadahumi TOMIDA
 MATSUSHITA SOFT-RESEARCH, Inc.

3. ADENAシステムの性能評価

我々は、プロセッサ、ADENAネットワーク、ADETRANコンパイラを含めたシステム全体の性能を評価した。

3.1 リバモアループによる性能評価

リバモアループ[3]による、ADENAシステムの性能評価の結果を図3に示す。プロセッサ間のデータ転送は、評価に含まれていない。したがって、リバモアループによる性能評価では、プロセッサとコンパイラの性能が評価できる。

3.2 大型行列の直接解法による性能

内積計算等の行列計算では、しばしば、転置行列との積を計算しなければならないが、ADENAでは、プロセッサに固有している2次元行列の列ベクトルの成分を行ベクトルに転置するために、プロセッサに列ベクトルの成分を転送する。このとき、通常の計算の場合に比べて、データ転送/演算の比率が相対的に大きくなる。ADENAで256×256の連立方程式をガウスジョルダン法により解いた場合、20MFLOPSの性能を得た。

3.3 2次元ポアソン方程式の解法による性能

表1に、ADENAで256×256メッシュの2次元ポアソン方程式を、代表的な偏微分方程式の解法を用いて求解した場合の性能を示す。この場合、任意のプロセッサ間のデータ転送には、2回のデータ転送を要する。

3.4 半導体モデルのシミュレーション時の性能

ポアソン方程式に基づいた図4に示す簡単な3次元の半導体のモデルに対して、ADI法を用いて解を求めた。この時、220MFLOPSの性能を得た。この場合、任意のプロセッサ間のデータ転送は、1回のデータ転送で済む。

4. おわりに

スーパーコンピュータの性能評価に用いるリバモアループ及びLINPACKコード[4]のように行列計算を行うガウスジョルダン法を用い、ADENAシステムの性能評価を行い、市販のスーパーコンピュータと同程度の性能[5]を得た。

ADENAネットワークに適したADI法を用いることにより、簡単な3次元の半導体モデルに対して高速にシミュレーションが行えた。

3次元のポアソン方程式以外に、2次元のポアソン方程式も高速に解くことができた。

今後としては、実際のアプリケーションプログラムをADENAシステム上にインプリメントしていく予定である。

最後に、日頃からご指導、ご助言を頂いている京都大学工学部の野木助教授、松下電器半導体研究センターの関係各位の方々に厚く感謝致します。

MFLOPS

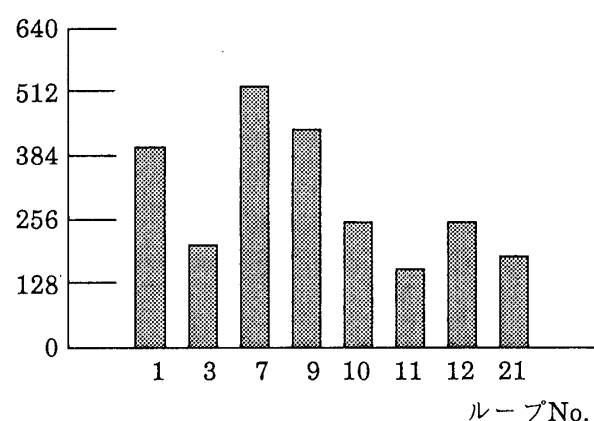
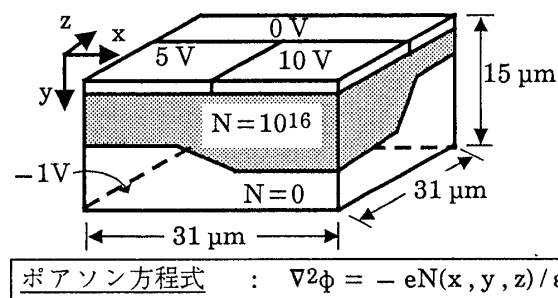


図3 リバモアループ実行時の性能

ヤコビ法	線SOR法	点SOR法	ADI法
170	200	180	210

表1 ポアソン方程式の解法時の性能(MFLOPS)



$$\begin{aligned} \text{境界条件} \quad & \phi_x = 0 \quad (\text{at } x=0 \text{ and } x=31) \\ & \phi = 0, 5 \text{ or } 10 \quad (\text{at } y=0) \\ & \phi = -1 \quad (\text{at } y=15) \\ & \phi_z = 0 \quad (\text{at } z=0 \text{ and } z=31) \end{aligned}$$

図4 3次元の半導体モデル

5. 参考文献

- [1] 廉田、他、International Conference on Parallel Processing, I - pp319 - 322
- [2] 若谷、他、情報処理学会第36回(昭和63年度前期)全国大会 pp153 - 154
- [3] Macmahan, F., "The Livermore Fortran Kernels : A Computer Test Numerical Performance Range," Lawrence Livermore National Laboratory Report UCRL - 53745, Dec. 1986
- [4] Dongarra, J.J., "LINPACK User's Guide, SIAM Publications, 1979.
- [5] 「主要ミニスーパーコンピュータの市場と性能」, 『日経コンピュータ』1989.2.29., pp143 - 148