

## 分散メモリ型並列計算機を用いた相対セル指定通信\*

3H-1

牧野 浩之 渋沢 進†

茨城大学工学部情報工学科‡

## 1 はじめに

複数のセルプロセッサを用いて処理を高速に行うことは並列計算機アーキテクチャにおいて重要なことである [1]。一般に、使用セルプロセッサ数を増やして並列性を高くすると、計算時間は減少するものの通信時間が増す。このような状況において、通信時間を知ることには並列度を決定する際に重要なデータとなり、ユーザが並列プログラムを組む際の助けとなる。

そこで本研究では、並列計算機を用いた通信操作の測定と評価を行う。一対一通信では、セル間の距離と通信時間の関係を調査し、集合通信では、メッセージサイズと通信時間およびセル数と通信時間の関係を調べる。また、相対セル指定を用いて、通信路の方向を限定してメッセージ通信を行う方法について考察する。更に、これらの通信操作を用いた例として、並列選択を実行する。

## 2 準備

## 2.1 並列計算機

本研究では、分散メモリ型並列計算機 AP1000 を用いた。AP1000 はホストおよびセルのプロセッサから構成されている。本研究では、16 セルと 256 セルで構成されている 2 種類の AP1000 を使用した。図 1 に 16 セルの AP1000 を示す。

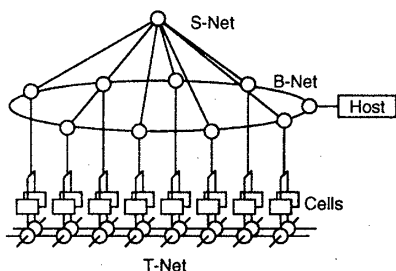


図 1: AP1000 のアーキテクチャ

## 2.2 通信操作

本研究で行った通信操作は、一対一通信・ブロードキャスト・分配・収集・トータルエクステンジ [2] である。トータルエクステンジは行列転置に似ている操作であり、セル数  $n$  に対して約  $n^2$  回の通信操作を

必要としている。また、これらの通信操作を用いた例として、並列選択を実行した。この概要について以下に記す。

選択とは、 $N$  個の要素からなる系列があり、 $k$  番目の要素を見つける問題である。この操作はデータベースや数理統計学などの分野において現れる。

## 2.3 セルの指定方法

一対一通信を行う場合に、受信セルの指定方法について絶対セル指定および相対セル指定という、2つの方法を用いて測定した。それぞれについて以下に説明する。

**絶対セル指定:** 受信セルの絶対的な位置 (セル ID) を指定してメッセージを送信する方法である。

**相対セル指定:** 通信方向を限定した上で、セル ID を基にして送信セルと受信セルとの距離を指定して通信する方法である。

## 2.4 測定方法

本研究では、メッセージサイズを変化させる方法、使用セル数を変化させる方法、および合計メッセージサイズを固定して使用セル数を変化させる方法を用いて測定した。

一対一通信を用いる全ての通信操作は絶対セル指定を用いたが、トータルエクステンジについては、相対セル指定も用いた。絶対セル指定では、通信路においてメッセージ間の競合が発生する事が考えられる。通信路が高速である並列計算機では、相対セル指定方法を用いることにより、ネットワーク内を遠回りしてでも通信遅延を減らしてメッセージを送る方が、通信時間が短くなることが予想できる。

## 3 測定結果と考察

## 3.1 一対一通信

16 セルで構成されている AP1000 を用いた、一対一通信の通信時間の結果は、セルの位置に依存しない結果が得られた。一般に、トータル結合をしたネットワークにおける通信時間は、通過する距離に比例するとされている。しかし、本結果では、T-Net を用いたセル相互通信では通過する距離には比例せず、全ての場合においてほぼ一定の値を示している。これより、T-Net はバス結合の性質を持ったトータル結合であると考えられる。これらの通信操作にかかる時間は、セルの位置には依存せずにメッセージサイズに比例する式で表すことができる。

\*Communication operations using the relative cell-addressing technique on a distributed memory parallel computer

†Hiroyuki Makino and Susumu Shibusawa

‡Department of Computer & Information Sciences, Faculty of Engineering, Ibaraki University

## 3.2 集合通信

### 3.2.1 メッセージサイズと通信時間

使用セル数を16セルに固定し、通信するメッセージサイズを変化させた場合の通信時間は、全ての通信操作においてメッセージサイズに比例していた。

### 3.2.2 使用セル数と通信時間

メッセージサイズを64KBytesに固定し、使用セル数を2から16セルまで変化させた場合の通信時間は、ブロードキャストを除いて、使用セル数に比例した式で表すことができる。

一方、ブロードキャストについては、複数のセルがネットワーク上に流れているメッセージを同時に受信することが出来る。このため、通信時間は使用セル数に依存しないことが考えられる。

### 3.3 合計メッセージサイズを固定した場合

トータルエクステンジについて、合計メッセージサイズ  $m$  を固定し、使用セル数を変化させた場合の通信時間を図2に点で示す。なお、相対セル指定においては、1次元セルIDと2次元セルIDの2種類を使用した。また、本測定では256セルのAP1000を用いた。

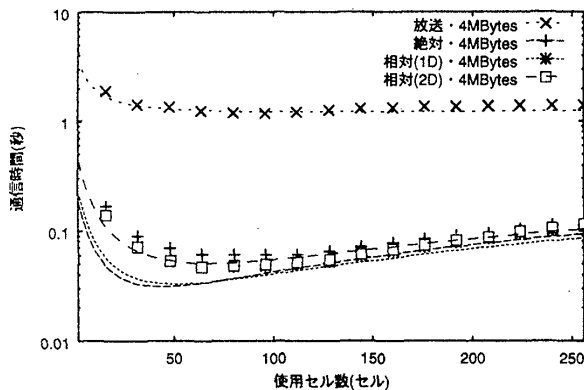


図2: トータルエクステンジの測定結果

ブロードキャストをベースにして通信を行っている場合は、実際に通信されるメッセージサイズは  $m/n$  Bytesである。送信時間  $t_{send}$  は、メッセージサイズに比例する。一方、受信時間  $t_{recv}$  は、 $m/n$  Bytesのメッセージ受信にかかる時間と  $m/n^2$  Bytesのメモリコピー時間の和で表される。この場合、各セルは1回の送信と  $n-1$  回の受信操作を行うので、本方式の通信時間  $t$  は、

$$\begin{aligned} t &= t_{send} + (n-1)t_{recv} \\ &= a_1 n + a_2 \frac{m}{n} + a_3 \frac{m}{n^2} + a_4 m + a_5 \quad (1) \end{aligned}$$

となる。但し、 $a_1$  から  $a_5$  までは定数とする。

一対一通信をベースにして通信を行っている場合、1つのメッセージサイズは  $m/n^2$  Bytesとなる。また、各セルプロセッサはメッセージを  $n-1$  セルへ一対一通信を行う。よって、近似式は(2)式ようになる。

$$t = \left( \frac{m}{n^2} a_m + t_0 \right) (n-1) \quad (2)$$

但し  $a_m$  と  $t_0$  は定数とする。(1)(2)式で近似した結果

を図2に線で示す。

図3に、通信の種類による通信時間の対比率を示す。

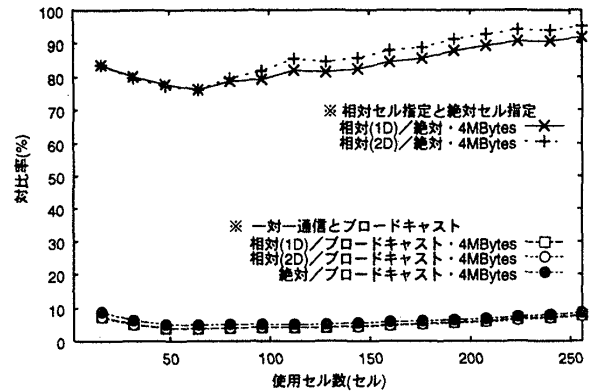


図3: 通信の種類による通信時間の対比率

測定した全てのメッセージサイズにおいて、ブロードキャストをベースにした操作より一対一通信をベースにした操作の方が、通信時間は最大で96%短縮されていた。これは、必要なメッセージのみ通信しているからであると考えられる。

一対一通信の場合、絶対セル指定では、2つ以上のメッセージ間で通信路の競合が発生する可能性が高い。そこで2種類の相対セル指定を導入し、通信路の方向を限定することにより、最大で24%通信時間を短縮することができた。

### 3.4 並列選択

使用セル数を16セルに固定し、要素数を変化させた場合、実行時間は要素数にほぼ比例していた。一方、要素数を固定して使用セル数を変化させた場合には、本測定の範囲内においては、実行時間は使用セル数にほぼ反比例していた。

## 4 おわりに

本研究では、並列計算機AP1000を用いた通信操作の時間に関する近似式を導き出した。また、一対一通信については、相対セル指定を用いた通信を使うことにより、通信の遅延を削減することができた。更に、使用セル数を増やした場合についても検討した。

今後は、相対セル指定の方法について更に詳しく考察することが考えられる。また、別の並列計算機を使用した場合の通信時間の結果と比較しながら、並列計算機のアーキテクチャによる通信時間の相違について考察することも可能である。更に、並列選択の実行時間の評価を行う予定である。

なお、一部の測定は、富士通研究所 HPC 研究センターの並列計算機を使用した。

### 参考文献

- [1] M. J. Quinn, *Parallel Computing, Theory and Practice*, McGraw-Hill, 1994.
- [2] K. Hwang, Z. Xu and M. Arakawa, "Benchmark Evaluation of the IBM SP2 for parallel signal processing," *IEEE Trans. on Parallel and Distrib. Sys.*, Vol.7 No.5, pp.522-536, 1996.