

## 通信量を考慮した評価指標による高速通信路設備の配置の検討

6K-8

菅山 孝義

高橋 篤夫

日本工業大学電気電子工学科

## 1. はじめに

超並列・分散計算機システムにおいては、高性能でコストパフォーマンスの高い通信ネットワークが必要とされている。低速の通信路と高速の通信路で構成される不均質な通信ネットワークの性能は、高速通信路の数と位置に依存する。コストパフォーマンスの高い通信ネットワーク構築には、高速通信路の適切な配置が重要である。高速通信路の集まりは、設備と見ることができる。すなわち、通信ネットワークを低速通信路で構成したネットワークに設備を付加するモデルで表す(図1)。低速通信路ネットワークは、各プロセッサをノード、各通信路を辺とするネットワークで表す。各辺には長さが与えられ、2プロセッサ間の通信レイテンシは二点間の距離、すなわち二点間のパスの長さとなる。設備は部分木で表す。パス上に設備を配置することで、このパスの通信レイテンシを削減する。

本稿では、高速通信路設備の配置における評価指標として、プロセッサ間通信の通信量を考慮した指標である重み付き全対距離和を用いる。ネットワークに設備を配置し、その効果を定量的に評価する。

## 2. 設備配置の評価指標

ネットワークの全二点間の距離の総和は、プロセッサ間の平均通信レイテンシに対応する。設備配置の評価指標の一つである全対距離和[2]は、ネットワークの全二点間の距離の総和である。但し、二点と設備との距離の和が二点間の距離より小さい場合、後者でなく前者を用いる。設備内の通信が十分高速な場合、全対距離和最小の設備は、同サイズの設備のうちで、二点間の平均通信レイテンシを最小にする。しかし一般に、効率的な並列プログラムにおいては、遠距離の二点間の通信コストは近距離の場合よりも大きいので、遠距離の二点間の通信量を近距離よりも少なくする場合が多い。全対距離和最小の

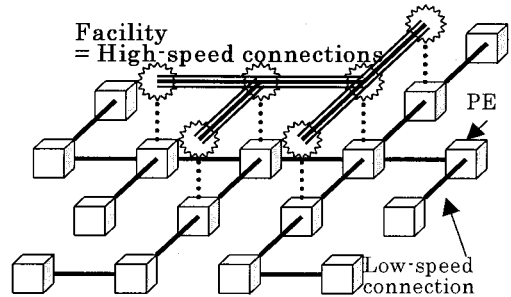


図1 設備を配置したネットワーク

設備は、このような場合に対応しない。そこで、二点間の距離 $l$ により通信量に変化する場合を考え、この通信量を示す関数を全対距離和に付加した評価指標である重み付き全対距離和[3]を用いる。

## 3. 重み付き全対距離和

距離和 $DS(F)$ および全対距離和 $P(F)$ は、以下のように定義される。

$$DS(F) = \sum_{u,v \in G} l(u,v), \quad (1)$$

$$P(F) = \sum_{u,v \in G} \min(l(u,v), l(u,F) + l(v,F)). \quad (2)$$

但し、 $G$ はネットワーク、 $u, v$ は通信ネットワークのノード、部分木 $F$ は設備、 $l(u,v)$ は $u$ と $v$ 間の距離、 $l(v,F)$ は $v$ と $F$ 間の距離である。

重み付き全対距離和 $WP(F)$ を以下に示す。

$$WP(F) = \sum_{u,v \in G} \{ \min(l(u,v), l(u,F) + l(v,F)) \cdot C(d(u,v)) \}. \quad (3)$$

但し、 $C(l)$ は距離 $l$ を引数とする通信量関数である。

重み付き全対距離和最小の設備は、同サイズの設備のうちで、プロセッサ間通信の通信量が関数 $C(l)$ で定まる場合の、プロセッサ間通信の平均通信レイテンシを最小にする。以下では重み付き全対距離和最小の設備を最適設備と呼ぶ。なお、 $C(l) = 1$ の場

合、 $WP(F)$  は全対距離和となる。

$G$  が木構造の場合、 $WP(F)$  は次式で表せる。

$$WP(F) = \sum_{e \in E(G)} DWP(e),$$

$$DWP(e) = dw(e) \cdot l(e), \quad (4)$$

$$dw(e) = \sum_{u \in T_1, v \in T_2} C(d(u, v)).$$

但し、 $l(e)$  は辺  $e$  の長さ、 $T_1, T_2$  は  $e$  を含まず  $e$  の端点の一つを含む最大の部分木である。また、 $DWP(e)$  は設備に辺  $e$  を追加することによる重み付き全対距離和の削減量を示す。

#### 4. 設備配置によるネットワーク性能の評価

設備を配置することによるネットワーク性能の向上について議論する。ここでは、ネットワークの各辺の長さは 1 とし、設備のサイズは設備に含まれる辺の長さの総和で表す。設備のサイズが大きくなると、明らかに、設備を配置したネットワークの性能は向上する。

表 1 に、ノード数  $n$  の平衡二分木にサイズ  $\log n$  の設備を配置した場合の全対距離和の削減量を示す。例えばノード数 4 の平衡二分木の全対距離和は 20 であり、サイズ 2 の設備の配置により全対距離和は 6 と、70.0%削減される。ネットワークが大きくなると設備配置の効果が減少するものの、ノード数 512 のネットワークに対しても 2 割以上の性能向上が得られる。表 2 および表 3 は、それぞれ通信量関数が  $C(l) = 1 - l/100$ ,  $C(l) = 1 - l/20$  の場合の重み付き全対距離和の削減量を示す。通信が近くノード間にある程度集中する場合に対しても、ネットワーク性能に対する設備配置の効果が得られることが分かる。

#### 5. まとめ

高速通信路の評価指標として重み付き全対距離和を用いた。各種サイズの平衡木に設備を配置し、設備配置によりネットワークの性能がどの程度向上するかを定量的に示した。

#### 参考文献

- [1] 當山他, "設備配置による超並列・分散計算機ネットワーク構築手法の検討", 情処学会第 57 回全国大会, 4G-07, 1998.
- [2] 當山他, "超並列・分散ネットワークにおける高速

表 1 平衡二分木に木形状設備 (サイズ  $\log n$ ) を配置したときの全対距離和の削減量

ネットワークのノード数 $n$	評価指標の値		設備配置による削減量 (%)
	設備なし時	設備配置時	
4	2.00E+01	6.00E+00	70.0
8	1.42E+02	5.60E+01	60.6
16	8.80E+02	4.52E+02	48.6
32	5.01E+03	2.90E+03	42.0
64	2.68E+04	1.67E+04	37.5
128	1.36E+05	9.21E+04	32.4
256	6.67E+05	4.76E+05	28.7
512	3.17E+06	2.35E+06	26.0

表 2 平衡二分木に木形状設備 (サイズ  $\log n$ ) を配置したときの重み付き全対距離和の削減量 (通信量関数  $C(l) = 1 - l/100$  の場合)

ネットワークのノード数 $n$	評価指標の値		設備配置による削減量 (%)
	設備なし時	設備配置時	
4	1.96E+01	5.88E+00	70.0
8	1.38E+02	5.43E+01	60.5
16	8.41E+02	4.33E+02	48.6
32	4.71E+03	2.74E+03	41.9
64	2.47E+04	1.55E+04	37.4
128	1.24E+05	8.37E+04	32.3
256	5.93E+05	4.24E+05	28.5
512	2.76E+06	2.05E+06	25.8

表 3 平衡二分木に木形状設備 (サイズ  $\log n$ ) を配置したときの重み付き全対距離和の削減量 (通信量関数  $C(l) = 1 - l/20$  の場合)

ネットワークのノード数 $n$	評価指標の値		設備配置による削減量 (%)
	設備なし時	設備配置時	
4	1.80E+01	5.40E+00	70.0
8	1.20E+02	4.76E+01	60.2
16	6.84E+02	3.55E+02	48.1
32	3.52E+03	2.06E+03	41.3
64	1.66E+04	1.05E+04	36.5
128	7.27E+04	5.01E+04	31.1
256	2.96E+05	2.16E+05	27.1
512	1.12E+06	8.50E+05	23.9

通信路設備の評価指標の検討”, 情処学会第 60 回全国大会, 2J-8, 2000.

[3] 當山他, "通信量を考慮した高速通信路設備配置の評価指標の検討", 情処学会第 61 回全国大会, 6D-8, 2000.