

6ZB-05

r 対距離和を評価指標とした設備配置 による相互結合網構築

當山 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・分散計算機の性能は、プロセッサ間を接続する相互結合網の性能に大きく影響される。相互結合網は同一性能の通信路の組み合わせで構成するが多いが、低速通信路と高速通信路で構成する不均質な相互結合網も考えられる。不均質な相互結合網の性能は、高速通信路の数と位置および高速通信路の性能に依存する。コストパフォーマンスの高い相互結合網の構築には、高速通信路の適切な配置が重要である。

本研究では不均質な相互結合網を低速通信路で構成したネットワークに高速通信路設備を付加するモデルで表す[1]。そして、通信レイテンシに着目し、相互結合網の評価指標として r 対距離和を用いる[2][3]。本稿では、 r 対距離和を設備内の通信レイテンシも考慮するよう拡張する。これを用いて低速な木ネットワークに設備を配置し、構築した不均質な相互結合網の性能を示す。

2. 設備配置による不均質な相互結合網構築

高速通信路と低速通信路で構成する相互結合網を、低速通信路で構成したネットワークに高速通信路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。

高速通信路の集まりを設備で表す。本稿では設備は指定サイズの部分木とする。高速通信路による通信レイテンシの削減は、対応する辺の長さの削減で表す。すなわち、二点間のパス上に設備があるときは、その部分の距離が削減される。相互結合網の性能は、部分木のサイズと位置に依存する。

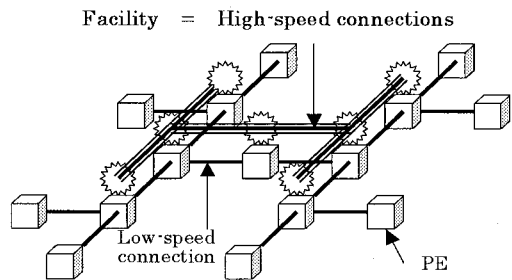


図 1 設備配置による不均質な相互結合網

能は、部分木のサイズと位置に依存する。

3. 設備の評価指標： r 対距離和

ネットワークを G で表す。設備 F は G の部分木である。また F のサイズは F の辺の長さの総和である。全対距離和[1]は、全ての二点 $u, v \in V(G)$ 間の距離の総和である。但し u, v と設備 F との距離の和が u, v 間の距離より小さい場合、後者でなく前者を用いる。 r 対距離和[2]は、 r 点の全対距離和の、全ての r -組についての総和である。すなわち、以下の式で表される。

$$P_r(F) = \sum_{V' \subset V(G), |V'|=r} M(V', F),$$

$$M(V', F) = \sum_{u, v \in V'} \sum_{e \in P(u, v), e \in E(F)} f(C(V', e), l(e)), \quad (1)$$

$$C(V', e) = |\{P(u, v) \mid u, v \in V', e \in P(u, v)\}|.$$

但し、 $P(u, v)$ は u, v 間のパス、 $l(e)$ は辺 e の長さである。 f は辺 e の通信量と長さを指数とする通信コスト関数であり、両者に対し単調増加するものとする。 $C(V', e)$ は r 個の点 V' の二点間のパスで辺 e を通るものの数、 $M(V', F)$ は V' における設備 F の全対距離和である。

r 対距離和が最小となる設備は、同サイズの設備のうちで、適当に r 個の点を取った場合の r 点間の

平均通信レイテンシを最小にする。

4. r 対距離和の拡張

r 対距離和を, 設備 F の辺の距離が無視できない場合に対応するよう拡張する. 設備の高速化率 d を導入し, 設備 F により辺の距離が d 倍 ($0 \leq d < 1$) するものとする. このとき, r 対距離和は以下の式で表される.

$$P_r(F) = \sum_{V' \subset V(G), |V'|=r} M(V', F),$$

$$M(V', F) = \sum_{u, v \in V'} \left\{ \sum_{\substack{e \in P(u, v), \\ e \notin E(F)}} M(V', e) + d \sum_{\substack{e \in P(u, v), \\ e \in E(F)}} M(V', e) \right\},$$

$$M(V', e) = f(C(V', e), l(e)). \quad (2)$$

例えば, レイテンシが 20 m 秒の低速通信路で構成するネットワークに, レイテンシが 2 m 秒の高速通信路を付加する場合, 高速化率 $d = 0.1$ となる. なお $d = 0$ の場合, 式(2)は式(1)に等しくなる.

5. 不均質な平衡二分木の性能評価

以下では, ノード数 n の平衡二分木へのサイズ $\sqrt{n}$ の設備の配置を考える. 但し, 通信コスト関数 $f(c, l) = cl$ とする. 図 2 に, ノード数 $n = 63$ の場合の 2 対距離和を示す. 高速化率 $d \leq 0.1$ ならば, 設備の配置により 1.6 倍以上に性能が向上することが分かる. また図 3 に, 高速化率 $d = 0.1$ の場合の 2 対距離和を示す. 設備サイズの増加により, 更に性能が向上することが分かる. 図 4 に, 高速化率 $d = 0.1$ の場合の 4 対距離和を示す. ノード数に依らずば一定の性能向上となることが分かる. なお, パラメータ r の値が他の場合も同様の結果となった.

4. まとめ

r 対距離和を評価指標として設備配置を行い, 得られた不均質な平衡二分木の性能を評価した.

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通信路設備の評価指標の検討", 情処第 60 回全国大会, 2J-8, 2000.
- [3] 當山他, " r 対距離和を用いた高速通信路設備の配置と評価", 情処第 62 回全国大会, 2N-5, 2001.

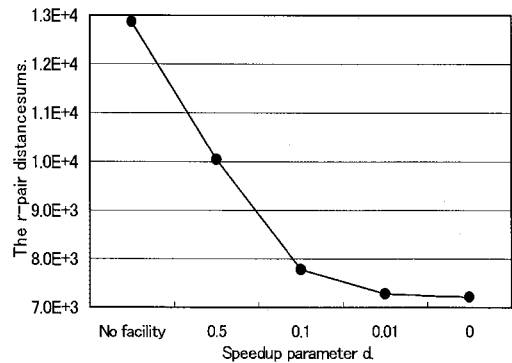


図 2 不均質な平衡二分木の r 対距離和 ($r=2$, ノード数 $n=63$, $f(c, l) = cl$, 設備サイズ $\sqrt{n}$ の場合)

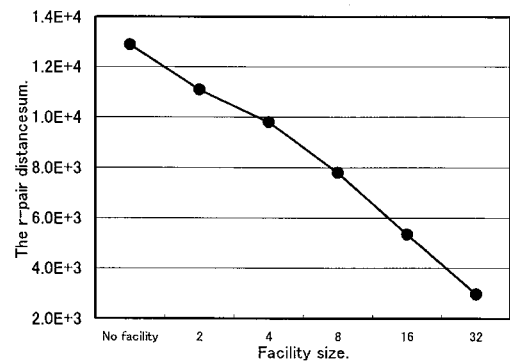


図 3 不均質な平衡二分木の r 対距離和 ($r=2$, ノード数 $n=63$, $f(c, l) = cl$, 高速化率 $d=0.1$ の場合)

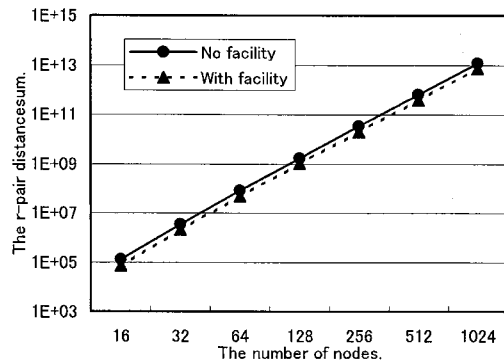


図 4 不均質な平衡二分木の r 対距離和 ($r=4$, $f(c, l) = cl$, 高速化率 $d=0.1$, 設備サイズ $\sqrt{n}$ の場合)