

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

4G-7

菅山 孝義[†]

高橋 篤夫[†]

堀口 進^{††}

[†]日本工業大学電気電子工学科 ^{††}北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科

1. はじめに

近年の超並列・分散計算機システムの実用化にともない、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システムが必要とされている。低速通信路と高速通信路で構成する不均質な通信ネットワークは、同性能の通信路で構成する場合よりコストパフォーマンス向上が期待できる。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。筆者らは、通信ネットワークとして木構造ネットワークに注目し、高速通信路の適切な配置について議論する。まず、高速通信路の集まりを木形状やバス形状設備で表す有用性を検討する。次に、設備配置の実用的な評価指標である全対距離和を提案する。そして、全対距離和を用いた木形状やバス形状設備の配置について述べる。

2. 通信ネットワークと設備配置

超並列・分散計算機システムでは、各プロセッサは通信路で接続される[1]。本稿では、木構造ネットワークを取り扱う。そして、通信システムを通信ネットワークの平均通信レイテンシで評価する。

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木で表す。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、すなわち二点間のバスの長さとなる。

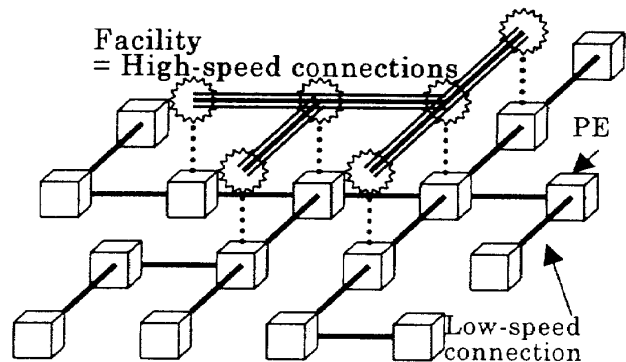


Figure 1. Tree networks with the facility

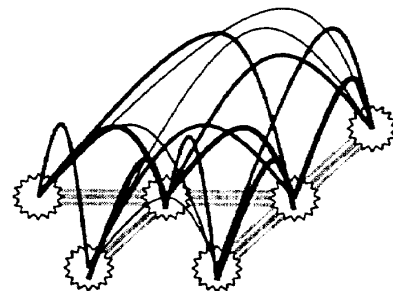


Figure 2. One implement of the facility: low-cost/low-speed complete connections.

このバス上に設備を配置することで通信レイテンシを削減する。通信ネットワークの構築コストは、低速通信路ネットワークの構築コストと設備の実装コストの和となる。

設備がバス形状や木形状の場合、対応する高速通信路は隣接しているので一体化でき、高性能低コストな設備を実装できる(図2)。また、設備を小サイズの部品で構成すれば、設備の実装コストを更に低減できる。バス形状や木形状設備は低速通信路に平行配置するので、通信ネットワークの配線構造やルーティングは設備を付加しても実質的に変わらない。設備を付加した通信ネットワークも、木構造ネットワークとして扱うことができる。

設備の実装コストは、その実装方法に依存する。ここでは、設備に含まれる辺の長さの和である設備サイズを用いる。設備サイズの指定により、予算に合

Constructing heterogeneous networks for parallel and distributed computer systems using facility location, Takayoshi Touyama[†], Atsuo Takahashi[†] and Susumu Horiguchi^{††}, Department of Electrical and Electronics Engineering, Nippon Institute of Technology[†], Graduate School of Information Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology^{††}, email:touyama@nit.ac.jp

わせた通信ネットワーク構築が期待できる。

3. 設備配置の評価指標

設備配置の研究は 1960 年代より多くの研究者や技術者により行われている [2]。木形状やバス形状設備の配置に関するさまざまな研究が行われている [3][4]。しかし、超並列・分散計算機の通信ネットワーク構築を重視した研究はほとんど行われていない。設備配置の評価指標として偏差、距離和、分岐重み、頂点数やカバー領域等を用いる場合が多いが、これらは通信ネットワークの評価指標として十分でない。そこで、筆者らは評価指標として全対距離和を提案する。全対距離和 P は全ての二点間の距離の総和とする。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。すなわち、以下の式で表す。

$$P = \sum_{v_i, v_j} \min(l(v_i, v_j), l(v_i, F) + l(v_j, F))$$

但し、 v_i, v_j は通信ネットワークのノード、 F は設備、 $l(v_i, v_j)$ は v_i と v_j 間の距離、 $l(v_i, F)$ は v_i と F 間の距離である。

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じサイズの設備のうちで平均通信レイテンシを最小にする。

4. 全対距離和最小の設備

従来の評価指標である距離和は、各点と設備との距離の総和である。全対距離和最小の設備と距離和最小の設備の間には以下の関係がある。(1) 木構造ネットワークの全辺の長さが等しい場合、全対距離和最小の木形状設備は距離和最小の設備に等しい。(2) 一般の木構造ネットワークの場合、両木形状設備は等しくない(図 3)。(3) 木構造ネットワークの全辺の長さが等しくても、両バス形状設備は等しくない。(1) の場合は Tamir [5] の方法により適切な設備配置が得られ、他の場合も同様の方法により適切な設備配置を得ることができる。

なお、全対距離和は二点間の通信において設備内の通信レイテンシを考慮しない。しかし、設備内の通信レイテンシを定倍する(たとえば設備を速度 10 倍の通信路で実装する場合は辺の長さを 1/10 にす

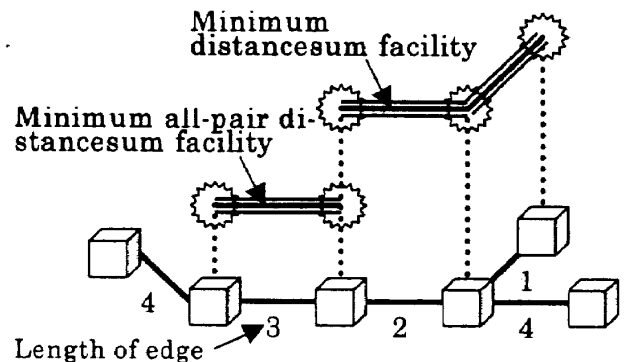


Figure 3. Minimum distancesum facility and minimum all-pair distancesum facility of tree-shaped facilities with size 3.

る)場合の平均通信レイテンシを最小にする設備は、全対距離和最小の設備に等しい。

バスを用いたネットワークに対する設備配置は、バスをスター木で表しその各辺をグループ化することで容易に対応できる。

5. まとめ

木構造ネットワークに対する高速通信路の適切な配置について議論した。実用的な評価指標である全対距離和を提案し、全対距離和を用いた木形状やバス形状設備の配置を示した。

今後の課題として、通信ネットワークの評価項目の追加、設備の評価指標の実用性向上等がある。また、全対距離和最小設備と従来の評価指標での最適設備との詳細な関係や特定の通信ネットワークに対する最適設備配置の検討、更には設備配置を行うシステムの開発と実験も重要である。

参考文献

- [1] 高橋義造編, "並列処理機構", 丸善, 1989
- [2] M. Daskin, "Network and Discrete Location", John Wiley & Sons, 1995.
- [3] A. Mesa et al., "A Review of Extensive Facility Location in Networks", EJOR, 95, pp.592-603, 1996.
- [4] S. Hakimi et al., "On Locating Path- or Tree-Shaped Facilities on Networks", Networks, 23, pp.543-555, 1993.
- [5] A. Tamir, "Fully Polynomial Approximation Scheme for Locating a Tree-Shaped Facility", Technical Report of Tel Aviv University, pp.1-18, 1993.