

Title	Hierarchical Interconnection Networks for Massively Parallel Computers
Author(s)	M., M., Hafizur Rahman
Citation	
Issue Date	2006-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/981
Rights	
Description	Supervisor:日比野 靖, 情報科学研究科, 博士

Hierarchical Interconnection Networks for Massively Parallel Computers

M. M. Hafizur Rahman

School of Information Science

Japan Advanced Institute of Science and Technology (JAIST)

January 10, 2006

Abstract

マルチコンピュータの最終的な性能要因を決定する最も重大な構成要素はその相互結合網である。本論文では、大規模三次元マルチコンピュータ向けの結合網として、階層型トーラスネットワーク (Hierarchical Torus Network: HTN) と呼ばれる新しい階層型相互結合網を提案する。HTN は $(m \times m \times m)$ の三次元トーラス網を基本モジュール (Basic Module: BM) とし、BM を複数個用いて、 $(n \times n)$ の二次元トーラス網で階層的に相互結合することにより構成される。BM も上位レベルの相互結合網もトーラス結合をしているため、階層型トーラス結合網と名づけられた。シリコン基盤間の垂直方向のリンク数を減らすために、HTN では上位レベルのネットワークは三次元トーラス網ではなく、二次元トーラス網が採用されている。HTN に対して、ネットワークの直径、コスト、平均距離、二分割幅、最大垂直リンク数、VLSI レイアウト面積など様々な方面から性能評価を行い、他のネットワークの性能と比較した。これにより、HTN は一定のノード次数、短い直径、短い平均距離、高い結合性、適度な二分割幅、少ない垂直リンク数、少ないレイアウト面積などの、望ましい特徴を持つことを示した。

HTN のプロセッサ間通信におけるスイッチング技術として、ワームホールルーティングを採用する。ワームホールルーティングは、必要なバッファサイズが少なく、レイテンシがメッセージの距離に非依存であるという特徴を持つが、デッドロックフリールーティングを実現することが最も重要な問題である。これを實現するために仮想チャネル (Virtual Channel: VC) が用いられるが、VC の数の増加とともにハードウェアコストが増加するため、無制限な VC の使用はコスト的に禁止されている。次元順ルーティング法といくつかのトラフィックパターンを用いて HTN と他のネットワークの動的通信性能の評価を行った。その結果、高性能超並列コンピュータには欠かせない低いレイテンシと高いスループットを實現することを示し、また、非一様なトラフィックパターンが HTN の動的通信性能に及ぼす影響は他のネットワークよりも低いことも示した。また、低コストな適応的ルータ向けのアルゴリズムとして LS, CS, LS+CS 法を提案し、それらのコスト、および、HTN 上での動的通信性能を評価した。LS, CS, LS+CS 法のハードウェアコストは次元順ルーティングのハードウェアコストとほぼ同じであることを示した。唯一のオーバーヘッドはヘッダ選択を行う際のルータの遅延である。LS+CS アルゴリズムを用いた場合の動的通信性能は他の二つを用いた場合よりも良い結果を示した。それゆえ、LS+CS アルゴリズムを用いた HTN は、未来の超並列コンピュータを實現するための可能なよい選択であると言える。超並列コンピュータの信頼性を保証するためには、フォールトトレラントネットワークが非常に重要になる。HTN の故障ノードを予備のノードで再構成するための階層的冗長アプローチを提案する。25%の冗長ノードを用いることにより、BM と第 2 レベルのシステムの歩留まりが十分高いことを示した。HTN の適合性を示すために、一般的に利用されるアプリケーションのマッピング法を議論した。HTN にマッピングされた各アプリケーションの通信ステップ数は従来の階層的ネットワークと比較して低いことを示した。

プルーニング技術により配線の複雑さを低減することが可能になる。プルーニングをした HTN の三次元 WSI 実装の性能評価を行い、プルーニングをしない HTN に比べて最大垂直リンク数とレイアウト面積が小さいことを示した。トーラス網を用いた階層型ネットワークの可能性を示すために、H3D トーラスと TESH の 2 つの階層型ネットワークに対し、トーラス網を用いた改良を行った。