

Title	ウェーハスタック型超並列システムのネットワーク構造
Author(s)	大木, 孝之
Citation	
Issue Date	1997-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1049
Rights	
Description	Supervisor:堀口 進, 情報科学研究科, 修士

ウェーハスタック型超並列システムの ネットワーク構造に関する研究

大木 孝之

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

1997 年 3 月 18 日

キーワード： 超並列システム、WSI、ウェーハスタック構造、ネットワーク。

1 はじめに

近年、超並列計算機システムを 1 枚のウェーハ上に実装する Wafer Scale Integration (WSI) が実現可能になってきた。しかし、1 枚のウェーハ上に実装できるプロセッシングエレメント (PE) 数は限られているため、より大規模な超並列計算機システムを WSI 化するための手段として、ウェーハを立体的に積み重ねたウェーハスタック構造が考えられている。超並列システムをウェーハスタック構造を用いて実現する場合、ウェーハ間結線に必要な幅が数百 μ に達するため、ウェーハ間結線を減少させる必要がある。しかし結線数を少なくすると、直径やプロセッサ間平均距離が増加し、著しい性能低下が起こる。また冗長リンクが少なくなりフォールトトレランス性能が悪くなる。従って、ウェーハ間の結線を少なく保ち、ネットワーク全体の特性を上げる必要がある。本研究ではウェーハスタック構造を用いて超並列システムを実現する場合について、ウェーハ間結線数やネットワーク特性について詳しく検討する。つぎに検討結果からウェーハスタック構造に適したネットワークとして 3 次元階層型ネットワークの提案を行ない、そのネットワーク機能について議論する。最後にアプリケーションのマッピングを行ない、実行ステップ数を用いて比較し、その有効性を確かめる。

2 ウェーハスタック構造の特性

本章ではウェーハスタック構造に適したネットワークを検討する。そのために既存のネットワークを用いてネットワーク特性を調べ、ウェーハスタック構造の問題点をより具

体的に示す。ネットワークは2次元トーラス、3次元トーラス、ハイパーキューブ、TESHを用い、ネットワーク特性にはウェーハ間最大結線数とレイアウト面積、そして直径を用いた。

次数の低い2次元トーラスはウェーハ間結線が少なく、レイアウト面積を抑えることができるが、直径の増加が大きいため、通信遅延が問題となる。逆にハイパーキューブは直径が非常に小さいが、次数が高いためウェーハ間最大結線数が非常に大きくなり、ウェーハスタック構造への実装は困難である。TESHおよび3Dトーラスはネットワーク直径、ウェーハ間の最大結線数を比較的少なくできる。特にTESHのような階層構造を有するネットワークは、少ない階層間のリンクを用いてウェーハ間結線数を減らしつつ、直径の増加を抑えることができるため、ウェーハスタック構造に最も適していることが示された。

3 3次元階層型ネットワーク

ウェーハスタック構造では、ウェーハ間結線やレイアウト面積を減少させながら直径の増加を抑えるネットワークが必要である。本章ではこれらの要求を満たすネットワークとして2つの3次元階層型ネットワークの提案を行なう。

3次元階層型ネットワークは、基本モジュールを用いて階層型結合を行なうネットワークで、直径の増加を抑えつつ、ウェーハ間結線数を減少させることができる。3次元階層型トーラスは、特に階層間の結線を抑えたネットワークで、階層化の規模も大きく、大規模な超並列ネットワークを目的としている。3次元階層型メッシュは、PE間通信の際に基本モジュール間のリンクに起こる通信の集中を低減させるため、基本モジュール間のリンク数を増加させたものである。

この3次元階層型ネットワークのネットワーク特性を調べ、第2章で用いたネットワークと比較を行なった。その結果、3次元階層型トーラスは直径の増加を抑えつつ、ウェーハ間結線が少ない2Dトーラスに対して数十万PEまでウェーハ間結線を低く保つことができた。このためレイアウト面積も2Dトーラスの6割程度に抑えることができた。3次元階層型メッシュは基本モジュール間を4本の結線で結合したためウェーハ間結合線数が増加しているが、3Dトーラスに対しては数十万PEまで低く保つことができた。そのためレイアウト面積は3次元トーラスの6割程度に抑えることができた。以上のように、提案した3次元階層型ネットワークは直径を短く保ち、ウェーハ間結線数を少なく、そしてレイアウト面積を小さくできるという優れた性質を持つことが示された。

4 アプリケーション

本章では3次元階層型ネットワークに対して、ソート、FFT、最大値問題という基本的なアプリケーションのマッピングを行ない、実行にかかる総通信ステップ数を用いて評価を行なう。

3次元階層型ネットワークは格子状のネットワークで構成されるため、既存のメッシュ構造を持つネットワークに適用可能なアルゴリズムのマッピングが可能である。本論文では Divide&Conquer Scheme を用いて基本的なアプリケーションのマッピングを行なう。この手法は細かく分割された問題に対して、複数のサブプログラムを並列に実行して、これを反復することで結果を得る手法である。3次元階層型トーラスでは階層間のリンク数が少ないため、十分な性能を得ることができなかったが、階層間のリンク数を増加させた3次元階層型メッシュでは数千PEで2Dトーラスよりも少ないステップ数での演算が可能であった。また最大値問題のように必要なデータ数が少ないアプリケーションでは非常に少ないステップ数で演算が可能であった。

5 まとめ

本研究では、ウェーハスタック構造の特性を調べるため、既存のネットワークを用いた特性の評価を行ない、その結果3次元階層型ネットワークの提案を行なった。3次元階層型ネットワークは直径の増加を抑えつつ、ウェーハ間結線数を低く保つことができ、ウェーハスタック構造への適用が有効であることを示した。また既存のアプリケーションが容易にマッピングできることを示し、その有効性を確かめた。今後の課題としては階層型冗長構成法の検討、複雑なアプリケーションのマッピングが挙げられる。