

主 論 文 要 旨

報告番号	甲 第 2283 号	氏 名	森 村 知 弘
主論文題名			
静的スケジュール可能な階層型相互結合網の研究			
内容の要旨			
<p>マルチプロセッサ構成の並列計算機において、ピーク性能はプロセッサ数を増やすことによって比較的容易に向上させることが可能であるが、実際にプログラムを動かした場合の実効性能を向上させることは難しい。実効性能をスケラブルに向上させるためには、大規模化について配慮すると共に並列化コンパイラなどによる最適化技法を適用しやすい構成を取る必要がある。並列計算機の重要な構成要素の一つである相互結合網も、スケラブルでコンパイラによるスケジュールがしやすい構成が要求される。</p> <p>本論文では、スケラブルかつスケジュールしやすい相互結合網、R-Clos を提案し、その基本特性と転送性能について評価する。R-Clos は 3 段の多段結合網(Multi-stage Interconnection Network:MIN)である Clos 網を基に階層構造に再帰的に複数個接続した多段結合網である。階層構造の導入により、256 プロセッサを 4 プロセッサ/クラスタで 3 階層の R-Clos で接続した場合、同じサイズの Clos 網の約 34%の交点数で実現可能である。また、従来型の再帰的な Clos 網である recursive 5-stage Clos 網と比較しても約 57%の交点数で実現可能であり、大規模システムに容易に対応可能であることがわかる。また、確率モデルに基づく転送シミュレーションより、全アクセスに占める近傍アクセスの割合が 80%になると、基本ネットワークの Clos 網の性質が現れ、従来型の recursive 5-stage Clos 網よりも高いスループットと低い転送遅延が得られることが明らかになった。</p> <p>また、予めコンパイル時にアクセスする宛先とタイミングが解析可能である場合に、提案した相互結合網 R-Clos において、コンパイラがパケット転送の送信時刻と経路を制御することにより、無衝突にパケットを宛先に配送するパケット転送スケジュール法を提案する。評価のために、ランダムに生成した宛先のアクセスパターンに対して提案したスケジュール手法を施し、全データ転送が完了する時刻をシミュレーションで求めた。その結果、出線競合による衝突の起こらないクロスバスイッチで転送した場合の遅延と比較して、オーバーヘッドは 0.5%以内となった。</p> <p>一方で、プログラム中には静的にアクセス先と時刻が定まるブロックと定まらないブロックが存在するため、提案したスケジュール法を用いても、スケジュール不能なアクセスによってスケジュールされたアクセスが乱される。そこで本論文では、スケジュール可能なアクセスとそうでないアクセスが混在しても、スケジュールを乱すことなく効率良く転送を行えるスイッチアーキテクチャである MGF スイッチを提案する。これをゲートアレイ上に実装したところ一般的な単一のクロスバスイッチで構成されるスイッチに対して約 1.4 倍の 10 万ゲートで実装可能で、最大動作周波数は約 50MHz である。また、このチップの設計データに基づいてシミュレータを作成し、転送シミュレーションを行った結果、スケジュールされたパケットは衝突なく転送可能であることが確かめられ、スケジュールされていないパケットについても、単一のクロスバスイッチによる転送遅延の最大で約 60%に抑えられた。</p> <p>最後に、提案した結合方式(R-Clos)とパケット転送スケジュール方式と MGF スイッチアーキテクチャを組み合わせた総合的な評価を行った。ランダムな宛先に対するアクセスパターンを生成し、これに対して提案したスケジューリング手法を施し、MGF スイッチで構成される R-Clos において評価した結果、コンパイラの静的スケジューリングを乱さずに、高負荷においても安定したスループットを維持してパケットが転送されることを明らかにした。</p>			
以上			