

Title	再帰的相互結合網における適応型ルーティングに関する研究
Author(s)	川井, 雅之
Citation	
Issue Date	1999-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1256
Rights	
Description	Supervisor:堀口 進, 情報科学研究科, 修士

再帰的相互結合網に対する 適応型ルーティングに関する研究

川井 雅之

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

1999年2月15日

キーワード： 相互結合網、再帰的構造、デッドロック回避、適応型ルーティング.

1 序論

近年、プロセッサ要素 (PE、ノード) を高速なネットワークで相互に結合した高性能な超並列計算機を実現し、数値計算やパターン処理などの科学技術計算の高速化が強く望まれている。超並列計算機のノード間の結合方式や通信方式は性能に大きく影響するため、盛んに研究が行なわれている。

科学技術計算の多くが二次元あるいは三次元構造のデータを対象とするため、メッシュ網やトラス網といった格子型の結合網が広く用いられている。しかし、格子型結合網はシステムの規模が大きくなると通信性能が急速に低下するなどの問題がある。そこで格子型結合網などを基本に再帰的にバイパスリンクを付加した再帰的結合網が注目されている。再帰網は次数が一定あり、システムが大規模になっても直径が急激に増大しないなどの特長を有している。しかし、再帰網のルーティング (再帰ルーティング) はデッドロックフリーを保証していないものや適応性や耐故障性を有していないものがある。

本論文では代表的デッドロック回避の手法である、Dimension order routing を再帰ルーティングに適用しデッドロックフリーを保証する手法を提案する。また、再帰網の特長であるバイパスリンクの使用を考慮した適応型ルーティング手法を提案し、シミュレーションにより動的通信性能を詳細に議論する。

2 相互結合網とノード間通信

数多く提案されている結合網の中でも、格子型結合網は最も基本的な結合網である。科学技術計算と適合し、また、実装が容易であるなどの利点がある。しかし、システムが大規模になるにつれ直径や平均距離が増大し、通信性能を急激に低下させてしまうという問題がある。再帰的相互結合網は格子型結合網を基に再帰的にバイパスリンクを付加しながら

構成した結合網であり、各ノードの次数が一定で、直径や平均距離が従来の格子型結合網と比較して十分に小さいといった特長を持つ。

一方で再帰ルーティングはデッドロックフリーを保証していなかったり、適応性や耐故障性がないといった問題がある。Dallyらはルーティングアルゴリズムがデッドロックフリーであるための必要十分条件を示している。Dallyらの考えはネットワークを問わず適用可能である。再帰網に対してもそれは同様である。再帰網では基本結合が格子型結合網であることを利用し Dimension order routing が適用することで Dally の条件を満たすことができる。

適応型ルーティングは通信性能を向上させる手法としてこれまで多くの研究が行なわれている。Duatoは仮想チャネルを新たに付加し適応性を得る手法を提案している。Duatoの手法は通常の格子型結合網への適用は簡単であるが、メッセージは目的ノードまで最短経路を通過する必要があり、最短経路の算出が容易でない再帰網への適用は困難である。Niらは Turn Model と呼ばれる迂回型のデッドロックフリーな適応型ルーティングを提案している。Turn Model では仮想チャネルを付加することなく迂回が可能となるという特長があるが 180 度のターンはあらかじめ禁止されているため、一次元再帰網に Turn Model を適用することはできない。再帰網に限らず一次元の結合網で適応性を得るためには 180 度のターンが行なえる必要がある。本論文では再帰網の構造に注目しデッドロックの 180 度のターンを実現する。

3 一次元再帰網の適応型ルーティング

一次元再帰網で適応性を持たせるには 180 度のターンを可能にする必要がある。そこで Turn Model を用いずに同次元上での迂回が可能となる同次元迂回ルーティングを提案する。同次元迂回ルーティングでは一旦目的ノードを飛び越し、その後目的ノードへ引き返すことが可能である。また、新たに仮想チャネルを付加する必要がないという利点がある。シミュレーションによる動的性能評価では従来の再帰ルーティングと比較して十分な性能向上が見られ、また、メッシュ網との比較では性能向上比が約 1.8 倍であった。

4 二次元再帰網の適応型ルーティング

二次元再帰網で適応性を得る手法としては同次元迂回ルーティングの次元オーダでの使用が考えられるが、デッドロックフリーが保証される手法は他にも考えられる。特に二次元の構造を持つ結合網では次元オーダを守らない方法 (Dimension reversal routing) が有効である。しかし、次元オーダを無視した場合デッドロックの可能性もある。本論文では Dimension reversal routing を行なってもデッドロックが生じない領域の導出を行なう。導出した領域では、仮想チャネルの新たに付加せずに Dimension reversal routing が可能となり、Dimension order routing を適用した再帰ルーティングと同次元迂回ルーティングとの併用が可能である。その結果、それらを選択的に用いることで適応型ルーティングが実現できる。また、シミュレーションによる動的性能評価では従来の再帰ルーティングより優れており、さらにハイパーキューブとの比較では同等以上の動的性能を有していることが明確になった。

5 適応型ルーティングの耐故障性

超並列計算機においてリンクやノードの故障は避けられない問題である。従来の再帰ルーティングでは転送経路が固定のため、リンクやノードに故障があった場合、著しく通信性能が低下する。しかし、適応型ルーティングでは経路選択に自由度があるため、ある程度の故障には対処できる。本論文では提案した適応型ルーティングの耐故障性について経路選択の自由度の理論的導出とシミュレーションによる動的通信性能の測定という2つの側面から評価を行なった。理論的評価では、提案する適応型ルーティングは高い経路選択の自由度を有していることが明確になった。また、動的性能評価では従来法がリンクの故障により急激に性能が低下するが提案する適応型ルーティングではリンクの故障による性能低下が緩やかであることが分かった。

6 結言

本論文では再帰網の特長を十分に考慮した適応型ルーティング手法を提案した。シミュレーションによる動的性能評価では、提案した適応型ルーティングは従来に固定型に再帰ルーティングに比べ十分に高い性能を有していることが分かった。さらに、耐故障性の検討では、提案手法が十分に高い経路選択の自由度を持つことが明らかになった。また、動的性能評価でも急激な性能低下を防ぐことが可能であることが分かった。提案手法は仮想チャネルを新たに付加する必要がなく、従来手法との併用が可能であるなどの利点がある。さらに優れた動的性能を有していることから十分に有効な手法であることがいえる。