

# 主 論 文 要 旨

報告番号	甲 乙 第	号	氏 名	上樂 明也
主 論 文 題 目 :				
イレギュラーネットワークにおける適応型ルーティングに関する研究				
(内容の要旨)				
<p>パーソナルコンピュータ(PC) を, Myrinet などの高速なシステムエリアネットワーク(SAN)で相互結合することにより構築される PC クラスタは, 近年の半導体製造技術の進歩に伴う PC の飛躍的な性能向上と低価格化により, コストパフォーマンスに優れた高性能並列分散コンピューティング環境として急速に普及が進んでいる.</p> <p>SAN は, point-to-point リンクにより相互結合された高速スイッチ群から構成され, 従来の大規模並列計算機と同様に, バーチャルカットスルー方式 (VCT 方式) またはワームホール方式 (WH 方式) によるパケット転送とデッドロックフリールーティングを用いることにより, 低レイテンシかつ高バンド幅の通信を実現している. 一方で, SAN は拡張性および耐故障性の要求を満たすために, 大規模並列計算機とは異なり, トポロジとして結合方式に制限がないイレギュラーネットワークをサポートすることが多い. しかし, イレギュラーネットワークでは, 経路保証とデッドロックフリーの実現のための制約が厳しいため, 大規模並列計算機で用いられるメッシュやトーラスなどのレギュラーネットワークに比べて, ルーティングアルゴリズムの設計が難しい. このため, 既存のルーティングアルゴリズムの多くは, トポロジ上にスパニングツリーのマッピングを行ない, ツリー構造の接続性と非循環の性質を利用して経路保証とデッドロックフリーを実現する方式を採用している.</p> <p>Up*/Down* ルーティングは, スパニングツリーベースの代表的な適応型ルーティングアルゴリズムであり, 仮想チャネルやバッファ等のハードウェアを付加することなしに適用可能であることから, Autonet および Myrinet などの SAN において利用されている. Up*/Down* ルーティングは, マッピングしたスパニングツリーの階層構造に基づいて, ネットワークを 1 次元の方向 (up/down) を持つ有向グラフに見立て, 最も単純な 1 次元の Turn モデルを適用することにより, デッドロックフリールーティングを実現している. しかし, 1 次元の Turn モデルでは, トポロジの不規則性に基づく禁止ターン分布の偏りが大きくなるため, トラフィックの分散が困難となる. このため, Up*/Down* ルーティングは, 効率的にネットワークのバンド幅を利用することが難しい.</p> <p>本論文では, Up*/Down* ルーティングにおける上記の問題を解決するため, Up*/Down* ルーティングにおける 1 次元 Turn モデルを拡張した, 2 次元 Turn モデルに基づく適応型ルーティングアルゴリズムである Left-up first turn (L-turn) ルーティングおよび Right-down last turn (R-turn) ルーティングを提案し, フリットレベルの相互結合網シミュレータを C++言語で実装して, 確率モデルシミュレーションにより評価を行なった. L-turn ルーティングおよび R-turn ルーティングは, 1 次元有向グラフを拡張した H/V グラフと呼ばれる 2 次元有向グラフを導入し, ターンのパターン数および禁止ターン選択における自由度の増加を実現する. そして, H/V グラフに対して, 2 次元 Turn モデルの適用によるシステムティックな手法を用いて, より均等な禁止ターンの分散を実現し, トラフィック分散とスループット向上の実現を図る. L-turn ルーティングおよび R-turn ルーティングは, Up*/Down* ルーティングと同様に, 付加的なハードウェアに依存しないため, 任意のトポロジの SAN に適用可能な汎用性の高い手法である.</p> <p>確率モデルシミュレーションの結果, L-turn ルーティングは, 最も高いスループットを達成し, Up*/Down* ルーティングに対し最大で約 80% のスループット向上を実現することが確認された. 一方, R-turn ルーティングは, 全体的に最も低いスループットを示すことが確認された. L-turn ルーティングと R-turn ルーティングは, ほぼ同等の禁止ターン分散を実現するが, 選択された禁止ターンのパターンの違いにより, L-turn ルーティングでは, ツリーの葉方向にトラフィックが分散されやすくなるのに対し, R-turn ルーティングではホットスポットが発生しやすいルート方向にトラフィックが集中してしまうことがわかった. これより, スループット向上のためには, より均等な禁止ターンの分散と葉方向へのトラフィック分散の両立が重要であり, この条件を満たす L-turn ルーティングが, 優れたルーティングアルゴリズムであることがわかった.</p>				