

2ZB-4

耐故障 Detour-UD ルーティングアルゴリズムシミュレーションによる評価

船山 裕右[†] 戸村 元[†] 吉永 努[†] 曾和 将容[†]

電気通信大学大学院 情報システム学研究科[†]

1 はじめに

高性能な並列計算機システムは大規模化が進んでおり、耐故障性が重要となっている。我々は、 k -ary n -cube ネットワークにおいて任意数任意形状でのリンク/ノード故障に対応した完全適応ルーティング・アルゴリズムとして Detour-UD を提案している[1]。今回、大規模ネットワークにおける Detour-UD の通信性能評価を目的として、C++言語によるネットワーク・シミュレータを作成した。本稿では、そのシミュレーション結果を示し、Detour-UD の有効性について議論する。

2 Detour-UD

Detour-UD は、 k -ary n -cube ネットワークの規則性を活用した適応ルーティングと、デッドロックフリーかつ不定型ネットワークに対応する up*/down*ルーティングを組み合わせたデッドロック回復型のルーティング・アルゴリズムである。物理チャネルあたり、適応ルーティング用仮想チャネル(VC) 1 本以上、up*/down*ルーティング用 VC 1 本以上の最低 2 本の VC で実現することができる。前者の VC は通信経路の依存関係に制約を受けずに使用可能であり、高いルーティング自由度を達成する。また、後者の VC はネットワーク中の任意の位置からデッドロックした通信パケットを安全に宛先まで送信する目的(デッドロック回復)に使用する。

3 無故障状態でのシミュレーション

図 1 と図 2 に、2 次元トーラス 256 ノード (16 × 16) での無故障状態における通信性能を示す。グラフの横軸は出力パケットの出力負荷 (Offered traffic) を表し、縦軸はそれぞれ受信スループット (Throughput) と平均遅延時間 (Ave. latency) を表す。通信パターンは、パケットの宛先をランダムに決めるユニフォーム通信である。比較のために、Duato のプロトコルによ

る完全適応ルーティング (duato) と次元順ルーティング (dim_order) の結果を合わせて示す。いずれのアルゴリズムにおいても、VC 数は物理チャネル当り 4 本に統一した。これらのグラフから、Detour-UD は無故障状態でも dim_order より高スループット/低遅延であり、耐故障性を有しない duato に匹敵する通信性能を達成することが分かる。2 次元、3 次元トーラスにおける 1024 ノードや 4096 ノードでのシミュレーション結果でも同様の傾向を得た。

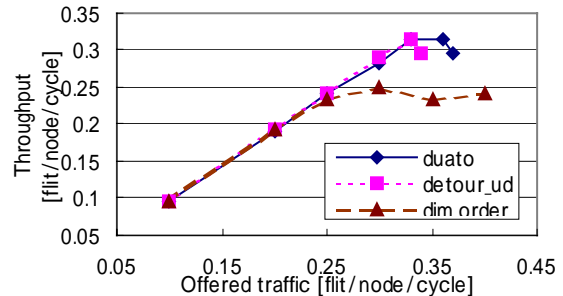


図 1 Offered traffic 変化による Throughput 推移

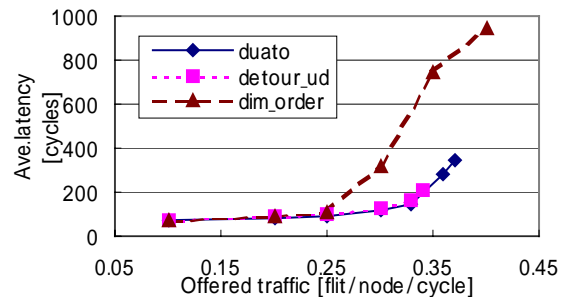


図 2 Offered traffic 変化による Ave. latency 推移

4 有故障状態でのシミュレーション

Detour-UD では、有故障時にはネットワークを故障領域と無故障領域に分割したルーティングを行う。故障領域とは故障部位から一定距離以内の領域とし、それ以外の領域は無故障領域と定義する。故障領域では、常にルーティング表に基づいた適応または up*/down*ルーティングを行う。無故障領域では、 k -ary n -cube の規則性に基づいてルーティング表を使用することなく適応ルーティングを行い、デッドロック検出された場合のみルーティング表を参照した up*/down*ルーティングを行う。

Evaluation of fault tolerant routing algorithm Detour-UD simulation

[†]Yusuke Funayama, Hajime Tomura, Tsutomu Yoshinaga, Masahiro Sowa

Graduate School of Information Systems, The University of Electro-Communications

図3と図4に2次元トラス256ノード(16×16)での8リンク故障における受信スループットとレイテンシを示す。ここでは、故障領域は1及び2の場合での評価を行っている。図3を見ると故障領域1よりも故障領域2の方が、通信性能が良いのがわかる。これは故障部分で混雑が発生しやすく、故障からより離れた場所でルーティング表を参照したルーティングを行った方が混雑を発生させにくいからである。

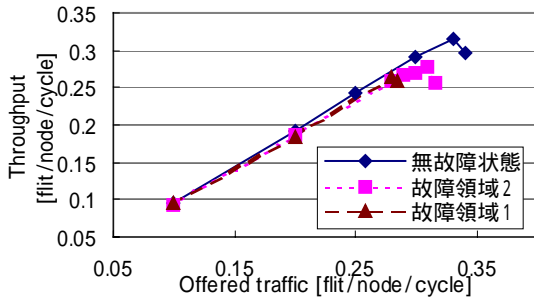


図3 8リンク故障時 Throughput 推移

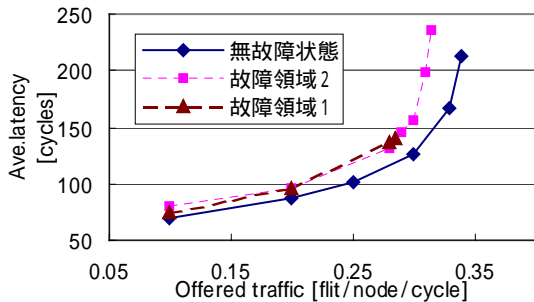


図4 8リンク故障時 Ave. latency 推移

図5に故障リンク数の変化による受信スループットのピーク性能の推移を示す。比較対象として planar adaptive ルーティング[2]を選択した。耐故障 planar adaptive は、物理チャンネル当りメッシュでは VC3 本以上、トラスでは 6 本以上が必要となる。今回は VC4 本同士で比較していることから、planar adaptive のネットワークは 256 ノードのメッシュとなっている。

図5より Detour-UD、planar adaptive 共に、故障チャネル数の増加に伴い性能の低下が見られる。Detour-UD は、ここでも故障領域2の方が受信スループット率が高い。ネットワークトポロジが異なるため Detour-UD と planar adaptive は単純に比較できないが、Detour-UD はより少ない VC でトラスに対応でき、故障チャネル数の増加による受信スループット率の低下割合は planar adaptive と同程度であることが分かる。

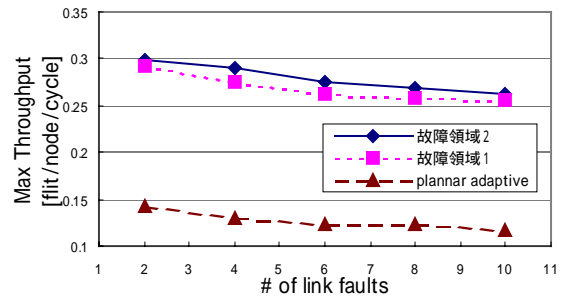


図5 故障リンク数による Max Throughput 推移

図6に故障ノード数の変化による受信スループットのピーク性能の推移を示す。ノード故障の場合でも、リンク故障の場合と類似した結果となった。ただし、故障領域による性能差がより大きく現れており、故障部位でブロッキングされてから迂回する(故障領域1)よりも、手前で迂回を開始した方がよいことがわかる。

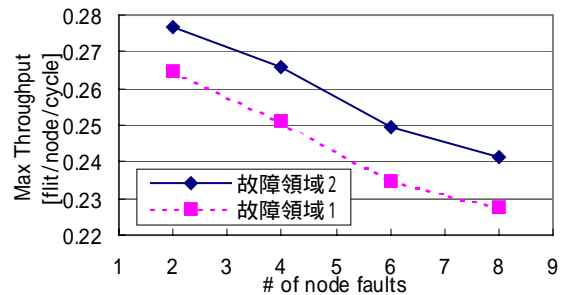


図6 故障ノード数による Max Throughput 推移

5 おわりに

本研究では、耐故障アルゴリズム Detour-UD について 2次元/3次元 4096 ノードという大規模ネットワークまで初めてシミュレーションを行った。その結果 Detour-UD は耐故障性を持ちながらも、耐故障性を持っていない最短適応型ルーティング・アルゴリズム duato の性能とほぼ同等の性能を持つことを確認する事ができた。また、planar adaptive よりも少数の VC で実装可能であり、故障時にもそれと同等の性能低下率を示すことを示した。

今後の課題として、動的故障への対応とその評価が挙げられる。

謝辞 本研究は一部科学研究費補助金基盤研(C)(2)課題番号 15500033 の援助による。

参考文献

- [1] 吉永努, 細越洋行, 曾和将容: “耐故障性を考慮した k-ary n-cube 用適応デッドロック回復ルーティング”, 情報学論, vol. 45, no. SIG 11(ACS7), pp. 408-419(2004)
- [2] A.Chien, and J.H.Kim: “Planar-adaptive Routing: Low cost Adaptive Networks, for Multiprocessors”, Computer Architecture Conference Proceedings, vol. 20, no. 2, pp. 268-277(1992)