

ストリーム型耐故障性アーキテクチャのための完全多数決接続方式*

4K-7

高西 裕治 森 秀樹 上原 稔 玉木 淳一†
 東洋大学 工学部 情報工学科‡

1. はじめに

本論文では我々が開発中である Data Streaming[5] に基づく耐故障性マルチプロセッサ接続方式 SOFT[1] [2][3] の接続方式を提案し、従来の方式と提案した方式で耐故障性について評価を行なう。

2. 完全多数決接続方式

SOFT は多数決を基本として時間冗長を加味することで三重化より少ないゲート数で故障が回避でき、パイプライン処理を行なうことでハードウェア資源を有効にする特徴がある。また、図1に示すように、SOFT は3つのセルをグループとした実行単位で1つのパイプラインステージを構成し[4]、その処理結果を次のパイプラインステージの3つのセルに渡す時それぞれのセルで多数決を行なう。しかし、実行単位の割当てによっては多数決

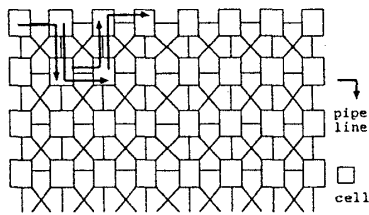


図 1: SOFT 実行単位概要図

がとれないセルも存在し、そのときは信頼度比較を行なう。信頼度比較は図2.aの黒く塗られたセルのように二つのデータしか受けとることができないので信頼度でデータをどちらにするかを決める。そこで、今までは多数決できなかったセルも多数決できるようになる接続方式を提案する。その方式は各セルにデータ通り抜け専用のパス (through path) を設け、普通のデータバスと同じように近傍8方向のセルと接続する。この専用パスを使っ

*Anytime Votable Connection Method for Stream Oriented Fault Tolerant Architecture

†Yuji TAKANISHI, Hideki MORI, Minoru UEHARA, Junichi TAMAKI

‡Department of Information and Computer Sciences, Toyo University

からデータを送り、多数決をとれるようにする。これで全部のセルで多数決がとれるようになる。そして信頼度は多数決でデータが3つ異なったときに用いて信頼度の高いデータを選ぶ。よってセルに専用パスを持たせる接続方式ではどんな実行単位の割当てをおこなっても、各セルが多数決がとれるようになる (図 2.b)。

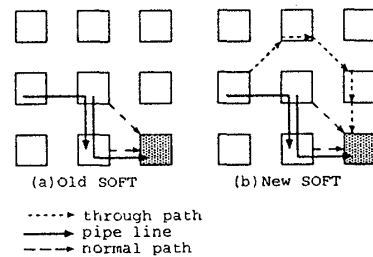


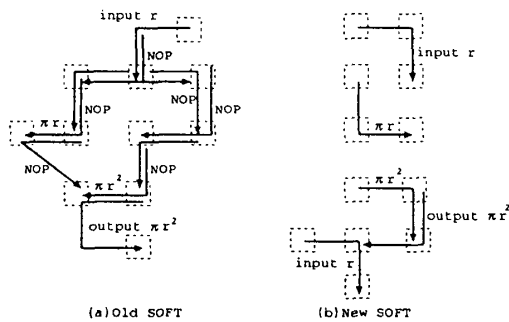
図 2: 多数決データ転送図

3. SOFT の実行速度の向上

πr^2 の計算する場合を例にとりて考えることにする。図 3.a に示すように従来の SOFT は実行単位の都合上 NOP を含む計算をしなければならないことがある。図 3.a での全パイプラインステージ段数は7段である。今回提案する接続方式では図 3.b に示すような実行単位の割りつけができるため同じ計算をする際にも NOP がいらないのでパイプラインのステージ数は4段である。図 3.b はパイプラインステージ数が5段の様に見えるが、一つ目の入力 r の処理で1段、2段目で πr の計算と二つ目の r の入力処理、3段目で πr^2 の計算、4段目で πr^2 の計算した答の出力処理となるので4段ですむ。以上のように今回提案する接続方式はパイプラインステージ数が減るので計算速度が速くなる。

4. 評価

ここでは、パス故障について今までの SOFT と今回提案した新しい SOFT の故障回避率について比較検討する。また、新しい SOFT での同じ計算によるパイプラインステージの数の違いによる故障回避率も比較する。

図 3: πr^2 パイプライン処理

4.1 シミュレーション

故障回避率を比較するために以下に述べる方法でシミュレーションを行なう。まず、64個のセルを用意して、図3.aに示すような πr^2 の計算を行なうパイプラインステージの組合せでパス故障をランダムでパイプラインステージごとに発生させて目的の計算が最後までできるかを評価する。故障発生率を0.0~4.0%までの間で故障を起こした時の回避率を求める。

4.2 結果

シミュレーション結果について検討する。図4のグラフは従来のSOFTと新しいSOFTのシミュレーション結果である。間隔の広い点線が新しいSOFTで細かい点線が従来のSOFTである。また、直線が計算するものは同じでパイプラインのステージ数を減らした方式を示している(図3.b)。パス故障率1%では従来のSOFTが89.8%に対して新しいSOFTは97.9%の回避率であるここでかなりの差がでている。故障率4.0%では従来のSOFTは回避率74.2%なのに対して新しいSOFTは88.5%で14.3%もの故障回避率の差がでている。以上の結果から今回提案した新しいSOFTは従来のSOFTよりパス故障に対して耐故障性が良いと言える。次に図3.bの方法で計算した時の故障回避率と図3.aの方法で計算した新しいSOFTの故障回避率について検討する。図4のグラフで直線の新しいSOFTのパイプラインステージ数を減らした計算方法(図3.b)と点線の新しいSOFTでのパイプラインステージ数を従来のままで計算する方法(図3.a)を比較すると故障率2%を境に従来の計算方式の方が故障回避率が悪くなっている。同じ新しいSOFTでもパイプラインの段数を減らした方が回避率が良い。これは計算段数が少ないので壊れる確立が低くなると考えられる。新しいSOFTでパイプラインステージ数を減らしたのと従来のSOFTを比較すると故障率1%の時は新しいSOFTが99.4%に対して従来のSOFTは89.8%で9.6%の回避率の差があ

り、故障率4%では21.1%の差が出ている。新しいSOFTでは故障率4%のとき回避率が95.3%と95%台の数値を維持している。以上のことから新しいSOFTでパイプラインステージ数を減らすと故障回避能力が上がると思われる。

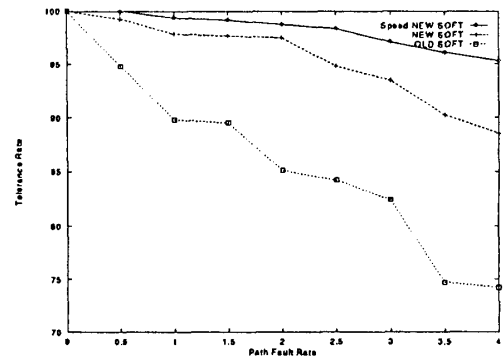


図 4: 従来のSOFTと新SOFTの比較

5. まとめ

今回提案した新しいSOFTは従来のSOFTに比べて故障回避率が良くさらに、同じ計算をするにもパイプラインの段数も少なくできるので計算Speedも上がり故障回避率も上がる。今後の問題点としてスルーパスの組合せやこの方式用のLSIの仕様を検討することが挙げられる。

参考文献

- [1] Hideki Mori, Minoru Uehara and Junichi Tamaki. "Stream Oriented Fault Tolerant Array". In International Conference on WAFER SCALE INTEGRATION. IEEE, Jan, 1995
- [2] 高西 裕治, 森 秀樹, 上原 稔, 玉木 淳一. "耐故障性マルチプロセッサのためのSOFTチップの設計と評価". 情報処理学会研究報告, Vol.95-ARC-31, 1995
- [3] 玉木 淳一, 高西 裕治, 森 秀樹, 上原 稔. "汎用CPUを用いた耐故障性マルチプロセッサSOFTの設計と評価". 情報処理学会第51回全国大会, Vol, 1995
- [4] 玉木 淳一, 田口 英伸, 森 秀樹, 上原 稔. "SOFTにおける耐故障性アルゴリズム". 電子情報通信学会技術研究報告, 1995
- [5] Patric T. Gaughan. "Data Streaming: Very Low Overhead Communication for Fine-grained". 7th EIGHTH IEEE SYMPOSIUM ON PARALLEL AND DISTRIBUTED PROCESSING, 1995