

SOFT におけるアクタ割り付けアルゴリズム\*

4B-4

田口 英伸 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、ストリーム通信に基づく並行オブジェクト計算モデル [3] を効率よく実行するための耐故障アーキテクチャである SOFT[1][2] におけるアクタ (プロセス) 割り付けアルゴリズムを提案する。SOFT では、格子型プロセッサアレイにアクタを割り付けて耐故障性パイプラインを構成することで耐故障性計算を実行する。

2. SOFT アーキテクチャ

SOFT(Stream Oriented Fault Tolerant) アーキテクチャでは、多数決と信頼度情報を用いたデータの比較を (信頼度型比較) を行う。信頼度情報は、直前に行われた計算結果との一致を取ることにより生成される。耐故障性は実行したい計算を3つのセルで同時に実行し、その3つのセルをグループと考えて並列に演算処理を行い、その演算結果の多数決を取ることで実現される。その処理ステップはパイプライン処理を行っていて、その直前のステップにおけるグループ内の3つのセルから2つのセルが次回の処理ステップで使用される。よって SOFT アーキテクチャは三重化を用いているのにも関わらず、総セル数は、基本セル数と同程度に抑えられている。

そのアーキテクチャは、それぞれのセルから8方向に双方向データバスを張り出している。それぞれのセルは、ALU、多数決回路、比較回路、信頼度評価回路をそれぞれ1つずつ含んでいる。それぞれのセルは、続いて起こるグループ内のセルである近隣の3つのセルに対してデータを送る。それぞれのセルは、データを受け取り個々の計算を実行する。多数決回路部では、先に行なわれたグループ内のセルから送られてきた3つの入力データから多数決を行うことで、1つのデータを選択する。信頼度評価部では、最も新しい個々の ALU 計算結果が信頼できるかを信頼度情報とし生成する。信頼度比較はセルに2つのデータしか入力されず、比較部において一致がとれなかった場合に対して信頼できる情報の選択に使用する。

3. 割り付けアルゴリズム

割り付けアルゴリズムを提案するに関して以下の4つの割り付け型を考えた。Triangle(図1(1))は割り付けに

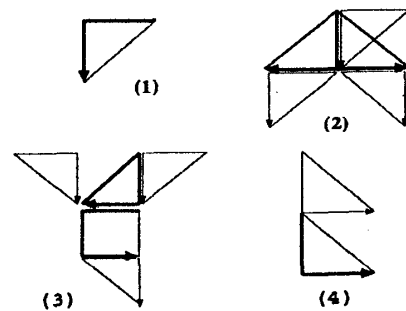


図1: 割り付け型

における基本形であり、1つの定数演算、2項演算、NOP、アクタなどを配置することが可能である。Merge(図1(3))はパイプラインで相反する2方向から到着したデータを Triangle 上の3セルに割り当て、アクタ計算を同時に行い、その結果を Square(図1(3)の4角形)で耐故障性計算を実行する。Branch(図1(2))は、1つのデータを全く同じデータに分割し、その後はそれぞれ独立する。Skip(図1(4))は、主に Merge などにおける遅延を防止するために使用する。

これら4種類を用いて、以下のアルゴリズムで実現をする。

定義 型 configuration

configuration は組  $\langle M, U, C, P, m \rangle$  で表す。M は割り付け済みシンボル木、U は未割り付けシンボル木、C は割り付けられたセル集合、P は割り付けられたプログラムの集合、m は  $m: \rightarrow P$  なる関数である。SOFT は3段パイプラインであるから、P は3つのサブプログラム  $\langle p1, p2, p3 \rangle$  で構成される。

定義 関数 grow(c:configuration)

grow は  $c = \langle M, U, C, P, m \rangle$  において、構文木の後置順に  $u \in U$  を選択し、それを割り付け、 $\langle M + \{u\}, U - \{u\}, C', P', m' \rangle$  を作成する。

\* An Algorithm of Actors Allocation in SOFT

† Hidenobu TAGUCHI, Hideki MORI, Minoru UEHARA, Junichi TAMAKI

‡ Department of Information and Computer Sciences, Toyo University

**定義 関数 check(c:configuration)**

check は  $c = \langle M, U, C, P, m \rangle$  において、 $U = \{\}$  ならば真、そうでなければ偽である。

**定義 関数 eval(c:configuration)**

eval は  $c = \langle M, U, C, P, m \rangle$  において、(最右セルの x 座標 - 最左セルの x 座標 + 1) × (最下セルの y 座標 - 最上セルの y 座標 + 1) なる値である。

**定義 関数 allocatable(c:configuration)**

allocatable は  $c = \langle M, U, C, P, m \rangle$  においてすべての  $e \in C$  について、 $m(e) = \langle p1, p2, p3 \rangle$  の衝突を検査し、衝突がなければ真、あれば偽となる。

アルゴリズムを以下に示す。

q: queue of configuration

c0: initial configuration  $\langle \{\}, U, \{\}, \{\}, \perp \rangle$

S: set of configuration

ans, e: configuration

q.put(c0);

while not q.empty() do

    c = q.get();

    if check(c) then {c がこれ以上成長しないなら}

        if eval(ans) < eval(c) then ans = c

    else begin

        S = grow(c); {S は c が成長した配置の集合}

        for each e in S do

            if allocatable(e) then q.put(e)

            {e が配置可能ならキューに追加}

        end

    end

end

以下(図2)に割り付け例( $\pi r^2$ )を示す。

**4. 評価**

このアルゴリズムで割り付け可能な式(プログラム)は 1 入力、1 出力の形をしたものになる。入力されたものが、徐々に Branch で広がっていき、それを Merge でまとめ縮小されていく様である。

評価の方法として以下の2つを用いる。

**セル数**

割り付けに関しては、面積の少ない方が効率が良い。

**信頼性**

Skip の使用については、連続的に使われると SOFT 上で信頼度生成のとき落ちてしまう可能性が高くなるため、最悪な場合(例えば、Branch から Merge へ

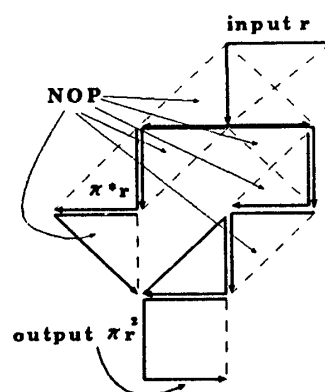


図2: 割り付け例( $\pi r^2$ )

のパスへのタイミングが合わないなど)を除いて利用を避けなければならない。

この2つのうち現段階では信頼性のほうを優先する。その評価は、アルゴリズム内で行う。

**5. 今後の課題**

現在、自動割り付けや表記できない式(交差すでに割り付けられている部分の通過)がある。今後は、SOFT2(SOFT を 6 段パイプラインにして交差を許す)を開発し、その上でアルゴリズムを考える。

**6. むすび**

本研究では、SOFT におけるアクタ割り付けアルゴリズムを提案した。このアルゴリズムは構文木を読み込み、それを 4 種類の割り付け型を利用して割り付けが可能なすべてのパスを網羅し、その中の最も効率が良いものを選択するものである。このように、SOFT に割り付けられた計算は SOFT により高信頼性かつ高速に計算される。

**参考文献**

- [1] 玉木 淳一 森 秀樹 上原 稔 “ストリーム計算のためのフォールトトレラントプロセッサ接続方式” 電子通信処理学会技術研究報告, WSIA-94-8, 1994
- [2] Hideki Mori, Junichi Tamaki, Minoru Uehara “Stream Oriented Fault Tolerant Array for WSI Implementation”, In International Conference on WAFER SCALE INTEGRATION IEEE, Jan 1995
- [3] Minoru Uehara “NET/C: Toward the Fine Grained UNIX-like OS”, OOIS'94, 1994