

並列論理型プログラムの特性解析 (1)

- 動特性解析ツール -

50-9

杉野榮二、吉市眞一、石塚裕一、宮崎敏彦、瀧和男

(1COT) (三發聲聲)

1. はじめに

第五世代コンピュータ・プロジェクトでは、マルチPSIを中心とする並列論理型プログラムの研究開発環境の整備を進めている[1]。また、並列論理型プログラムの作成もICOT内外で行われ始めている[2],[3],[4]。これら並列プログラムを、並列マシン上で効率良く動作させるためには、処理系の特性のみならず、並列プログラム自身の特性を知る必要がある。このため、汎用機上の処理系や、マルチPSIシミュレータ(Pseudo マルチPSI)を改良し、各種データの収集を行えるような環境も整えつつある。本稿では、並列プログラムの特性解析を行うために必要なパラメータとは何かを考え、ICOTでの特性解析ツールの現状について報告する。なお、本稿で言う並列論理型プログラムは、GHC (Guarded Horn Clauses)によるものを対象としている。

2. 並列プログラムの開発

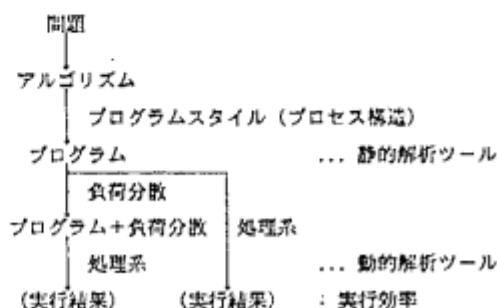
従来の逐次プログラムの開発では、効率の良いプログラムは、実際のシステム上で効率を確かめながら作成できた。あるいは、実際のシステムが使用できなくても、シミュレートすることで（あるいは、プログラムを見て）ある程度の効率を予想できた。

並列プログラムの開発をする際にも、実際の環境で、（何故だか分からなくても）実行効率を見ながら開発が進められるであろうが、どのようなプログラムが、その並列環境で効率良く動くかを知ることは難しい。現在、ICOTでは、いくつかの小規模な並列プログラムを作る試みがされており、これらの特性解析を手始めとして、並列プログラムの特性と効率の関係を知らうとしている[5]。

実際の並列プログラムの開発は、図のような階層から成る。すなわち、ある問題の結果を得るために、アルゴリズムを考え、そのプログラムを作る。そして、並列環境向けに負荷分散をさせ、実行させる。この各層ごとに、異なるアルゴリズム、異なるプログラム、異なる負荷分散の選択があり、その選択の仕方によって効率は異なってくる。従って、ある並列プログラムを動作させてみて、その効率がどの階層の因子によってもたらされたのかわかるためには、各階層に応じた解析ツールが必要とされる。このうち、本稿では、動的解析ツールについて述べる。静的解析ツールについては、現在考えられていない。注意しなければならないのは、プログラムの実行から現われる結果は、それ以前の階層の因子を全て含んでいるということ

(ICDT)

とである。たとえば、負荷分散させて得られた結果をみて、並列性が出ていないとしても、そこからただちに、負荷分散のさせ方が悪いとは言えない。そのプログラムに、アルゴリズムに、さらには問題自身に並列性が無ければ、やはり並列性は出ない。また、動的解析ツールは、処理系に依存する部分が大きく、異なる動的解析ツール上の測定データも、厳密に比較することはできない。



(184) 並列プログラム開発環境

3. 並列度解析ツール

本ツールは、汎用機上のGHC処理系を改良して作られ、プログラムの並列度を見るために用いられている。本ツールでは、実行待ちの全てのゴールは一齐に試みられる。これをサイクルと言う。リダクション可能なゴールは1サイクル中に必ず実行され、リダクションによって生成された子ゴールは、次のサイクルに回される。従って、本ツールでは、仮想的にプロセッサが無限にあり、全てのゴールが均等の機会で行われる並列環境を仮定したことになる。ここでは、サイクルあたりの平均リダクション数を並列度と定義している。

4. Pseudo マルチPS:

本処理系は、マルチPSI第一版のシミュレータとして作られ、一台のPSI上で動作する。本処理系は、一台上で複数台のプロセッサをシミュレートするため、一定間隔でプロセッサのスケジューリングを行っている。本処理系は、ネットワークをシミュレートする部分以外、マルチPSI第一版と同じであり、処理系自身やGCCプログラムのデバッグのために用いられていた。昨年より、マルチPSI第一版上での測定・評価も行われてきたが[6]、より簡単に使え、並列実

行の過程が見易いことから、これに測定用機能を加えて測定を行い始めている。

本処理系の利点は、並列環境をシミュレートしているため、プロセッサ間通信が定量的に計れることである。また、(疑似的に)同時実行中のプロセッサがどのくらいあるかが、一目で分かるようになっている。これによって、プログラムの並列実行状況を、直感的に見ることができる。

5. 並列プログラムの特性パラメタ

並列プログラムの特性を述べる時に、その効率を知る必要がある。並列プログラムの効率には、そのアルゴリズムによるプログラム固有の効率と、それを並列環境において負荷分散させた際の効率の二つがある。すなわち、

- ① 単体プロセッサでの実行効率
- ② 並列環境での実行効率(単体で動作させた時よりどのくらい良い/悪い。)

を知らねばならない。なお、実行効率の良さは、メモリ使用量と実行時間として現われるが、現在の解析ツールでは、メモリ使用量については考慮していない。

こうした実行効率は、プログラムの特性のある因子によって得られたものである。現在、その因子をつきとめるために、以下のパラメタに着目している。

i) プログラム固有の特性パラメタ

・ プログラムの並列度

並列度を定義して、プログラムの持つ並列性をパラメタライズする。現在は、先に述べた並列度解析ツールが用いられている。

・ リダクションの重さ

プログラムによっては、リダクション数が小さくても実行時間がかかるようなものがある。このことは、プログラムごとにリダクションの重さが異なることを表している。リダクションの重さは、rps値の逆数(spr, second per reduction: 1リダクションあたりの処理時間)に現われるが、この値も処理系依存である。従って、特定のプログラムの重さは、「基準プログラムに対して性能がN(rps)の処理系で、重さがN(spr)である。」という表し方になる。

ii) 負荷分散を含めたプログラムの特性パラメタ

・ 負荷バランス

直感的には、同時に動作しているプロセッサ数が多くあることであるが、定量的には、プロセッサごとに実行したリダクション数や、稼働時間のバランスで表す。

また、アイドル時間の多さも、負荷バランスの善し悪しを表す。

・ 通信量、通信コスト

マルチPSIのような疎結合による並列環境では、通信コストが大きく、通信量の実行効率に与える影響は、非常に大きい。これらは、通信メッセージ数や通信にかかる処理時間で表す。

6. 解析ツールの限界

シミュレータで測定する際、実時間は意味を持たないことが多い。PseudoマルチPSIは、実際のシステムに即した

処理系であるため、プロセッサごとの稼働時間と通信処理時間は、実時間で測定できるが、疑似的な並列実行であるために、レスポンス時間やプロセッサのアイドル時間は測定できない。一方、並列度解析ツールは、仮想的な実行環境であるために、実時間の代わりにサイクル数で実行効率を表している。

また、並列度解析ツールでは、PE間通信は考慮されていないので、負荷分散させることで実行効率の落ちるようなプログラムは、発見できない。

負荷バランスについては、プロセッサごとのリダクション数でも良いが、リダクションごとの重みも考慮する必要がある。PseudoマルチPSIでは、通信処理も仕事量に含めて考えて、稼働時間をとるようにした。ただし、レスポンス時間、アイドル時間が測定できないために、プロセッサがスケジュールされている間の実行リダクション数を測定できるようにしてある。また、稼働状況を視覚化して、直感的に負荷バランスが分かるようにした。

通信に関してPseudoマルチPSIでは、通信メッセージと、種類を測定できるようにしてある。しかし、通信の種類や大きさによってコストも異なることから、通信処理にかかる処理時間で、全体のコストを表している。

7. おわりに

並列論理型プログラムの開発は、まだ途についたばかりである。従って、サンプルとなるプログラムも少なく、しかも小規模で並列性の小さいものが多い。そのくせ、小さなプログラムでも、並列実行させると、その振舞いを追うことが難しい。動特性解析ツールは、これら並列プログラムの振舞いを、幾つかのパラメータを設定することで、分類することを目的としている。現在は、小規模なプログラムを対象としているが、小規模なプログラムのみならず、大規模な並列プログラムも、部品として用いているプログラムに、小規模プログラムの分類があてはまれば高効率化の助けとなるだろう。

<参考文献>

- [1] 渡辺 他, "Multi-PSIシステムの概要", 第32回情報処理学会(5B-8), 昭和61年3月
- [2] 高木 他, "A collection of LLI Programs - Part I -", ICOT TX-311
- [3] 佐藤 他, "並列論理型言語JSCによる論理型設計ツール・プログラムの記述", 本大会予稿集, 昭和61年3月
- [4] M. Eishimoto, et al, "An Evaluation of FPGC via Practical Application Programs", the Fourth Symposium on Logic Programming, San Francisco, August 1987
- [5] 市古 他, "並列論理型プログラムの特性解析(2) - 小規模プログラムの解析例 -", 本大会予稿集, 昭和62年3月
- [6] 杉野 他, "マルチPSIにおける処理系動特性の評価", 第34回情報処理学会(4P-8), 昭和62年3月