

ICOT Technical Memorandum: TM-0267, 0268, 0269, 0270, 0271, 0272

情報処理学会 第34回全国大会論文集-5

- TM-0267 PIMOS の概要
—並列推論マシン用オペレーティング・システムの構築—
- TM-0268 PSI-II のシステム・アーキテクチャ
- TM-0269 同義と排反を使った演繹について
- TM-0270 並列論理型言語による計算機性能評価支援システム
- TM-0271 プログラム自動生成システム PGEN におけるデータ関連図の意味理解
- TM-0272 並列推論マシン PIM —共有メモリ構造クラスタにおけるユニフィケーション—

- (0267) 佐藤裕幸, 近山 隆, 杉野栄二
- (0268) 中島 浩, 田辺隆司, 深沢 雄, 能勢 修(三菱電機),
江原輝文, 羽田芳仁(沖電気工業), 稲村 雄, 中島克人(ICOT)
- (0269) 坂間千秋, 横田一正
- (0270) 蛭田規之, 野田泰徳, 平野達郎, 植村昌俊(沖電気工業)
- (0271) 土田賢省, 西谷泰昭, 岩本莞二(日本電気)
- (0272) 清水 肇, 佐藤正俊

February, 1987

©1987, ICOT

ICOT

Mita Kokusai Bldg. 21F
4-28 Mita 1-Chome
Minato-ku Tokyo 108 Japan

(03) 456-3191~5
Telex ICOT J32964

Institute for New Generation Computer Technology

PIMOSの概要

- 並列推論マシン用オペレーティング・システムの構築 -

佐藤裕幸, 近山隆, 杉野栄二, 瀧和男

(財) 新世代コンピュータ技術開発機構

1. はじめに

第5世代コンピュータの研究開発プロジェクトでは、並列推論マシンPIM(1)の研究を主にアーキテクチャの観点から進めてきたが、その過程で、並列ソフトウェアに関する研究の重要性が明らかとなった。そこで、我々は並列ソフトウェアの研究開発ツールとして、疎結合の並列推論マシンであるマルチPSI(2)を開発しており、現在、第1版が稼働中である。PIMOS(Parallel Inference Machine Operating System)は、これらの並列推論マシン・システムを満足に稼働させるためのオペレーティング・システムである。また、並列論理型言語KLI(核言語第1版)で記述される初の本格的プログラムとなるべきものであり、これはPIMOSが実用的なソフトウェアを目指すと同時に、並列ソフトウェアの研究でもあると言える。

本稿では、PIMOSの設計方針、対象マシン、利用形態、実現に当たって必要とされる記述言語の機能(特に資源管理)及びPIMOSの各機能の概要について報告する。

2. 設計方針

PIMOSは、以下のような方針を基に設計を行った。

- (a) KLIで記述した純粋な論理型OSとする
論理型プログラミングの機能に基づいて、できる限り超論理的な機能を用いずに記述する。KLIは、刻々と変化する並列的な計算過程を表現するのに優れており、超論理的な機能をほとんど用いることなく、OSとして必要とされる機能を記述できると考えている。
- (b) 本格的なOSとして必要な機能を網羅する
PIMOSは、本格的なOSとして実用に耐えるために必要な機能を一応網羅する。ただし、実現手段として、フロントエンド・マシン上の機能に依存する部分もあるが、本質的には総てKLIで記述できる仕様とする。
- (c) 集中型単一OSとする
PIMOSは、(独立して動作するプロセッサごとのOSを組み合わせ、全体としても一体的に動作するような)分散型OSではない。PIMOSでは、個々のプロセッサは独立して意味のある動きをせず、KLIで記述されるソフトウェアに関する限り、対象となるマルチプロセッサ・システムは1台の計算機として扱われる。
- (d) 使い勝手のよいシステムを目指す
PIMOSは実験的なシステムのOSであるが、対象となるマシンのハードウェアや、並列アルゴリズムの実験/評価がスムーズに行えるように、ある程度使い勝手のよいシステムを目指す。良好なユーザ・インタフェース

という点では、フロントエンド・マシン(PSI)上のSIMPOSの機能を使うことによって、実現できると考えている。さらに、デバッグの困難な並列言語を扱う使いやすいデバッガ、ハードウェアや並列アルゴリズムの実験/評価を支援するための、各種の評価データを収集する機能を用意する。また、正常な動作が正常に行えるだけでなく、誤った使い方に対するOSの処置も重要である。

(e) クロス・システムを充実する

PIMOSが対象とする並列推論マシンは、実験機であり台数も限られるので、ソフトウェアの開発にそのまま用いるのは得策ではない。そこで、PIMOSはKLIプログラム開発環境をPSIのような逐次型マシン上にシミュレータとして提供する。この上では、単にKLIの論理的なレベルの実行が可能だけでなく、ゴールの実行順序をランダム化する等して実行順序に依存するテストや、負荷分散方式の評価に必要な計測値を集める機能等のツールを用意する。つまり、プログラム開発はクロス・システム上でを行い、最終的な実行と計測データ収集のみを実験機で行えるようにする。

3. 対象マシンと利用形態

PIMOSが対象とするマシン(マルチPSIおよびPIM)は、以下の形態を有することを仮定している。

- (a) フロントエンド・マシンが存在する
並列推論マシンの本体にはPSI相当のフロントエンド・マシンが接続されており、本体からの要求により入力装置の制御等を行う。
 - (b) ネットワークで結合された構成である
複数のPE(プロセッシング・エレメント)またはクラスタ(複数のPEが共有メモリにより密結合されたもの)がネットワークで結合された構成である。このため、PEまたはクラスタ内で閉じる処理に比べてネットワークを渡る処理の方がコストが高くなり、また、ネットワークの距離に応じた通信コストが存在する。従って、通信の局所性が重要となり、PIMOSはそれを高めるような負荷分散を目指す。
- PIMOSの利用形態は、シングル・ユーザ、マルチ・タスクを想定している。マルチ・ユーザ機能を提供しないのは、マルチ・プロセッサにおいて総てのユーザに公平に資源を割り当てるのが非常に困難だからである。ただし、並列推論マシンを物理的に分割して複数人で利用できるように機能を提供することは考えられる。

Outlines of PIMOS (Parallel Inference Machine Operating System)
H. SATO, T. CHIKAYAMA, E. SUGINO, K. TAKI
Institute for New Generation Computer Technology (ICOT)

4. 記述言語の拡張機能

PIMOSは、その下で実行されるユーザ・プログラムと同様にKLIにより記述される。KLIの基本機能はFGHC[3]であるが、PIMOSの記述に当たっては、以下のような拡張機能が不可欠である。

- (1) メタプログラミング機能
- (2) 速度向上のための機能
- (3) 大規模プログラムの構成のためのモジュール化機能

以下では、(1)の中で資源管理及び異常処理機能について述べる。

資源管理のためのプリミティブとして、以下のようなメタ組込述語を考える。

execute(GOAL, CONTROL, RESULT)

この組込述語は、(コンパイル時に)指定されたGOALを実行し、CONTROL又はRESULT引数により、種々の資源管理機能を提供する。この資源管理単位を「荘園」と呼ぶ。

CONTROL引数は、資源割り当てストリームであり、荘園に対して実行の開始/中断/放棄、CPU時間やメモリ量等の資源の割り当て、消費資源量の問い合わせ等を指定できる。

RESULT引数は、荘園の実行状態に関する報告が行われるストリームであり、実行の完了(成功/放棄)、資源の超過使用による中断、ゼロ除算等の例外事象が報告される。

例外事象の報告では、その種類、原因となったゴール(群)、実行の続行を指定するための変数が渡される。また、組込述語によって検出される例外と、ソフトウェアによって検出される異常事態を同じ枠組みで処理できるようにするために、ソフトウェアで積極的に例外を起こす機能(レイズ機能)も用意されている。

5. PIMOSの機能概要

PIMOSの開発項目は、実現手段により以下の3つのものから構成される。

(a) 本体

並列推論マシンのための資源管理や負荷分散制御等のPIMOSの中心となるもの。

(b) フロントエンド

本体と一緒に(又は本体からの依頼によって)動作し、入出力装置ハンドラ、ライブラリ・シンボル管理、メンテナンス機能等が含まれる。

(c) クロス・システム

本体とは全く独立して動作し、コンパイラ、シミュレータ等が含まれる。また、ニディタ等のように逐次型マシン上の機能(SIMPOS等)をそのまま利用するものもある。

以下では、PIMOSの概要をユーザから見た機能別に紹介する。

(1) 資源管理

ユーザの使用するCPU消費量、メモリ量、I/O資源等の管理、負荷分散の制御を行う。これらは荘園の機能を使って実現されるが、I/O資源についてはフロントエンドに資源の確保・解放を依頼する形で行われる。

(2) 異常処理

デッドロック、資源の超過使用、ゼロ除算等の異常に対して、実行を継続できるような処置を行う。また、ユーザがプログラムによりこの処置を定義できるような機能も提供する。

(3) ユーティリティ

PIMOSやアプリケーション・プログラムを記述するのに便利なツール群を提供する。例えば、任意のデータをメモリ上に格納する容器(プール)や、内部データ構造と文字列表記との変換を行うトランスデューサ等がある。ただし、変数の表示に関しては、並列環境であるため、いつ値を持つか分らず、正しく行えるとは限らない。

(4) プログラム管理

コンパイラ、リンカ、ローダ、ライブラリ、シンボル管理システム等の機能を提供する。ただし、コンパイラ、リンカは当面クロス・システムに置き、ライブラリ、シンボル管理機能はフロントエンド・マシンで実現される。

(5) 入出力

入出力は、フロントエンド・マシンとのストリームによる通信によって行い、端末、ファイル、プリンタ等の機能を提供する。また、時計の機能も提供する。

(6) タスク管理

名前を持ったあるひとかたまりの仕事の単位をタスクと呼び、ユーザはそれに対して荘園で提供されるような操作を行うことができる。またタスクは、I/O資源の管理単位でもある。そしてユーザが簡単にタスクに対して操作を行えるようにするツールであるシェルの機能も提供する。

(7) デバッグ支援

ユーザ・プログラムのデバッグを支援する機能には、文法ミスのチェック等を行う静的にプログラムを解析するプログラム・アナライザとプログラムを実行させて虫取りを行うトレーサがある。後者については、並列言語のデバッグ方式という大きな課題があり、その方法については今後十分な検討が必要である。

(8) 低レベル・サポート

システムの立ち上げ、低レベル・デバッグ、メンテナンス、ハード・エラー処理等の機能を提供する。

(9) 計測評価機能

ハードウェア、処理系、ユーザ・プログラム等の計測評価をスムーズに行え、各種評価データを収集/編集する機能を提供する。

6. おわりに

現在PIMOSは、各機能ごとに詳細な仕様及び実現方式について検討を行っている。今後、マルチPSI第2版上での実現に向けて、さらに検討を重ねて行く予定である。

<参考文献>

- [1] 後藤他：並列推論マシンPIM-中期構想一，第33回情報処理学会大会，3B-5，1986-10
- [2] 前田他：Multi-PSIシステムの概要，第32回情報処理学会大会，5Q-8，1986-3
- [3] Ueda：GUARDED HORN CLAUSES，LPC'85，pp.285 1986-6