

TM-0999他

第42回 情報処理学会全国大会  
発表論文集 II

January, 1991

© 1991, ICOT

**ICOT**

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

(03)3456-3191 ~ 5  
Telex ICOT J32964

---

**Institute for New Generation Computer Technology**

|        |                                                  |                                            |
|--------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| TM0999 | 並列推論マシンPIM/c<br>ーPIM/Cファームウェアの開発ー                | 中川 貫之(日立)、<br>朝家 真知子、杉江 衛、<br>早木 茂、今西 祐之   |
| TM1000 | 並列推論マシンPIM/c<br>ー水平型マイクロプログラムの<br>自動生成と最適化ー      | 早木 茂、森 努、<br>橋田 亨、今西 祐之、<br>中川 貫之、杉江 衛(日立) |
| TM1001 | 並列推論マシンPIM/c<br>ー分岐コストを0にするための<br>マイクロアドレスの自動生成ー | 今西 祐之、小島 丈一、<br>早木 茂、中川 貫之、<br>杉江 衛(日立)    |
| TM1004 | 確率的知識の帰納学習                                       | 中莖 洋一郎、古関 義幸、<br>田中 みどり(日本電気)              |
| TM1006 | アスペクトの諸層と事態の構造                                   | 佐野 洋、長澤 陽子                                 |
| TM1009 | GHC導出支援システム                                      | 田中 二郎、<br>的野 文夫(富士通)                       |
| TM1010 | クラスタ間メモリ共有型アーキテク<br>チャにおけるKL1処理系の考察              | 酒井 浩(東芝)、<br>仲瀬 明彦、武脇 敏晃                   |
| TM1011 | 並列推論マシンPIM/kの開発(1)<br>KL1処理系のデバック手法とツール          | 沖 健治(東芝)、丹野 尚、<br>酒井 浩、仲瀬 明彦、<br>武脇 敏晃     |
| TM1012 | 並列推論マシンPIM/kの開発(2)<br>KL1処理系の予備評価                | 丹野 尚(東芝)、沖 健治、<br>酒井 浩、武脇 敏晃、<br>仲瀬 明彦     |
| TM1013 | メッセージの追い越しがある分散環境<br>におけるプロセスの実行停止/<br>再開方式      | 六沢 一昭、山本 礼己、<br>川合 英夫、今井 明、<br>仲瀬 明彦(東芝)   |
| TM1014 | 並列推論マシンPIM/iにおける実行履<br>歴の利用                      | 吉田 裕一、佐藤 正俊<br>(沖)                         |
| TM1015 | 並列推論マシンPIM/iの要素プロセッ<br>サのアーキテクチャ評価               | 武田 浩一、佐藤 正俊、<br>大原 輝彦(沖)                   |

|        |                                                      |                                          |
|--------|------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| TM1016 | 並列推論マシンPIM/iのメモリシステムの評価ー並列キャッシュー                     | 大原 輝彦、武田 浩一<br>(沖)、佐藤 正樹                 |
| TM1017 | 並列推論マシンPIM/iの<br>タグアーキテクチャの評価                        | 加藤 研児、佐藤 正俊、<br>武田 浩一、大原 輝彦<br>(沖)       |
| TM1018 | 並列推論マシンPIM/iにおける<br>ゴール通信方式の評価                       | 久野 英治、佐藤 正俊<br>(沖)                       |
| TM1019 | 並列推論マシンPIM/iにおける<br>分岐特性                             | 佐藤 正俊、武田 浩一、<br>大原 輝彦 (沖)                |
| TM1020 | Flat GHC プログラムの抽象解釈                                  | 堀内 謙二                                    |
| TM1021 | PIM/mのフロントエンドプロセッサ<br>ーGC方式とその評価ー                    | 立野 裕和 (三菱)、<br>高橋 勝己、池田 守宏、<br>川田 易治     |
| TM1022 | PIM/mのフロントエンドプロセッサの<br>速度性能評価                        | 佐伯 稔、中島 浩、<br>立野 裕和、池田 守宏、<br>田嶋 隆二 (三菱) |
| TM1023 | GHCのメッセージ指向の並列処理<br>ー初期評価ー                           | 森田 正雄 (三菱総研)、<br>上田 和紀                   |
| TM1025 | 代数制約の構造情報を用いた幾何定理<br>証明の効率化手法の検討<br>グレブナ基底による方法への適用ー | 永井 保夫 (東芝)                               |
| TM1027 | TMSの確率的アルゴリズムによる並列<br>インプリメンテーション                    | 岩山 登、佐藤 健                                |
| TM1029 | Kappaにおける集合とその内部処理                                   | 五十嵐 努、河村 元夫、<br>金枝上 敦史 (三菱)              |
| TM1036 | 事例ベース推論における構造写像エン<br>ジンの利用                           | 森下 太郎、椿 和弘、<br>山路 孝浩 (シャープ)              |

# 並列推論マシン PIM/c

## —PIM/cのファームウェアの開発—

中川貴之\* 朝家真知子\* 早木茂\*\* 今西祐之\*\*\* 杉江衛\*

(\*) (株)日立製作所中央研究所 \*\* (株)日立マイコンシステム \*\*\* ヒューマンシステム株式会社

### 1. 概要

並列推論マシン PIM/c [1] (Parallel Inference Machine / type c) の試作を進めている。PIM/c は並列論理型言語 KL1 [2] (Kernel Language 1) で記述したプログラムを、高速に実行する KL1 専用の並列マシンであり、スヌーピングキャッシュを導入した (メモリ共有) 密結合マルチプロセッサと、クロスバネットワークによる (メモリ非共有) 疎結合マルチプロセッサの 2 階層のハードウェアを使い分けるように、マシン語である KL1-B 命令 [3] (KL1-Base) が定義されている。

水平型マイクロ命令を用いて、KL1-B マシンを構築するためのマイクロプログラムの開発手法と、高速化について報告する。

### 2. ファームウェア開発のキーポイント

KL1-B 命令の仕様は、ロード/ストア命令に換算して 33 Kstep をこえる大規模なものであり、VPIM [4] (Virtual PIM) に記述されている。そこで、ファームウェアの開発にあたり、以下の点に着目している。

- ・ハードウェア資源の有効利用
- ・VPIM レベルでのチューニングの容易性
- ・マイクロの性能/規模の管理の容易性
- ・VPIM に付属する Unix ツール群の流用

### 3. 大規模マイクロプログラムの開発手法

以上の経緯により、PIM/c では、マイクロプログラム第 1 版を自動生成ツール群を用いた自動生成により作成し、第 2 版を最適化ツール群を併用した半自動生成により作成する、多段階の開発手法を用いている。マイクロプログラム第 2 版の開発手順は以下のとおり。

- ・人手による VPIM の最適化
- ・レジスタおよびレジスタファイルの割付け
- ・レジスタファイルアクセスの削減
- ・マイクロテンプレートをを用いた VPIM 命令の展開

表 マイクロプログラムの高速化

| # | 高速化項目           | 効果 (MicroSteps) |
|---|-----------------|-----------------|
| 0 | 第 1 版のマイクロステップ数 | 416             |
| 1 | ディスパッチャの高速化     | -144            |
| 2 | 分岐処理の水平化        | -64             |
| 3 | KL1 命令処理間の水平化   | -36             |
| 4 | VPIM の人手最適化     | -32             |
| 5 | レジスタファイルアクセスの削減 | -29             |
| 6 | マイクロテンプレートの最適化  | -11             |

Parallel Inference Machine PIM/c - Development of PIM/c Firmware -

\*Takayuki Nakagawa, \*Machiko Asaie, \*Mamoru Sugie, \*\*Shigeru Hayaki, \*\*\*Hiroyuki Imanishi

\*)Hitachi Ltd. \*\*)Hitachi Microcomputer System Ltd. \*\*\*)Human Systems Inc.

・分岐処理の水平化

・マイクロデバッグ上のデバッグ

### 4. PIM/c ファームウェアの高速化

ファームウェアの第 2 版では、単一プロセッサの目標性能である 200 KLIPS (Logical Inference per second) を達成する見通しを得た。表に、append プログラムにおける、第 2 版の高速化内訳を示す。PIM/c はタグアーキテクチャを備えた水平型マイクロマシンであり、1 語が 104 ビットからなるマイクロ命令の 1 ステップには、複数の処理を指定できる。今回の高速化では、そのようなハードウェア特性を活かし、KL1-B 命令のフェッチおよびデコード処理を、KL1-B 命令毎の処理とオーバーラップ実行させる、“ディスパッチャの高速化” が特に有効であった。

### 5. おわりに

本研究によるファームウェアは第 2 版を完成し、第 3 版を開発中である。今後は PIMOS (PIM Operating System) の実装をすすめて大規模並列システムを評価する予定である。

最後に、日頃ご指導を頂いている ICOT 第 1 研究室の滝和男室長に深謝する。

なお、本研究は、ICOT からの委託研究の一環として実施された。

### 参考文献

- [1] 後藤ほか, “並列推論マシン PIM/c —概要—”, 情報処理学会第 40 回全国大会, 2L-1, 1990
- [2] Ueda et al, “Guarded Horn Clauses”, TR209, ICOT, 1985
- [3] Kimura et al, “An Abstract KL1 Machine and its Instruction Set”, Proc of the 1987 Symposium on Logic Programming
- [4] 山本ほか, “並列推論マシン PIM/c における抽象機械語 KL1-B の実装 —高級機械語を実装するための道具立て—”, 並列処理に関する指宿ミニシンポジウム, 1989