

並列推論マシン上の事例検索方式

橋 和弘、森下 太郎、山路 孝浩

シャープ(株) 情報技術開発センター

1 はじめに

我々は設計対象を機能系統木(検索キーと略す)として表現し、それに類似した機能系統木で表現される適切な設計事例を構造写像エンジンを用いて事例ベースから検索・組合せることにより設計支援を行う電子回路設計支援システムの研究開発を並列推論マシンPIW/m上で行っている。PIW/m上で事例ベース検索を行う場合人手による検索処理の負荷分散が難しいという問題点がある。この人手による負荷分散を自動化するために、過去の検索情報を関数化し、この関数を用いた自動負荷分散方式を開発し、その有効性をPIW/m上で確認した。本方式のPIW/m上での実現方法と評価について報告する。

2 PIW/m上の事例ベース検索方式

本事例ベース検索では、検索キーと類似した機能系統木を持つ回路ブロックの検索を構造写像エンジンによる照合により行う。検索キーは本構造で表現される[図 91]。検索キーごとに検索時間が異なるため検索キーに割り振るPE数を変えることと、割り振られたPEへ検索処理に必要な各種データ(事例、シソーラス等)を予め分散させることを考慮した事例ベース検索を下記に示す。ここで、自動負荷分散の対象とした箇所は下記の[1]の部分である。

[1] 各検索キーへのPE数割り当て(手作業)

検索キーに対して人手で適切なPE数を割り当て、各PEへ割り振る平均事例数を算出する。

[2] 検索・チェックストリーム作成

各検索キーに割り振られたPE群に対して構造写像エンジン検索用ストリーム、検索キーの再生成の有無を調べるストリーム等を張る。この際に事例、名詞・動詞シソーラス等の各種データを分散させる。

[3] 並列検索

各種ストリームを用い、検索キーを並列検索する。

3 過去の検索情報の関数化

エアコン性能計測装置設計問題の分析を行った。本問題は771個の回路ブロックから構成される事例ベースの中から、22個の検索キーに類似した機能系統木を持つ回路ブロックを検索して、組み合わせるものである。PIW/mの測定データを分析したところ、種々の特性があることが分かった。以下にその特性を示す。

【特性1】検索キー一個を2PEで並列実行時の検索時間(2CPU検索時間と略す)は1PE実行時の検索時間(1CPU検索時間と略す)と比べて約2.1倍程度速度向上するが、3PE以上で並列実行した時の検索時間は使用PE数の平方根倍程度しか速度向上しない。

【特性2】特定の機能用語(“作る”、“入れる”、“変える”)から構成される検索キーの検索時間が同じ理想値を持つ検索キーの検索時間と比べて、検索時間が平均して約3倍程度大きくなる。

【特性3】PE数を変えた負荷分散実験の経験から全体の検索時間のボトルネックになるのは理想値が最大の検索キーの最短検索時間(速度向上が頭打ちになる検索時間)のことが多い。理想値とは検索キーの構造的な大きさを数値化したものである。

【特性4】これら1CPU検索時間、2CPU検索時間、3PE以上使用時の検索時間、最短検索時間は理想値と相関関係がある。

これらの特性を関数化したものを下記に示す。

[関数1] 1 CPU検索時間直線(理想値と1CPU検索時間の関係)

理想値が0 : 19.2
理想値が0より大きく8未満 : $y = 5.71 \times x - 7.13$
理想値が8以上 : $y = 17.33 \times x - 119.96$

[関数2] 2CPU検索時間直線(理想値と2CPU検索時間の関係)

理想値が0 : 5.7
理想値が0より大きく8未満 : $y = 3.67 \times x - 7.68$
理想値が8以上 : $y = 9.5 \times x - 58.5$

[関数3] 最短検索時間直線(理想値と最短検索時間の関係)

理想値が0 : 1.8
理想値が0より大きく8未満 : $y = 0.66 \times x - 0.12$
理想値が8以上 : $y = 2.0 \times x - 8.4$

[関数4] 必要CPU数直線(理想値と必要CPU数の関係)

理想値が0 : 10
理想値が0より大きく8未満 : $y = 3.16 \times x + 0.72$
理想値が8以上 : $y = 0.75 \times x + 1.35$

[関数5] 検索キー性能曲線(3PE以上使用時の検索時間とPE数の関係)

理想値が0 : $y = 2\text{CPU検索時間} / \text{SQRT}(1.1 \times (N-1))$
理想値が0より大きく8未満 : $y = 2\text{CPU検索時間} / \text{SQRT}(1.1 \times (N-1))$
理想値が8以上 : $y = 2\text{CPU検索時間} / \text{SQRT}(0.73 \times (N-1))$
(注) N: PE数

4 実現方法

本負荷分散方式は検索キーの大まかな検索所要時

Case Base Retrieval Method for PIW/m
Kazuhiro TSUBAKI, Taro MORISHITA, Takahiro YAMAJI
SHARP Corp. Information System Research and Development Center

間(仕事量と略す)を以前の検索結果から推定し、それらの仕事量の比から検索キーに割り振るプロセッサ数を算出することを特長とする。本処理の入力は検索キーとPIM/mのPE数であり、出力は各検索キーへ割り振るPE数である。以下にアルゴリズムを示す。

```

step1: 検索キーの<最大理想値>選択
step2: <最大理想値>の<最短検索時間>と<必要CPU数>計算
      理想値を基に最短検索時間と必要CPU数直線から求める。
step3: 検索キー<2CPU検索時間>と<1CPU検索時間>計算
step4: 検索キー<必要CPU数>とその<検索時間>計算(下記処理)
      <IF> 0.9*(<最短検索時間> < <2CPU検索時間> <
          1.1*(<最短検索時間>
      <THEN>
          <2CPU検索時間>
      <ELSE THEN>
          1.1*(<最短検索時間> < <2CPU検索時間>
          <THEN>
              検索キー性能係数から検索キーの検索時間を計算
          <ELSE IF>
              <1CPU検索時間>/<最短検索時間> >
              <最短検索時間>/<2CPU検索時間>
          <THEN>
              <2CPU検索時間>
          <ELSE>
              <1CPU検索時間>

```

(注)“作る”、“入れる”、“変える”を含む検索キーについては、例外処理(1CPU検索時間、2CPU検索時間をそれぞれ3.6倍、2.7倍になる)として扱う。

```

step5: 各検索キーの仕事量計算とソート
      必要CPU数と検索時間を掛けたい仕事量を計算し、その小さいもの順に検索キーをソートする。
step6: 検索キー仕事量比と割り当てPE数計算
      下記式で各検索キーの仕事量の比とPE数を基に、各検索キーへ割り振るPE数を求める。

```

$$0.9 \leq W_i * N / W * N_i \leq 1.1$$

N: 検索に使用する全PE数

Ni: $W_i * N / W$ の値の整数部

W: 全仕事量

Wi: 検索キーiの仕事量

5 実験と評価

性能評価は前出の関数を4個の評価用問題(自動車減速装置設計、空調装置設計、ターボコンIF設計、無線送信ユニット設計)に適用して、本自動負荷分散と人手による負荷分散(手動負荷分散)との計測結果の比較により行った。表1、2に実験結果を示す。表において、処理時間の単位は秒であり、括弧内は台数効果である。下記の表で問題1、問題2、問題3、問題4、問題5は、それぞれエアコン性能評価装置、自動車減速装置設計、空調装置設計、ターボコンIF設計、無線送信ユニット設計の各問題に対応している。

表 1 手動負荷分散の計測結果

PE数 問題	1個	8個	16個	32個	64個
問題1	951.9 (1.0)	144.3 (6.6)	73.2 (13.0)	47.6 (20.0)	31.2 (30.5)
問題2	210.0 (1.0)	28.6 (7.4)	21.0 (10.0)	12.4 (16.9)	9.9 (21.3)
問題3	212.3 (1.0)	22.1 (9.6)	15.3 (13.9)	10.5 (20.1)	11.8 (18.0)
問題4	361.3 (1.0)	59.3 (6.1)	42.9 (8.4)	24.0 (15.1)	19.6 (18.5)
問題5	184.4 (1.0)	28.2 (6.5)	17.4 (10.6)	9.2 (20.0)	11.6 (15.9)

表 2 自動負荷分散の計測結果

PE数 問題	1個	8個	16個	32個	64個
問題1	951.9 (1.0)	168.5 (5.7)	89.3 (10.7)	51.5 (18.5)	37.4 (25.4)
問題2	210.0 (1.0)	27.3 (7.7)	17.4 (12.1)	11.4 (18.4)	11.3 (18.6)
問題3	212.3 (1.0)	27.7 (7.7)	12.8 (16.6)	9.2 (23.1)	9.3 (22.8)
問題4	361.3 (1.0)	60.3 (6.0)	30.2 (12.0)	25.8 (14.0)	18.2 (19.8)
問題5	184.4 (1.0)	27.9 (6.6)	16.7 (11.0)	11.6 (15.9)	11.1 (16.6)

表から本自動負荷分散方式(例外処理有り)が人手による負荷分散と同程度の性能を持つことが確認できる。しかしながら、下記の課題が残っている。

- ・現在得られている関数の定数パラメータは771個の事例ベースに固有のものであるため、事例ベースの増減に応じ自動的に関数の定数パラメータを更新する機能の研究開発が望ましい。
- ・PIM/mの1CPU検索時間と2CPU検索時間の間で大幅に速度向上する特性を活かしたPEの割り振りになっているため、マシンに依存しないアルゴリズムの研究開発が望ましい。

6 さいごに

過去の検索情報を利用して自動的に負荷分散を行う事例検索方式とそのPIM/m上での実験評価について述べた。本研究はICOTの受託研究の一環として行われているものであり、本研究の機会を与えて頂いたICOT第2研究室の新田室長に深く感謝致します。

[参考文献]

- [ICOT 92] ICOT, 発電設備診断システムの研究成果報告書 試作・評価編(1), 1992.
- [椿 91] 椿和弘、他、構造写像エンジンを利用した設計支援の考察, 情報処理学会第43回全国大会, 1991.