

汎用並列組合せ最適化パッケージの構想

3K-2

近山 隆 (東京大学) 藤瀬 哲朗 (三菱総合研究所)

仁木 直人・品野 勇治 (東京理科大学) 上田 和紀 (早稲田大学)

1. はじめに

低廉なマルチプロセッサシステムが市場に現れるにしたがって、並列処理技術の適用可能性は大きく広がってきている。すでに数値計算やオンライン・トランザクションにおいては並列処理が主流といえよう。組合せ最適化問題も大きな計算量を必要とし、そのアルゴリズムも効果的な並列化が可能な問題領域である。しかしながら、組合せ最適化問題への並列処理の適用はあまり進められていない。

本稿では組合せ最適化問題への並列処理の適用を容易にするための汎用パッケージ POPKern (Parallel OPTimization KERNel) の構想について述べる。

2. 現状の分析

組合せ最適化問題を効率的に解くには、問題領域固有の最適化が必須である。この種の問題では領域固有の最適化が計算量を大きく左右する。このため、問題固有の最適化を十分に施した逐次処理ソフトウェアが、一般的な最適化しか適用していない高並列ソフトウェアよりも高速であることが珍しくない。

問題固有の最適化は汎用パッケージのパラメタを調整する程度では不十分である場合が多い。このため、高効率を実現するパッケージは特定の問題領域向きのものとなっており、逆に汎用性の高いパッケージはあまり高い効率を得にくい。

組合せ最適化の対象となる問題領域は多岐に渡

り、これらのすべてに対し個別のパッケージを用意することは容易ではない。効率的な並列処理を実現すること自体にも特有の知識と経験とが必要であり、並列処理と問題領域双方の知識と経験を持つ技術者は多くない。

3. 設計方針

POPKern は、問題領域固有の知識や経験は十分保持しているが、並列処理については必ずしもそうではない利用者を想定している。POPKern は代表的な組合せ最適化手法の並列処理機能を提供する。具体的には以下のアルゴリズムを実現するパッケージを予定している。

山登り法、焼鈍し法、遺伝的アルゴリズム、分枝限定法

しかしながら、問題領域の性質に応じた最適化が重要な、問題や解の候補を表現するデータ型は定義せず、利用者定義に任せブラックボックスとして扱う。アルゴリズム適用の際に必要なサブルーチン群も、問題領域の性質に応じて利用者が定義する。これらの利用者定義サブルーチン群は、コンパイル後に POPKern とリンクし、POPKern は利用者定義サブルーチン群を呼出しながら、並列に最適化を進めていく (図1)。

利用者定義のデータ型やサブルーチンの記述には、並列処理の知識を必要としない。複数のプロセッサ間の通信や同期はカーネルが責任を持ち、利用

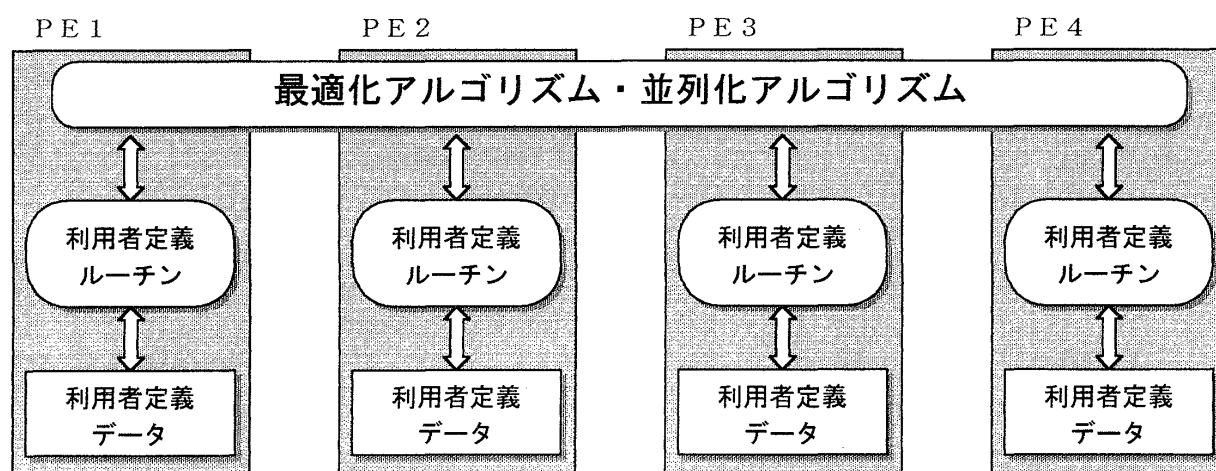


図1 POPKernの処理概念図

者定義のサブルーチンは逐次動作するものだけである。発見的手法の適用には適切な乱数が不可欠であるが、並列処理時にも適切な振舞いをする乱数も POPKern が提供する [1]。

利用者定義の型を持つ問題や解候補データをプロセッサ間で送受するには、データをバイナリデータにエンコード/デコードするルーチンを利用者が記述するが、これも逐次動作するルーチンである。

利用者がソフトウェアの一部を自由に記述する方式をとることによって、パラメタの設定を許すだけの方式に比べ、はるかに高い問題領域固有の最適化の自由度を与えることができる。

4. アプリケーション・インタフェース

前述の通り、アプリケーション・プログラムとのインタフェースは POPKern からのサブルーチンの呼出しとなる。たとえば、焼鈍し法パッケージにおいては、ユーザは以下のサブルーチン群を定義する。

- ◇ 問題の入力
- ◇ ランダムな初期解の生成
- ◇ 解候補のランダムな修正
- ◇ 解候補の評価
- ◇ ある「温度」での解候補の受容可否
- ◇ 解候補の出力

焼鈍し法の並列処理については、基本的には温度並列による処理を考えているが、利用者はこのために必要な分散管理や同期を意識する必要はない。

問題領域固有の最適化に責任を持つ利用者にとって、全体として最適化がどのように進行しているかを把握し、適切な修正を施していくことは重要であり、POPKern は処理の進行状況のグラフィカルな表示機能を提供する。しかし、問題や解候補の表現は利用者定義であり、どのような解候補を試しているかを簡潔な形で表示することは不可欠である。そこで、利用者が個々の解候補について表示ルーチンを定義すれば、POPKern は進行状況全体の表示の中にこれを取り込んで利用する。

5. 実装

POPKern は並行並列論理型言語 KL1 のポータブルな処理系 KLIC [2] の上に構築する。KLIC は KL1 プログラムを C プログラムに翻訳する方式の処理系で、システム依存の低レベル最適化に対象システム上の C コンパイラを利用することによって、異なる命令セットを持つシステムへの移植時の効率性を確保している。また、並列処理については、共有メモリを前提とした共有ヒープ方式と分散メモリ機を念

頭においたメッセージ・パッシング方式のふたつの処理系を備え、移植性を高めている。メッセージ・パッシング方式については、分散実行のための通信・同期プロトコルを定めるレイヤと、実際にメッセージを交換する通信レイヤを分離することにより、PVM などの標準的な通信ライブラリを利用するほかに、システム依存の効率的な通信機構を直接利用する実装が容易にできるように配慮しており、数多くの並列計算機システム上で動作する。

KLIC はシステム拡張を容易にするために generic object と呼ぶ機構を備えている。これは、いくつかのメソッドを備えたオブジェクトを C 言語で記述すれば、新たなデータ型や外界とのインタフェースなどを導入できるようにした枠組である。

この枠組に従った記述を行えば、副作用を持たない論理型言語と、変数の書換えによる計算処理を基本とする手続型言語とを、整合性よく連携させることができる。POPKern では、問題や解候補を表す利用者定義のデータとそれらに対する操作は、この generic object によって包み込む形で定義する。これによって、並行論理型言語の特徴である並行処理の容易な記述を生かしながら、利用者定義の手続的な記述を取り込むことができる。

6. おわりに

平成 11 年 1 月現在、POPKern は基礎的な設計を終え、具体的なシステムの構築にかかっているところであり、5 月までには実用性を持つプロトタイプを完成する予定である。

並列計算機システムの低廉化は今後も継続すると考えられ、ことに近い将来ワンチップのマルチプロセッサが市場に登場することにより、職場や家庭の PC にも急速に普及すると予想される。POPKern は、こうしたシステム上で気楽に使える効率的な組合せ最適化ソフトウェアを構築する土台として役立つものにしていきたいと考えている。

このプロジェクトの一部は、情報処理振興事業協会の先端的情報化推進基盤整備事業の一端として進めているものである。

参考文献

- [1] 今野、仁木、井上: 有限体を基にした多次元一様乱数列の発生算法と性質、第 63 回日本統計学会講演報告集、pp.29-30 (1995).
- [2] Chikayama, T.: KLIC: A Portable Parallel Implementation of a Concurrent Logic Programming Language, in Ito et al. Ed., Parallel Symbolic Languages and Systems, LNCS 1068, Springer, pp.286-294 (1995).