

進化的計算手法の並列計算機への実装

Implementation of Evolutionary Computation to Parallel Computers

正 三木 光範 (同志社大工)

Mitsunori MIKI, Doshisha University, Tatara Miyakodani 1-3, Kyo-Tanabe, Kyoto

Recently, many researchers are focusing their attention on the Evolutionary Computation (EC) methods. EC can provide good solutions for complicated optimization problems although it requires a lot of iterations of calculation. One of the solutions to this problem is to perform EC in parallel. When EC is implemented to parallel computers, it is important to design a parallel model suitable for the architecture of parallel computers. In this report, the parallelization of the genetic algorithms and the simulated annealing are mentioned here.

Key word: Evolutionary Computation, Parallel Processing, Distributed Models, Genetic Algorithms

1 はじめに

近年、進化的計算手法と呼ばれる最適化手法が注目を集めている。進化的計算手法とは、生物の進化のプロセスを工学的システムの最適化のために利用したアルゴリズムの総称であり、解の確率的な摂動と、環境の適合度による選択がその基本的特徴である¹⁾。代表的な進化的計算手法として進化戦略 (Evolutionary Strategy: ES)、遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm: GA) や遺伝的プログラミング (Genetic Programming: GP) が挙げられる。また、金属の焼きなましを模擬したシミュレーテッドアニーリング (Simulated Annealing: SA) も、その一種である。

これらの進化的手法は、これまでの手法では解くことが困難であった複雑な問題に適用でき、良好な解が得られる。しかしながら、解探索において膨大な反復計算が必要で、計算時間が長くなる欠点がある。このため、進化的計算手法の並列処理はきわめて重要である。また、並列処理する際に、モデルを分散モデルに変更することで、処理速度が向上するだけでなく、必要計算量や解の精度が変化することもある。

ここでは、代表的な進化的計算手法のうち GA と SA に注目し、その並列モデルと実装について検討する。

2 並列計算機と PC クラスタ

近年のコンピュータ技術の著しい進歩により、PC の性能は飛躍的に向上している。PC クラスタは、このような汎用 PC を汎用ネットワークで接続し、MPI や PVM などの汎用並列通信ライブラリを用いる並列計算システムである。このため、従来から用いられている専用並列計算機と比較して、コストパフォー

マンスの高いシステムを構築することができる。

しかしながら、PC クラスタのネットワークは、100BASE-T のような Ethernet で構築される場合が多く、通信のオーバーヘッドが大きくなる。このため、PC クラスタに進化計算手法を実装する際には、なるべく通信量を少なくすることで高い並列化効率が期待できる。一方、専用並列計算機においては、ネットワークトポロジに適したモデルを設計することで、その性能を極限まで高めることができる。このように、並列計算機への実装に際しては、対象となる計算機の通信性能やネットワークトポロジに適したモデルを設計することが重要である。

3 遺伝的アルゴリズムの並列化

GA は生物の進化を模倣した確率的な多点探索アルゴリズムである²⁾。GA はそのアルゴリズムの中に潜在的な並列性を有しており、他の最適化手法と比較して並列化に適したアルゴリズムであるといえる。GA の並列化については多くの研究がなされているが、それらは負荷の分散方法に基づいて粗粒度モデルと細粒度モデルに分割できる³⁾。

3.1 粗粒度並列モデル

粗粒度モデルは一般に島モデル (Island model) と呼ばれる。このモデルでは、母集団を複数のサブ母集団に分割し、各サブ母集団ごとに独立に遺伝的操作を行い、一定期間ごとに異なるサブ母集団ごとに移住と呼ばれる個体情報の交換を行う (Fig. 1)。並列計算機に実装する場合には、各サブ母集団にプロセッサを割り当てる。このモデルでは移住以外は通信が必要ないため、高い並列化効率が期待できる。また、複数のサブ母集団によって多様性が高まり、単一母集団のモデルと比較して必要な計算量が減少す

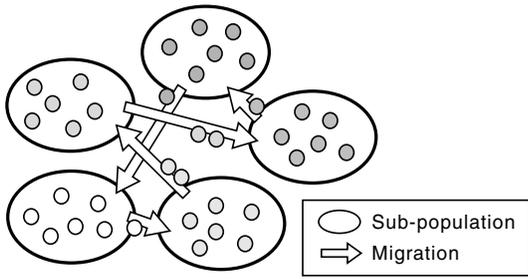


Fig. 1: Island model

ることが知られている⁴⁾。

3.2 細粒度並列モデル

GAにおいては計算時間の大部分を評価の操作が占めることが多く、対象とする問題が複雑になるほどその傾向が強くなる。そこで単純な並列モデルとして評価計算の部分を分散し、並列に計算を行う細粒度並列モデルが考えられる。このモデルはマスター・スレーブ型となり、評価を除く全ての遺伝的操作はマスターとなる1つのプロセスにおいて行う。評価の操作は、マスターから複数のスレーブに評価すべき個体のデータを送信し、スレーブにおいて評価計算を行い、結果をマスターに返す (Fig. 2)。

このモデルは、逐次処理のモデルと基本的に同一のため、必要な総計算量は変化しない。また、通信量は比較的多く、1CPUがマスターとして必要であるため、PC クラスタには不向きである。

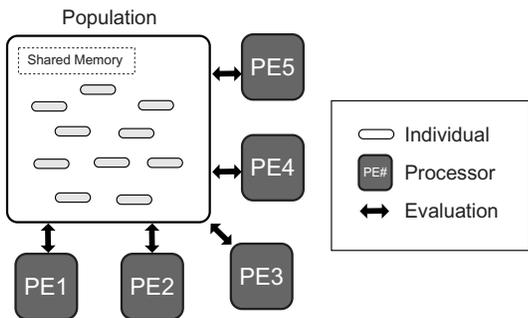


Fig. 2: Fine grained model

4 シミュレーテッドアニーリングの並列化

SAは金属の焼きなましを模擬した最適化手法であり、温度パラメータに応じて解の摂動を変化させて、解空間の探索を行う。SAはさまざまな最適化問題において有効な手段であるが、マルコフ連鎖をたどる処理であるため、本来強い逐次性があり並列化は容易ではない。しかし計算の効率化と解品質の向上を図るために、SAを並列化する研究が盛んに行われてきた。

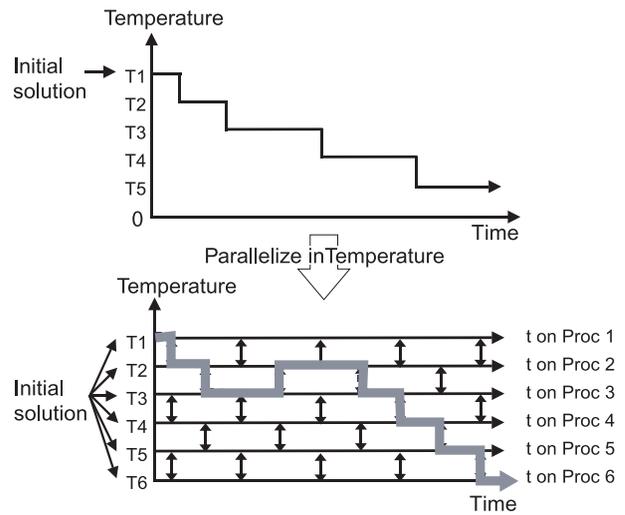


Fig. 3: SA and Temperature Parallel SA

4.1 温度並列 SA

代表的な並列 SA としては温度並列 SA (Temperature Parallel SA: TPSA) が挙げられる。TPSAは、複数のプロセッサに異なる温度を与え、各プロセッサでは一定温度でアニーリングを行い、一定の間隔で隣接する温度プロセッサ間で解を交換するという手法である。TPSAでは各プロセッサが一定の温度を保つためクーリングスケジュールが不要となるという利点がある⁵⁾。

5 おわりに

進化的計算手法は複雑な実問題に有効な最適化手法である。しかしながら、この手法は一般に、膨大な反復計算を必要とするという欠点を有する。この問題を解決するためには、各手法の並列処理が有効である。進化的計算手法を並列計算機に実装するには計算機の構造に適した並列モデルを設計することが重要となる。

参考文献

- 1) Hans-Paul Schwefel. *Evolution and optimum seeking*. John Wiley & Sons, Inc, 1995.
- 2) D.E. Goldberg. *Genetic Algorithms in Search Optimization and Machine Learning*. Addison-Wesley, 1989.
- 3) Erick Cantú-Paz. A survey of parallel genetic algorithms. *Calculateurs Paralleles*, Vol. 10, No. 2, 1998.
- 4) 三木, 廣安, 金子. 分散母集団遺伝的アルゴリズムにおける解探索能力. 人工知能学会全国大会, 1999.
- 5) 小西健三, 瀧和男, 木村宏一. 温度並列シミュレーテッド・アニーリング法とその評価. 情報処理学会論文誌, Vol. 36, No. 4, pp. 797-807, 1995.

出典：

日本機械学会 2000 年度年次大会

先端技術フォーラム講演論文

2000 年 8 月

問い合わせ先：

同志社大学工学部/ 同志社大学大学院工学研究科

知的システムデザイン研究室

(<http://mikilab.doshisha.ac.jp>)