

動的な階層システム上に実装した並列分散遺伝的アルゴリズムの検討

谷口 義樹

1 はじめに

近年、計算機の普及と発展により、利用できる計算機環境が大規模化してきており、計算機を利用した大規模なシミュレーションおよび解析がより頻繁に行われるようになってきた。一般的に利用されている PC をネットワークで相互接続し、全体を 1 つの並列計算機として利用する PC クラスタシステムが、そのコストパフォーマンスの高さから、高価な専用部品で構成される従来のスーパーコンピュータに代わり、注目を集めている。また、これらの PC クラスタシステムやスーパーコンピュータ等をインターネットで接続し、世界中に分散した計算資源を利用する技術であるグリッド技術の研究が広く行われている。

このような、分散した計算機資源をネットワークでつないで、論理的な階層構造を構築するミドルウェアとして、分散ネットワークアプリケーションシステム (Distributed Network Application System : DNAS) がある。本研究では、DNAS 上で動作するアプリケーションとして、並列分散遺伝的アルゴリズム (Parallel Distributed Genetic Algorithm : PDGA) を実装し、DNAS の通信の特徴にあった PDGA のモデルの検討を行う。

2 分散ネットワークアプリケーションシステム (DNAS)

DNAS は、分散したノードを階層的につなぎ、その上でアプリケーションを動作させるためのシステムである。DNAS の目的は、論理的なツリー構造を動的に生成し、情報の伝達を効率よく行うことである。通常、ネットワークを介して動作するアプリケーションは、クライアントサーバシステムを用いることが多いが、その場合、負荷がサーバに集中してしまうという欠点がある。それに対して DNAS は、論理的なツリー構造を持つシステムであるため、各ノードがクライアントとなり、かつサーバとなることによって、サーバ機能の分散が実現される。DNAS システム内部のノードを DNAS servent ノードと呼び、ツリー構造のルートノードを DNAS master ノードと呼ぶ。また、DNAS master ノードおよび DNAS servent ノードで実際にノード間の通信やデータのキャッシュ等を行うアプリケーションをそれぞれ、DNAS master デモン、DNAS servent デモンと呼ぶ。

DNAS master に近いノードを uplink ノード、DNAS master から遠いノードを downlink ノードと呼ぶ。ツ

リー構造をとるシステムは、中間層にあるノードに障害が起きますと、情報の中継が途絶えてしまうという欠点がある。DNAS は、停止したノードを動的に削除してツリー構造を作り直すという機能を持つシステムであるため、中間層にあるノードに対する障害に対応できるシステムである。また、単一ノードに負荷がかかりすぎないように、downlink ノードが指定した数より多い場合は、動的にツリーの再構築を行い、downlink ノードの数を減らす。

3 DNAS 上に実装した並列分散遺伝的アルゴリズム (PDGA)

3.1 DNAS 上に実装した PDGA の移住の仕組み

本研究では、DNAS 上で動作するアプリケーションとして、遺伝的アルゴリズム (GA) の並列化モデルの一つである並列分散遺伝的アルゴリズム (PDGA) を実装した。DNAS 上に実装した PDGA の各分割母集団は、それぞれ独立したノードで計算を行い、ノード間での個体の移住は、以下のような手順で行う (Fig. 1)。

1. 各 DNAS ノード上で動作する PDGA の各分割母集団は、DNAS が提供する API の中の、DNAS_sendinfo() 関数を利用して、移住個体をローカルホストで動作している DNAS servent デーモンに送信する。
2. DNAS servent デーモンは、その移住個体を一定の時間間隔で uplink ノードに送信する。
3. 各 DNAS ノードで動作する GA は、DNAS が提供する API の中の、DNAS_gatherinfo() 関数を利用して、uplink ノードから移住個体を受信する。

3.2 DNAS の動的トポロジが PDGA の解探索に与える影響

DNAS の動的に論理的なツリー構造のトポロジを変化させる機能は、PDGA が動作している間も、トポロジを常に変化させる。そのため、DNAS 上に実装した PDGA において各分割母集団が移住を行う相手が動的に変化することになる。このような、DNAS の動的に変化するトポロジが PDGA の解探索にどのような影響を与えるかを検証するため、動的にトポロジが変化した場合と、4 種類の事前に定めたトポロジに固定したした場

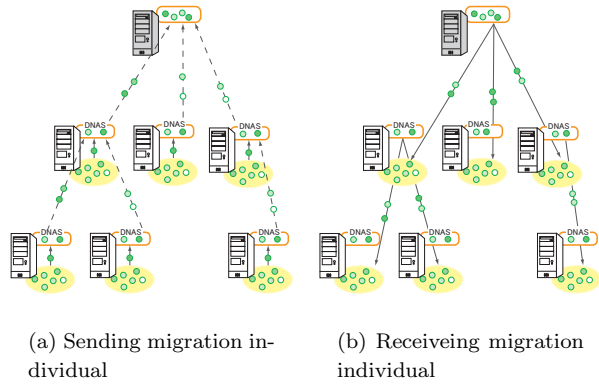


Fig. 1 Migration process in PDGA on DNAS

合との比較実験を行った。実験の結果、適用した全ての対象問題において、解探索性能にほとんど差が見られなかった。このことから、DNAS のトポロジが動的に変化することは、DNAS 上に実装した PDGA の解探索に悪影響を与えないことが分かった。

3.3 DNAS の通信の特徴に合った PDGA の移住モデルの検討

DNAS の通信モデルの特徴として、論理的なツリー構造において、局地的な通信は頻繁に行われるが、情報がシステム全体に行き渡るには、十分な時間を必要とすることが挙げられる。DNAS 上に実装した PDGA の移住モデルとして、ランダムに選んだ個体を uplink ノードに送信し、uplink ノードから受信した個体を分割母集団内でランダムに選んだ個体と置き換える方法が考えられるが、この移住モデルを用いると、システム全体に良好な個体情報が伝わるのに時間を要するため、解探索性能が良くない。DNAS 上の PDGA では、移住先を指定することができないことから、通常の PDGA の移住モデルを利用することができないため、以下に示すような、DNAS に特化した新たな移住モデルの検討を行う。

各 DNAS ノードにそれまで探索された最良な解を持つ個体を保存しておくアーカイブを持たせ、そのアーカイブに保存している個体とランダムに選択した個体を DNAS デーモンに送信する。次に、uplink ノードの DNAS デーモンからアーカイブ個体とランダム個体を受信する。受信したアーカイブ個体が、そのノードが保存しているアーカイブ個体より良い個体であった場合には置き換える。また、受信したランダム個体は、そのノードの持つ個体とランダムに置き換える。さらに、ノード内で探索中に最良な解を持つ個体がアーカイブの個体より良くなった場合にはアーカイブ個体と入れ換える。このアーカイブは次の世代の選択操作を行う時に母集団に組み込まれる。このように、2 種類の移住個体情報を送受信するような移住モデル (アーカイブ移住モデル) を実装し、これまでの移住モデルと比較して、解探

索に与える影響についての検討を行ったいくつかの対象問題に適用した結果、従来の移住モデルと同等もしくはそれ以上の結果が得られた。結果の一例として、20 次元 Griewank 関数および 20 次元 Ridge 関数に適用した結果を、Fig. 2 に示す。なお、実験結果の検討を行うために、対数グラフを用いた。よって、0 が定義域からはずれるため、実際の関数評価値に 0.01 を加えたものをプロットしている。最適解は、それぞれにおいて関数評価値が 0.01 の場合である。

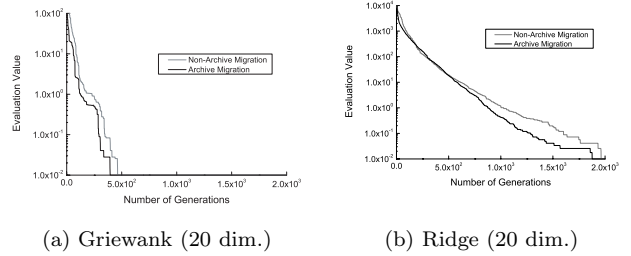


Fig. 2 Results of the non-archive migration and the archive migration in PDGA on DNAS

4 まとめ

昨年度、DNAS 上で動作するアプリケーションとして、PDGA を実装した。従来の PDGA では、あるノードに障害が生じた場合、アプリケーションが終了するが、論理的な動的ツリー構造を有する DNAS 上に実装した PDGA は、ツリー構造の中間層ノードに障害が生じた場合でも、解探索を続けることができる。DNAS の通信は、論理的なツリー構造において、局地的な通信は頻繁に行われるが、情報がシステム全体に伝達されるには、十分な時間が必要である、という特徴を持つ。この DNAS の通信の特徴に合う、PDGA の移住モデルとしてアーカイブ移住モデルを実装した。いくつかの対象問題に適用した結果、従来の移住モデルと比較して、同等もしくはそれ以上の解探索性能を示した。

以上の結果より、PC クラスタ環境やグリッド環境などの広域分散ネットワークにおいて、DNAS 上に実装した PDGA は、有用な最適化手法の一つであることを示した。

5 今後の予定

本年度は、DNAS のシステムの改良を行い、グリッド環境により適したミドルウェアの構築を 1 つの大きな目標とする。現在の DNAS は、ツリー構造のルートノードである DNAS master が停止した場合、システム全体が機能しなくなるという欠点を有するが、改良後は全ノードの関係が対等 (P2P システム) となり、障害に対応できる機構を導入する。また、グリッド環境に適用する場合、各ノードへの接続認証が必要なるが、それには Globus を利用することを考える。