

論文内容の要旨

博士論文題目

Improvement of Exploration Efficiency of Island Model GA and Application to Routing Problem in Mobile Ad Hoc Network (島モデルGAにおける解の探索効率の向上とモバイルアドホックネットワーク上の実用アプリケーションへの適用)

氏 名
高島 栄一

この論文では、並列最適化手法の一種である島モデル遺伝的アルゴリズム（以後、IGA）において、パラメタの自動調整による解の探索効率向上のための手法、およびモバイルアドホックネットワーク（以後、MANET）上のマルチキャストルーティング問題への適用する手法の二つの提案を行った。

1番目のテーマでは、交叉率や突然変異率などの多数のパラメタを同時に自動的に調整しつつ、効率良く解の探索をする手法を提案する。パラメタの調節に必要な労力を削減するために、自動的にパラメタを調節する適応GAは提案されてきた。多くの適応GAでは、同時に一つか二つのパラメタしか調整することができない。一方、多数のパラメタを同時に調整する適応GAはいくつかあるが、非常に計算量を必要とする。本論文では、同時に、多数のパラメタを調整しつつ、効率良く解の探索を行う手法を提案する。提案手法では、解の探索のプロセスを複数に分割する。分割した各プロセスにおいて、メタGAによるパラメタの生成と、その生成したパラメタを用いたIGAによる解の探索を交互に行う。これにより効率よく解の探索ができる。また、提案手法において計算能力が異なる多数の計算機を用いる場合、計算能力の低い計算機が計算を終了するまで、計算能力が高い計算機を待つ必要がある。そこで、その遊休時間を削減するために、計算機間において非同期で動作できるように提案手法の拡張を行った。実験により、提案手法は、手調整により最適化を行ったパラメタを用いた単純GAに迫る性能を示すことを確認した。さらに、計算能力が異なる複数の計算機を用いた環境下において、提案手法は、遊休時間を削減できることを確認した。

2番目のテーマでは、IGAを用いて、QoSを考慮したマルチキャスト木を効率よく求める方式を提案する。遅延や帯域幅などの複数のQoSに関する制約を満たす最適なマルチキャスト木を構築する問題は、NP困難であることが知られている。そのため、一つの解法として、GAを用いる方法が提案されている。しかし、MANET上では、移動端末の計算資源および通信資源の制約が大きいという問題がある。既存手法は、集中制御方式に基づいており、MANET上に適用するのは困難であった。本論文では、MANET上において、与えられた目的に対し準最適なマルチキャスト木を構築する手法を提案する。スケーラビリティを高めるため、提案手法では、MANETを複数のクラスタに分割し、各クラスタ内およびクラスタ間の2階層でそれぞれ配送経路を算出する。そして、それらを組み合わせてマルチキャスト木を構築する。また、各配送経路は、複数の移動端末によりIGAを構成して、算出をする。ネットワークシミュレータを用いた実験により、既存のQoSマルチキャストルーティング手法に比べ、提案手法は、消費電力最小、木の安定性最大など様々な目的に関して、より優れたマルチキャスト木を構築できることが分かった。

(論文審査結果の要旨)

本論文は、並列準最適化手法の一種である島モデル GA において、解の探索効率向上のための手法、およびモバイルアドホックネットワーク上のマルチキャストルーティング問題へ適用する手法の二つの提案をしている。

1. 複数のパラメタ値を自動的に調整しつつ解を探索する手法を提案している。提案手法では、解の探索のプロセスを複数に分割し、分割した各プロセスにおいて、メタ GA によるパラメタの生成と、その生成したパラメタを用いた島モデル GA による解の探索を交互に行うという方法を採用した。これにより、提案手法は、従来手法より少ない、単純 GA に迫る計算量で、同時に多数のパラメタを適応することができるようになっていた。また、計算機間の遊休時間を削減するために、計算機間において非同期で動作できるように提案手法の拡張を行っている。実験により、提案手法は、パラメタ調整に手間をかけることなしに、手調整により最適化された島モデル GA にせまる解の探索効率であることが示されている。さらに、計算能力が異なる複数の計算機を用いた環境下において、提案手法は、遊休時間を削減できることが示されている。

2. 島モデル GA を用いて、複数の QoS 制約および最適性を考慮したマルチキャスト木を効率よく求める手法を提案している。提案手法では、スケーラビリティ確保のため、ネットワーク上のノードを複数のクラスタに分割し、各クラスタ内およびクラスタ間の 2 階層でそれぞれ配送経路を算出し、それぞれで算出した経路を組み合わせてマルチキャスト木を構築するという手法を採用している。また、計算のノードの負荷を軽減するため、最適な配送経路算出に、島モデル GA を用いて分散処理を行っている。これらの工夫により、提案手法は従来の集中制御の手法に比べ、より高いスケーラビリティを達成している。実験により、消費電力最小、木の安定性最大など様々な目的に関して、提案手法は従来手法に比べ、より優れたマルチキャスト木を構築できることを示している。

これら本論文で提案されている手法は、実用性をもち、かつ問題設定および解法は新規性を有するものであり、数理モデル化と問題解決の分野の発展に貢献するものである。よって、本論文は、博士（工学）学位論文としての価値があるものと認める。