

平成 22 年 5 月 19 日現在

研究種目：若手研究（B）  
 研究期間：2007～2009  
 課題番号：19700071  
 研究課題名（和文） 進化的アルゴリズムに基づく次世代ネットワークにおける最適化設計問題に関する研究  
 研究課題名（英文） Study on Evolutionary Algorithms for Optimization Design in Next Generation Network  
 研究代表者  
 林 林（LIN LIN）  
 早稲田大学・理工学術院・研究員  
 研究者番号：90434331

## 研究成果の概要（和文）：

本研究では、次世代ネットワーク (NGN) における最適化問題の設計及び解析、更には通信ソフトウェア設計におけるモデリングと解析等を行い、これらの最適化問題の特性に対する効率的なハイブリッド型 EA を提案した。研究成果として、(1) NGN における最適化問題の設計及び解析、通信ソフトウェア設計におけるモデリングと解析等を行い、効率的なアルゴリズムを開発するため、高い計算負荷、早熟収束による局所解への収束及びパラメータ設定の複雑さを考慮し、効率的な局所探索法を組み込んだハイブリッド進化型計算法を提案した。(2) NGN における信頼性最適化設計・セキュリティ問題に対し、現在までのハイブリッド型進化的アルゴリズムを改善し、新たなアルゴリズムの開発を主に行った。更に、(3) NGN における複雑なネットワーク環境及び通信サービスに応じるサービス指向進化的計算法に関するソフトウェアの研究開発を行った。

## 研究成果の概要（英文）：

In this project, we focused on the problem analysis and optimization in Next Generation Network (NGN) by using Evolutionary Algorithms (EAs). We proposed a network modeling technique for the problem modeling in NGA. (1) Based on the structure characteristics analysis of the network model, we proposed several kinds of hybrid EA approaches with combined Fuzzy Logic Control (FLC) etc. (2) We proposed effective EAs for solving the capacitated minimum spanning tree problem in dynamic environment. The purpose is to improve Quality of Service (QoS) and provide network reliability of Next Generation Network (NGN) with considering the network provisioning capability and dynamic environment. (3) We developed a Service-oriented Evolutionary Computation Architecture (SoECA), it defines a standard of Evolutionary Computations (ECs), and provides a software tool for the optimization problems in NGN.

## 交付決定額

(金額単位：円)

|          | 直接経費      | 間接経費    | 合計        |
|----------|-----------|---------|-----------|
| 平成 19 年度 | 1,300,000 | 0       | 1,300,000 |
| 平成 20 年度 | 900,000   | 270,000 | 1,170,000 |
| 平成 21 年度 | 800,000   | 240,000 | 1,040,000 |
| 年度       |           |         |           |
| 年度       |           |         |           |
| 総計       | 3,000,000 | 510,000 | 3,510,000 |

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学 計算機システム・ネットワーク

キーワード：情報通信システム, 進化的アルゴリズム

## 1. 研究開始当初の背景

次世代ネットワーク (NGN): 現在個別に構築されているインターネットサービス用 IP ネットワークと電話サービス用の電話網を、IP 技術を用いて QoS やセキュリティを向上させた IP 通信網として統合し、現行の公衆網を代替する次世代 IP ネットワークのこと。電話だけでなくテレビ放送も IP ネットワークで統一的に提供しようとする動きも進められている。

各国の NGN 状況: 2000 年代に入り、各国の事業者が公衆交換電話網の置き換えを発表している。

- イギリスのブリティッシュテレコム: 2008 年までに IP 化完了予定。
- ドイツのドイツ・テレコム: 2012 年を目標に IP 化完了予定。
- 大韓民国の韓国通信: 2010 年を目標にネットワーク部分の IP 化完了予定。
- 日本の KDDI: 2008 年までに IP 化完了予定。

日本の NTT グループ: 2008 年までに長距離基幹網を IP 化・2010 年代前半までに原則として全面的に IP 網化。

通信ネットワークの最適化問題: 通信ネットワークにおける最短経路問題、最大流問題をはじめとする各種静的システムと動的システムの信頼性やセキュリティ、高速通信サービスなど最適化問題の設計と解析、通信ソフトウェア設計におけるモデリングと解析、等に関する研究である。

NGN の問題点: NGN が備えるべき特徴としてはエンドツーエンド QoS 保証の提供、モバイル性のサポートなどが挙げられる。日本では通信事業者などが具体的な技術課題を検討する「IP ネットワーク設備委員会」や、産官学が連携して課題に当たるための「次世代 IP ネットワーク推進フォーラム」が設立されている。NGN を実現するためには、NGN の全体信頼性最適化問題、高速通信最適化問題など、数多くの問題解決が必要である。また、NGN の利用形態が多様化し、流通する情報の量も増大していくと、動的システムにおける高速ルーチングには、迅速かつ高効率に提供できる最適化アルゴリズムが必要となる。

しかし、現在において通信ネットワークの最適化問題に対しては、伝統的な探索方法が用いられている。そのままこれらの最適化アルゴリズムを使用しても、今後 NGN を実現する上で浮上してくる問題には対処できないと考える。

進化的アルゴリズム (Evolutionary Algorithm) は、幅広い分野の実問題に対し柔軟な適用性を持つという特長がある。しかしその反面、いくつかの問題点を持ち合わせている。EA では個体数や交叉率、突然変異率

など設定すべきパラメータが多く、これらのパラメータは解探索能力に大きく影響する。また、EA の母集団の多様性により、局所解に収束する可能性が高くなる。他にも、毎回 EA で求めた結果の有効性を保証できないという点があり、通信ネットワークにおける最適化問題に対し、実用できない現状である。

本研究では、NGN における最適化問題の設計及び解析、更には通信ソフトウェア設計におけるモデリングと解析等を行い、これらの最適化問題の特性に対する効率的なハイブリッド型 EA を提案する。

## 2. 研究の目的

本研究では NGN における最適化設計問題に対し、研究期間内に下記の 3 つのトピックスに着目し、人間(意思決定者やオペレータ)とシステム間のユーザ・インタフェースの知能化を実現する"ファジィ理論(ファジィロジック、ファジィルール)"や、組合せ最適化問題のヒューリスティック解法技術である"遺伝的アルゴリズム"をベースにした効率的な多目的進化的アルゴリズムの開発と応用を目指す。

- 大規模ネットワークの信頼性最適化設計
- 高速ネットワークの QoS (Quality of Service) ルーチングアルゴリズム設計
- 高速大規模ネットワークの最適化ソフトウェア開発

## 3. 研究の方法

本研究では、NGN における最適化設計問題に対する効率的な多目的進化計算技術の手法を提案(Problem Solving Process)するため、これまでの遺伝的アルゴリズム、人工神経ネットワーク、局所探索法、およびファジィ理論に関する基礎的応用研究の成果を基に、先端的な多目的 EA による NGN 最適化設計問題の高効率アプローチを試みる。

本研究で効率的なアルゴリズムを開発するため、次のポイント(高い計算負荷、早熟収束による局所解への収束及びパラメータ設定の複雑さ)を考慮し、次の 3 つを研究開発の目標とする。

- (1) 最適解あるいは準最適解を求める。
- (2) 計算時間の短縮できる効率的な手法の提案を行う。
- (3) 多目的ネットワーク設計問題に適用して、最適設計を求める。

本研究では、効率的な進化的アルゴリズムを研究開発するため、主に次のステップで行う。

ステップ 1:

既存の生物の進化現象をシミュレートしたアルゴリズム(人工神経ネットワーク、遺

伝的アルゴリズム、人工免疫システム (Artificial Immune System)、アント・コロニ最適化 (Ant Colony optimization)、人工生命アルゴリズムなど) に対しての調査、分類、適用性の解析を行い、異なるアルゴリズムの中に生命システムをシミュレートしたルール、手順を概括し、先端的な進化的アルゴリズムの理論を総括する。

ステップ 2:

これまでの先端的な進化的アルゴリズムに関する基礎的応用研究の成果を基に、応用技法の確立と多くのベンチマーク例題を用いた数値実験によるその性能評価を行う。また、必要に応じて事例研究テーマに関する開発技法の改善及び適用を行う。

ステップ 3:

次の3つの NGN 最適化問題に対し、現在までのハイブリッド型進化的アルゴリズムを改善し、新たなアルゴリズムの開発を行う。

- 大規模ネットワークの信頼性最適化設計
- 高速ネットワークの QoS (Quality of Service)における、ルーチングアルゴリズム設計
- 高速大規模ネットワークの接続制御 (Connection Admission Control, CAC)アルゴリズム設計

#### 4. 研究成果

19 年度において、NGN の利用形態が多様化し、流通する情報の量も増大していくと、動的システムにおける高速ルーチングには、迅速かつ高効率に提供できる最適化アルゴリズムの研究開発を着目していた。伝統的な探索方法の高速ルーチング且つ迅速かつ高効率に提供できない問題点に対し、本研究では、NGN における最適化問題の設計及び解析、更には通信ソフトウェア設計におけるモデリングと解析等を行い、効率的なアルゴリズムを開発するため、高い計算負荷、早熟収束による局所解への収束及びパラメータ設定の複雑さを考慮し、効率的な局所探索法を組み込んだハイブリッド進化型計算法を提案した。

20 年度において、NGN の信頼性最適化設計・セキュリティ問題に対し、現在までのハイブリッド型進化的アルゴリズムを改善し、新たなアルゴリズムの開発を主に行った。

1. 大規模ネットワークの信頼性最適化設計 (Problem Formulation Process)

現在までに研究されているネットワークの信頼性最適化設計について、システム構築に必要な機能に関する分析や標準化など、現状における技術や問題点など調査分析を行った。NGN における信頼性最適化設計問題の特徴に対して、特に(1)ローコストで広帯域を確保、各拠点の特性や拠点規模を十分考慮し

たネットワークの構築を目的とし、(2) 通話、ビデオ、データ通信など豊富なアプリケーションに対応、(3) TCO (Total Cost of Ownership) の削減を考慮した数学モデルを構築した。

2. サービス指向進化的計算法を研究開発 (Problem Formulation Process)

NGN の高速、大規模なネットワークの信頼性最適化設計に組み込むため、問題形式のパターンに応じ、複数の最適化アルゴリズムを組み合わせたサービス指向進化的計算法を研究開発している。ここでは、Web サービスを融合し、ファジィ推論 GA ベース活用した高度なサービス指向進化的計算法に関する先端的ソフトウェアの研究を行いました。

21 年度において NGN における複雑なネットワーク環境及び通信サービスに応じるサービス指向進化的計算法に関するソフトウェアの研究開発を行った。

Web サービスとは 2001 年頃からソフトウェアの機能をネットワークに通じて、機能の記述や呼出し手順などの標準化が進行中であり、コンポーネント化された複数のサービス同士をつなぎ合わせてアプリケーションと構築する。サービス指向アーキテクチャは業務処理の変化をシステムの変更に素早く反映させたいという需要に応え得るものとして、2004 年頃から IT 業界において注目を集めている。本研究では、Web サービスを融合し、ファジィ推論 GA ベース活用した高度なサービス指向進化的計算法に関する先端的ソフトウェアの研究開発を行った。

本研究特色：(1) アルゴリズム開発とソフトウェア開発のギャップを埋め、(2) 品質向上、耐負荷性能、開発標準化の実現、(3) 知識データベースが共有され、協同開発の可能となる。

独創的な点：(1) 進化的計算技術ベースフレームワークの作成、(2) 機能統合環境にプラグインとしてファジィ推論 GA ベースコンポーネントを組み込むことが可能、(3) アルゴリズムと実問題は相互依存しない (Decoupling) により、実用性の高いソフトコンピューティング技術開発が可能になる。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 10 件) 査読有

- [1] Lin Lin and M. Gen, "Auto-tuning strategy for evolutionary algorithms: balancing between exploration and exploitation", *Soft Computing*, vol.13, no.2, pp. 157-168, 2009. (Impact Factor: 0.516)
- [2] Lin Lin and M. Gen, "Node-based genetic algorithm for communication spanning tree problem", *IEICE Transactions on*

- Communications*, vol.E89-B, no.4, pp.1091-1098, 2006. (Impact Factor: 0.29)
- [3] Lin Lin and M. Gen, "Priority-based genetic algorithm for shortest path routing problem in OSPF", *Studies in Computational Intelligence*, vol. 187, pp. 91-103, 2009.
- [4] Lin Lin and M. Gen, "Multiobjective genetic algorithm for bicriteria network design problems", *Studies in Computational Intelligence*, vol. 187, pp. 141-161, 2009.
- [5] Lin Lin and M. Gen, "An effective evolutionary approach for bicriteria shortest path routing problems", *IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems*, vol.128c, no.3, pp.416-423, 2008.
- [6] M. Yoo and Lin Lin, "A new solution method for joint replenishment problem", *International Journal of Manufacturing Technology and Management*, vol. 16, nos. 1/2, pp.166-175, 2009.
- [7] M. Gen, Lin Lin and J.B. Jo, "Evolutionary network design by multiobjective hybrid genetic algorithm", *Studies in Computational Intelligence*, vol. 187, pp. 105-121, 2009.
- [8] Y. Tsujimura, Lin Lin and M. Gen, "Applications of Evolutionary Technology to Information and Communication Systems: State-of-the Art Survey", *IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems*, vol.128c, no.3, pp.340-345, 2008 (in Japanese).
- [9] [26] M. Gen and Lin Lin, "Multi-objective hybrid genetic algorithm for bicriteria network design problem", *Complexity International*, vol.11, pp.73-83, 2005.
- [10] M. Gen, Lin Lin and R. Cheng, "Bicriteria network optimization problem using priority-based genetic algorithm", *IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems*, vol.124, no.10, pp.1972-1978, October 2004.
- [3] Lin Lin and M. Gen, "Genetic representations for network design optimizations by evolutionary algorithm", *Proc. of 7th Inter. Conf. on Information and Management Sciences*, pp. 512-523, Urumchi, August 2008.
- [4] Lin Lin and M. Gen, "An evolutionary algorithm for improvement of QoS of next generation network in dynamic environment", *Artificial Neural Networks In Engineering*, vol. 17, pp.55-60, ASME Press, pp.201-206, November 2007.
- [5] Lin Lin and M. Gen, "A bicriteria shortest path routing problems by hybrid genetic algorithm in communication networks", *Proc. of IEEE Congress on Evolutionary Computation*, Singapore, July 2007.
- [6] Lin Lin and M. Gen, "An effective analysis of multiobjective EAs for bicriteria communication spanning tree problem", *Artificial Neural Networks In Engineering*, vol. 16, pp.55-60, ASME Press, November 2006.
- [7] Lin Lin and M. Gen, "A self-control genetic algorithm for reliable communication network design", *Proc. of IEEE Congress on Evolutionary Computation*, pp.2655-2662, Vancouver, Canada, July 2006.
- [8] Lin Lin, M. Sasaki and M. Gen, "Priority based genetic algorithm for increasing network performance with OSPF routing", *Proc. of the 34th International Conference on Computers & Industrial Engineering*, pp 647-652, San Francisco, USA, November 2004.
- [9] Lin Lin, M. Gen, F. Altıparmak and R. Cheng, "Multiobjective genetic algorithm for network design problems using priority-based encoding", *Proc. of the 33th International Conference on Computers & Industrial Engineering*, Jeju, Korea, March 2004.
- [10] Lin Lin, M. Gen and R. Cheng, "Priority-based genetic algorithm for shortest path routing problem in OSPF", *Proc. of 3rd Inter. Conf. on Information and Management Sciences*, pp. 411-418, Dunhuang, June 2004.
- [11] J. Song, Lin Lin and M. Gen, "A RTP packet's sequence problem on VoIP using hybrid genetic algorithm", *Artificial Neural Networks In Engineering*, vol. 18, pp. 373-380, ASME Press, November 2008.
- [12] M. Gen and Lin Lin, "A new approach for shortest path routing problem by random key-based GA", *Proc. of Genetic and*

[学会発表](計13件) 査読有

- [1] Lin Lin, X. Hao and Mitsuo Gen, "Communication network design with network reliability and QoS improvement by hybrid evolutionary algorithm", *Artificial Neural Networks In Engineering*, vol. 18, pp. 353-358, ASME Press, November 2008.
- [2] Lin Lin, N.L. Xu and M. Gen, "Network topology design by evolutionary algorithm in mobile ad-hoc networks", *Proc. of the 38th International Conference on Computers & Industrial Engineering*, pp. 2789-2794, Beijing, October 2008.

*Evolutionary Computation Conference*, pp.1411-1412, Seattle, USA, July 2006.

- [13] M. Gen and Lin Lin, “A weighted sum-based genetic algorithm for bicriteria network design problem”, *Proc. of 3rd Inter. Conf. on Information and Management Sciences*, pp. 419-425, Dunhuang, June 2004.

〔図書〕(計5件)

- [1] M. Gen, R. Cheng and Lin Lin, *Network Models and Optimization: Multiobjective Genetic Algorithm Approach*, Springer, London, 710pp, August 2008.
- [2] 玄 光男, 林 林: ネットワークモデルと多目的 GA, 共立出版, 256pp, 2008.2 .
- [3] Lin Lin (8th/9) et al., *Handbook of Evolutionary Technology: Computation and Application*, Kindaikagaku Sha, 2010.
- [4] M. Gen and Lin Lin, “Genetic Algorithms”, B.W. Wah et al. eds., *Encyclopedia of Computer Science and Engineering*, John

Wiley & Sons, 2008.

- [5] M. Gen and Lin Lin, “Evolutionary Techniques for Automation”, Shimon Y. Nof ed., *Handbook of Automation*, Springer, 2008.

〔その他〕

<http://www.evolsoft.org>

6 . 研究組織

- (1) .氏名：林 林 (LIN LIN)  
.所属研究機関：早稲田大学  
.部局：理工学術院  
.職名：研究員  
.研究者番号： 90434331