

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 10 月 9 日現在

機関番号：32678

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500097

研究課題名(和文)大規模自律分散型ネットワークの最適設計と適応制御

研究課題名(英文)Effective design and adaptive control for long-term operation of large-scale wireless networks

研究代表者

宇谷 明秀(Akihide, Utani)

東京都市大学・知識工学部・教授

研究者番号：70277705

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究グループでは、災害時における迅速で効果的な情報収集や救助活動支援を目的として基盤C(課題番号：21500082)の援助を受け、アドホックネットワーク技術と知的ロボット技術を融合した群知能ネットワークロボットシステムを開発した。しかし、東日本大震災での想定を超える被災状況を目の当たりにし、大規模な被災エリアで本システムを活用できるようにシステムの拡張・発展を図っていく必要があると考えた。本研究では大規模な被災エリアで、本システムを実現可能なコストで用いることができるようにするための設計技術と制御技術について研究し、詳細なる実験を通して、これらの有効性を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Large-scale Wireless (sensor) networks have great potential as a means of realizing a wide range of applications, such as natural environmental monitoring, environmental control, and object tracking. As a frame to actualize the above applications, this study proposed a novel design scheme and an autonomous load-balancing data transmission scheme for the long-term operation of large-scale wireless networks. The proposed design scheme is based on an advanced Artificial Bee Colony (ABC) algorithm detecting plural acceptable solutions. The proposed data transmission scheme is devised by considering the application environment of a large-scale wireless network as a typical example of a complex system where the adaptive adjustment of the entire system is realized from the local interactions of components of the system. The experimental results indicate that the proposed schemes are superior to the existing ones from the viewpoint of the long-term operation of large-scale wireless networks.

研究分野：情報ネットワーク

キーワード：自律分散型ネットワーク

1. 研究開始当初の背景

本研究の要素技術である自律分散型ネットワークは、地理的なノード密度、ノード間の接続関係、ノード間のトラフィックフローなどが動的に変化するネットワーク環境に対処するためのアーキテクチャであり、既存の通信インフラが利用できないような状況、例えば災害時の非常時通信などへの導入が検討されている。しかし、議論されている通信プロトコルは、経路の生成、維持、更新のための制御が複雑で各ノードに与える負荷が小さくないため、無線センサのような電源容量や処理能力に制約のあるノードを含むネットワークには有効でない。本研究グループではこれまで通信目的や使用するノードのリソースに応じた適応的な経路制御方式を中心に様々な提案を行ってきたが、通信形態(一対一、一対多、多対一、多対多)の変化や多種多様なノードの特性に対する適応性に関しては十分ではなかった。もう一つの要素技術である知的ロボットに関する研究は、センシング能力を持って移動するロボットが、その作業目的や作業環境の変化に応じて、適応的手段を自律的に獲得するロボットの行為学習法に関する研究分野であり、複数のロボットによる協調行為の獲得も含め、様々な研究が進められている。しかし、行為の獲得に時間がかかりすぎるといった問題がある。本研究グループでも環境適応能力を高めるための学習法に関する研究を行ってきたが、現実の環境変化に適応し機能し得る段階ではなかった。

本研究グループでは、以上の研究背景と本研究グループの既往の取り組みから、基盤C(課題番号:21500082)の援助を受け、群知能ネットワークロボットシステムを開発した。このシステムは各ノードの特性(測定能力や処理能力)や状態(電力残量など)、知的ロボット群の性能、システムの利用目的や利用環境の変化などに応じて、群(知的ロボット群に加え、各種センサ群、各種モバイルノード群を含む)として問題に対処するシステムであり、数多くの評価実験を通してその有用性を検証してきた。しかし、大規模な被災エリアで本システムを効果的に活用できるようにするためにはシステムの拡張・発展を図っていく必要があった。

2. 研究の目的

東日本大震災のような想定を超える大規模被災エリアで効果的に活用できるように、群知能ネットワークロボットシステムを拡張・発展させる。具体的には、大規模化に対応した最適設計と適応制御の技術について研究し、その研究成果を広く社会に発信する。

3. 研究の方法

大規模自律分散型ネットワークの設計技術(高次元設計問題のための最適化手法)と大規模環境下で効果的に機能する適応制御

技術(大規模無線ネットワークのための自律適応的な負荷分散データ収集機構)を開発し、群知能ネットワークロボットシステムに導入する。高次元設計問題のための最適化手法の開発では、数千次元の設計問題に対して設計条件を満たす許容解を発見できる手法を開発する。大規模環境下で機能する適応制御技術では、現在(東北の各自治体で)検討されている Smart City 規模のネットワーク環境下で効果的に機能する適応制御方式を開発する。研究協力者の大学院生3名と協力して研究を効率的に進める。研究協力者には設計構築した各手法(方式)の性能を評価するための数値実験やシミュレーション実験の補助を担ってもらう。

4. 研究成果

- 1) 大規模自律分散型ネットワークを想定した数千次元規模の設計問題に対して、設計条件を満たす許容解を発見できる手法を開発した。この手法の開発では、まず2007年に体系化された高次元多峰性関数の最適化問題に対する解探索性能に優れた Artificial Bee Colony(ABC)アルゴリズムに着目した。本研究では、著者らが既往の研究で開発した ABC アルゴリズムの高度化法(高次元問題に対するさらなる解探索性能の強化法)と差分進化アルゴリズムを融合させ、大域探索と局所探索の性能をそれぞれ向上させる新手法を考案した。また数種類の高次元多峰性関数を用いた評価実験を通して、提案手法の有効性を明らかにした。
- 2) システムの頑健性の向上を目的として、高次元工学設計問題に対する複数許容解探索手法を開発した。この手法は、上記の群知能に基づく新手法に、複数の探索群による競合探索機構を導入することにより体系化した。また上記と同様に、この複数許容解探索手法の有効性は、代表的な数種類のベンチマーク関数(高次元多峰性関数)を用いて詳細に調査した。この評価実験を通して、数千次元規模の高次元最適化問題に対して、設計条件を満たす複数許容解の探索が可能であることを確認した。
- 3) さらに、開発した高次元設計問題に対する複数許容解探索手法を群知能ネットワークロボットシステムへ組み込み、数千のノード群(各種センサノード群、各種モバイルノード群、知的ロボット群を含む)で構成される大規模自律分散型ネットワークの設計に関する評価実験を行った。この実験では、主に実用性(コスト)の面から導入した複数許容解探索手法の有効性を明らかにした。
- 4) 最後に、大規模な無線ネットワーク環境下で効果的に機能する適応制御方式を開発し、自律適応的な負荷分散データ収集機構として体系化した。この提案方式

(データ収集機構)は、大規模無線ネットワークの利用環境を、局所近傍での構成要素の相互作用のみからシステム全体の適応的調整が創発的に実現される環境、いわゆる複雑適応系と捉えることで考案されており、ネットワークの利用環境の変化に柔軟に対応できるデータ収集機構である。また、本研究では、このデータ収集機構を群知能ネットワークロボットシステムへ組み込み、Smart City規模のネットワーク環境下でのシミュレーション実験を通して、その有効性を明らかにした。

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7件)

Hidehiro Nakano、Yu Taguchi、Yuta Kanamori、Akihide Utani、Arata Miyauchi、Hisao Yamamoto、A Competitive Particle Swarm Optimizer and Its Application to Wireless Sensor Networks、IEEJ Trans. Electrical and Electronic Engineering、査読有、Vol.7、2013、pp.52-58

Akihide Utani、Shingo Nakagawa、Hisao Yamamoto、A Novel Data Gathering Scheme for Monitoring-Oriented Wireless Sensor Networks、Int. J. Innovative Computing, Information and Control、査読有、Vol.9、No.1、2013、pp.111-122

香川卓哉、宇谷明秀、山本尚生、高次元最適化問題のための差分進化型改良ABCアルゴリズム、電子情報通信学会論文誌(A)、査読有、Vol.J95-A、No.6、2012、pp.514-518

伊藤啓太、長島淳也、宇谷明秀、山本尚生、無線センサネットワークの高効率化を目指したフラッシングの送信電力設計・運用法の一検討、電子情報通信学会論文誌(B)、査読有、Vol.J95-B、No.6、2012、pp.760-764

西元雅明、宇谷明秀、山本尚生、大規模センサネットワークの複数許容解探索型改良ABCアルゴリズムに基づくシンクノード群の配置手法、電子情報通信学会論文誌(D)、査読有、Vol.J95-D、No.6、2012、pp.1321-1333

宇谷明秀、西元雅明、山本尚生、高次元工学設計問題のための最適化手法、日本知能情報ファジィ学会誌、査読有、Vol.24、No.3、2012、pp.791-802

宇谷明秀、長島淳也、山本尚生、複数許容解を発見する改良ABCアルゴリズム

による大規模無線センサネットワークを対象としたフラッシング送信電力の調整、情報処理学会論文誌-数理モデル化と応用-、査読有、Vol.5、No.2、2012、pp.16-28

[学会発表](計8件)

大田政文、宇谷明秀、侵入者検知システムにおけるセンサ端末配置の最適化、電子情報通信学会(2015年総合大会)、2015.3.13、立命館大学(滋賀県)

川島英未、宇谷明秀、動的に変化する最適化関数のためのABC系アルゴリズム、電子情報通信学会(2015年総合大会)、2015.3.13、立命館大学(滋賀県)

宇谷明秀、動的問題に対するABC系アルゴリズムの適用に関する一研究、第36回情報・システム・利用・技術シンポジウム、2013.12.6、建築会館(東京)

野津敏朗、宇谷明秀、防犯システムにおける監視位置決定法、計算工学講演会、2013.6.21、東京大学生産技術研究所(東京)

赤崎正人、宇谷明秀、WSNにおける多様な通信形態を考慮したランデブー型通信方式、計算工学講演会、2013.6.21、東京大学生産技術研究所(東京)

杉山雄人、宇谷明秀、複数許容解を探索する差分進化型ABCアルゴリズムに基づくフラッシングの効率化に関する研究、計算工学講演会、2013.6.21、東京大学生産技術研究所(東京)

香川卓哉、宇谷明秀、差分進化型改良ABCアルゴリズム、第35回情報・システム・利用・技術シンポジウム、2012.12.14、建築会館(東京)

池田光佑、宇谷明秀、再充電機能を有する無線センサ端末群からのセンシング情報収集機構、第35回情報・システム・利用・技術シンポジウム、2012.12.14、建築会館(東京)

[図書](計2件)

宇谷明秀 他、丸善出版、建築・都市・環境デザインのためのモデリングと最適化技術、2015、217

宇谷明秀 他、数理工学社、無線とネットワークの基礎、2015、151

[産業財産権]

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕
ホームページ等

6．研究組織

(1)研究代表者

宇谷 明秀 (UTANI, Akihide)
東京都市大学・知識工学部・教授
研究者番号：70277705