

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月15日現在

機関番号：32678

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500082

研究課題名（和文） アドホックネットワークと自律ロボットの融合
- 群知能ネットワークロボット -

研究課題名（英文） Network Robots System with Swarm Intelligence

研究代表者

宇谷 明秀（UTANI AKIHIDE）

東京都市大学・知識工学部・准教授

研究者番号：70277705

研究成果の概要（和文）：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。本研究では、従来それぞれの分野で研究が進められていたアドホックネットワーク技術と知的ロボット技術を複雑適応系の観点で融合するための方法論を提案し、災害時の救助活動、不審者の監視・捕捉行動などへの導入を前提とした詳細なる検証実験を通して、提案システムの有用性と今後の発展の方向性を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：This study has developed a new advanced network robots system emerging swarm intelligence composed of many sensors and a few mobile robots, named the Network Robots System with Swarm Intelligence (NRS-SI). NRS-SI has been constructed by considering the application environment of NRS-SI 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 NRS-SI has the development potential as a promising system that can flexibly function in dynamically changing environments.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：情報通信

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：センサネットワーク、知的移動ロボット、自律分散システム、複雑適応システム

1. 研究開始当初の背景

環境・安全などの社会的ニーズに応えるための「ソリューションシステム」、21世紀のライフスタイルを創出して行くための「エマージェントシステム」への期待が高まっている。本研究グループでは、これらのニーズに応えるためのシステムの要素技術として、アドホックネットワーク技術と知的移動ロボ

ット技術に着目した。

本研究の要素技術であるモバイルアドホックネットワーク（MANET）は、地理的な通信ノード密度、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自律分散型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進められている。しかし、現在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。特に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前提とし、通信形態が限定されているような場合にはそのままでの利用は非効率的である。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とは言えない。

もう一つの要素技術である知的移動ロボットに関する研究は、センシング能力を持って行動する自律移動ロボットが、その作業目的や作業環境の変化に応じて、適応的な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、現在までに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い。

2. 研究の目的

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、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・ロボットシステムの開発を目的とした。本研究では従来それぞれの分野で研究が進められていたアドホックネットワーク技術と知的ロボット技術を複雑適応系の観点で融合するための方法論を提案し、災害時の救助活動、不審者の監視・捕捉行動などへの導入を前提とした検証実験を通して、群知能ネットワーク・ロボットシステムの有用性と今後の発展性を明らかにする。

このシステムは、各ノードの特性(測定能力など)や状態(電力残量や処理能力)、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、群として問題に対処するシステムである。この群による対処メカニズムにより、様々な通信形態(一対一,一対多,多対一,多対多)の変化への対応力が増し、また知的移動ロボット群(各種センサノード群や各種モバイルノード群を含む)の役割分担によって与えられた環境に対する適応能力が向上する。

3. 研究の方法

(1) 群知能ネットワーク・ロボットシステムのプラットフォームを完成させる。

(2) 災害時の救助活動、不審者の監視・捕捉行動などへの導入を前提とした対処メカニズムを設計・構築する。

(3) シミュレーション実験を通して、本研究で対象とする以下のタスク

災害時の救助活動

不審者の監視・追跡行為

不審者の捕捉行動

に関する詳細な性能評価を実施する。

(4) シミュレーションによる評価実験の結果を詳細に分析する。改善点が明らかとなれば、それへの対応策を対処メカニズムに組み入れ、群知能ネットワーク・ロボットシステムを再構築する。

(5) センサノード群(100ノード)と複数の知的移動ロボットを用いた(災害時の救助活動、不審者の監視などへの導入を前提とした)検証実験を行い、実際に提案システム(群知能ネットワーク・ロボットシステム)を利用した際の適用性と有効性を検証する。

(6) 検証実験の結果に基づき今後の課題(残された問題点)を整理し明らかにする。

4. 研究成果

(1) 群知能ネットワーク・ロボットシステムの汎用性のあるプラットフォームを完成させた。

(2) 災害時の救助活動、不審者の監視・捕捉行動などへの導入を前提とした対処メカニズムを設計し、シミュレータを構築した。

(3) シミュレーション実験を通して、本研究で対象とする以下のタスク

災害時の救助活動

不審者の監視・追跡行為

不審者の捕捉行動

に関する詳細な性能評価を行い、システムの改善点を明確にした。また、改善点への対応策を組み込んだ汎用性のあるシミュレータを再構築した。

(4) 災害時の救助活動、不審者の監視などへの導入を前提とした実証実験を行い、提案システムを実際に利用した際の適用性と有効性を検証した。得られた結果及び今後の展望を以下に整理する。

提案システム(「分散型知能」)の導入によって、通信の面と知的移動ロボットによる作業(行為)の面の両方において、相互作用による創発の効果を確認することができた。例えば、ある時点であるロボットが自律的に通

信経路を維持するために行動（無線リンクが切れそうな位置に移動して中継ノードとして機能）することができた。また単一あるいは複数のノードから自律的に送信された情報（知識）を取得するだけで、各ロボットはその時点の状況に適応した行為を実行することができた。

突発的な自然災害が想定され、安心・安全に対する関心が高まってきている我が国において、特に災害時の救助活動、不審者の監視（捕捉）に対する期待は大きい。本研究では、このような利用場面において大きな効果が期待できる極めて意義のある研究成果を得ることができた。今後は、大規模領域でも効果が得られるようにシステムを拡張・発展させていく予定である。

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30件)

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、http://www.ieice.org/jpn/trans_online/index.html

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ディング送信電力設計・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、http://www.ieice.org/jpn/trans_online/index.html

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ため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、http://www.ieice.org/jpn/trans_online/index.html

Junya Nagashima、Akihide Utani、Hisao Yamamoto、Proposal and Evaluation of Network-Robot System with Reinforcement Learning Mechanism、ICIC Express Letters、査読有、Vol. 6、No. 2、2012、pp. 411-416、<http://www.ijicic.org/icicel.htm>

Hidehiro Nakano、Akihide Utani、Arata Miyauchi、Hisao Yamamoto、Chaos Synchronization-Based Data Transmission Scheme

in Multiple Sink Wireless Sensor Networks、Int. J. Innovative Computing, Information and Control、査読有、Vol. 7、No. 4、2012、pp. 1983-1994、<http://www.ijicic.org/contents.htm>

宇谷明秀、長島淳也、牛腸隆太、山本尚生、Artificial Bee Colony (ABC) アルゴリズムの高次元問題に対する解探索性能の強化、電子情報通信学会論文誌 (D)、査読有、Vol. J94-D、No. 2、2011、pp. 425-438、http://www.ieice.org/jpn/trans_online/index.html

長島淳也、宇谷明秀、山本尚生、複数許容解探索型粒子群最適化法の無線センサネットワークへの適用 - フラッディング効率化のための各センサノードの送信電力調整 -、日本知能情報ファジィ学会誌、査読有、Vol. 23、No. 1、2011、pp. 65-77、https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsoft/23/1/23_1_65/pdf

宇谷明秀、山本尚生、複数シンク無線センサネットワークにおける自律的負荷分散データ転送方式、電子情報通信学会論文誌 (D)、査読有、Vol. J93-D、No. 6、2010、pp. 1056-1060、http://www.ieice.org/jpn/trans_online/index.html

宇谷明秀、山本尚生、複数の許容解を探索する Particle Swarm Optimization とその複数シンク無線センサネットワークにおけるシンクノード配置問題への適用、電子情報通信学会論文誌 (D)、査読有、Vol. J93-D、No. 5、2010、pp. 555-567、http://www.ieice.org/jpn/trans_online/index.html

Hidehiro Nakano、Akihide Utani、Arata Miyauchi、Hisao Yamamoto、Grouping of Mobile Modes in MANET Based on Location and Mobility Information Using an ART Network、Int. J. Innovative Computing, Information and Control、査読有、Vol. 5、No. 11(B)、2009、pp. 4357-4365、<http://www.ijicic.org/contents.htm>

〔学会発表〕(計42件)

宇谷明秀 他、A New Adaptive and Flexible Communication Protocol for Long-Term Operation of Ubiquitous Sensor Networks with Multiple Sinks and Multiple Sources、The 17th International Symposium on Artificial Life and Robotics 2012 (AROB17th)、

2012年1月19日、大分

宇谷明秀、高次元工学設計問題のための最適化手法、第34回情報・システム・利用・技術シンポジウム、2011年12月15日、東京

宇谷明秀 他、Reinforcement Learning Scheme for Cooperative Network System Consisting of Static Sensors and Mobile Robots、The 12th International Symposium on Advanced Intelligent Systems 2011 (ISIS 2011)、2011年9月28日、韓国

宇谷明秀、ABC アルゴリズムによる高次元多峰性関数の最適化、日本建築学会シンポジウム(ソフトコンピューティングの最前線)、2011年7月27日、東京

宇谷明秀 他、Autonomous Decentralized Control for Large Scale and Dense Wireless Sensor Networks、The 7th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence 2010 (URAI2010)、2010年11月24日、韓国

宇谷明秀 他、A Data Gathering Scheme in Wireless Sensor Networks Based on Synchronization of Chaotic Spiking Oscillator Networks、The 2010 International Conference on Applications in Nonlinear Dynamics (ICAND2010)、2010年9月21日、カナダ

宇谷明秀 他、A Competitive PSO Based on Evaluation with Priority for Finding Plural Solutions、The 2010 IEEE World Congress on Computational Intelligence (WCCI2010)、2010年7月18日、スペイン

宇谷明秀 他、Prolonging Lifetime of Multiple-Sink Wireless Sensor Networks Using Chaos-Based Data Gathering Scheme、The Second IEEE International Conference on Ubiquitous and Future Networks 2010 (ICUFN2010)、2010年6月16日、韓国

宇谷明秀 他、An Effective Sink Node Allocation Scheme for Long-Term Operation of Wireless Sensor Networks Using Adaptive Suppression PSO、The Second IEEE International Conference on Ubiquitous and Future Networks 2010 (ICUFN2010)、2010年6月16日、韓国

宇谷明秀 他、Improving Wireless Sensor Network Lifetime Using Oscillator Networks and Optimization Algorithms、The 2009 IEEE Workshop on Nonlinear Circuit

Networks (NCN2009)、2009年12月11日、徳島

〔図書〕(計2件)

宇谷明秀 他、InTech Publisher、Environmental Monitoring、2011、pp.445-460

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・准教授
研究者番号: 70277705

(2) 研究分担者

山本 尚生 (YAMAMOTO HISAO)
東京都市大学・知識工学部・教授
研究者番号: 60350229