OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Bio-inspired Self-organizing Control Mechanisms for Cooperative Wireless Ad-hoc and Sensor Networks
Author(s)	山本, 宏
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/54386
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【25】

氏名	山本（やまもと） 宏（ひろし）
博士の専攻分野の名称	博士（情報科学）
学位記番号	第 25862 号
学位授与年月日	平成25年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 情報科学研究科情報ネットワーク学専攻
学位論文名	Bio-inspired Self-organizing Control Mechanisms for Cooperative Wireless Ad-hoc and Sensor Networks （生物に着想を得た自己組織型制御による無線アドホック・センサネットワーク協調）
論文審査委員	（主査） 教授 村田 正幸 （副査） 教授 村上 孝三　教授 中野 博隆　教授 東野 輝夫

論文内容の要旨

ネットワークの大規模化，複雑化により，大域情報を用いる集中型制御や複雑なルールにもとづく決定論的制御のような従来の制御は限界を迎えつつある．大規模で複雑なネットワークにおいて，高い拡張性，適応性，耐故障性を実現するために，元来，このような性質に優れる生物システムの振る舞いに着想を得た自己組織型ネットワーク制御が注目されており，その有効性が示されている．

一方で，ネットワーク上で提供されるアプリケーションの多様化にあわせて，ネットワークに求められる機能も複雑化しており，すべての要求を単一の自己組織型制御で満足することは現実的ではない．そのため，将来的には複数の自己組織型制御を協調させ，組み合わせることが必要となる．しかしながら，個々の自己組織型制御については，拡張性，適応性，耐故障性を有することが示されているものの，これらの制御の協調手法や組み合わせたときの効果や影響については検討されていない．

そこで，本論文では，自己組織型制御の協調について3つの観点から検討する．最初に，無線カメラセンサネットワークにおいて，ノードの協調によりネットワークの輻輳を抑えつつ，対象の映像を高品質に取得できる映像品質制御を提案する．反応拡散モデルによって自己組織的に形成される因子濃度分布と映像品質を対応づけることで自律的な映像品質制御を実現する．

そして，スリープ制御の間隔である動作周期が異なる複数のセンサネットワーク間で効率的な通信を可能にする動作周期調整制御を提案する．センサネットワークの境界付近に位置するノードのみが段階的に動作周期を変更することで，ノード間の動作周期の差を小さくし通信待ち時間を短縮すると同時に，動作周期の変更を必要とするノード数を減らし，本来の動作に対する影響を抑える．パルス結合振動子モデルにおけるパラメータの大きさと相互作用の強さの関係に着目し，境界からの距離に応じてノードが自律的にパラメータを調整することで，自己組織的に段階的な動作周期調整を達成する．

最後に，自己組織型制御を階層的に組み合わせるときの階層間の適切な相互作用のさせ方について検討する．アドホックネットワークとその上に構成されたオーバーレイネットワークにおいて自己組織型経路制御が動作するときに，階層間で経路の良さを共有し，経路制御に利用することで相互作用を行う．相互作用のさせ方，すなわち経路の良さの共有方法を変更し，得られる性能や性質を評価することで，下位層が上位層の経路の良さを考慮した制御を行うことで，ノードの故障に対してエンド間遅延の小さい経路に安定して回復できることを確認した．

論文審査の結果の要旨

近年、情報ネットワークは大規模化、複雑化の一途を辿っており、集中型制御や決定論的制御のような従来形の制御は限界を迎えつつあることが指摘されている。そこで、高い拡張性、適応性、耐故障性のある大規模複雑ネットワークを実現するために、自己組織型のネットワーク制御が注目されている。

一方、ネットワーク上で提供されるアプリケーションの多様化にあわせて、ネットワークに求められる機能も複雑化しており、すべての要求を単一の自己組織型制御で満足することは現実的ではなく、将来的には複数の自己組織型制御を協調させ、組み合わせることが必要不可欠となる。しかしながら、個々の自己組織型制御については、有効性が示されているものの、組み合わせたときの効果や影響については十分に検討されていない。

本論文では、自己組織型制御の協調について、3つの観点から検討がなされている。最初に、見守りを対象とした無線カメラセンサネットワークにおいて、ノードの協調によりネットワークの輻輳を抑えつつ、対象の映像を高品質に取得できる映像品質制御を提案している。提案手法では、反応拡散モデルによって自己組織的に形成される因子濃度分布と映像品質を対応づけることで、自律的な映像品質制御を実現している。シミュレーションおよび実機実験によって、提案手法を用いることで、見守り対象の映像を高品質に得られることが示されている。

そして、動作周期が異なる複数のセンサネットワーク間で効率的な通信を可能にする動作周期調整制御を提案している。提案手法では、センサネットワークの境界付近に位置する一部のノードのみが段階的に動作周期を変更することで、ノード間の動作周期の差を小さくし、通信待ち時間を短縮すると同時に、動作周期の変更を必要とするノード数を減らし、本来の動作に対する影響を抑えている。シミュレーションによって、提案手法を用いることで、境界ノードの消費電力を抑え、センサネットワークの長寿命化が実現できることが示されている。

最後に、自己組織型制御を階層的に組み合わせるときの階層間の適切な相互作用のさせ方について検討を行っている。アドホックネットワークとその上に構成されたオーバーレイネットワークにおいて自己組織型経路制御が動作するときに、階層間で経路の良さを共有し、経路制御に利用することで、階層間を相互作用させている。シミュレーションによって、相互作用のさせ方を変更し、得られる性能や性質を評価することで、下位層が上位層の経路の良さを考慮した制御を行う場合に、ノードの故障に対してエンド間遅延の小さい経路に安定して回復できることが示されている。

以上のように、本論文では、センサネットワークおよびアドホックネットワークにおける自己組織型制御の協調に関して有用な研究成果を上げている。よって、博士（情報科学）の学位論文として価値あるものと認める。