



Title	Resilient Network Control based on Stochastic Mathematical Model of Biological Behavior for Wireless Sensor and Actuator Networks
Author(s)	岩井, 卓也
Citation	大阪大学, 2015, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/52037
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (岩井 卓也)

論文題名

Resilient Network Control based on Stochastic Mathematical Model
of Biological Behavior for Wireless Sensor and Actuator Networks(無線センサー・アクチュエーターネットワークのための生物モデルを
用いた優れた機能回復性を有するネットワーク制御)

論文内容の要旨

無線センサー・アクチュエーターネットワークは世界的に注目を浴びつつある物のインターネット (IoT) やマシン・ツー・マシン (M2M) 通信のための基幹技術であり、これからの社会のインフラストラクチャーを担う技術として期待されている。特に重要であると考えられている性質として頑健性と適応性があり、これらを備えたレジリエントな無線センサー・アクチュエーターネットワークを如何にして実現するのが課題である。

現在のアプローチによってこの課題を解決することは容易ではない。既存のネットワーク制御のアルゴリズムの多くは想定される状況を考慮して設計される。そのため、アプリケーションの多様化や複雑化に従ってより様々な事象や状況を考慮してアルゴリズムを設計しなければならない。その結果、アルゴリズムは複雑化の一途を辿っており、各種パラメータの最適化が困難になることや、バグが生じやすくなることが危惧される。そのうえ、設計時に考慮されていない事象はネットワーク制御の意図せぬ挙動の原因となり、最悪の場合には、ネットワーク制御は適切に機能できなくなることも危惧される。したがって、現在のアプローチに代わる新たなアプローチが必要とされている。

そのためのアプローチの一つとして、我々が求めているレジリエンスを既に備えている生物システムに着想を得たネットワーク制御への期待が次第に高まりつつある。生物システムの優れたメカニズムはアトラクター選択モデルや反応閾値モデルなどの非線形生物数理モデルによって説明されており、これらの非線形生物数理モデルをネットワーク制御に応用することによって、頑健性に優れたネットワーク制御を実現できることを示す研究成果が数多く報告されている。しかしながら、センサーの観測領域によって領域全体を被覆するためのカバレッジ制御が例として挙げられる無線センサー・アクチュエーターネットワーク固有のネットワーク制御を対象とした研究成果は限られているのが現状である。また、適応性に優れたネットワーク制御を実現するためには、ネットワークの状態は特定の状況に最適化することは適切ではなく、状況の変化に備えて適度な柔軟さを残しておく必要がある。しかしながら、既存の生物モデルを応用したネットワーク制御でさえも、それらの多くはゆらぎを排除して特定の状況に最適化することを目指しており、状況変化に柔軟に対応することは出来ていないのが現状である。

そこで本論文では、まず、生物モデルの一つであるアトラクター選択モデルを応用することによって、ノードの位置情報の誤差やセンサーの観測エリアの形状誤差に対して頑健なネットワーク制御を提案して評価する。次に、生物モデルの一つである反応閾値モデルを応用することによって、パラメータ設定に対して頑健なネットワーク制御を提案して評価する。そして、ネットワーク制御のパラメータと頑健性の関係を明確化するために、提案したネットワーク制御を数学解析、および、シミュレーション解析によって分析する。最後に、ネットワーク制御の適応性を高めるために、安定状態にあるネットワーク制御の定常状態においてどの程度のゆらぎを残しておくべきかを判断する設計手法を提案する。以上によって、頑健性と適応性の両面に優れたレジリエントな無線センサー・アクチュエーターネットワークを実現する。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (岩 井 卓 也)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	村田 正幸
	副 査	教授	渡辺 尚
	副 査	教授	長谷川 亨
	副 査	教授	東野 輝夫
	副 査	教授	松岡 茂登

論文審査の結果の要旨

無線センサー・アクチュエーターネットワークは世界的に注目を浴びつつある物のインターネット (IoT) やマシン・ツー・マシン (M2M) 通信のための基幹技術であり、将来の社会のインフラストラクチャーを担う技術として期待されている。そのため、ネットワークのレジリエンスを高める必要がある。しかしながら、既存のネットワーク制御のアルゴリズムの多くは想定される状況を考慮して設計されるためであり、アプリケーションの多様化や複雑化に従ってより様々な事象や状況を考慮してアルゴリズムを設計しなければならなくなっている。その結果、アルゴリズムは複雑化の一途を辿ってしまっており、各種パラメータの最適化が困難になることや、バグが生じやすくなることが問題となりつつある。さらに、設計時に考慮されていない事象はネットワーク制御の意図せぬ挙動の原因となり、最悪の場合、ネットワーク制御は適切に機能できなくなることも危惧されている。この様に、現在のアプローチによって無線センサー・アクチュエーターネットワークのレジリエント化を達成する事は容易ではない。そのため、現在のアプローチに代わる新たなアプローチが必要とされており、その一つとして、我々が求めているレジリエンスを既に備えている生物システムに着想を得たネットワーク制御への期待が次第に高まりつつある。生物システムの優れたメカニズムはアトラクター選択モデルや反応閾値モデルなどの非線形生物数理モデルによって説明されており、これらの非線形生物数理モデルをネットワーク制御に応用することによって、頑健性に優れたネットワーク制御を実現できることを示す研究成果が数多く報告されている。しかしながら、センサーの観測領域によって領域全体を被覆するためのカバレッジ制御が例として挙げられる無線センサー・アクチュエーターネットワーク固有のネットワーク制御を対象とした研究成果は限られているのが現状である。また、適応性に優れたネットワーク制御を実現するためには、ネットワークの状態は特定の状況に最適化することは適切ではなく、状況の変化に備えて適度な柔軟さを残しておく必要がある。しかしながら、既存の生物モデルを応用したネットワーク制御でさえも、それらの多くはゆらぎを排除して特定の状況に最適化することを目指しており、状況変化に柔軟に対応することは出来ていないのが現状である。

本論文は、レジリエントをロバスト性と適応性ともに優れていること定義し、まず、生物モデルであるアトラクター選択モデルや反応閾値モデルを応用することによって、ロバストなネットワーク制御を提案している。また、特性解析を実施し、ネットワーク制御の設計パラメータとロバスト性との関係を明らかにしている。さらに、熱力学の知見を応用することによって、ネットワーク制御の適応性を設計する方針を定めている。

本論文の研究成果は、レジリエントな無線センサー・アクチュエーターネットワークの実現のために、生物の数理モデルであるアトラクター選択モデルや反応閾値モデルを応用することによって、無線センサー・アクチュエーターネットワークにおいて重要なカバレッジ制御やデバイス割り当て制御のためのロバストな手法を提案と評価に始まり、設計パラメータとロバスト性との関係を理論的にも明らかにして、さらに、熱力学の観点から無線センサー・アクチュエーターネットワークをとらえることによって、適応性の設計方針を定めた点である。

以上のように本論文はレジリエントな無線センサー・アクチュエーターネットワークを実現するための生物システムに着想を得たネットワーク制御の設計に関して有用な研究成果をあげている。よって、博士 (情報科学) の学位論文として価値のあるものと認める。