

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	エネルギーと制御性能のトレードオフ問題に着目したネットワーク化および階層化モデル予測制御方式に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	飯野穰
Author(English)	Yutaka Iino
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9767号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種類:課程博士, 審査員:藤田 政之,三平 満司,山北 昌毅,井村 順一,早川 朋久
Citation(English)	Degree:, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9767号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	飯野 穰	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	藤田 政之	教授	早川 朋久	准教授
	審査員	三平 満司	教授		
		山北 昌毅	准教授		
	井村 順一	教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「エネルギーと制御性能のトレードオフ問題に着目したネットワーク化および階層化モデル予測制御方式に関する研究」と題し、和文全6章から構成されている。

第1章「序論」では、本研究の背景についてまとめ、その動機と目的を述べている。センサネットワークおよびエネルギー管理システムにおける制御システムの実応用には、エネルギーと各種制御指標のトレードオフ問題が存在することを指摘している。特に、無線センサを用いたネットワーク化制御では、センサバッテリー消費低減のための通信レート最小化と制御性能のトレードオフおよび通信レート制約とネットワーク信頼性のトレードオフの重要性について論じている。また、エネルギー管理システムにおいては、センサデータ量と需要予測精度のトレードオフおよびエネルギーと品質、安定性のトレードオフが存在することを述べている。これらの問題に対して、本研究では、ネットワーク化制御における通信コストを考慮した予測制御方式、制御システムの信頼性を考慮したネットワークの最適化、需要予測のためのデータ型モデルと物理モデルのハイブリッド構成法、多目的最適化を実現する階層型モデル予測制御の各提案を目的とすることを述べている。

第2章「通信コストを考慮したネットワーク化モデル予測制御」では、センサネットワークの無線伝送における情報量の制約と端末の電源供給の制約という課題に対して、2つの制御方式と1つの推定方式を提案している。まず、無線端末間のスリープモードを活用することで消費電力を節約する方法を提示し、これを組込んだネットワーク化制御問題を設定している。その上で、制御性能と通信量を評価する関数を併合した評価関数を用いた制御系と通信サンプリング周期の同時最適化を実現するモデル予測制御方式を提案している。つぎに、セルフトリガ制御方式の一種である状態予測型イベントトリガ制御方式を採用し、通信スリープ中の制御系の開ループ予測軌道が安定化回復可能な軌道許容集合から離脱する時刻で通信を復帰させる制御方式を提案している。これらの方式を用いた際の安定性を理論的に解析し、かつ数値例を通してその有効性を検証している。さらに、状態推定問題についても同様のトレードオフ問題を設定し、通信コストを考慮したカルマンフィルタを提案し、その安定性を解析している。最後に、制御問題と推定問題の分離可能性に関して論じている。

第3章「信頼性を考慮したネットワーク化制御系」では、通信制約下でのセンサネットワークの信頼性を最大化するネットワークトポロジー最適化問題について考察している。まず、事前信頼性(事故の未然防止)と事後信頼性(回復可能性維持)を評価する関数を設定し、トポロジーを最適化する問題を設定している。つぎに、その解法としてリスクポトルネックアルゴリズムを提案している。さらに、トポロジーの静的な最適設計法に加え、通信トポロジーを確率的に変化させる方式を考え、トポロジーの切り替え確率を最適化する問題を定式化し、その解法を提案している。最後に、数値例により提案アルゴリズムの有効性を示している。

第4章「ハイブリッドモデルに基づく需要予測手法」では、ビルエネルギー管理システムにおいて、無線センサの普及、センサリッチ化に伴う多量の計測データの利用と物理モデルの利用のトレードオフを考慮して、データベースモデルと物理モデルのハイブリッドモデルに基づく需要予測手法を提案している。さらに、ビルのエネルギー消費量の実データに基づく評価を通じて、提案手法の有効性を示している。

第5章「階層型モデル予測制御によるエネルギー最適化制御」では、エネルギー管理システムにおいて、エネルギーと品質管理、安定化などの多目的な制御指標の優先順位を考慮した問題の設定に対し、階層型モデル予測制御方式を提案している。また、工場向けエネルギー管理システムへの適用可能性を検証するため、エネルギー多消費型産業の代表であるセメント産業セメントキルンプロセスへの提案法の適用事例を示し、その有効性を論じている。

第6章「結論」では、本論文の研究成果についてまとめ、今後の研究の方向性について考察を述べている。

以上を要するに、本論文は、エネルギーと各種制御指標のトレードオフ問題に対して通信コストや信頼性を考慮したネットワーク化モデル予測制御方式および階層化モデル予測制御方式を提案し、理論、シミュレーション、実データによる評価、実験結果などによりその有効性を示したもので、工学上および工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値があると認められる。