

Aperiodic Model Predictive Control for Networked Control Systems

February 2018

Kazumune Hashimoto

報告番号	① 乙 第	号	氏 名	橋本 和宗
主 論 文 題 名： Aperiodic Model Predictive Control for Networked Control Systems (ネットワーク化制御システムのための不等間隔モデル予測制御)				
(内容の要旨) 情報通信技術の発展に伴い、ロボットや交通システムなどさまざまな制御システムのネットワーク化が進んでいる。ネットワーク化された制御システムでは制御対象とコントローラとが通信のやり取りを行う。したがって、制御対象に搭載されるバッテリーをできるだけ長持ちさせるためにも、この通信の頻度をできるだけ低減できることが望ましい。一方、制御システムにはアクチュエータの飽和といったハード制約も存在することから、ハード制約を陽に考慮した制御系を設計することも重要である。そこで本論文では、ネットワークの通信頻度を低減化する設計法である「不等間隔制御」と、ハード制約を考慮する制御方策である「モデル予測制御」を組み合わせることで、通信の低減化と制約の考慮を同時に達成する「不等間隔モデル予測制御」を提案する。 第 1 章では不等間隔制御とモデル予測制御の概要を述べる。本論文の目的は、ネットワークを介した通信の頻度を低減化し、かつハード制約を陽に考慮する制御系を設計することである。 第 2 章では、既存研究で考案された不等間隔制御の概要とモデル予測制御のシステムの安定性、最適制御問題の可解性に関する理論背景を述べる。 第 3 章では、制御対象のダイナミクスが線形システムである場合に対し、不等間隔モデル予測制御を提案する。特にモデル予測制御におけるシステムの安定性を解析することで、システムの安定性を保証しつつ通信頻度を低減化する制御系設計を提案する。さらに数値例を通じ、システムの安定化と制約の考慮、通信負荷の低減化を達成できることを示す。 第 4 章では、制御対象のダイナミクスが非線形入力アフィンシステムである場合に対し、不等間隔モデル予測制御を提案する。通信の決定法はモデル予測制御におけるリアプノフの安定性を非線形システムに対し解析することで導出する。数値例では線形、非線形システムの両方に対し提案法を適用し、システムの安定化と制約の考慮、通信負荷の低減化を達成できることを示す。 第 5 章では、制御対象のダイナミクスが入力アフィンを含むより一般的な非線形システムである場合に対し、不等間隔モデル予測制御を提案する。本章ではシステムの安定性に加え最適制御問題の可解性を保証する条件も導出することで、システムの安定化と最適制御問題が可解であることを理論的に示す。さらに数値例では線形、非線形システムの両方に対し提案法を適用し、システムの安定化と可解性の保証、制約の考慮、通信負荷の低減化を達成できることを示す。 第 6 章では各章で得られた内容をまとめ、本論文の成果と今後の課題を述べる。				

Thesis Abstract

No. _____

Registration Number	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> “KOU” No. “OTSU” *Office use only </div>	Name	Kazumune Hashimoto
<p>Thesis Title</p> <p>Aperiodic Model Predictive Control for Networked Control Systems</p>			
<p>Thesis Summary</p> <p>Networked Control Systems (NCSs) are systems whose sensors, actuators, and controllers are spatially distributed over communication channels. On one hand, it is well-known that a major concern is the energy consumption of battery powered devices due to the network communications. Thus, it is of great importance to reduce communication frequencies between the plant and the controller. On the other hand, many control systems are typically subject to hard constraints, such as actuator saturations. Therefore, this thesis proposes a control framework by applying ‘aperiodic control’, which achieves communication reduction in NCSs, and ‘Model Predictive Control (MPC)’, which takes into account hard constraints. Throughout the thesis, this combinational control scheme is referred to as ‘aperiodic MPC’.</p> <p>In Chapter 1, the purpose and the outline of this thesis are given. The purpose of the thesis is to provide a control framework to reduce communication frequencies between controller and the plant, while at the same time guaranteeing both control performance and the satisfaction of hard constraints.</p> <p>In Chapter 2, some basic methodologies of aperiodic control and MPC are given.</p> <p>In Chapter 3, we limit our attention to a control problem of linear systems and formulate an aperiodic model predictive control. In the aperiodic formulation, the timings for sensors to transmit state measurements are determined based on Lyapunov stability, so that we can achieve stabilization of the system and communication reduction for NCSs. Some simulation examples are provided to show the effectiveness of the proposed approach.</p> <p>In Chapter 4, we propose an aperiodic formulation of MPC for nonlinear input-affine systems, which are thus provided for a more general class of systems than the ones in Chapter 2. As with Chapter 2, the way to communicate between the plant and the controller is given based on Lyapunov stability. Some simulation examples are given to validate the proposed scheme by considering both linear and nonlinear control systems.</p> <p>In Chapter 5, we propose an aperiodic formulation of MPC for a more general class of systems than the ones presented in Chapter 3 and 4. In particular, we will derive a threshold between the predictive states and the actual state, such that feasibility of the optimal control problem and stability are both guaranteed. The derived threshold is provided as a criterion for the communication timing between the plant and the controller, so that both control performance and communication reduction are achieved.</p> <p>In Chapter 6, some conclusions are provided. In this thesis, we propose an aperiodic model predictive control framework for NCSs, which achieves both communication reduction and satisfactions of constraints for various systems including linear, nonlinear input-affine, and nonlinear systems.</p>			