

# $H^\infty$ CONTROL AND FILTERING FOR SYSTEMS WITH JUMPS

メタデータ	言語: en 出版者: 静岡大学大学院電子科学研究科 公開日: 2008-03-31 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: Wanyoike, Gakio メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10297/1249">http://hdl.handle.net/10297/1249</a>

氏名・(本籍)	ガキオ ワニヨイケ (ケニア)
学位の種類	博士 (工学)
学位記番号	工博甲第 129 号
学位授与の日付	平成 8 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻の名称	電子科学研究科 電子応用工学
学位論文題目	<b>H<math>\infty</math> CONTROL AND FILTERING FOR SYSTEMS WITH JUMPS</b> (ジャンプシステムのH $\infty$ 制御とフィルタリング)

論文審査委員	(委員長)				
	教授 森田信義	教授 野飼享			
	教授 松井隆	教授 市川朗			

## 論文内容の要旨

Following the approach of Doyle *et al*, 1989, and motivated by the works of Sun *et al*, 1993 and Sivashankar *et al*, 1994, we consider the  $H_\infty$  control and filtering problems for linear systems with jumps. We give necessary and sufficient conditions for the existence of suboptimal controllers and filters and characterize all such controllers and filters in terms of Riccati equations with jumps. We also show that existing results for continuous time systems, with both continuous time and sampled observations and discrete time systems are special cases of jumps systems. First we study the  $H_\infty$  control problems for the generalized jump system S:

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{x} = Ax + B_1 w_c + B_2 u_c, x(0) = 0, t \neq ih, x \in R^n, w_c \in R^{m_c}, u_c \in R^{m_u} \\ x(ih) = A_d x(ih^-) + B_{1d} w_d(i-1) + B_{2d} u_d(i-1), w_d \in R^{m_d}, u_d \in R^{m_u}, i > 0 \\ z = \begin{bmatrix} z_c \\ z_d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_1 x + D_{12} u_c \\ C_{1d} x(ih^-) + D_{11d} w_d(i-1) + D_{12d} u_d(i-1) \end{bmatrix}, z_c \in R^{p_c}, z_d \in R^{p_d}, \\ y = \begin{bmatrix} y_c \\ y_d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_2 x + D_{21} w_c \\ C_{2d} x(ih^-) + D_{21d} w_d(i-1) \end{bmatrix}, y_c \in R^{q_c}, y_d \in R^{q_d}, \end{array} \right.$$

where all matrices have constant entries and are of compatible dimensions and  $w = (w_c, w_d)$  is the disturbance or noise,  $u = (u_c, u_d)$  is the control input,  $z = (z_c, z_d)$  is the controlled output and  $y = (y_c, y_d)$  is the measured output. We allow for a jump at the instant  $ih$  ( $h > 0, i = 1, 2, \dots$ ) and control its magnitude with the input  $u = u_c(t), u_d(i-1)$ . We

define the  $H_\infty$  control problem for linear systems with jumps as follows:

- (i) Find necessary and sufficient conditions for the existence of an internally stabilizing controller such that the  $H_\infty$  norm of the input-output operator is less than a prescribed number (say  $\gamma$ ,  $\gamma > 0$ ).
- (ii) To characterize all such controllers if they exist.

In this Thesis, we study the  $H_\infty$  control problem for the system  $S$  and also for a class of subsystems derived from it. Since this generalized system constitutes of continuous time systems, discrete time systems, and jump systems, we expect the solution to its  $H_\infty$  problem to include solutions for all the three type of systems.

The filtering problem for a dynamical system is to find an estimate of the state based on the measured output. The  $H_\infty$  filtering problem for continuous time systems has been considered by Nagpal *et al*, 1991, while the filtering problem for discrete time systems has been considered by Yaesh *et al*, 1991. The  $H_\infty$  control and filtering problems for continuous time systems with sampled observation has been considered by Sun *et al*, 1993. We consider the filtering problem for the jump system:

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bw, x(0) = 0, t \neq ih, \\ x(ih) = A_d x(ih^-) + B_d w_d(i-1), \\ z = Lx \\ y = Cx(ih^-) + D w_d(i-1) \end{cases}$$

where  $z$  is the state,  $w$  and  $w_d$  are the disturbances and  $y$  is the measured output. For a given  $\gamma > 0$ , the filtering problem is to find necessary and sufficient conditions for the existence of a causal filter such that the  $H_\infty$  norm of the input-output operator is less than  $\gamma$  and then characterize all such filters. We give necessary and sufficient conditions for the existence of such a filter and characterize all filters in terms of a Riccati equation with jumps. As seen in Chapter 5, the dual of the  $H_\infty$  filtering problem is the  $H_\infty$  control of some full information problem.

This Thesis consists of 7 Chapters. In Chapter 2, we recall some preliminary results concerning stability of linear systems and define the  $H_\infty$  problem for linear systems with jumps in a more precise manner. In Chapter 3, we study the quadratic games related to the  $H_\infty$  control problem for linear systems with jumps, while in Chapter 4, we solve the  $H_\infty$  problem for a class of linear systems with jumps. In Chapter 5, we give the filtering results. Chapter 6 deals with the  $H_\infty$  control problem for general linear systems with jumps. In Chapter 7, we confirm the robustness of our controllers through computer simulations of the stabilization of an inverted pendulum system and conclude our results in Chapter 8.

## 論文審査結果の要旨

本論文では状態に跳びが生ずる系の $H^\infty$ 制御及び $H^\infty$ フィルター問題を考察している。与えられた系を安定化し、外乱と系の評価用出力のエネルギー比を指定値 $\gamma$ 未満とする制御器が存在するための条件およびその仕様を満たす制御器の集合を求める問題を標準 $H^\infty$ 制御問題という。本論文では、制御用観測出力が一定のサンプル時間ごとに得られる線形連続時間系および制御入力または外乱がインパルス状に加わり状態に跳びが生ずる系の $H^\infty$ 制御問題の解を求めている。前者に関しては、Sun等により必要十分条件が得られているが、条件を満たすすべての制御器(準最適制御器)の集合はこれまで得られていなかった。本論文では、2つのリッカチ方程式の解を用いてこの集合を求めている。後者に関する研究はこれが初めてであり、前者と同様に2つのリッカチ方程式の解を用いて必要十分条件および制御器の集合が得られている。 $H^\infty$ フィルター問題は、推定誤差と外乱に関して制御の場合と同様に設定される。ここでは、観測出力が一定のサンプル時間ごとに得られる系の $H^\infty$ フィルター問題を考察している。初めに、フィルター問題が、特殊な $H^\infty$ 制御問題に帰着できることを示し、その解を用いて条件を満たすすべてのフィルターを導出している。

本論文は全8章からなる。第1章は序論であり、本論文の位置付け、目的および構成を述べている。

第2章は本論の前の準備であり、定義、および基礎的な結果をまとめている。

第3章は $H^\infty$ 制御と関連のあるゲームの理論を展開している。準最適制御器が存在するという条件の下で、第1のリッカチ方程式が解を持つことを示し、対応する微分ゲームの解がこれを用いて表現できることを示している。この結果より $H^\infty$ 制御問題の必要条件の一部が得られたことになる。

第4章は観測出力がサンプル時間ごとに得られる連続時間系およびこれと関連のある跳びをもつ3つの系の $H^\infty$ 制御問題を解いている。ここでは第1のリッカチ方程式の解を用いて、元の $H^\infty$ 制御問題を特殊な問題に帰着し、残りの必要条件および制御器の集合を導出している。

第5章はサンプル値観測の $H^\infty$ フィルター問題の解を第4章の結果を用いて示している。

第6章は、第4章のすべての系および連続時間系、離散時間系を含む一般系に $H^\infty$ 制御理論を拡張している。

第7章は、第4章の結果を実験室系の倒立振子の安定化に適用し、得られた制御器の有効性をシミュレーションで検証している。

第8章は結論であり、本研究の成果をまとめている。

以上のように本論文は、サンプル値系およびインパルス入力をもつ系の $H^\infty$ 制御理論を確立しており、博士(工学)の学位を授与するに十分な内容を有するものと認定する。