

Control predictivo óptimo basado en modelos LPV con reparametrización de la predicción de las entradas aplicado a sistemas mecatrónicos

Línea: Sistemas Mecatrónicos

Responsable: Dr. Guillermo Valencia Palomo gvalencia@hermosillo.tecnm.mx

El control predictivo (MPC) es una técnica de control establecida en la industria y en el ambiente académico que ha alcanzado su madurez para sistemas lineales invariantes en el tiempo (LTI) [1-4] y donde también existen formulaciones para sistemas no lineales (NMPC) [5]. Los primeros, tienen un rango limitado de operación y los segundos tienen la desventaja de la complejidad del problema de optimización. Una representación intermedia son los sistemas lineales de parámetros variantes (LPV) que se basan en modelos lineales interpolados que representan de forma exacta el modelo no lineal del sistema en un rango de operación [6]. Hoy en día existen algoritmos de control predictivo concebidos para modelos LPV [7-11]. Debido a que los sistemas LPV conservan propiedades de los sistemas lineales, es posible formular procedimientos de diseño de algoritmos MPC eficientes que amplíen la aplicabilidad de los sistemas LTI y evitar las desventajas de los algoritmos NMPC. Para ello, se debe poder predecir la salida del sistema, la cual no solamente depende de las señales de control futura sino del comportamiento futuro de los parámetros [12]. Esto complica el diseño de control ya que al no tener disponible los valores futuros del parámetro es difícil asegurar la factibilidad recursiva del algoritmo y por tanto la estabilidad del lazo cerrado. Por lo que se requieren estrategias que aseguren la robustez del algoritmo ante futuras variaciones del parámetro. La mayoría de las alternativas de la literatura plantean la optimización como un problema min-max [13-15], es decir, minimizar el peor escenario posible que vuelve la estrategia un tanto conservadora. La propuesta de tesis se basa en retomar un enfoque que tuvo mucho éxito en el MPC para LTI que plantea reparametrizar la secuencia de entrada con funciones ortogonales convergentes [16-18] y aplicarla en el caso de sistemas LPV para poder incrementar el impacto de las predicciones sin incrementar los grados de libertad del problema de optimización.

Objetivo:

Desarrollar estrategias de control predictivo basados en modelos LPV con reparametrización de la predicción de las entradas para el control de sistemas con dinámica no lineal preestabilizados con una ley de control óptima.

Específicos:

1. Implementar técnicas de control predictivo clásico para sistemas LTI y técnicas de control para sistemas LPV con el fin de analizar las ventajas y limitaciones de los algoritmos.
2. Desarrollar un controlador predictivo basado en modelos LPV.
3. Modificar el controlador predictivo basado en modelo LPV para incluir un bloque de preestabilización del sistema.
4. Incluir diferentes esquemas de parametrización de las predicciones de las entradas para reducir la carga computacional del algoritmo.

Perfil del candidato

El candidato para llevar a cabo este proyecto debe de ser una persona con fuertes bases de control. Preferentemente con conocimientos teóricos y prácticos en alguna de las dos técnicas de control: MPC o LPV. Por la parte teórica, que conozca las formulaciones básicas, variantes y pruebas estándar de estabilidad. Por la parte práctica debería de ser capaz de programar los algoritmos de estos controladores.

Referencias

- [1] Rossiter, J. A. (2018). *A first course in predictive control*. CRC press.
- [2] Mayne, D. Q. (2014). Model predictive control: Recent developments and future promise. *Automatica*, 50(12), 2967-2986.
- [3] Scattolini, R. (2009). Architectures for distributed and hierarchical model predictive control—a review. *Journal of process control*, 19(5), 723-731.
- [4] Yu-Geng, X., De-Wei, L., & Shu, L. (2013). Model predictive control—status and challenges. *Acta Automatica Sinica*, 39(3), 222-236.
- [5] Zhang, Y., Li, S., & Liao, L. (2019). Near-optimal control of nonlinear dynamical systems: A brief survey. *Annual Reviews in Control*, 47, 71-80.
- [6] López-Estrada, F. R., Rotondo, D., & Valencia-Palomo, G. (2019). A review of convex approaches for control, observation and safety of linear parameter varying and Takagi-Sugeno systems. *Processes*, 7(11), 814.
- [7] Morato, M. M., Nguyen, M. Q., Sename, O., & Dugard, L. (2019). Design of a fast real-time LPV model predictive control system for semi-active suspension control of a full vehicle. *Journal of the Franklin Institute*, 356(3), 1196-1224.
- [8] Alcalá, E., Puig, V., Quevedo, J., & Rosolia, U. (2020). Autonomous racing using linear parameter varying-model predictive control (LPV-MPC). *Control Engineering Practice*, 95, 104270.
- [9] Hanema, J., Lazar, M., & Tóth, R. (2020). Heterogeneously parameterized tube model predictive control for LPV systems. *Automatica*, 111, 108622.
- [10] Heydari, R., & Farrokhi, M. (2021). Robust tube-based model predictive control of LPV systems subject to adjustable additive disturbance set. *Automatica*, 129, 109672.
- [11] Morato, M. M., Normey-Rico, J. E., & Sename, O. (2021, June). Short-sighted robust lpv model predictive control: Application to semi-active suspension systems. In *2021 European Control Conference (ECC)* (pp. 1525-1530). IEEE.
- [12] Hanema, J., Lazar, M., & Tóth, R. (2017). Stabilizing tube-based model predictive control: Terminal set and cost construction for LPV systems. *Automatica*, 85, 137-144.
- [13] Kothare, M. V., Balakrishnan, V., & Morari, M. (1996). Robust constrained model predictive control using linear matrix inequalities. *Automatica*, 32(10), 1361-1379.
- [14] Lu, Y., & Arkun, Y. (2000). Quasi-min-max MPC algorithms for LPV systems. *Automatica*, 36(4), 527-540.
- [15] Park, P., & Jeong, S. C. (2004). Constrained RHC for LPV systems with bounded rates of parameter variations. *Automatica*, 40(5), 865-872.
- [16] Khan, B., Rossiter, J. A., & Valencia-Palomo, G. (2011). Exploiting Kautz functions to improve feasibility in MPC. *IFAC Proceedings Volumes*, 44(1), 6777-6782.
- [17] Valencia-Palomo, G., & Rossiter, J. A. (2012). Novel programmable logic controller implementation of a predictive controller based on Laguerre functions and multiparametric solutions. *IET control theory & applications*, 6(8), 1003-1014.
- [18] Khan, B., Valencia-Palomo, G., Rossiter, J. A., Jones, C. N., & Gondhalekar, R. (2016). Long horizon input parameterisations to enlarge the region of attraction of MPC. *Optimal Control Applications and Methods*, 37(1), 139-153.