

Proyecto de Tesis de Maestría (Miguel Bernal)

Título: Linealización por realimentación basado en optimización convexa.

Problema a resolver: Una técnica de control genuinamente no lineal es la linealización por realimentación de estado o salida [1]. Esta técnica consiste en determinar una realimentación que permita convertir el sistema en uno lineal por medio de una transformación de coordenadas denominada *difeomorfismo*; el sistema resultante es entonces estabilizado por alguna técnica lineal. En [2] se proporcionan condiciones suficientes para realizar esta transformación. Estas condiciones se basan en conceptos de geometría diferencial tales como la *derivada de Lie*, el *corchete de Lie* y las *distribuciones involutivas*, que a su vez están relacionados con las nociones de *forma normal*, *dinámica cero*, *fase mínima*, y *grado relativo*. Una vez satisfechas las condiciones, debe resolverse un sistema de ecuaciones diferenciales parciales para encontrar la transformación. Todos estos pasos se realizan *analíticamente* [3].

Por otra parte, el *control basado en optimización convexa* es aquel que sintetiza controladores por medio de la resolución en tiempo polinomial de desigualdades matriciales lineales (LMIs) [4] o problemas de suma de cuadrados (SOS) [5], previa reescritura de la planta en forma convexa lineal (Takagi-Sugeno, TS) [6] o no lineal (polinomial convexo, CP) [7]. Las condiciones de diseño de estos esquemas de control se derivan utilizando el método directo de Lyapunov [3]. Todos estos pasos se realizan *numéricamente* [8].

El carácter genuinamente no lineal de la técnica de linealización por realimentación la hace atractiva para el control de sistemas no lineales; no obstante, su carácter analítico hace que su aplicación sistemática sea difícil obligando al diseñador a proponer soluciones *ad hoc* según la planta, sin poder auxiliarse de métodos numéricos para sintetizar el controlador. Por este motivo, el presente trabajo abordará el desarrollo de esquemas de control que implementen la técnica de linealización por realimentación del estado o la salida, aprovechando donde sea posible la optimización convexa para sistematizar el diseño de controladores por medio de condiciones LMIs o SOS. Algunos trabajos que han intentado explorar esta idea son [9] y [10], que usan modelado convexo, pero no LMIs o SOS.

Productos académicos comprometidos: 1 artículo de conferencia internacional arbitrada publicado y 1 artículo de revista indexada sometido, ambos antes del 31 de agosto de 2022.

Estancia del estudiante: En institución nacional por definir (UNAM, UAEH, CINVESTAV) con duración de 1 mes.

Conferencia del estudiante: Nacionales CCE 2021-2022 ó AMCA 2021-2022.

REFERENCES

- [1] A. Isidori, *Nonlinear Control Systems*, 3rd ed. London: Springer, 1995.
- [2] H. Khalil, *Nonlinear Systems*, 3rd ed. New Jersey, USA: Prentice Hall, 2002.
- [3] —, *Nonlinear Control*. New Jersey, USA: Prentice Hall, 2014.
- [4] S. Boyd, L. E. Ghaoui, E. Feron, and V. Balakrishnan, *Linear Matrix Inequalities in System and Control Theory*. Philadelphia, USA: SIAM: Studies In Applied Mathematics, 1994, vol. 15.
- [5] S. Prajna, A. Papachristodoulou, and F. Wu, "Nonlinear control synthesis by sum of squares optimization: A Lyapunov-based approach," in *Control Conference, 2004. 5th Asian*, vol. 1, 2004, pp. 157–165.
- [6] T. Taniguchi, K. Tanaka, and H. Wang, "Model construction, rule reduction and robust compensation for generalized form of Takagi-Sugeno fuzzy systems," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol. 9, no. 2, pp. 525–537, 2001.
- [7] A. Sala and C. Ario, "Polynomial fuzzy models for nonlinear control: a Taylor series approach," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol. 17, no. 6, pp. 1284–1295, 2009.
- [8] K. Tanaka and H. Wang, *Fuzzy Control Systems Design and Analysis. A linear matrix inequality approach*. New York: John Wiley & Sons, 2001.
- [9] H. Ying, "Analytical analysis and feedback linearization tracking control of the general Takagi-Sugeno fuzzy dynamic systems," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, vol. 29, no. 2, pp. 290–298, 1999.
- [10] Y. Zhang, G. Tao, and M. Chen, "Relative degrees and adaptive feedback linearization control of T-S fuzzy systems," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol. 23, no. 6, pp. 2215–2230, 2015.