



DOCTORADO

Programa Analítico de Materia:

1. Nombre de la materia:

Control Lineal Óptimo y Robusto Avanzado

2. Presentación de la materia:

El control de sistemas no lineales que permiten ser representados a través de sistemas lineales de parámetros variantes (LPV) es un tema que fue desarrollado fuertemente a mediados de los 90's. La temática continuó su desarrollo durante los años 2000' alcanzando un cierto nivel de madurez hacia los 2010'. Tanto en algoritmos, como en experiencia de diseño, el desarrollo del área se vio plasmado en la disponibilidad de un paquete de software moderno para diseño e implementación Hjartarson et al., 2015. En la actualidad, el área de sistemas LPV está bien difundida como herramienta para el diseño de sistemas de control en problemas de múltiples entradas y salidas, lineales y no lineales, siendo posible abordar problemas complejos a través de esta técnica. En este curso se introducirá este problema en el contexto de sistemas dinámicos representables mediante transformaciones lineales fraccionales (LFT) así como sistemas grillados. Asimismo, el diseño de controladores para esta clase de sistemas puede ser resuelto mediante optimización de desigualdades lineales matriciales (LMI), lo que resulta en algoritmos de conveniente robustez numérica. Parte de las ventajas de estas técnicas se basan en la factibilidad computacional, la posibilidad de generalizar los métodos de control robusto a sistemas no lineales y en la amplia variedad de aplicaciones.

3. Docente responsable:

Nombre y Apellido: Ghersin Alejandro Simón.
Máximo título alcanzado: Doctorado de la UBA en Ingeniería.

4. Equipo Docente:

-

5. Requisitos de admisibilidad a la materia:

Haber tomado el curso previo, "Control Lineal Óptimo y Robusto"

6. Duración en horas:

Horas teóricas:
Horas prácticas:
Horas totales: 60





7. Idioma del dictado:

Castellano

8. ¿Podría dictarse una versión en idioma inglés?

Sí.

9. Objetivos de aprendizaje:

1. Adquirir una base para la representación de sistemas inciertos mediante transformaciones lineales fraccionarias (LFT's). Dentro de este punto se incluye el manejo de los paquetes de software que permiten manejar numéricamente la descripción de sistemas a través de sus realizaciones como LFTs Hjartarson et al., 2015; Roos y Biannic, 2020.
2. Adquirir competencia en el manejo de desigualdades lineales matriciales como método para describir una clase problemas de optimización convexa que pueden ser resueltos mediante métodos de programación semidefinida (SDP). El enfoque es fuertemente práctico con énfasis en la utilización de paquetes de SDP actuales Löfberg, 2004; Sturm, 1999; Toh et al., 2020
3. Adquirir competencia en el diseño de controles LPV para sistemas dinámicos tanto para sistemas grillados como para sistemas LFT. Adquirir manejo de temas de repaso de Control Lineal en Espacio de Estados.



10. Contenidos:

Temas de Control Robusto

1. Repaso (Dullerud y Paganini, 2000; Sánchez Peña y Sznaier, 1998; Zhou, 1998): Estabilidad Interna Nominal, Incertidumbre dinámica global, Estabilidad y Performance Robusta. Transformaciones Lineales Fraccionales (LFT).
2. Incertidumbre Dinámica Estructurada (mismos 3 libros).
3. Reducción de orden en Modelos (mismos 3 libros).

Temas de Control LPV

1. Base de álgebra para LPV's (Dullerud y Paganini, 2000), Complementos de Schur, Lema de inversión matricial.
2. Desigualdades Lineales Matriciales (mismo libro)
3. Sistemas Lineales de Parámetros Variantes:
 - a) Teorema de la pequeña ganancia con escalajes (Dullerud y Paganini, 2000; Packard, 1994).
 - b) Análisis: Caso LTI continuo repaso de Control Óptimo en H_∞ .
 - c) Caso LPV continuo (Becker y Packard, 1994; Hoffmann y Werner, 2014; Packard, 1994; Wu y Dong, 2006; Wu et al., 1996).
 - d) Síntesis (mismas referencias).
 - e) Gain Scheduling (Shamma y Athans, 1992).





Caso LPV continuo.
Caso general

11. Trabajo de laboratorio:

-

12. Metodología de enseñanza:

El curso se desarrollará en base a clases teórico-prácticas sobre la base de las cuales se asignará la realización de los siguientes trabajos prácticos:

1. Planteo de problemas de análisis y diseño de control mediante LMI's.
2. Análisis de sistemas no lineales para ser llevados a formato LFT mediante GSS, Matlab o LPVTools.
3. Problema de diseño final.

13. Bibliografía obligatoria:

- Becker, G. S., & Packard, A. (1994). Robust Performance of LPV Systems using Parametrically-dependent Linear Feedback. *Systems and Control Letters*, 23, 205-215.
- Dullerud, G. E., & Paganini, F. (2000). *A Course in Robust Control Theory*. Springer-Verlag.
- Hjartarson, A., Seiler, P., & Packard, A. (2015). LPVTools: A Toolbox for Modeling, Analysis, and Synthesis of Parameter Varying Control Systems. *IFAC-PapersOnLine*, 48(26).
- Hoffmann, C., & Werner, H. (2014). Linear Parameter-Varying Control of Complex Mechanical Systems [19th IFAC World Congress]. *IFAC Proceedings Volumes*, 47(3), 6147-6152. <https://doi.org/10.3182/20140824-6-ZA-1003.00118>
- Löfberg, J. (2004). YALMIP : A Toolbox for Modeling and Optimization in MATLAB. In *Proceedings of the CACSD Conference*.
- Packard, A. (1994). Gain Scheduling via LFTs. *Systems and Control Letters*, 22, 79-92.
- Roos, C., & Biannic, J.-M. (2020). GSS, A new Matlab class to model uncertain and non-linear systems.
- Sánchez Peña, R. S., & Sznaiier, M. (1998). *Robust Systems Theory and Applications* Wiley.
- Shamma, J., & Athans, M. (1992). Gain Scheduling: Potential Hazards and Possible Remedies. *IEEE Control Systems Magazine*, 12(3), 101-107.
- Sturm, J. F. (1999). Using SeDuMi 1.02, a MATLAB toolbox for optimization over symmetric cones [Version 1.1R3 available from <http://sedumi.mcmaster.ca>]. *Optimization Methods and Software*, 11-12, 625-653.
- Toh, K. C., Tütüncü, R. H., & Todd, M. J. (2020). SDPT3 - a MATLAB software package for semidefinite-quadratic-linear programming.
- Wu, F., & Dong, K. (2006). Gain-scheduling control of LFT systems using parameter-dependent Lyapunov functions. *Automatica*, 42(1), 39-50.
- Wu, F., Yang, X. H., Packard, A., & Becker, G. S. (1996). Induced L2-Norm Control for LPV Systems with Bounded Parameter Variation Rates. *International Journal of Nonlinear and Robust Control*.
- Zhou, K. (1998). *Essentials of Robust Control*. Prentice-Hall.





14. Bibliografía complementaria:

- Apkarian, P. (1997). On the Discretization of LMI Synthesized Linear Parameter-Varying Controllers. *Automatica*, 4(33), 655-661.
- Apkarian, P., Gahinet, P., & Becker, G. S. (1995). Self-scheduled H_∞ control of linear parameter varying systems: A design example. *Automatica*, 9(31), 1251-1261.
- Apkarian, P., Gahinet, P., & Biannic, J.-M. (1994). Self Scheduled H_∞ control of a Missil via LMIs. *Proceedings of the 33th conference on Decision and Control*, 188-193.
- Balas, G., Fialho, I., Packard, A., Renfrow, J., & Mullaney, C. (1997). On the Design of LP Controllers for the F-14 Aircraft Lateral-Directional Axis During Powered Approach *Proceedings of the American Control Conference*.
- Balas, G., Packard, A., Lee, L., Fialho, I., et al. (1997). ACC 97 Workshop on LPV systems. ACC97.
- Balini, H. N. K., Witte, J., & Scherer, C. W. (2012). Synthesis and implementation of gains-scheduling and LPV controllers for an AMB system. *Automatica*, 521-527.
- Bianchi, F. D., & Sánchez Peña, R. S. (2010). A novel design approach for switched LPV controllers. *International Journal of Control*, 83(8), 1710-1717.
- Chilali, M., & Gahinet, P. (1996). H_∞ Design with Pole Placement Constraints: An LMI Approach. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 41(3), 358-367.
- Fialho, I., Balas, G., Packard, A., Renfrow, J., & Mullaney, C. (1997). Linear Fractional Transformation Control of the F-14 Aircraft Lateral-Directional Axis During Powered Approach Landing. *Proceedings of the American Control Conference*.
- Gahinet, P., & Apkarian, P. (1994). An LMI Approach to H_∞ Control. *International Journal of Robust and Nonlinear Control*, 4(8), 421-448.
- Gahinet, P., Nemirovski, A., Laub, A. J., & Chilali, M. (1995). LMI Control Toolbox. The Mathworks, Inc.
- Jadbabaie, A., & Hauser, J. (2002). Control of a thrust-vectoring flying wing: A receding horizon - LPV approach. *Int. J. Robust Nonlinear Control*, 12, 869-896. <https://doi.org/10.1002/rnc.708>
- Köse, I. E., Jabbari, F., & Schmitendorf, W. E. (1996). A Direct Characterization of L2-Gain Controllers for LPV Systems. *Proceedings of the 35th conference on Decision and Control*, 3990-3995.
- Lu, B., Choi, H., & Buckner, G. (2006). LPV control design and experimental implementation for a magnetic bearing system. *American Control Conference*, 2006. <https://doi.org/10.1109/ACC.2006.1657440>
- Lu, B., & Wu, F. (2004). Switching LPV control designs using multiple parameter-dependent Lyapunov functions. *Automatica*, 40(11), 1973-1980.
- Roche, E., Sename, O., & Simon, D. (2012). An LFR approach to varying sampling control of LPV systems: Application to AUVs. *2012 1st International Conference on Systems and Computer Science (ICSCS)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICSCS.2012.6502473>
- Rotondo, D., Cristofaro, A., Gryte, K., & Johansen, T. A. (2017). LPV model reference control for fixed-wing UAVs [20th IFAC World Congress]. *IFAC-Papers On Line*, 50(1), 11559-11564. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.1640>
- Scherer, C., & Weiland, S. (2005). *Linear Matrix Inequalities in Control*. Dutch Institute of Systems; Control.
- Sloth, C., Esbensen, T., & Stoustrup, J. (2010). Active and passive fault-tolerant LPV control of wind turbines. *American Control Conference (ACC)*, 2010, 4640-4646.





DOCTORADO

Programa Analítico de Materia:

- Yu, S., Böhm, C., Chen, H., & Allgöwer, F. (2012). Model predictive control of constrained LPV systems. International Journal of Control, 85(6), 671-683. <https://doi.org/10.1080/00207179.2012.661878>

15. Recursos didácticos para la enseñanza:

Aula y computadoras personales.

16. Modalidad de evaluación:

Se evaluará la adquisición de competencias mediante los informes de trabajos prácticos y un interrogatorio sobre la entrega de los mismos.

17. Requisitos de aprobación:

Aprobar los trabajos prácticos y el problema de examen final incluyendo una exposición de defensa del mismo. Se califica con nota de 1 a 10.

