

PROPUESTA DE TESIS DCI

Título: **Diagnóstico y control tolerante a fallas de robots móviles omnidireccionales**
Responsable: **Dr. Samuel Gómez Peñate** (samuel.gp@tuxtla.tecnm.mx)

Descripción de la propuesta

El robot móvil con ruedas Mecanum (RMRM) con movimiento omnidireccional se ha aplicado ampliamente en muchos campos como fábricas (Li et al., 2018), sillas de ruedas (Yadav et al., 2022), transporte industrial (Peng et al., 2016), etc. La rueda Mecanum consta de una serie de rodillos pasivos montados a 45 grados alrededor de un eje sólido. Debido a la capacidad de movimiento flexible, el RMRM puede moverse a cualquier posición sin cambiar de dirección desde la posición inicial. Según Li et al. (2018), los robots con ruedas Mecanum son más apropiados para el transporte de mercancías pesadas en el entorno industrial.

La actuación del movimiento omnidireccional se consigue a través de la colaboración de cuatro ruedas Mecanum. Con el fin de mejorar el desempeño en el seguimiento de trayectorias, una serie de métodos de control como el método de control Proporción-Integral-Derivativa (PID) (Wen and Tong, 2017), el método de control difuso (Alshorman et al., 2020), el método de control por modos deslizantes (Yadav et al., 2022) y otros son ampliamente utilizados y reportados en la literatura. Sin embargo, cuando los robots móviles son destinados a ser utilizados en entornos peligrosos o para operaciones de larga duración, es necesario aumentar la tolerancia ante fallas en actuadores y/o sensores (Vlantis et al., 2016).

Una *falla* se puede definir generalmente como una desviación no permitida de al menos una propiedad característica o parámetro, que cambia el comportamiento del sistema; por ejemplo un mal funcionamiento en un sensor o en un actuador (Gómez-Peñate et al., 2018, 2019; Gómez-Peñate et al., 2020). Ante esto, es necesario monitorear el proceso mediante un sistema de diagnóstico de fallas. En la literatura se encuentran trabajos enfocados al diagnóstico de fallas para este tipo de sistemas; Mellah et al. (2019) presentan un esquema de diagnóstico de fallas basado en un filtro de Kalman extendido, Mellah et al. (2020) diseñan un banco de observadores generalizados usando observadores de entrada desconocida para la detección y aislamiento de fallas en actuadores, Peter et al. (2020) realizan una comparación entre un método basado en señales y un método basado en modelo, demostrando la aplicabilidad de ambos, Na and Eun (2021) proponen un método para la detección de fallas en actuadores basado en observadores LPV de entrada desconocida. Después de identificar la falla, el siguiente paso es integrar un esquema de control tolerante a fallas (CTF) para mantener el desempeño y la estabilidad del sistema, lo más cerca posible de la situación ideal justo antes de la falla. Algunas investigaciones se han enfocado a desarrollar esquemas de control tolerante a fallas para robots omnidireccionales, como en Vlantis et al. (2016); Alshorman et al. (2020).

La mayoría de los estudios de sistemas de diagnóstico han considerado modelos simples y generalmente lineales e invariantes en el tiempo que solamente son válidos en una región de operación limitada. No obstante, los sistemas diagnósticos de fallas que consideran tanto las no linealidades como parámetros exógenos no estacionarios son menos conservativos (Zhang et al., 2016). Ante esto, los modelos convexos como Takagi-Sugeno, LPV, qLPV, se han visto como una solución interesante para tratar con sistemas no lineales complejos (Bezzaoucha et al., 2017) y obtener una representación simplificada y equivalente mediante el uso del conocido enfoque del sector no lineal el cual transforma al sistema no lineal en un modelo qLPV sin perder información.

En esta tesis se plantea el diseño mecánico de un robot móvil omnidireccional usando ruedas Mecanum, para desarrollar estudios de diagnóstico de fallas y esquemas de control de seguimiento de trayectorias tolerante a fallas activo mediante enfoques de modelado convexo, considerando robustez ante ruido de medición y errores por deslizamiento en las ruedas.

Objetivo de la investigación

Diseñar un esquema de control tolerante a fallas activo mediante técnicas convexas aplicado a robots móviles omnidireccionales.

Objetivos Específicos

- Diseñar e instrumentar un robot móvil omnidireccional con ruedas Mecanum.
- Estudiar y validar el modelo matemático del sistema.
- Diseñar observadores para el diagnóstico de fallas en actuadores y/o en sensores.
- Desarrollar esquemas de control tolerante a fallas para el sistema a nivel simulación.
- Implementar un control tolerante a fallas activo.

Referencias

- Alshorman, A.M., Alshorman, O., Irfan, M., Glowacz, A., Muhammad, F., and Caesarendra, W. (2020). Fuzzy-based fault-tolerant control for omnidirectional mobile robot. *Machines*, 8(3), 55.
- Bezzaoucha, S., Voos, H., and Darouach, M. (2017). A new polytopic approach for the unknown input functional observer design. *International Journal of Control*, 1–20. doi:10.1080/00207179.2017.1288299.
- Gómez-Peñate, S., López-Estrada, F.R., Valencia-Palomo, G., Osornio-Ríos, R., Zepeda-Hernández, J.A., Ríos-Rojas, C., and Camas-Anzueto, J. (2018). Sensor Fault Diagnosis Observer for an Electric Vehicle Modeled as a Takagi-Sugeno System. *Journal of Sensors*, 2018, 1–9.
- Gómez-Peñate, S., Valencia-Palomo, G., López-Estrada, F.R., Astorga-Zaragoza, C.M., Osornio-Ríos, R.A., and Santos-Ruiz, I. (2019). Sensor Fault Diagnosis Based on a $H \infty$ Sliding Mode and Unknown Input Observer for Takagi-Sugeno Systems with Uncertain Premise Variables. *Asian Journal of Control*, 21(1), 339–353.
- Gómez-Peñate, S., López-Estrada, F., Valencia-Palomo, G., Rotondo, D., and Guerrero-Sánchez, M. (2020). Actuator and sensor fault estimation based on a proportional multiple-integral sliding mode observer for linear parameter varying systems with inexact scheduling parameters. *International Journal of Robust and Nonlinear Control*, rnc.5371.
- Li, Y., Dai, S., Zheng, Y., Tian, F., and Yan, X. (2018). Modeling and kinematics simulation of a mecanum wheel platform in recurdyn. *Journal of Robotics*, 2018.

- Mellah, S., Graton, G., El Mostafa, E., OULADSINE, M., and PLANCHAIS, A. (2019). Detection & isolation of sensor and actuator additive faults in a 4-mecanum wheeled mobile robot (4-mwmmr). In *2019 International Conference on Control, Automation and Diagnosis (ICCAD)*, 1–6. IEEE.
- Mellah, S., Graton, G., El Mostafa, E., Ouladsine, M., and Planchais, A. (2020). 4-mecanum wheeled mobile robot actuator fault detection & isolation using unknown input observer-based approach. In *2020 European Control Conference (ECC)*, 1442–1447. IEEE.
- Na, G. and Eun, Y. (2021). Actuator fault detection for unmanned ground vehicles considering friction coefficients. *Sensors*, 21(22), 7674.
- Peng, T., Qian, J., Zi, B., Liu, J., and Wang, X. (2016). Mechanical design and control system of an omni-directional mobile robot for material conveying. *Procedia Cirp*, 56, 412–415.
- Peter, I., Chang, T., Liu, C.C., Chiang, S.C.F., and Lan, C.Y. (2020). Signal-based and model-based wheel fault detection of omni-directional vehicle with mecanum wheel. In *2020 International Automatic Control Conference (CACs)*, 1–6. IEEE.
- Vlantis, P., Bechlioulis, C.P., Karras, G., Fourlas, G., and Kyriakopoulos, K.J. (2016). Fault tolerant control for omni-directional mobile platforms with 4 mecanum wheels. In *2016 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, 2395–2400. IEEE.
- Wen, R. and Tong, M. (2017). Mecanum wheels with astar algorithm and fuzzy pid algorithm based on genetic algorithm. In *2017 International Conference on Robotics and Automation Sciences (ICRAS)*, 114–118. IEEE.
- Yadav, P.S., Agrawal, V., Mohanta, J., and Ahmed, M.F. (2022). A robust sliding mode control of mecanum wheel-chair for trajectory tracking. *Materials Today: Proceedings*.
- Zhang, H., Zhang, G., and Wang, J. (2016). \mathcal{H}_∞ Observer Design for LPV Systems with Uncertain Measurements on Scheduling Variables: Application to an Electric Ground Vehicle. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 21(3), 1659–1670.