

Método de control de locomoción de extremidad robótica basado en observador de perturbaciones

Luis Carlos Aranda Maldonado^{1*}, Manuel de Jesús Nandayapa Alfaro², Elva Lilia Reynoso Jardón³

Resumen

La adaptabilidad de los robots cuadrúpedos en diversos entornos ha mostrado potencial para asistir y reemplazar al ser humano en diferentes tareas. Sin embargo, existen oportunidades en la estructura de las extremidades de los robots cuadrúpedos para la estabilidad y versatilidad en entornos complejos. En este trabajo se revisan 14 artículos científicos de las bases de datos IEEE, Springer, Elsevier y MDPI, así como del buscador Google Scholar, empleando las palabras clave: robots cuadrúpedos, clasificación y estructura de extremidades articuladas. Esta revisión de literatura clasifica la estructura de las extremidades articuladas de robots cuadrúpedos. Se encontró que las estructuras de las extremidades presentan características que ofrecen diferentes ventajas en la locomoción del robot cuadrúpedo, proporcionando un marco de referencia para futuras investigaciones.

Palabras Clave

Robot cuadrúpedo – Estructura de extremidades – Clasificación de extremidades

^{1,2,3}Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México.

***Autor de correspondencia:** al263344@alumnos.uacj.mx

Programa académico

Doctorado en Tecnología

Fecha de presentación

20 y 27 de noviembre de 2025

Financiamiento

SECIHTI (CVU 1268858)

Institución responsable del estudio

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Eventos académicos

10.º Coloquio de Posgrados del IIT, 1.º Cong. Int. de las Fronteras de las Ingenierías

Conflicto de interés

Sin conflicto de interés declarado

Referencias

1. Abdulwahab, A. H., Mazlan, A. Z. A., Hawary, A. F., & Hadi, N. H. (2023). Quadruped robots mechanism, structural design, energy, gait, stability, and actuators: A review study. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 12(6), 385–395. <https://doi.org/10.18178/ijmerr.12.6.385-395>
2. Antonov, A. (2024). Parallel–serial robotic manipulators: A review of architectures, applications, and methods of design and analysis. *Machines*, 12(11), 811. <https://doi.org/10.3390/machines12110811>
3. Chai, H., Li, Y., Song, R., Zhang, G., Zhang, Q., Liu, S., Hou, J., Xin, Y., Yuan, M., Zhang, G., & Yang, Z. (2022). A survey of the development of quadruped robots: Joint configuration, dynamic locomotion control method and mobile manipulation approach. *Biomimetic Intelligence and Robotics*, 2(1), Article 100029. <https://doi.org/10.1016/j.birob.2021.100029>
4. Chen, M., Hu, K., Zhang, Y., & Qi, F. (2022). Motion coordination control of planar 5R parallel quadruped robot based on SCPL-CPG. *Advances in Mechanical Engineering*, 14(1). <https://doi.org/10.1177/16878140211070910>
5. Choi, J. (2021). Multi-phase joint-angle trajectory generation inspired by dog motion for control of quadruped robot. *Sensors*, 21(19), 6366. <https://doi.org/10.3390/s21196366>

CITACIÓN: Aranda Maldonado, L.C., Nandayapa Alfaro, M. de J., & Reynoso Jardón, E.L. (2026). Método de control de locomoción de extremidad robótica basado en observador de perturbaciones [Fronteras de la Ingeniería y Transformación Tecnológica]. *Memorias Científicas y Tecnológicas*, 5(1), 107-109.

6. Dong, S., Fan, F., Chen, Y., Guo, S., & Liu, J. (2025). Gait planning and motion control methods for quadruped robots: Achieving high environmental adaptability: A review. *CMES – Computer Modeling in Engineering and Sciences*, 143(1), 1–50. <https://doi.org/10.32604/cmes.2025.062113>
7. Fan, Y., Pei, Z., Wang, C., Li, M., Tang, Z., & Liu, Q. (2024). A review of quadruped robots: Structure, control, and autonomous motion. *Advanced Intelligent Systems*, 6(6), Article 2300783. <https://doi.org/10.1002/aisy.202300783>
8. Feller, D. (2023). Dexterity, workspace and performance analysis of the conceptual design of a novel three-legged, redundant, lightweight, compliant, serial-parallel robot. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 109(6), Article 1900. <https://doi.org/10.1007/s10846-023-01900-8>
9. Fernando, M. J., Saypulaev, G. R., & Saypulaev, M. R. (2025). Analysis of a four-legged robot kinematics during rotational movements of its body. *Advanced Engineering Research (Rostov-on-Don)*, 25(1), 14–22. <https://doi.org/10.23947/2687-1653-2025-25-1-14-22>
10. Gong, Y., Sun, G., Nair, A., Bidwai, A., CS, R., Grezmak, J., Sartoretti, G., & Daltorio, K. (2023). Legged robots for object manipulation: A review. *Frontiers in Mechanical Engineering*, 9, Article 1142421. <https://doi.org/10.3389/fmech.2023.1142421>
11. He, J., & Gao, F. (2020). Mechanism, actuation, perception, and control of highly dynamic multilegged robots: A review. *Chinese Journal of Mechanical Engineering (English Edition)*, 33(1), 79. <https://doi.org/10.1186/s10033-020-00485-9>
12. Kang, R., Meng, F., Chen, X., Yu, Z., Fan, X., Ming, A., & Huang, Q. (2020). Structural design and crawling pattern generator of a planar quadruped robot for high-payload locomotion. *Sensors*, 20(22), 6543. <https://doi.org/10.3390/s20226543>
13. Kau, N., Schultz, A., Ferrante, N., & Slade, P. (2019). Stanford Doggo: An open-source, quasi-direct-drive quadruped. In *2019 International Conference on Robotics and Automation (ICRA)* (pp. 6309–6315). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICRA.2019.8794436>
14. Kumar, S., Wöhrle, H., de Gea Fernández, J., Müller, A., & Kirchner, F. (2020). A survey on modularity and distributivity in series-parallel hybrid robots. *Mechatronics*, 68, 102367. <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2020.102367>
15. Li, L., Fang, Y., Guo, S., Qu, H., & Wang, L. (2020). Type synthesis of a class of novel 3-DOF single-loop parallel leg mechanisms for walking robots. *Mechanism and Machine Theory*, 145, 103695. <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2019.103695>
16. Shi, Y., Li, S., Guo, M., Yang, Y., Xia, D., & Luo, X. (2021). Structural Design, Simulation and Experiment of Quadruped Robot. *Applied Sciences*, 11(22), 10705. <https://doi.org/10.3390/app112210705>
17. Sun, Y., Zong, C., Pancheri, F., Chen, T., & Lueth, T. (2023). Design of topology optimized compliant legs for bio-inspired quadruped robots. *Scientific Reports*, 13. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-32106-5>
18. Wang, D., & Zhou, D. (2021). Design of leg structure of quadruped robot based on GFSet. In *2021 IEEE 4th International Conference on Electronics Technology (ICET)* (pp. 982–986). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICET51757.2021.9451054>
19. Wu, Y., Wang, S., & Wang, K. (2019). Design and analysis of serial mechanical leg of quadruped lunar robot. In *Proceedings of the 2019 4th International Conference on Automation, Control and Robotics Engineering (CACRE2019)* (Article 59, pp. 1–6). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3351917.3351947>
20. Zhao, J., Liu, K., Zhao, F., & Sun, Z. (2019). Design and kinematic analysis on a novel serial-parallel hybrid leg for quadruped robot. In H. Yu, J. Liu, L. Liu, Z. Ju, Y. Liu, & D. Zhou (Eds.), *Intelligent Robotics and Applications* (Lecture Notes in Computer Science, Vol. 11742). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-27535-8_39

Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura
Doctorado en Tecnología

Método de control de locomoción de extremidad robótica basado en observador de perturbaciones

Autor: M.I.M. Luis Carlos Aranda Maldonado
Director: Dr. Manuel de Jesús Nandayapa Alfaro
Codirectora: Dra. Elva Lilia Reynoso Jardón

Resumen

Los robots cuadrúpedos han mostrado adaptabilidad en actividades complejas y terrenos irregulares con potencial para asistir y reemplazar al ser humano en diferentes tareas. Sin embargo, el desempeño de los robots cuadrúpedos puede estar comprometido por perturbaciones al sistema en entornos complejos. Las perturbaciones son variables que no pueden ser moduladas debido a que no existen sensores para medir todas las perturbaciones que afectan a un sistema robótico [1]. Por lo cual, el objetivo principal de esta investigación es desarrollar un método de control de locomoción de una extremidad robótica basado en observador de perturbaciones que permita un desempeño del sistema estable ante perturbaciones con cargas dinámicas.

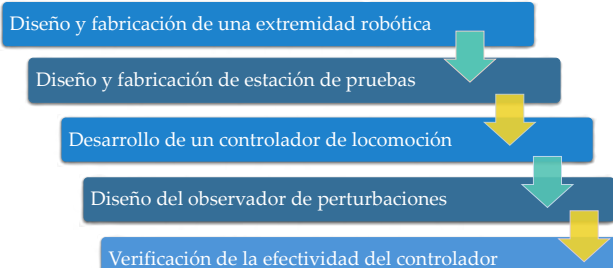
Introducción

Los robots cuadrúpedos requieren un sistema de control para garantizar un desempeño robusto en entornos reales con terrenos irregulares y no estructurados. Sin embargo, el desempeño de la locomoción de los robots cuadrúpedos se ve afectado por perturbaciones internas y externas. No obstante, existen diversas estrategias para manejar las perturbaciones en el control por retroalimentación del sistema. En este contexto, los observadores de perturbaciones (DOs) son técnicas de control robusto para estimar perturbaciones y compensarlas a partir de la respuesta del sistema para mejorar estabilidad y el desempeño [2].

Objetivo general

Desarrollar un método de control de locomoción de extremidad robótica basado en observador de perturbaciones.

Metodología



Resultados esperados

Un método de control que mejore la robustez de una extremidad robótica mediante la reducción de perturbaciones con cargas dinámicas y el control del sistema dinámico.

Conclusiones

El método de control basado en observador de perturbaciones representa una estrategia efectiva para mejorar la robustez de una extremidad robótica. Por lo cual, esta investigación podría fortalecer las líneas de investigación en control y robótica para la locomoción de robots cuadrúpedos.

Referencias bibliográficas

- [1] X. Zeng, H. Zhang, L. Yue, Z. Song, L. Zhang y Y. Liu, «Adaptive Model Predictive Control with Data-driven Error Model for Quadrupedal Locomotion», de 2024 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), Yokohama, Japan, 2024.
- [2] E. Sariyildiz, «A Guide to Design Disturbance Observer-based Motion Control Systems in Discrete-time Domain», de IEEE International Conference on Mechatronics (ICM), Kashiwa, Japan, 2021.

Extremidad robótica



Figura 1: Diseño del prototipo de la extremidad robótica.

Observador de perturbaciones

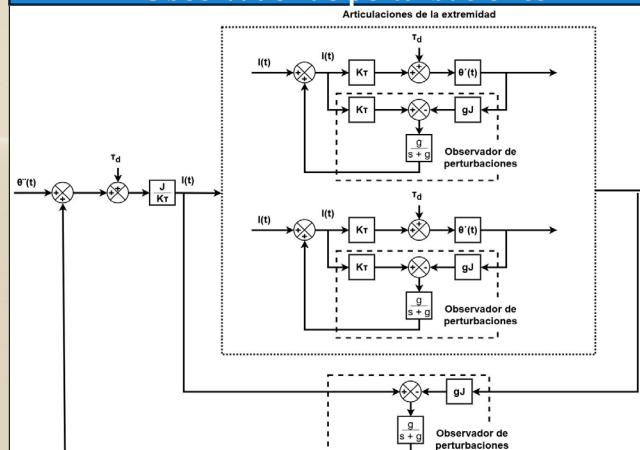


Figura 2: Representación visual conceptual de un observador de perturbaciones.