

Configuraciones de Estado Estable de Robots Manipuladores Redundantes en Tareas de Control de Impedancia en Espacio Cartesiano

PROBLEMA

En control de impedancia de robots redundantes, las configuraciones finales después de aplicarse una perturbación o fuerza externa, no son identificables a priori, lo que puede ocasionar acumulación de desviaciones o errores en las configuraciones articulares deseadas provocando fallas o el fracaso de la tarea.

OBJETIVO GENERAL

Calcular analíticamente las configuraciones finales del robot usando una metodología basada en teoría de vibraciones y control lineal que separa y resuelve la ecuación dinámica del sistema multidimensional masa-amortiguación-rigidez en dos partes: rígida y oscilatoria.



PROPUESTA

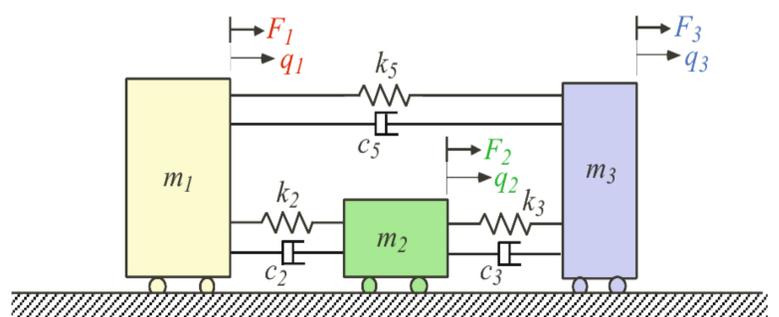
Los desplazamientos o desviaciones de la configuración original o deseada pertenecen al espacio nulo de la matriz de rigidez positiva semi-definida, característica de un sistema redundante, la cual es específica para la tarea del robot. Estos vectores pertenecientes a aquel espacio nulo nos permiten identificar y separar los movimientos rígidos o de cero potencial de aquellos oscilatorios o de no-cero potencial.

La primera consiste en el estado estable del problema que no generan cambio en la energía potencial elástica de rigidez y la segunda, la parte oscilatoria que decae asintóticamente hasta el reposo. Es decir, resolviendo la parte de desplazamientos rígidos se puede obtener la configuración o solución final de estado estable del robot.

Para poder separar las ecuaciones y obtener los respectivos resultados se utiliza una matriz de restricción que remueve los desplazamientos rígidos del sistema. Utilizando las condiciones iniciales del problema, previamente conocidos, se puede obtener la función o valores de la configuración final del robot.

$$M(q)\ddot{q}(t) + C\dot{q}(t) + Kq(t) = F$$

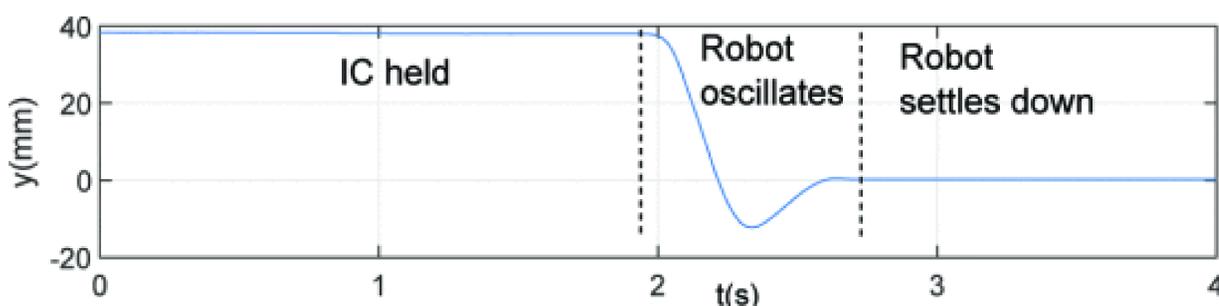
$$Ku = 0$$



Análogo al desplazamiento rígido de sistemas discretos

RESULTADOS

Los resultados de los experimentos, que consistieron en implementar y obtener la respuesta dinámica del robot redundante en vibración libre después de imponer un desplazamiento manualmente, validaron a través de comparación los valores teóricos obtenidos analíticamente, con los valores finales obtenidos experimentalmente, en una y dos fases sucesivas.



C. Saldarriaga and I. Kao, "Zero-Potential-Energy Motions due to Stiffness in Impedance Control of Robotic Tasks: an Innovative Theory and Experimental Study," 2021 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2021, pp. 2548-2554, doi: 10.1109/ICRA48506.2021.9560809.

CONCLUSIONES

- Gracias a este estudio experimental y metodología analítica se puede establecer cuantitativamente los desplazamientos que ocurren en el espacio nulo de la matriz de rigidez del sistema robótico después de una perturbación.
- La metodología analítica obtiene los desplazamientos que no producen cambios en la energía potencial del sistema robótico después de desplazarse de su posición de equilibrio inicial.
- Estos desplazamientos nos permiten mejorar y prever el comportamiento del robot en tareas de control de impedancia, como en la interacción física hombre-robot.