

Condiciones de singularidad de manipuladores seriales

Gonzalez Solis Diego Moises

21 de octubre de 2019



1. introduccion

Un manipulador serial se encuentra en una configuración singular cuando su órgano terminal es incapaz de moverse con una velocidad arbitraria dentro del espacio de trabajo. Esta situación es en general indeseable y debe evitarse o eliminarse. La primera opción es fácil de realizar aunque conlleva una reducción del espacio de trabajo. La mayoría de los manipuladores deben ser capaces de operar en configuraciones singulares. Si la singularidad es inevitable, es necesario implementar un procedimiento que permita eliminar la singularidad en que se encuentra el manipulador serial para tratar de recuperar su completa movilidad. En este trabajo se muestra cómo el producto de Lie, una operación fundamental del álgebra de Lie que es isomórfica con el álgebra de tornillos, permite identificar los tornillos asociados a los pares cinemáticos del manipulador, responsables de provocar la singularidad. A diferencia de otros procedimientos reportados en la literatura, el aquí empleado es aplicable a manipuladores que pierden más de un grado de libertad



Un manipulador serial redundante posee más grados de libertad que los estrictamente necesarios para colocar su órgano terminal dentro del espacio de trabajo. Gracias a los citados grados de libertad excedentes que conforman la conocida redundancia del manipulador, éste posee una alta capacidad de ser manipulable y en consecuencia es capaz de ejecutar trayectorias más sofisticadas que las realizables con un manipulador no redundante.

Una singularidad ocurre cuando el órgano terminal de un manipulador serial es incapaz de moverse con una velocidad arbitraria dentro del espacio de trabajo. Esta situación conduce a una solución físicamente irrealizable del análisis de velocidad inverso.

Baker y Wampler II (1988) desarrollaron un procedimiento basado en conceptos de topología matemática para analizar singularidades en manipuladores seriales redundantes que se componen exclusivamente de pares prismáticos o de “revoluta”. El mismo Wampler II (1988) aplicó dichos conceptos en la determinación de las trayectorias factibles que permitan al manipulador abandonar la singularidad en que se encuentra. Ramdane-Cherif et al. (1996) resuelven el análisis de velocidad inverso mediante redes neuronales y de esta manera, analizan la redundancia del manipulador. Sin duda, la teoría de tornillos infinitesimales es una alternativa confiable que permite de una forma sistemática y exacta explicar la naturaleza física de las singularidades. Lipkin y Duffy (1985) mostraron que una singularidad está presente cuando la “cilindroide”, generada entre dos tornillos coaxiales, degenera en una línea. Cuando el determinante de una matriz es cero, condición necesaria para la existencia de la singularidad en manipuladores seriales no redundantes, existe dependencia lineal entre las columnas que la componen. Esta situación permite ubicar como una primera aproximación los posibles elementos que provocan la singularidad. Chevallier (1995) desarrolló un algoritmo basado en el

álgebra de Lie para probar la dependencia lineal en conjuntos de tornillos. Podhorodeski et al. (1993) investigó la pérdida de movilidad en manipuladores redundantes agrupando los tornillos asociados a los pares cinemáticos del manipulador linealmente dependientes. Es interesante mencionar que, si bien es cierto, existe una cantidad bastante respetable de contribuciones que tratan el problema de las singularidades en temas como la identificación y la caracterización de singularidades, sorprendentemente, el tema de escape de singularidades ha llamado poco la atención. El primer estudio formal que trata del tema del escape de singularidades se debe a Hunt (1986), quien recurrió a la matriz de cofactores de la matriz Jacobiana y a la teoría de sistemas de tornillos para detectar la singularidad y al tornillo responsable de causarla. Cuando un manipulador serial no redundante pierde un grado de libertad, el rango de la correspondiente matriz Jacobiana es 5, por lo tanto se tienen cinco tornillos linealmente independientes con un tornillo recíproco común. Hunt (1986) determinó que en una configuración singular, el tornillo que es linealmente dependiente, no interviene en la determinación del tornillo que es recíproco. Un resultado similar fue reportado previamente por Sugimoto et al. (1982). Parikian (1996) empleó los determinantes de la matriz Jacobiana y la matriz Gramiana para determinar la proximidad de singularidades en manipuladores seriales no redundantes. La combinación de los gradientes de esas matrices provee información para liberar al manipulador de la singularidad en que se encuentra. En ese mismo año, Karger (1996) utilizó el álgebra de Lie para describir las posibles configuraciones singulares en manipuladores seriales no redundantes. En un trabajo previo Rico et al. (1995) introdujeron un método para identificar a los tornillos que provocan dicha singularidad, dado un manipulador serial no redundante en una configuración singular. A diferencia de los procedimientos anteriormente mencionados, en particular el de Hunt (1986). El método propuesto por Rico et al. (1995) es aplicable a manipuladores no redundantes que pierden más de un grado de libertad, tarea que se considera además de compleja, extremadamente laboriosa. En este trabajo se extiende el método introducido por Rico et al. (1995), aplicable en manipuladores seriales no redundantes a los manipuladores seriales redundantes.

EJEMPLO 3, MANIPULADOR DE SIETE GRADOS DE LIBERTAD

El manipulador serial redundante que se muestra en la figura 3 es una adaptación de una cadena cinemática cerrada propuesta por Sugimoto et al. (1982). El mecanismo original fue propuesto para su caracterización y los resultados obtenidos demuestran que se trata de una estructura. Con el objeto de ejemplificar la metodología que se aplica en el presente trabajo, el mecanismo original se “rompió” para producir una cadena serial abierta y de esta manera, analizar las configuraciones singulares.

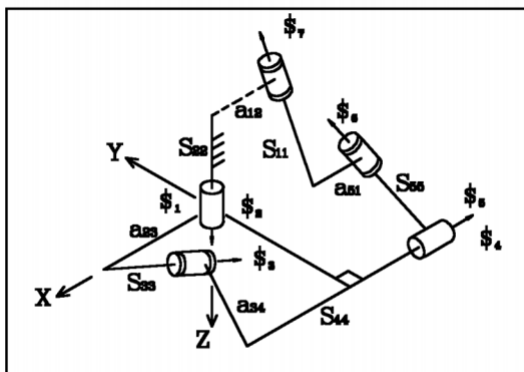


Figura 3: Manipulador RCRCR