

Capítulo 6

Conclusiones

6.1. Conclusiones del Capítulo 4

Se presentó un enfoque de platitud diferencial para la manipulación de partículas mediante una pinza óptica. El hecho de que el sistema de pinza óptica es un sistema plano con salidas planas, dadas por las coordenadas de posición horizontal y vertical del centro geométrico del rayo láser, permite resolver de forma sistemática el problema de control de seguimiento, cuando se quiere mover la partícula de una manera específica. La estrategia de control usa una función de saturación en conjunción con el controlador de asignación de polos para superar el problema de debilidad del campo de potencial en el rayo de la pinza óptica.

Físicamente, la estrategia consiste en colocar la pinza óptica lo suficientemente cerca de la posición de la partícula, entonces, poco a poco, la pinza óptica arrastra a la partícula por la trayectoria de seguimiento deseada. Para llevar a cabo esta tarea, un sistema no lineal de ecuaciones algebraicas ha sido resuelto, a fin de obtener las entradas de control retroalimentadas requeridas. Esta tarea fue resuelta satisfactoriamente usando el método numérico Newton-Raphson.

El controlador propuesto fue probado en tres experimentos simulados. Los primeros dos experimentos consistieron, en seguir una línea recta y una trayectoria elíptica, respectivamente. Finalmente, en el tercer experimento, se ha logrado completar el problema de seguimiento de posición para una trayectoria suave, es decir mover la partícula de una posición inicial en reposo a otra posición final deseada en reposo en un intervalo de tiempo finito.

6.2. Conclusiones del Capítulo 5

Se han presentado dos estrategias de control para mover una partícula esférica atrapada en una pinza óptica desde una posición inicial a una posición final en reposo. La primera estrategia de control esta basada en el hecho que el coeficiente de amortiguamiento presentado en el medio es conocido, mientras que en la segunda estrategia esta condición es omitida. Ambas estrategias de manipulación se han obtenido mediante el uso del tradicional método de Lyapunov en conjunción con el uso de una función de saturación.

Se llevaron a cabo simulaciones numéricas para mostrar el rendimiento y eficacia de la estrategia de seguimiento propuesta. De las simulaciones numéricas obtenidas, se afirma que ambas estrategias de control responden muy bien incluso cuando el ruido térmico esta presente en el modelo. De hecho, es posible mostrar que ambas estrategias logran convergencia asintótica promedio al origen mediante el uso de argumentos más sofisticados de la Teoría de Control Estocástica.

En la práctica, esta es una muy importante propiedad, porque permite llevar a cabo experimentos donde una partícula necesita ser movida a una posición muy específica a pesar del ruido térmico aleatorio externo.

6.3. Conclusión

Este proyecto de investigación es una introducción a las pinzas ópticas, enfocándose específicamente al desarrollo de estrategias de control para la manipulación de partículas mediante una pinza óptica, cumpliendo los objetivos planteados al inicio del proyecto. Se realizaron simulaciones numéricas para mostrar la eficiencia de los controladores, obteniendo resultados muy satisfactorios en la controlabilidad de una partícula. Por todo ello se puede concluir que el trabajo realizado que ha llevado a cabo de manera exitosa. Se espera que el material plasmado aquí aporte a la comunidad de ingeniería de control y a todos aquellos que utilizan las pinzas ópticas.