



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

Centro de Investigación y Desarrollo
de Tecnología Digital

MAESTRIA EN SISTEMAS DIGITALES

**"DISEÑO DE UN CONTROLADOR BAJO TECNICAS DE
H_∞ PARA UN ROBOT MANIPULADOR DE CINCO
GRADOS DE LIBERTAD"**

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS PRESENTA

ING. LUIS TUPAK AGUILAR BUSTOS

NOVIEMBRE DE 1998

TIJUANA, B. C.

Resumen

Diseño de un controlador bajo técnicas de \mathcal{H}_∞ para un robot manipulador de cinco grados de libertad

En esta tesis se formula el problema de diseño de un control \mathcal{H}_∞ para un robot manipulador de cinco grados de libertad afectado por la dinámica de los actuadores, fricción, ruido de los sensores y dinámicas no modeladas. El objetivo de control es obtener un comportamiento robusto y un sistema controlado robustamente estable. En el análisis, primero se deriva una familia de modelos de la planta en base a un análisis senoidal de la respuesta a la frecuencia para un número finito de configuraciones del robot. A partir de las gráficas de Bode se determinó una respuesta nominal multivariable. Después, se derivó una matriz de función de transferencia nominal del robot a través de la aplicación de un algoritmo de identificación multivariable. Estas mismas respuestas multivariadas a la frecuencia se utilizaron para derivar unas cotas de incertidumbre no paramétrica aditiva de la planta. Para garantizar la estabilidad robusta en presencia de estas perturbaciones y satisfacer las especificaciones de diseño, se seleccionaron funciones de peso para normalizar la norma \mathcal{H}_∞ de la incertidumbre $\|W_i^{-1}\Delta_a\|_\infty < 1$ y se derivaron funciones de peso que garantizaron los objetivos de comportamiento del sistema controlado que actúan sobre las señales de referencia, disturbios debidos al efecto de gravedad, ruido en los sensores y señales de error que garanticen un rastreo exacto de la señal de referencia. La computación del controlador \mathcal{H}_∞ se realizó utilizando la herramienta de control robusto de Matlab, y finalmente el controlador sintetizado se aplicó al modelo del robot obteniéndose resultados satisfactorios.

Abstract

\mathcal{H}_∞ control system design for a five degrees of freedom robot manipulator

This thesis deals with the optimal \mathcal{H}_∞ control problem design of a five DOF robot manipulator affected by actuators dynamics, sensor noise and non-modelling dynamics. The control objectives are to obtain a robust performance and robust stabilizing controlled system. In the design procedure, we derived a family of models of the plant based on a sinusoidal analysis of the frequency responses obtained for a finite number of arm configurations. From the Bode plots, we determined a multivariable nominal response and then, a nominal transfer function matrix was derived by applying a frequency multivariable identification algorithm. By using the same multivariable frequency family responses, additive non-parametric uncertainty bounds were defined. The procedure to define uncertainties embraces the uncertainty due to inertia variations, which some authors consider to be the main source of uncertainty in a robot manipulator. To guarantee stability robustness in the presence of perturbations, weighting function were introduced to normalize the \mathcal{H}_∞ norm of the uncertainty $\|W_i^{-1}\Delta_a\|_\infty < 1$. Also weighting functions that act on the reference signal, gravity effect disturbance, sensor noise and error signal that guarantee an exact tracking were designed. The computation of the \mathcal{H}_∞ controller was found using the Robust Control Toolbox of MATLAB, finally the controller was applied to the robot model and simulations were carried out, satisfactory results were obtained.