

파라미터 불확실성 시스템에 대한 비약성 제어기 설계에 관한 연구

A Study on Non-Fragile Controller Design for Parameter Uncertain Systems

박 성 육*, 오 준 호**

* 한국과학기술원 기계공학과 (Tel : 82-42-869-5223; Fax : 82-42-869-3095; e-mail : psw@ohzlab.kaist.ac.kr)

** 한국과학기술원 기계공학과 (Tel : 82-42-869-3223; Fax : 82-42-869-3095; e-mail : junhoh@ohzlab.kaist.ac.kr)

Abstract : Since the controller is part of the overall closed-loop system, it is necessary that the designed controller be able to tolerate some uncertainty in its coefficients. The adequate stability and performance margins are required for the designed nominal controllers. In the paper, we study the method to design the non-fragile fixed-structured controller for real parametric uncertain systems. When we impose the controller parameter perturbation, the structure of the controller must be given. Therefore, we assume that the controller has fixed-structure. The fixed-structure controller is practically necessary especially when the robust controller synthesis results in a high-order controller. In SISO systems, we propose the robust controller design method using the Mapping theorem. In the method, the plant uncertainty and controller parameter are of the multilinear form in the stability and performance conditions. Then, the controller synthesis problem is easily recast to Linear Programming Problem.

Keywords : uncertainty, stability, Linear Programming, fragility, fixed-structure controller

1. 서론

80년대에 제어기 설계에 있어서 플랜트의 불확실성을 고려한 연구가 시작되었고, 이를 견실제어(Robust control)라고 하며, 많은 관련 연구가 진행되었다[1]~[5]. 이러한 견실제어는 플랜트의 불확실성이 있을 경우에도 원하는 성능지수를 만족시킬 수 있도록 제어기를 설계하는 것이 목적이다.

주어진 플랜트의 불확실성이 페루프 시스템의 안정성과 성능에 가장 큰 영향을 미치게 되므로, 견실제어 연구에서는 플랜트의 불확실성만을 고려하였고, 제어기의 불확실성은 무시되어 왔다. 그러나, Keel 등[6]에 의하면, 견실제어기법으로 설계된 제어기의 경우에도 제어기 자체의 아주 작은 섭동(perturbation)에 의해서 전체 패희로 시스템이 불안정해 질 수 있다. 이러한 현상을 약성 현상(Fragility Phenomena)이라고 하며, 디지털 필터 구현에 있어서 중요한 고려요소중의 하나이다.

제어기 구현시 제어기의 구조는 결정되어 있으므로, 각 계수값들에서만 불확실성이 존재할 수 있다. 이 불확실성은 제어기 구현시 A/D, D/A 변환과정등에서 나오는 것일 수도 있고, 제어기의 파라미터들을 조정해 줄 필요성이 있을 때 존재할 수 있다.

따라서, 제어기 설계시에 제어기 파라미터에 여유를 주어 위에서 언급한 약성 현상을 방지하는 것이 필요하다.

이러한 관점에서 플랜트의 불확실성 및 제어기 자체의 불확실성을 고려한 제어기 설계에 관한 연구가 진행되어 왔다. Pattilammi 등[7]은 제어기구조 관점에서 비약성(non-fragile) 제어기 설계문제를 접근하여, McFarlane-Glover의 설계기법[8]에 의한 제어기 구조를 대안으로 제시하였다. Famularo 등[9]은 LQ 견실 비약성 상태궤환 제어기를 제안하였다. 이 경우에는 플랜트의 시스템행렬에만 불확실성이 존재한다고 가정하였고, 선형행렬 부등식형태로 해를 구하였으나, 아주 간단한 예를 제외하고는 non-convex 형태이기 때문에 선형행렬 부등식에서 사용하는 계산법을 적용하기 힘들어 직접적인 해를 구해내기 힘들다. Corrado 등[10]은 자승 리아프노프 한계(quadratic Lyapunov bound)를 이용한 설계기법을 제시하였으나, 이 또한 non-convex 형태의 해가 나오게 되어 계산하기 힘들다.

주어진 플랜트의 불확실성만을 고려하기 보다는 제어기의 각 계수들에게도 미리 지정한 불확실성을 고려하여 설계된 제어기를 비약성 제어기가 되도록 해야 한다. 이러한 비약성 제어기 설계에 있어서 기존의 연구 결과들은 non-convex 형태의 해를 가