

전방향 보상을 통한 강건추종 성능을 갖는 2-자유도 제어기 설계

The Design of 2-DOF Controller with Robust Tracking Performance through Feedforward Compensation

윤장희, 조창호*, 이상철**, 조도현***, 이상효*

* 광운대학교 제어계측공학과 (Tel : 81-02-940-5153 ; Fax : 81-02-909-3255)
 ** 계능 대학 전자통신과 (Tel : 81-032-770-1125)
 *** 인덕 대학 메카트로닉스과 (Tel : 81-02-940-5540)

Abstract : In this paper, robust two-degree-of-freedom controller for satellite antenna system which tracks reference signal is designed. Two-degree-of-freedom controller consists of a prefilter and a feedback controller to solve trade-off between robust stability and command response. The feedback controller is designed from specifications like stability, disturbance rejection and robustness via H_∞ design technique. In the sequel, H_2 optimal prefilter is introduced to improve the command response. This suggests a two-step design, with different types of performance specifications at each stage. In practical problems, this may easily lead to a prefilter of unacceptably high order. In order to avoid high order prefilter we use a particular structure in which both the prefilter and the feedback controller share the same dynamics. H_2 -prefilter technique proposed in this paper is verified by simulation.

Keywords : Two-degree-of-freedom, Prefilter, Model-following, Robust tracking, Satellite antenna system

1. 서론

1970년대와 1980년대 전개된 LQG(Linear Quadratic Gaussian)방법과 H_∞ 최적화 절차는 현재 단일 자유도 시스템에 널리 사용되고 있다(1,6,7). 또한, 기준신호 추종문제에 초점을 맞춘 서보(servo)문제에 있어서는 2-자유도 제어구조가 적합한 것이 잘 알려져 있다. 연속시간(continuous time) 시스템에 대해서, 고전적인 루프정형(loop-shaping) 방법(2,5)에 H_∞ 제어문제를 접목시킨 McFalane과 Glover(4)의 방법을 2-자유도로 확장시킨 Limbeer(6)는 결과적으로 얻어지는 제어기의 차수가 감소되도록 전향 여파기와 피드백제어기를 단일 단계(one-step)로 설계하는 개념을 도입하여 적용하였다.

본 논문에서는 그림 1의 시스템을 고려하여 피드백 제어기 K_f 는 외란제거와 강건안정성을 충족시키기 위해 표준 H_∞ 최적화 절차를 사용하며 추종성능 향상을 위한 전향 여파기 K_p 는 위성 안테나 시스템의 계단 추종(step-track)을 위한 성능 척도로서 더욱 적당한 H_2 -전향 여파기를 설계하는 2-단계(two-step) 설계법을 사용한다.

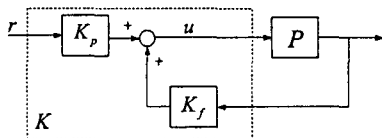


그림 1. 2-자유도 제어기

Fig. 1. Two-degree-of-freedom controller

이러한 설계방법은 단일 단계(one-step) 설계법보다 우수한 설계용성을 제공하는 반면 전향여파기의 차수가 매우 커지는 문제가 발생한다(5). 따라서 본 논문에서는 계산적으로 간단하고 낮은

차수의 전향 여파기를 얻는 것에 중점을 두고, 전향여파기의 차수가 커지는 것을 피하기 위해 전향 여파기와 피드백 제어기가 같은 역학(dynamics)을 공유하는 특별한 구조를 이용한다(3). 위성 안테나 시스템에 대하여, 제시된 설계절차에 따라 얻어진 제어기를 모의실험을 통해 그 성능을 확인한다.

2. 전향 여파기 설계를 위한 시스템 구조

본 논문에서는 기준 입력신호에 대한 시스템의 성능을 향상시키기 위한 전향 여파기 K_p 를 설계하기 위해 다음과 같은 시스템 구조를 고려한다.

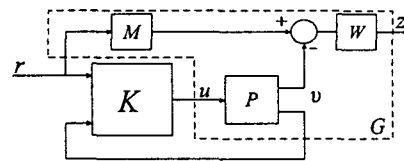


그림 2. 모델 추종구조

Fig. 2. Model-following structure

여기서, P 는 제어대상, K 는 전향 여파기와 피드백 제어기가 포함된 2-자유도 제어기, M 은 원하는 명령응답을 나타내는 기준 모델이다. W 는 기준모델과 제어대상의 오차에 대해 주파수 영역에서 하중을 준다. 그림 2의 모델 추종구조는 그림 3의 형태와 같은 표준적인 형태로 표현할 수 있다.

일반화 제어대상 G 는 아래와 같은 구조를 가진다.

$$G(s) = \begin{bmatrix} A & B_1 & B_2 \\ C_1 & D_{11} & D_{12} \\ C_2 & D_{21} & D_{22} \end{bmatrix}$$