

차량 횡 방향 제어를 위한 2 자유도 H_∞ 제어기 설계 및 모의실험

Two Degree-of-Freedom H_∞ Controller Design and Simulation For the Lateral Control of the Vehicle

장재필*, 정길도**

* 전북대학교 제어계측공학과(Tel : 81-063-272-1972; Fax : 81-063-270-2451; E-mail: cdmes@greenwood.chonbuk.ac.kr)

** 전북대학교 전자정보공학부 메카트로닉스 연구센터(Tel : 81-063-270-2478; Fax : 81-063-270-2451; E-mail: kitchong@moak.chonbuk.ac.kr)

Abstract : The aim of this paper is to design a two degree-of-freedom H_∞ controller for lateral control of the vehicle. The object of this controller is to track the centerline of the reference lane. The controller is splitted into two parts, feedback and prefilter. The feedback part is for both robust stability and disturbance attenuation, while the prefilter is for improving the robust tracking properties of closed loop system. This paper is consist of preface, background theory, dynamics of vehicle, controller design and computer simulation.

Keywords : Lateral control, AHS, H_∞ control, Two degree-of-freedom

1. 서론

가까운 미래에 자동으로 조종되는 무인 자동차가 일반화 될 것이다. 미국, 일본, 유럽 등의 차량 선진국에서는 이에 대비한 무인 차량 시스템(ITS : intelligent transportation systems)에 관한 연구 결과가 속속 나오고 있다. 대표적으로 자동화된 고속도로 시스템(AHS : automated highway system)에 관한 연구는 PATH 연구소를 중심으로 활발히 진행중이다[5]. 차량의 횡 방향 제어란 운전자의 수동 조향 방식에 의하지 않고 자동화함으로써 차량이 차선의 중심을 자동으로 주행할 수 있도록 하는 지능형 자동 주행 시스템으로 무인 차량 시스템에서 핵심이 되는 기술이다. 따라서 본 논문에서는 횡 방향 제어용 모의 실험을 통해 정밀성과 안정성을 보장할 수 있는 제어기를 설계하는데 목적을 둔다.

강인 H_∞ 제어기 설계란, 설계자가 제어 대상 시스템에 포함된 불확실성의 모델을 결정한 후, 폐환 시스템이 내부적으로 안정화하는 제한 조건을 만족시키면서 설계자가 결정한 불확실성에 걸맞게 페루프 시스템의 전실 안정도를 최대화시키는 최적화 문제이다[1]. 그러나, 대부분의 1자유도 제어기(본 논문의 4.1에 나오는 제어방법으로 McFarlane에 의해 제시된 방법을 말한다)만으로 모델링 오차 등에 대한 강인한 안정성과 기준 신호에 대한 추종 성능을 동시에 최적화하기 힘들다. 따라서 본 논문에서는 이 두 조건을 적절히 절충(trade off)할 수 있는 2자유도(2 degree of freedom)제어 시스템을 제안한다[2]. 2자유도 제어 기법에서는 폐환 회로를 통해 내부 안정성, 외란 제거, 잡음 감소 등의 폐회로 특성을 얻을 수 있으며, 전처리기(prefilter)를 통해 기준 신호를 잘 추종을 할 수 있도록 한다. 폐환 제어기와 전처리기는 H_∞ 노음을 최소화하는 관점에서 구현하였으며 시스템에서의 불확실성은 공칭 모델과 비교해 우반 평면(RHP : right half plane)에서 극의 숫자에 제한을 받지 않는 상호소 인수분해(coprime factorization) 기법을 도입하여 전개하였다.

본 논문의 구성은 2장에서는 H_∞ 제어에 필요한 기본 이론과 H_∞ 제어 이론에 대해서 논하였고, 3장에서는 차량의 횡 방향 제어를 위한 동력학적 모델 식을 제시하였으며, 4장에서는 주어진

모델을 제어하기 위한 2자유도 H_∞ 제어기를 설계하였고, 5장에서는 제안한 제어기를 통한 모의 실험 결과를 보이고, 끝으로 6장에서 결론을 맺는다.

2. 기본 이론 및 H_∞ 제어 이론

2.1 상태공간 표현

일반적으로 LTI(linear time invariant) 시스템은 식(1)과 같다.

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= Ax(t) + Bu(t) \\ y(t) &= Cx(t) + Du(t) \end{aligned} \quad (1)$$

이는 H_∞ 제어에서 계산의 편의상 $\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix}$ 로 나타낸다[4].

2.2 선형분수변환(Linear fractional transformation)

제어시스템에서 다양한 폐환 구조를 표준화하는 수단으로서 다음과 같은 구조가 있다[4].

여기서, P (플랜트), K (제어기), Δ (섭동)을 나타내고, 플랜트(P)는 식(2)처럼 표현할 수 있다.

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} \\ P_{21} & P_{22} \end{bmatrix} \quad (2)$$

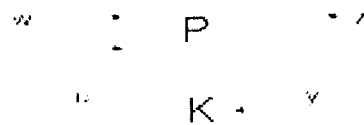


그림 1. Lower LFT 구조