

연속시간 유한정정제어기의 설계방법 고찰

A Study on the Design Method of a Continuous Time Deadbeat Controller

김성열*, 이금원**

*관동대학교 정보기술공학부(Tel:033-670-3396; Fax:033-670-3409; E-mail : kimkiss@mail.kwandong.ac.kr)

**관동대학교 정보기술공학부(Tel:033-670-3396; Fax:033-670-3409; E-mail : kwlee@mail.kwandong.ac.kr)

Abstracts : Continuous time system deadbeat controller(CdbC) has been studied mainly since 1992 especially by japan researchers. They suggested delay elements. These elements stem from the finite Laplace Transform which is the starting point in deadbeat control system design in continuous time system. Every transfer function is established by these elements. From some conditions such as internal model stability and feasibility of a CdbC controller, unknown polynomials or coefficients can be calculated.

In this paper, optimal pole placement of the closed loop system is suggested. From this, a CdbC controller with lower order can be obtained which attains the same level of weighted sensitivity function's H_∞ norm used as a measure of the robustness property as existing CdbCs.

Keywords: Deadbeat Controller, Delay Element, Weighted sensitivity function, Robustness

1. 서 론

deadbeat 제어기는 유한시간에 출력신호를 0으로 만드는 제어기로 이산 시스템에 기초하여 그 이론이 잘 정립이 되어 있다. 연속계에서는 적용이 어려운데 그 이유는 샘플링 간에 ripple이 발생하기 때문이다. 이러한 불필요한 리플을 제거하여야 실시스템에 적용이 가능하다. 1957년 Smith가 Posicast 제어 [1]를 제안하면서 연속계 시스템에 대해서도 연구되기 시작했고, 뒤이어 일본의 연구자들을 중심으로 주로 이 부분에 대해서 많은 연구를 하였다[2]-[7]. 특히 1999년에는 일본제어계측학회에서 유한정정제어에 관한 특집호가 발행되었고, [6]은 그 중의 하나이다. 서보시스템 설계자인 엔지니어 Kurosawa는 Posicast제어가 시스템의 역이 필요하여 실시스템 적용에 어려운 점을 개선하기 위해 지연요소(delay element)를 도입하여 이 문제를 해결하였다. 일반적으로 유한한 신호는 라플라스변환을 하게되면 e^{-sT} 형태의 지연항이 나타나게 되는데, 바로 이 항이 지연요소가 되고, 유한정정제어기는 이 점에 착안하여 미리 오차출력식을 이 항이 들어간 형태로 설정하고, 부수적인 차형식들은 여러 조건들을 설정하여 구하였다. 이런 지연요소를 사용하여 출력이 유한정정이 되는 제어기를 Kurosawa는 연속시간 정정제어기(CdbC, Continuous time deadbeat Controller)라고 하였다[2]. CdbC는 지연요소가 포함된 제어기식 또는 오차식에서 미지계수를 내부안정, 제어기 실현가능성 등의 설정된 조건에 따라 구한다. Nobuyama는 Youla의 파라메타화법을 이용하여 CdbC를 설계하였는데, 지연요소의 선형조합으로 파라메타 차형식을 설정하고 계수들을 내부안정성과 같은 적당한 조건에 따라 구했다[3]. 이 경우는 지연요소를 여러개 사용한 셈이 되고, 유한 정정 시간은 최대크기의 지연시간이 된다.

한편 CdbC를 실 시스템에 적용하기 위해서는 견실성(robustness)의 확보가 필요한다. 이에 대해서 Tsumura는 중심해에 대한 자유도 개념을 도입하였고[4],[5], 이 자유도로는 Nobuyama가 사용한 Youla의 과라에타화법을 사용하여 표시하고, 해를 구하기 위해서는 LMI기법을 이용하였다. Nobuyama 및 Furuta는 차형식 접근법을 사용한 CdbC를 설계하였다[6],[7]. 이 방법은 자유도 개념으로 차형식의 차수를 사용하였

고, 최적화기법에 따라 차형식의 미지계수들을 구하였다. 견실성을 나타내는 지표는 H_∞ 높값과 관련이 있고, 따라서 가법적 설계 등에 대한 견실안정성 등 요구되는 식의 최소화를 달성하기 위해 여분의 자유도에 의해 만들어진 파라메타를 구하는 것이다.

본 논문에서는 CdbC를 설계하기 위해 Nobuyama[6]와 같이 오차신호를 대상으로 하고, 이를 1개 자연요소를 사용하여 표시하며, 이의 유한라플라스변환식에서 내부안정, 제어기 실현가능성 및 유한정정의 조건에서 차형식에 대한 보간 조건 및 차수 조건을 설정하고 이로부터 제어기를 구한다. 아울러 [6],[7]은 각각 주파수 및 시간영역에서 설계한 것으로 그 결과가 동일함을 보인다. 한편 정정시간은 길게 잡을수록 견실성을 나타내는 지표값들을 낮출 수가 있으나, 극점 경우는 특별한 방법이 없다. 따라서 본 논문에서는 [6],[7]과는 달리 견실안정의 지표로 가중강도함수[8]를 선택하고 이의 최적화를 고려하여 극점을 선정하고, 제어입력은 미분 가능한 부드러운 형태의 곡선이 되게 한다.

2. 문제 설정

그림1은 일반적인 연속계 단위귀환 제어시스템의 블록도이며, r 는 기준입력, e 는 오차출력, $K(s)$ 는 설계할 제어기, u 는 제어입력, $G(s)$ 는 제어대상이고 y 는 시스템 출력이다.

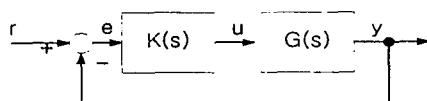


그림 1 단위귀환 제어시스템 블록도

Fig. 1. Unity feedback control system block diagram.

일반적으로 연속계는 출력이 점근정정(asymptotic convergence) 특성을 나타내고 있는데 비해 유한정정 제어는 유한시간에 정정