

PID 제어를 이용한 도립진자 제어

The Control of Inverted Pendulum for PID Controller

°송해석*, 장갑부**, 노태정**

*동명정보대학교 로봇시스템공학과 (Tel : 81-051-503-8878; E-mail : f-y-i@hanmail.net)
 **동명정보대학교 로봇시스템공학과 (Tel : 81-051-759-4450; E-mail : richjang74@hanmail.net)
 ***동명정보대학교 로봇시스템공학과 (Tel : 81-051-629-7237; E-mail : tjlho@tmc.tit.ac.kr)

Abstract : In this paper, The PID controller for stabilization of an inverted pendulum system is proposed. The PID control rule is very common in control systems. It is the basic tool for solving most process control problem. We consider the inverted pendulum system containing two PID controllers. The first controls the angle of the pendulum. The second is used to control the position of the cart. We can show stabilization of the PID controller through simulation of the inverted pendulum system.

Keywords : pendulum, cart, PID, controller, stabilization

1. 서론

일반적으로 제어시스템의 성능을 평가하기 위한 도구로 주로 이용 되어 지는 도립진자 시스템은 비선형성이 강한 플랜트이다. 이 시스템은 정해진 길이의 레일 위에서 운송차 위에 설치된 진자를 넘어지지 않게 운송차를 좌우로 이동하여 안정화 하는 시스템이다.

진자에는 안정 평형점과 불안정 평형점의 두가지 평형점이 있으며, 도립진자의 안정화 제어는 수직의 도립된 위치 즉 불안정한 평형점에 강제적으로 계속 머물도록 제어하는 것이다.

Schefer 와 Cannon은 뱅뱅 형태의 제어를 사용하여 도립상태에 있는 벤딩 빔(bending beam)을 안정화 하기 위해 제어를 설계하였다. 그후 Furuta는 처음에는 최적 레귤레이터와 병행하여 1차 도립진자를 뱅뱅-제어로 구성 하였으며 그후 도립진자는 도립진자에 대한 적응 관측자 및 제어기에 관한 연구를 하였다. 이와같이 도립진자에 대한 제어기에 관한 연구는 많은 제어기법을 이용하여 여러 가지 형태로 이루어 졌다.

본 논문에서는 단일출력 선형 시불변 시스템에 대한 고전적 제어기 설계법 가운데 산업 현장에서 많이 활용되고 있는 PID 제어기를 적용하여 도립진자를 안정화 시켰다.

비례(P) 제어는 PID 제어기에서 반드시 사용하는 가장 기본적인 제어이며 구현하기 쉽다. 그러나 이 제어만으로는 적분기가 플랜트에 없을 경우에 정상상태 오차가 발생할 수 있다. 적분(I)제어는 정상상태 오차를 없애기 위해 사용된다. 그러나 계수 조정이 잘못되면 시스템이 불안해지고 반응이 느려진다. 미분(D)제어는 잘 활용하면 안정성에 기여하고, 예측기능이 있어 응답속도를 빠르게 한다. 단점으로는 시스템에 잡음성분이 있을 때 미분값이 커지게 되어 제어 입력에 나쁜 영향을 미친다는 점이 있다. PID 제어기는 PI 제어기와 PD 제어기를 결합한 것으로서 계수는 주파수영역 설계법, 근계법, 과도 응답법 등을 사용하여 반복과정을 통해 설계할 수 있다. PID 제어기의 계수를 자동적으로 조정하는 것을 자동동조(auto-tuning)라고 하며, 대표적인 방법으로는 지클러-니콜스 동조법, 계전기 동조법 따위가 있다. 이방법들은 모두 제어대상 시스템에 대한 모

델이 없어도 비교적 간단한 동조과정을 거쳐 제어 이득을 정할 수 있는 장점을 지니고 있다.

PID 제어기는 제어성능이 우수하고 또한 제어 이득의 조정이 비교적 쉽기 때문에 산업 현장에 많이 쓰이고 있으나, 적용 대상이 단일출력 시스템에 한정되는 제약성이 있다. 따라서 입력과 출력이 각각 두 개 이상씩인 다입출력 시스템에 적용하려면 시스템을 여러개의 단일출력 모델로 분해하는 과정을 거쳐야 한다. 도립진자 시스템은 진자의 각도와 운송차의 위치를 동시에 제어 하여야 하기 때문에 2개의 PID제어기를 사용 하였다.

도립진자 시스템은 불안정한 평형점에 도달하기위해 Swing Up 과정의 거쳐야 하는데, 본 논문에서는 Swing Up 과정을 무시하고 불안정한 평형점에서 시작하여 운송차의 위치를 변화시켜 불안정한 평형점을 유지한채로 운송차의 원하는 위치를 최적화 하는데 중점을 두었다.

2. 도립진자 시스템

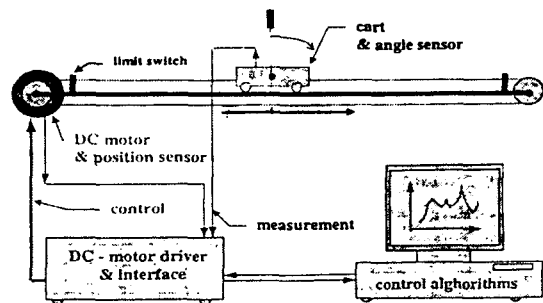


그림 1. 도립진자 시스템

그림1과 그림2는 도립진자의 안정화 제어 시스템의 구조를 나타낸 것이다. 이는 마치 사람이 손바닥위에 막대를 세우는 경우와 비슷한데 사람의 손에 해당하는 것이 운송차이다. 막대를 세우기 위해 좌우로 움직이는 손의 힘은 직류 모터로 볼 수 있