

RCGA와 기준모델을 이용한 도립진자의 스윙업

류기탁¹·이윤형²·김종필³·노범석⁴·소명옥^{*}

Swing-up of Inverted Pendulum using RCGA and Reference Model

Ki-tak Ryu¹, Yun-hyung Lee² · Jong-phil Kim³ · Beom-seok Rho⁴ · Myung-ok So^{*}

도립진자 시스템은 대차, 진자, 구동모터, 엔코더 등으로 구성되어 있다. 이 시스템은 구조적으로 불안정하고 복잡한 동특성과 비선형성, 시스템의 시변특성을 가진 비선형 시스템의 표본으로 여러 제어 이론을 적용하여 안정화 문제에 많이 이용된다. 여기서는 도립진자를 안정한 정하방에서 스윙업을 거쳐 도립시키는 스윙업 제어기와 도립된 진자를 안정화시키기 위한 제어기를 각각 설계하여 시스템에 적용하도록 한다. 스윙업 제어기는 RCGA^[1]를 기반으로 한 모델조정기법을 이용하여 제어이득을 탐색하도록 하고, 안정화 제어기는 극배치법을 이용하여 설계하도록 한다. 또한 설계된 제어기를 도립진자 시스템에 적용하여 시뮬레이션을 통한 제어기의 성능을 검증한다.

우선 진자가 정하방에 있을 때를 기준으로 시스템을 모델링한다. 이 때 각은 정하방일 때를 0° 로 정의하고 반시계방향으로 회전시 양의 방향으로 증가한다. 다음으로 진자를 스윙업하여 도립시키기 위한 스윙업 제어기와 도립된 진자를 넘어지지 않게 하는 안정화제어기를 설계하도록 한다. 진자는 기준모델을 선정하고 RCGA를 이용하여 제어기 이득을 추정하여 설계하도록 한다. 이 때 RCGA의 목적함수는 $J = \int t \times e^2 dt$, $e = x_p - x$ 로 한다. 기준모델은 $PO=5[\%]$, $t_p=0.2[s]$ 로 하는 2차시스템으로 하고 조정모델은 진자를 제외한 대차와 제어기를 포함한 전체 전달함수로 나타내어 모델조정기법을 이용하여 제어기 이득 K_p 와 K_v 를 RCGA로 추정하도록 한다. RCGA의 제어 파라미터는 집단의 크기 $N=100$, 재생산계수 $\eta=1.8$, 교배확률 $P_c=0.9$, 돌연변이 확률 $P_m=0.1$ 을 사용하였다. 후자는 제어기 설계를 위해 시행착오를 거쳐 극 $P=[-8 \pm i \ -4 \pm i]$ 로 선정하고 극배치법을 이용하여 제어기 이득 K 를 설계하였다. 설계된 두 제어기의 스위칭 조건은 스윙업에서 안정화 제어로 전환하는 경우만 고려하도록 하고 진자의 각도, 각속도, 대차의 위치를 전환조건으로 한다^[2-3].

모델조정기법을 이용한 스윙업 제어기는 위의 목적함수값이 최소가 되도록 선정하면 $K_p=329.7172$, $K_v=13.3523$ 이고 fig. 2는 제어기 이득 탐색과정이다. 또한 극배치법을 이용한 안정화 제어기 이득은 $K=[-31.9980 \ 81.6893 \ -30.6521 \ 16.7926]$ 이다.

비선형 도립진자 시스템과 설계된 두 제어기의 구성은 Fig. 3과 같고, 제어기 성능을 확인하기 위하여 비선형 시스템에 적용하여 시뮬레이션한 결과 정하방의 진자가 스윙업되어 도립된 후 안정화 제어가 적절히 되는 것을 확인하였다.

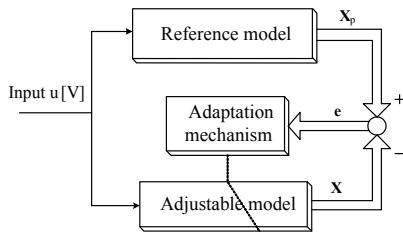


Fig. 1 RCGA-based model adjustment technique

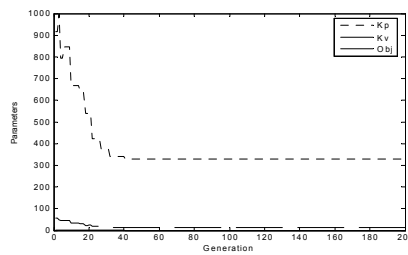


Fig. 2 Estimation of K_p & K_v value

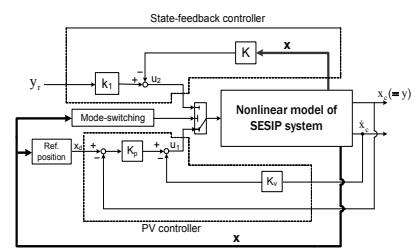


Fig. 3 Configuration of swing-up control system

참고문헌

- [1] 진강규, 유전알고리즘과 그 응용, 교우사, 2002.
- [2] 소명옥, 유희한, 류기탁, 이윤형, 이종환 “SESIP 시스템의 스윙업과 안정화 제어”, 한국마린엔지니어링학회지, 제34권, 제2호, pp. 310-317, 2010.
- [3] Quanser user manual. Linear Motion Servo Plants : IP02, SESIP, 2005.

+ 소명옥(한국해양대학교 기관공학부), E-mail: smo@hhu.ac.kr, Tel: 051)410-4248
 1,4 한국해양수산연수원
 2 한국항만연수원
 3 한국해양대학교