컨테이너 크레인의 최적제어를 위한 제어기 설계에 관한 연구

A Study on Controller Design for An Optimal Control of Container Crane

°최 성 욱*, 손 주 한*, 이 진 우*, 이 영 진*, 이 권 순**

* 동아대학교 전기공학과(Tel : 81-051-200-6748; Fax : 81-051-200-7743; E-mail: d9235940@mail.donga.ac.kr)
**동아대학교 전기전자컴퓨터공학부(Tel : 81-051-200-7739; Fax : 81-051-200-7743; E-mail: kslee@daunet.donga.ac.kr)

Abstract: During the operation of crane system in container yard, it is necessary to control the crane trolley position so that the swing of the hanging container is minimized. Recently an automatic control system with high speed and rapid transportation is required. Therefore, we designed a controller to control the crane system with disturbances.

In this paper, we present the neural network two degree of freedom PID controller to control the swing motion and trolley position. Then we executed the computer simulation to verify the performance of the proposed controller and compared the performance of the neural network PID controller with our proposed controller in terms of the rope swing and the precision of position control. Computer simulation results show that the proposed controller has better performances than neural network PID with disturbances.

Keywords: Two degree of freedom PID controller, Neural network tuner, Gantry crane. Anti-sway

1. 서 론

최근 들어 컨테이너 선박의 대형화에 따른 해상수송 물류량의 증가로 터미널의 운영효율의 향상과 해상수송 물류비용을 절감하기 위해 컨테이너 부두시설의 자동화의 필요성이 대두되고 있다. 특히, 컨테이너 부두에 설치되어 컨테이너 하역시에 사용되는 갠트리형 크레인(Gantry crane)은 하물 이송시 요구되는 생산성 및 경제성과 양・하역시 발생될 수 있는 돌발 상황에 대한 안전성 등의 문제를 고려한 연구가 요구된다[1]. 그리고, 컨테이너를 하역시 바다로부터 불어오는 돌풍 등과 같은 외란에 의한 스프레더(Spreader)의 흔들림으로 타 시설물과의 충돌로 물적 손실과 인명 피해 등을 발생시키고, 또한, 크레인의 컨테이너의 시간당 처리량은 비용과 직결되는 생산성의 문제로써 이를 고려한 제어이론도 많이 연구되어 오고 있다[2].

이와 같은 크레인 시스템은 항만현장 뿐만 아니라 산업현장에서도 이용되는 것으로서 주위의 작업 여건에 따라 트롤리(Trolley)의 이동속도, 화물의 무게 및 이송거리의 변화에 의하여 운반물체의 흔들림과 그에 따른 이송위치 오차도 함께 발생하고 있어, 생산성이 저하되거나 작업성이 크게 떨어지는 문제를 발생시키기도 한다[3]. 따라서, 이러한 문제를 해결하기 위하여 오래 전부터 PID 제어와 같은 고전적인 제어기법을 이용하여 적용해 보고 있지만, 여전히 숙련된 운전자의 경험에 의존하고 있는 실정이다. 때문에 최근에는 퍼지이론, 신경망과 같은 지능형 제어기법을 도입하여 크레인 자동화연구에 많이 응용되고 있다.

크레인 시스템을 제어하는 방법에는 속도제어에 의한 방법과 토오크 제어에 의한 두 가지 제어방법으로 나눌 수 있는데, 이는 제어입력이 각각 속도와 토오크인 경우로서 두 가지 제어시스템 모두 위치제어와 진동억제(Anti-sway)의 제어변수를 갖는다. 크레인의 하물을 이송시킬 때 발생되는 진동각과 위치오차는 서로 연관된 관계로서 위치제어에 비중을 두게 되면 진동제어에 소홀해지고 진동제어에 비중을 두게 되면 위치제어에 문제가 될 수 있는 관계로서 이 두 가지 제어변수를 함께 제어하기란 쉽지 않은 문제이다 [4]. 따라서, 본 논문에서는 크레인 시스템에 대하여 다양한 설정위치와 주위의 외란이 인가되었을 경우에도 효과적인 제어가 될 수 있도록 위치오차 및 진동각의 두 가지 제어변수를 동시에 제어될 수 있는 최적의 제어기를 설계하고자 한다. 즉, 이송 물체의 진동을 최소화하면서 최소의 시간 내에 설정된 위치에 도달할 수 있는 제어기로서는 설정치 변화와 외란제어에 강인한 2 자유도 PID(Two degree of freedom PID : TDOFPID) 제어기를 적용하였으며, 제어기 파라미터 자동동조(Auto tuning)를 위하여 신경회로망 동조기(Neural network tuner)을 이용하였다.

2. 컨테이너 크레인 시스템

2.1 갠트리 컨테이너 크레인 모델

컨테이너 크레인 시스템 제어계는 그림 1과 같이 x축 방향의 트롤리 횡행속도 조작과 y축 방향의 로프 조작으로 크게 나누어 생각할 수 있다.

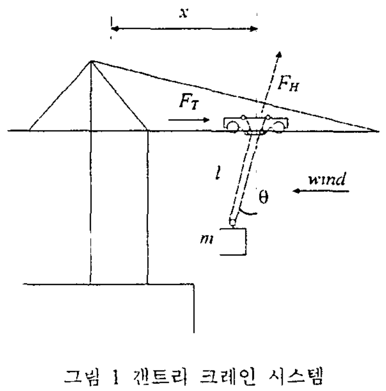

그림 1 갠트리 크레인 시스템
Fig. 1 A gantry crane system