

타워크레인 이동하중의 위치 안정화에 관한 연구

A study on position stabilization for tower crane payload

*김병규¹, #홍성욱²

*B. G. Kim¹, #S. W. Hong(swhong@kumoh.ac.kr)²

¹ 금오공과대학교 기전공학과, ² 금오공과대학교 기계공학부

Key words : Tower crane, Residual vibration, Camera, Feedback

1. 서론

초고층 빌딩이나 아파트 건설현장에서 흔히 볼 수 있는 타워크레인은 무거운 중량물을 이송하는데 매우 편리하게 사용되고 있다. 하지만 케이블을 이용한 시스템 특성으로 인해 중량물 이송 시에 케이블의 흔들림이 큰 문제가 되고 있다. 이러한 흔들림에 의해 원하는 목표지점까지 이송하는데 어려움이 있으며, 흔들림에 의해 주위 사물이나 사람과의 충돌의 위험성을 가지고 있기 때문에 안전성까지 영향을 끼치게 된다. 이러한 잔류진동을 줄여주고 작업의 효율성을 향상시키기 위한 알고리즘으로 입력성형기법(Input shaping method)이 연구되고 있다.^{1,4}

입력성형기법은 자체 입력에 의한 진동상쇄효과를 얻는 방법으로써, 외란(Disturbance)이 발생할 경우에 대해서는 대응이 불가능하다. 특히 타워크레인의 경우 작업이 실외(Outdoor)에서 이루어지고 있기 때문에 바람과 같은 외란에 직접적으로 노출되어 있어 위치 안정화 및 안전성에 심각한 영향을 받게 된다. 본 논문에서는 이동하중의 위치 안정화를 위해 카메라를 부착하여 카메라로부터 획득한 영상 정보를 분석하고 이동하중의 위치를 보상해줌으로써 위치 안정화를 이룰 수 있도록 하였다. 제안된 시스템을 이용해서 여러가지 가상적인 조건에서의 안정화 실험을 실시하였으며 유용성을 검증하였다.

2. 실험장치의 구성

2.1 대상 시스템

Fig. 1 에 본 연구를 위해 제작된 실험장치를 보여주고 있다. 지브의 회전운동과 트롤리의 직선운동을 위한 서보모터가 각각 기둥과 지브 상부에 부착되어져 있으며, 하중으로 적당량의 질량체를 와이어 끝에 부착하였다. 모션컨트롤러로는 DSP 보드를 사용하였으며, 모션에 관련된 데이터 및 모든 제어 변수(속도,가속도)를 실시간으로 수정이 가능하도록 하였다. 또한, 카메라로부터 획득한 영상 및 영상처리 데이터 파악 및 피드백 제어를 위한 변수를 실시간 수정 할 수 있도록 소프트웨어를 개발하였다.

2.2 카메라를 이용한 측정 및 제어 알고리즘

본 연구에서는 OpenCV Camshift 를 사용하여 이동물 위치를 추적하는 알고리즘을 개발하였다. OpenCV 는 Open Source Computer Vision Library 의 약자로 영상처리 분야를 위한 인텔사의 C/C++ 로 개발된 오픈 소스 컴퓨터 비전 라이브러리이다. Camshift 알고리즘은 HSV 컬러공간에 기반을 둔 색상 기반의 영역 추적 알고리즘으로서, 객체의 컬러 정보, 즉 컬러 확률 분포를 이용해 위치를 빠르게 계산해서 추적할 수 있다. Fig.2 는 중량물의 위치를 실시간으로 추적하기 위한 전체 알고리즘의 흐름도를 나타낸 것이다. 먼저 카메라로부터 획득한 RGB Image 를 HSV 컬러 공간으로 변환하여 Hue(색상) 채널만 분리하여 히스토그램 계산 후, 컬러 확률분포를 계산하게 되며, 이때 컬러 확률 분포 기반으로 이동하중의 중심점을 찾아 내게 된다. 이렇게

찾아낸 이동하중의 위치와 기준점과의 차이 값을 이용하여 이동하중의 진동을 제거할 수 있게 된다.



Fig. 1 Experimental miniature tower crane

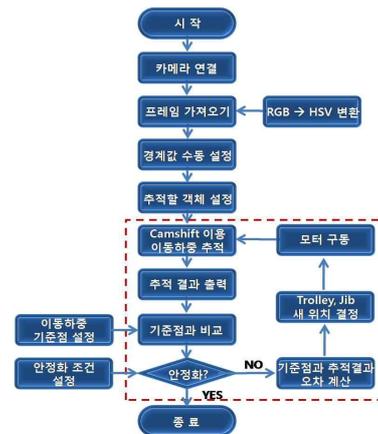


Fig. 2 Real-time tracking algorithm for payload position stabilization of tower crane

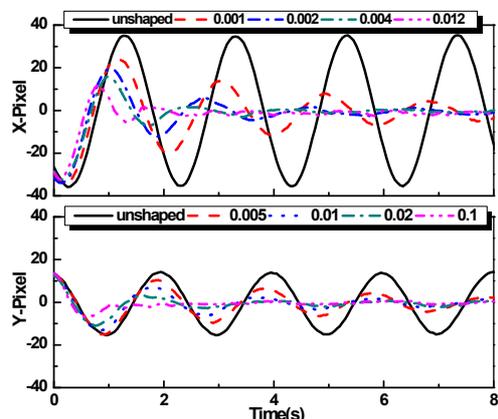


Fig. 3 Payload response with P-gain increased when subjected to disturbance

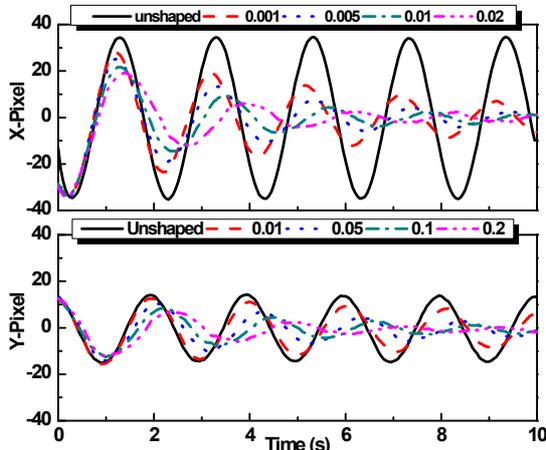


Fig. 4 Payload response with D-gain increased when subjected to disturbance

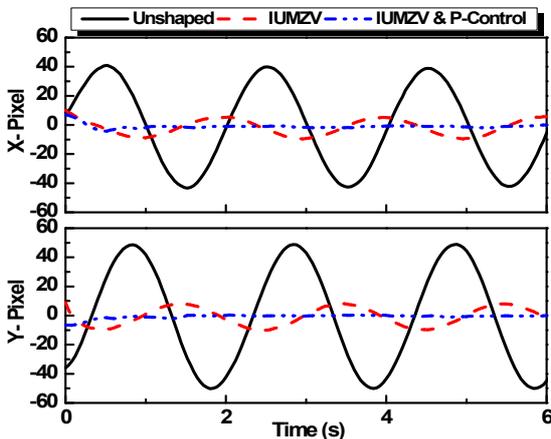


Fig. 5 Payload response for unshaped, shaped and shaped with p-control commands

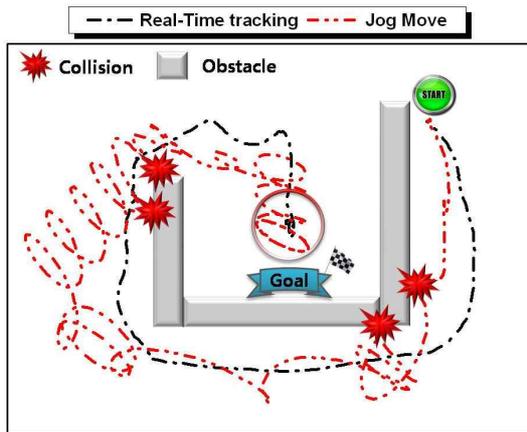


Fig. 6 Real time tracking control for tower crane payload

3. 실험결과

3.1 외란에 의한 이동하중의 위치 안정화 제어

입력성형기법은 자체 입력에 의한 진동 상쇄효과를 가져오는 방법으로써, 자체 입력 이외의 외부 외란에 대하여 대응이 불가능하다. 여기서는 외란에 대한 이동하중의 위치 안정화를 위해 카메라를 이용하여 이동하중의 위치를 추적하여 기준 값과의 오차를 보상해 줄 수 있도록 하였다.

본 논문에서는 외란에 상응하는 임의의 입력을 주고, 비례게인(Proportional gain) 및 미분게인(Derivative gain)을 증가 시키며 각각에 대한 이동하중의 위치 응답 결과를 확인하였다. Fig. 3은 비례게인이 증가함에 따른 이동하중의 위

치 결과를 도시한 것으로서, 비례게인을 증가 함에 따라 외란에 의한 진동이 빠르게 제거되는 것을 확인 할 수가 있다. Fig. 4는 비례게인을 고정하고 미분게인을 증가함에 따른 결과를 도시한 것으로서, 시스템의 안정성이 높아지는 것을 확인 할 수 있다.

3.2 개선된 입력성형기법 적용 및 비례제어

여기서는 타워크레인 회전 시 발생하게 되는 두 방향의 잔류진동을 제거하기 위해 개선한 입력성형기법(IUMZV; Improved unity magnitude zero vibration)⁵을 적용하였다. 개선한 입력성형기법 적용 후에도 미소량의 잔류진동이 남아 있었으며, 이러한 문제를 해결하기 위해 카메라를 이용해 이동하중의 위치를 찾고 미리 설정해놓은 기준점과의 차이를 보상해주도록 하여 남아 있는 잔류진동을 완전히 제거될 수 있도록 하였다.

Fig. 5는 실험결과로서 개선한 입력성형기법 적용 후 남아 있는 잔류진동이 위치보상을 추가 적용해줌으로써 완전히 상쇄 되는 것을 확인할 수가 있다.

3.4 이동하중의 실시간 추적제어

본 논문에서는 타워크레인의 실제 작업 환경을 고려하여 장애물을 포함한 임의의 작업 환경을 설정하고 중량물을 목표지점까지 이송하도록 하는 실험을 진행하였으며, Fig. 6에 그 결과를 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 조그(Jog)에 의한 구동 시 여러 번의 충돌과 함께 큰 진동이 발생하여 목표지점까지 이송하는데 어려움이 있었다. 이에 반해 중량물과 비슷한 색을 가진 막대를 이동물이 추적하도록 되먹임 제어를 실시하여 목표지점까지 이송하였을 경우, 진동이 거의 없이 목표지점까지 이송할 수 있는 것을 확인할 수가 있었다.

4. 결론

본 논문에서는 타워크레인 이동하중의 흔들림을 억제하기 위해 카메라를 이용하여 이동하중의 위치 안정화를 이룰 수 있는 방법을 제안하였다. 자체 입력 및 외란에 의해 이동하중의 흔들림 발생 시 카메라로부터 획득한 영상정보를 분석하여 이동하중의 위치를 계산하고 기준위치와의 차이값을 이용해 트롤리와 지브의 위치를 지속적으로 보상해 주게 됨으로써, 이동하중의 위치 안정화를 이룰 수 있었다. 안정화에 관련된 3 가지 실험을 통해 제안된 방법의 효용성을 검증하였다.

참고문헌

1. Park, S. W., Hong, S. W., Singhose, W. E. and Seo, Y. G., "Evaluation and Improvement of Dynamic Characteristics of 3-axis Gantry-type Stage," Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference, 2006.
2. Singhose, W. E. and Seering, W., "Command Generation for Dynamic Systems," Lulu.com, 2007.
3. Blackburn, D. F., "Command Shaping for Vibration Reduction in Nonlinear Cabled Systems," M. S. Thesis, Georgia Institute of Technology, 2006
4. Lawrence, J., "Crane Oscillation Control: Nonlinear Elements and Educational Improvements," PhD. Thesis, Georgia Institute of Technology, 2006
5. 김병규, 홍성욱, "타워크레인의 비선형 연성 운동 특성을 고려한 입력성형기 설계," 한국정밀공학회지, Vol.26, No.9, 88-95, 2009.