

입력변환방법을 이용한 굴삭기의 비례밸브 센서리스 제어에 관한 연구

A Study on a Sensorless Valve Control of an Excavator Using an Input Shaping Method

오 명 식¹, 서 자 호², 정 슬¹

¹⁾ 충남대학교 메카트로닉스공학과 ISEE 실험실

²⁾ 한국기계연구원 시스템신뢰성 연구실

Abstract The objective of this paper is to control the proportional valve of the miniature excavator. The excavator has a vibration problem during the operation due to the rapidly changing control input. The hardware and control logic are designed to prevent the body of the excavator from undergoing the vibration induced by the characteristic of the valve. Input-shaped feedforward control is applied to this problem and the expected results are verified by experiments.

Keywords Excavator, input shaping, vibration supression

1. 서론

굴삭기는 건설이나 토목공사에서 땅을 파거나 흙을 차에 옮겨 싣는데 반드시 필요한 장비이다. 모바일에 매니플레이터를 장착한 형태의 장비로서 공사 현장에서 많이 볼 수 있다. 하지만 장시간 이용시 지속적인 진동이 발생하고 이로 인해 작업자는 심한 피로감을 느끼게 된다 [1]. 진동이 사람에게 미치는 영향에 의해 작업자가 쉽게 피로감에 빠져드는 것을 감안하여 굴삭기의 작업을 자동화 하는 연구가 진행되고 있다 [2-3].

굴삭기를 자동화하거나 무선 조종 하는 이유 중 하나는 안전을 위한 것이다. 굴삭기 밖에서 조정을 하게 되면 주변의 시야가 확보되므로 안전성이 높아지게 된다.

이처럼 굴삭기를 자동화하기 위해서 작은 크기의 굴삭기를 사용하였다. 굴삭기의 작은 모델은 실제 모델과 같은 유압으로 움직임을 제어하며 크기가 1:12 정도이다.

본 논문에서는 작은 모델의 굴삭기의 움직임을 제어하는 하드웨어를 설계하고 직접 제어하였다. 또한 시스템 자체의 불안정성에 의해 진동이 발생하였다. 그로 인한 상부의 진동을 줄이기 위해 실린더에 작용하는 입력신호의 변화를 주었다 [4-5]. 실험을 통해 그 성능을 확인하였다.

2. 굴삭기 모델

그림 1은 굴삭기를 1:12로 축소한 earth digger 4200XL 모델을 보여준다. 실제 굴삭기 모델과 같으며, 유압모터를 사용하여 버킷을 움직인다. 기존의 제어기를 수정하여 PC에서 제어할 수 있도록 하드웨어를 구성하였다. Arm과 Bucket은 최대로 펴진 상태에서 진행되었다. Boom을 최대로 세운 후 약 1.5초 동안 내리며 최대한 같은 각도에서 정지하도록 실험 하였다.



그림 1. 굴삭기 모델

3. 실험 결과

굴삭기의 붐의 움직임을 제어하기 위해서는 그림 2의 개회로로 제어를 하게 되는데 스텝입력이 주어지면 상부가 많이 진동하게 된다. 따라서 스텝 입력을 그림 3과 같이 변환하여 입력하면 상부의 떠는 정도가 줄어들게 된다.

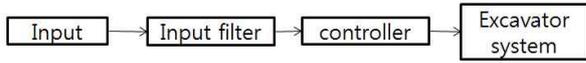


그림 2. 시스템 제어 블록도

그림 3은 실린더를 움직이는 서보 모터의 입력 파형의 모양을 바꾸어 필터링한 것이다.

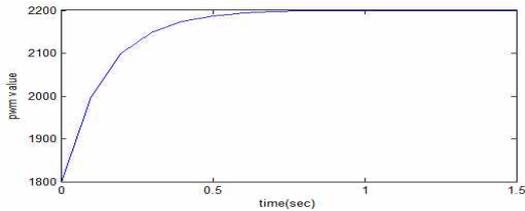


그림 3. PWM입력

정지 신호가 입력된 후 각속도가 $\pm 1^\circ$ 안에 들어오는 경우를 안정하다고 보았을 때 그림 4의 그래프를 보면 입력변화 전에는 약 1.5초 후에 수렴하는 특성을 보였다.

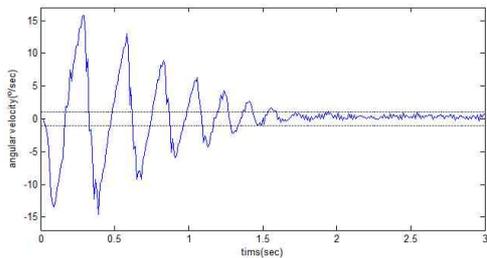


그림 4. 입력 변화 전의 각속도

그림 5는 그림 4의 그래프를 FFT한 그래프이다. 입력변화 전에는 약 3.75Hz에서 최대 크기를 나타낸다.

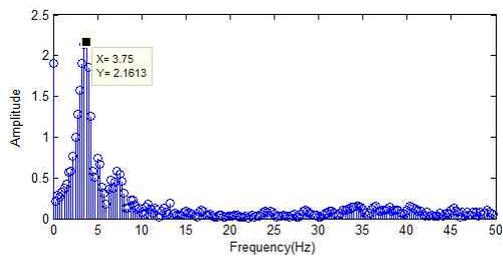


그림 5. 입력변화 전의 각속도의 FFT

그림 6은 입력을 변화한 후 각속도의 크기가 줄어든 것을 보여준다. 그림 4와 비교했을 때 초기 진동이 줄어들고 약 0.8초 후에 수렴하는 특성을 볼 수 있다.

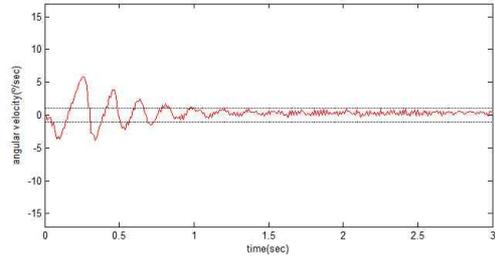


그림 6. 입력변화 후의 각속도

그림 7에서 보면 5Hz의 최대 크기를 가지는 것을 볼 수 있다. 전체적으로 크기가 입력변화 후가 입력변화 전에 비해 76.8%정도 줄어 든 것을 볼 수 있다.

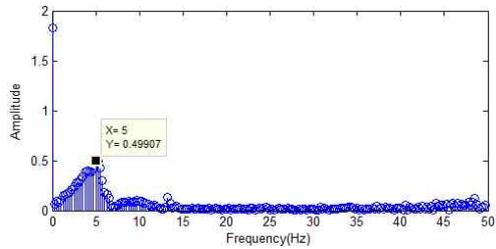


그림 7. 입력변화 후의 각속도의 FFT

4. 결론

본 논문에서는 기존의 굴삭기를 모방한 모델을 사용하여 버킷의 움직임을 제어하였다. PC로 제어할 수 있도록 하드웨어를 구성하였으며, 입력 변화를 통한 실린더의 제어를 통해 상부의 떨림 현상을 줄여보았다. 전체적인 진동의 크기가 많이 줄어든 것을 볼 수 있다. 하지만 end-effect의 정보를 사용하지 않아 안정 상태에서 end-effect 위치에 대한 오차가 발생하는 점은 추후에 실험을 통해 수정해야 할 문제이다.

참고문헌

- [1] 이상태, “진동이 인체에 미치는 영향” 한국소음진동공학 회지, 제2권, 제4호, pp.253~258, 1992
- [2] 조희, 장효환 “ 유압 굴삭기의 능동 피치운동제어”, 기계의 날 선포 및 2002년도 기계관련 산학연 연합심포지엄(대 한기계학회 편), pp. 681~686
- [3] 양순용, 진성민, 최정주, 이창돈, 김용석 “ 필드로봇용 원격 굴삭 시스템의 궤적제어에 관한 연구”, 유공압시스템 학회논문집, 제6권, 제4호, pp. 9~15, 2009
- [4] 윤승국, 장평훈, 박주이 “다중 입출력 시스템을 위한 음의 입력다듬기 기법의 개발”, Control, Automation and Systems Engineering ,vol 6, No.12 , 2000
- [5] W. E. Singhose, W. P. Seering, and Neil C. Singer, “Input shaping for vibration reduction with specified insensitivity to modelling errors”, Japan-USA Symposium on Flexible Automation, 1996