

굴삭기 구동을 위한 햅틱 장치 설계와 힘 반향 실험

Design of a haptic device for excavator and force-feedback experiment

*김남훈¹, 오경원¹, 김동남¹, #홍대희², 김윤기³, 홍석희³

*N. H. Kim¹, K. W. Oh¹, D. Kim¹, # D. Hong(dhhong@korea.ac.kr)², Y. K. Kim³, S. H. Hong³

¹ 고려대학교 기계공학과 대학원, ² 고려대학교 기계공학과, ³ ㈜내경엔지니어링

Key words : Haptic device, Excavator, Force-feedback

1. 서론

건물 해체현장과 건설 현장에서 굴삭기가 다양하게 쓰여지고 있다. 굴삭기가 작업을 하는 건축 현장은 안전사고가 발생할 수 있으며 안전사고로부터 굴삭기 운전자의 안전이 보장 되지 않는 경우가 많다. 이러한 위험으로부터 운전자의 안전을 보장하기 위해 햅틱 원격 조종장치를 제안한다.

햅틱 조종장치는 굴삭기를 원거리에서 운전하게 할 수 있도록 비전 정보를 제공할 뿐만 아니라 굴삭기가 받고 있는 힘 정보를 함께 제공 함으로써 원거리에서 운전하는 운전자에게 현장에서와 같은 느낌으로 운전이 가능 하도록 하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 굴삭기의 기구학 해석과 굴삭기에 전자 제어 시스템을 적용한 연구가 진행되어 왔다. [1][2] 굴삭기 버킷 끝에 작용하는 힘의 크기를 운전자의 햅틱 장치로 알리기 위해 굴삭기 각 실린더의 힘 차이로 굴삭기 버킷 끝에 작용하는 힘을 추정하는 연구가 진행되어 왔다.[3]

본 논문에서는 추정된 힘의 크기를 햅틱 장치로 전달하는 것에 다룬다. 2 장에서는 햅틱 장치의 구동 방식과 기구부에 대해 다루며, 3 장에서는 추정된 힘의 크기 변화를 햅틱 장치를 이용하여 햅틱 장치의 모터로 힘을 전달하는 실험에 대해 다루며, 4 장에서는 결론을 다룬다.

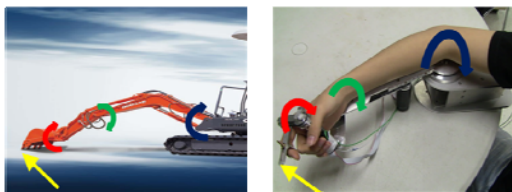


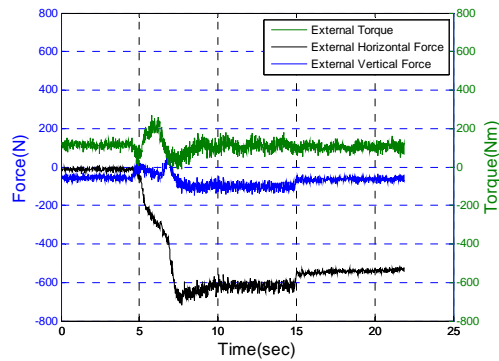
Fig.1 Design of haptic device for excavator

2. 햅틱 조종장치

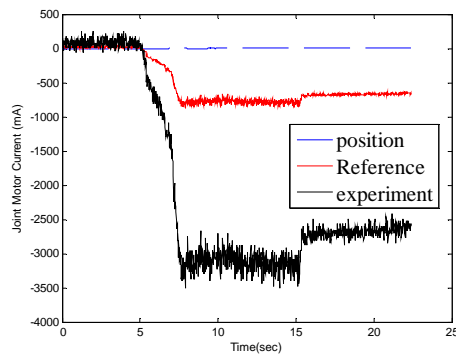
Fig.1 은 햅틱 조종장치의 개념을 보여 주고 있다. 햅틱 조종장치는 굴삭기가 현장에서 작업을 할 때 버킷 끝점에 작용하는 힘을 원거리에서 운전하고 있을 운전자에게 알려 주는 장치이다. 햅틱 장치의 형태는 굴삭기 운전자의 편의와 초보자도 쉽게 운전이 가능 하도록 직관적으로 운전이 가능한 형태로 설계되었다. 각 링크는 굴삭기의 각 링크와 매치가 되며, 손가락을 이용하여 굴삭기 버킷구동, 손목을 이용하여 굴삭기 암 구동, 팔꿈치를 이용하여 굴삭기 붐을 구동하게 된다. 각 조인트에는 모터와 엔코더를 설치하여, 엔코더 값의 변화로 굴삭기 구동이 가능하도록 하였으며, 모터 구동으로 굴삭기 끝에 작용하는 힘을 운전자가 알 수 있도록 만들었다. 각 조인트에 설치한 모터는 Maxon motor 사의 모터를 사용 하였으며, 풀리, 벨트, 베벨 기어를 이용하여 각 조인트 축과 모터를 연결하였다.

3. 햅틱 장치 힘 반향 실험

Fig. 2는 모터의 응답을 실험한 그래프이다. Fig. 2(a)는 굴삭기 각 실린더의 힘 차이로 버킷 끝에 작용하는 힘의 크기를 추정된 그래프이다. 이 그래프는 46kg의 추를 버킷 끝에 매달고, 붐을 들어 올리면서 실험을 진행하였다. 대부분의 힘이 붐에서 작용하는 것을 예상할 수 있다. 붐에 작용하고 있는 힘을 햅틱장치에 알려주고, 이 값에 비례제어를 통해서 운전자가 느낄 수 있는 힘의 크기로 변환하여 모터로 신호를 내보낸 그래프가 Fig. 2(b)이다. 가장 위 점선은 모터 포지션을 나타내며 위에서 두 번째 실선은 실제 굴삭기 붐에



(a) Estimation of external force and torque at bucket tip



(b) Response of ramp signal

Fig. 2 Result of load experiment

작용하고 있는 힘의 크기이고, 위에서 세 번째 실선은 햅틱 장치 봄 조인트에 사용한 모터에 작용하고 있는 모터 전류 값이다. 햅틱 장치에서 힘의 크기가 차이 나는 이유는 햅틱 장치를 사용하고 있는 운전자가 힘의 크기를 인지 할 수 있는 범위까지 비례제어를 통해서 증가 시켰기 때문이다. 봄은 사람의 팔꿈치 회전으로 작동하며, 큰 힘이 들어 가도 사람이 인지 못하였다. 그리고 개개인 마다 다른 특성을 보여 주기 때문에 운전자마다 다른 개인 값을 사용해야 한다. 그리고 모터에서 작용하는 힘이 굴삭기 구동을 하기 위한 엔코더 포지션 값에 변화를 주지 않는 범위에서 개인 값을 조절해야 한다.

4. 결론

본 논문에서는 계산 값과 실험 값으로 추정된 힘을 햅틱장치로 전달하는 실험과 결과를 다루고 있다. 햅틱장치에서 모터로

운전자에게 힘을 전달하며, 여기서 발생하는 힘이 굴삭기 구동에 영향을 미치지 않는 범위에서 힘이 작용해야 한다. 이런 범위 내에서 운전자에게 힘 방향을 알려 줌으로써 운전자가 현장 상황을 보다 정확히 파악 할 수 있는데 도움을 주는 장치이다. 앞으로 봄 뿐만 아니라 버켓, 암에 설치한 모터를 동시에 사용하여 힘의 크기 뿐만 아니라 방향까지도 운전자에게 알려 줄 것이다. 그리고 가상 현실에서 토양 모델을 이용한 실험이 진행될 것이며, 가상 현실 실험 후 보완하여 실제 굴삭기를 이용한 현장 실험이 진행될 것이다.

후기

본 연구는 국토해양부 건설핵심기술연구개발사업의 연구비지원(과제번호 “06 건설핵심 B0 4”)과 BK21 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 오경원, 김동남, 홍대회, 김윤기, 홍석희, "유압굴삭기의 원격 조종을 통한 위한 버켓 위치 제어 시스템 설계," 한국 정밀공학회 추계학술논문집, 435-436, 2008.
2. Shahram Tafazoli, Perter D. Lawrence, and S. E. Salcudean, "Identification of Inertial and Friction Parameters for Excavator Arms" in Proc. IEEE Int. Conf. Robot. Automat., 1999, Vol. 15, No.5
3. 김남훈, 오경원, 김동남, 홍대회, 김윤기, 홍석희, "굴삭기 파라미터 추정을 통한 힘 반향 햅틱 장치 설계," 한국 정밀공학회 추계학술논문집, 349-350, 2010