

상용 굴삭기 원격제어를 위한 탈부착형 레버 조작기 메커니즘 설계

Design of Installation Type Lever Control Mechanism for The Remote Control of a Commercial Excavator

*신동수¹, #한창수¹, 이승훈¹, 강민성², 길명수², 이종철³

*Dongsoo Shin¹, #Changsoo Han(cshan@hanyang.ac.kr)¹, Seunghoon Lee¹,

Min-Sung Kang², Myeong-Su Gil², Jongcheol Lee³

¹한양대학교 기계공학과, ²한양대학교 메카트로닉스 공학과, ³(주)한화

Key words : Installation Type Manipulator, Excavator, Portable

1. 서론

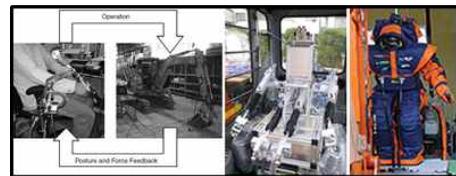
산업안전보건공단에 따르면 건설현장 및 건설 장비 재해 중 33.1%로 굴삭기의 재해 발생이 가장 높다. 그리고 이러한 굴삭기 재해 발생중 장비작업 환경 내 위험한 환경에서의 작업으로 인한 재해가 주를 이루고 있다[1]. 따라서 위험한 환경에서의 굴삭작업 에서는 작업자의 안전을 보장할 수 있는 무인 원격 기술이 반드시 필요하다[2].

건설 장비의 원격 조종 시스템의 연구는 Fig.1 과같이 Tsukuba 대학에서 개발한 “Underwater Backhoe BC-3”, 일본 Fujita에서 개발한 “Robo Q”, 일본 산업기술 종합 연구소에서 개발한 로봇 “HRP-1” 이 있다. 건설 장비의 원격 조종 시스템의 연구는 변환형과 장착형으로 나눌 수 있다. BC-3같은 변환형 굴삭기 원격 조작로봇은 전자식 시스템으로 변경하여 뛰어난 조작성능을 가지지만, 전자식으로 변환해야 하기 때문에 많은 시간과 비용이 소모된다. 반면, Robo Q와 HRP-1같은 장착형은 변환형에 비해 제어 성능이 낮으나 다른 굴삭기에도 장착을 할 수가 있다. 그러나, 현재까지 연구된 장착형 시스템은 기존의 굴삭기를 변형시키고 중량이 무거우며 1시간 정도의 장착시간이 소요된다.

본 연구에서는 기존의 굴삭기를 변형하지 않으면서 기존의 작동성을 유지시킬 수 있는 탈부착이 가능한 레버 조작기 메커니즘을 설계한다.

2. 탈부착형 조작기 설계 요소

본 논문에서 탈부착형 조작기는 상용 굴삭기 레버와 동일한 자유도와 Workspace를 만족하여



(a) BC-3 (b) Robo Q (c) HRP-1

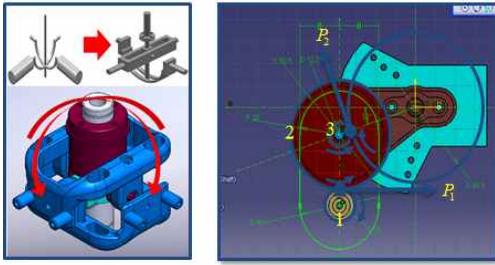
Fig. 1 Conversion & Installation Type Robot

구동시킬 수 있도록 전달 메커니즘을 설계하고, 안전을 위한 Fail-safe 기능을 설계하였다.

2.1 전달(Transmission) 메커니즘

굴삭기의 원격 제어를 위한 탈부착형 조작기는 상용 굴삭기의 레버와 동일한 자유도로 구동되어야 하며, 같은 동작 범위를 가져야 한다.

Transmission 메커니즘은 일반적으로 연결형과 분리형으로 나뉜다. 그리고 분리형은 직접 전달/간접 전달 메커니즘으로 분류된다[3]. 간접 전달 메커니즘의 단일 이음쇠 형태는 간단한 구조이지만 움직일 때 두 연결부가 접촉하는 단점을 지닌다. 반면 다중 이음쇠 형태로는 두 연결부의 접촉을 제거함으로써 간섭을 완화시키고, 두 연결부 사이의 마찰을 감소할 수 있는 이점이 있어 굴삭기 조작기의 동작을 자유롭게 구현할 수 있는 전달 메커니즘이다. 그래서 조작기의 동작을 자유롭게 구현하기 위해 탈부착형 레버 조작기에는 Fig.2 (a) 와 같이 다중 이음쇠 형태의 전달 메커니즘인 멀티 요크(multi-yoke) 메커니즘을 적용한다. 레버 조작기는 유니버설 조인트를 통해 기존 레버와 체결되어 레버 조작기의 2자유도 동작을 기존 레버에 전달할 수 있도록 설계한다.



(a) Transmission (b) Compound Gearing
Fig. 2 Lever Control Mechanism

2.2 Fail-safe 기능 구현

원격 작동 제어 시스템의 이상이나 오작동, 조작기의 고장 등으로 인하여 굴삭기의 제어가 불가능하게 되면 사고가 불가피하게 된다. 원격 작동 제어 시 안전 필요 사항으로 고장이 발생할 경우나 운전자가 원격 조종 장치를 놓았을 때 중립 위치로 되돌아 갈수 있도록 해야 한다. Fig. 2(b)와 같이 복식 기어열(Compound Gearing)을 설계하여 모터가 작동을 안 하거나 문제가 발생할 경우 기존 레버의 원점 회복력으로 탈부착형 조작기가 원점 회복이 가능하도록 Fail-safe 기능을 재현하고 작은 모터의 토크로 기존의 레버를 작동시킬 수 있다.

3. 탈부착형 조작기의 설계 및 시뮬레이션

탈부착형 조작기 설계에서 가장 중요한 요소는 안전성, 상용 굴삭기와의 자유도를 만족시키는 것이다. 조작기의 Fail -safe와 전달 메커니즘 설계 요소를 통하여 설계한 탈부착형 조작기는 Fig. 3 와 같다. 그리고, 탈부착형 조작기와 굴삭기의 조작기 간의 자유도 및 Workspace를 MATLAB 프로그램을 통해 Fig. 4 와 같이 검증하였다. 따라서, 굴삭기 조작기의 모든 조작영역은 탈부착형 조작기가 접근 가능하여 원활한 굴삭 작업을 할 수 있도록 하였다.

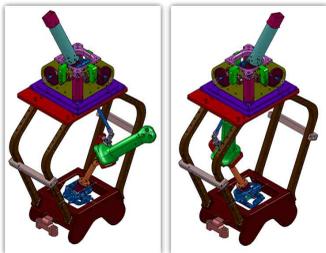


Fig. 3 Design of installation type manipulator

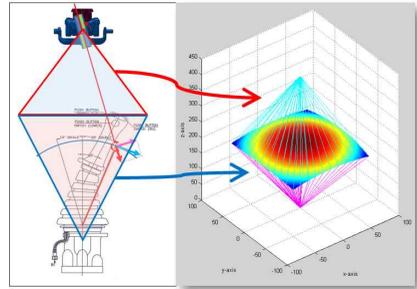


Fig. 4 DOF and Workspace

4. 결론

본 연구에서는 위험한 작업환경에서 굴삭 작업 시 작업자의 안전을 보호하기 위해 원격 조종용 탈부착형 조작기를 설계하였다. 이 탈부착형 조작기는 기 개발된 장착형 조작기와는 달리 Fail-safe 기능을 갖춰 안정성을 가지고, 상용 굴삭기와의 자유도를 만족시키도록 하였다.

개발된 탈부착형 조작기는 굴삭을 위한 Boom, Arm, Bucket, Swing의 동작이 가능하다. 추후에는 탈부착이 가능한 페달 조작기에 대한 연구를 하여 전반적인 무인 원격 시스템 조작 로봇을 개발할 것이다.

후기

본 연구는 지식경제부(MKE, Korea) 기술혁신사업 지원의 연구결과로 수행 되었음(10040180, 무개조 기반 기존 굴삭 중장비용 유/무인 겸용화를 위한 탈부착 가능 조작용 로봇 시스템 개발).

참고문헌

1. 이용수, 강용탁, 김진수, 김창은, “굴삭기로 인한 재해분석 및 예방대책에 관한 연구,” 대한안전경영과학회지, 12, 81-91, 2010.
2. D. M. Kim, J. W. Kim, K. H. Lee, C. G. Park, J. S. Song, D. S. Kang, “Excavator tele-operation system using a human arm,” Automation in Construction, Vol. 18, pp. 173~182, 2009
3. WEI-CHING Lin, KUU-YOUNG YOUNG, “Design of Force-Reflection Joystick System for VR-Based Simulation,” Journal of Information Science and Engineering 23, pp. 1421-1436(2007)