

굴삭기 원격조작을 위한 탈부착형 매니플레이션 메커니즘 설계

Design of Installation-type Manipulation Mechanism for a Remote Control Excavator

*신동수¹, #한창수¹, 강민성², 이승훈¹, 강성필¹

*D.S. Shin¹, #C. S. Han(cshan@hanyang.ac.kr)¹, M. S. Kang², S. H. Lee¹, S. P. Kang¹

¹한양대학교 기계공학과, ²한양대학교 메카트로닉스공학과

Key words : Installation-type Manipulation, Excavator, Remote Control, Passive Mechanism

1. 서론

대한건설기계협회의 통계에 의하면 99년도부터 현재까지 건설현장에서의 건설기계 사용 중 굴삭기의 사용은 두 번째로 많다.[1] 그러나, 굴삭기는 건설장비 중대재해 현황에서 가장 많이 발생하는 장비이다. 이러한 굴삭기 재해 발생 중 작업반경 내 위험한 환경에서의 작업으로 인한 재해가 주를 이루고 있다.[2] 따라서 위험한 환경에서의 작업으로부터 굴삭 작업자의 안전을 보장할 수 있는 원격 조작 기술이 반드시 필요하다.[3]

굴삭기의 원격 기술의 연구는 Tsukuba 대학에서 “Underwater Backhoe BC-3”, 일본 Fujita에서 “Robo Q”, 그리고 일본 산업기술 종합 연구소에서 “HRP-1”이 있다. BC-3은 굴삭기를 제작단계에서부터 전자식 시스템으로 변환하여 조작성능이 높은 변환형 원격 조작로봇이다. 반면에 Robo Q와 HRP-1은 변환형에 비해 제어 성능은 낮으나 다른 굴삭기에 장착할 수 있는 장착형 원격 조작로봇이다.

본 연구에서는 장착형으로 굴삭기에 탈부착이 가능하며 굴삭기의 작동성을 유지시킬 수 있는 매니플레이션 메커니즘을 설계한다.

2. 탈부착형 매니플레이션 설계 요소

본 연구에서의 탈부착형 매니플레이션은 기존 굴삭기 조작 Workspace를 만족할 수 있는 전달 메커니즘 설계와 매니플레이션과 굴삭기의 조작 레버와의 동작에 따른 변형(Translation)을 보상해 주고, Fail-safe 기능이 재현되도록 Passive 메커니즘을 설계한다.

2.1 전달(Transmission) 메커니즘

매니플레이션이 굴삭기 컨트롤스텐드에 장착되어 굴삭기와 동일한 작동성을 유지시키기 위해서는 굴삭기 레버와 동일한 자유도를 가지도록 매니플레이션에 전달 메커니즘을 필요하다.

전달 메커니즘은 다중 이음쇠(Multi-yoke) 형태의 연결형 간접 전달 메커니즘을 적용하였다.[4] 다중 이음쇠 형태를 사용함으로써 두 축의 이음쇠 연결부 접촉을 제거하고 간섭을 완화시키며 마찰을 감소할 수 있는 장점이 있다.

굴삭기 레버에 매니플레이션의 동작을 전달하기 위해 전달 축에는 유니버설 조인트를 이용한 체결을 한다. 유니버설 조인트를 사용함으로써 매니플레이션이 굴삭기 레버와 같은 동일한 workspace 동작을 전달할 수 있도록 한다.

2.2 Passive 메커니즘

매니플레이션이 굴삭기 레버를 원격 조작할 경우 시스템의 이상이나, 오작동, 조작기의 고장 등으로 사고가 발생할 수 있다. 그리하여 건설 중장비의 원격 조작 시 안전 필요 사항으로 고장이 발생할 경우, 또는 작업자가 원격 조작을 중단할 경우 매니플레이션에 의해 조작되는 굴삭기 레버가 중립 위치로 되돌아 갈 수 있는 기술이 필요하다. 또한 굴삭기레버와 레버를 조작하는 매니플레이션의 workspace를 일치시켜 동일한 동작을 나타내기 위해서는 매니플레이션의 연결 축 길이를 변형을 통해 보상해 주어야 한다. 이와 같은 성능을 만족시키기 위해 전달 메커니즘에서의 회전 시 기구학적으로 축을 밀어 레버와의 거리를 보상시켜주며, 전달 메커니즘에서 신호가 없는 경우에는 기구학적으로 원점 복귀하는 passive 메커니즘을 적용한다.

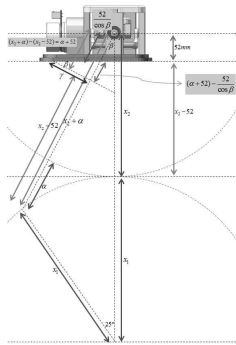


Fig. 1 Kinematic model of passive mechanism

passive 메커니즘을 적용하기 위하여 그림 1와 같이 kinematic 분석을 하여 굴삭기 레버와 매니플레이션의 거리와 작동 각도, 축의 변형이 일어나기 위한 passive 메커니즘의 요소들의 길이를 도출하였다.

3. 매니플레이션 설계

매니플레이션 설계에서 안전요소와 기존 굴삭기 레버와의 조작 workspace 만족 요소가 가장 중요하다. 설계 요소에 따라 그림 2와 같이 다중 이음쇠 형태의 전달 메커니즘을 설계하고, 그림 3와 같이 passive 메커니즘을 설계하였다. 그리고, 굴삭기 모델에 따른 다른 형태의 레버에 매니플레이션이 장착이 가능하기 위하여 Passive 메커니즘과 레버 사이에 보상기를 설계하여 모델마다 다른 형태의 레버에도 적용이 가능하도록 하였다.

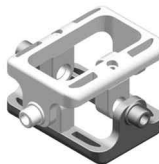


Fig. 2 Transmission of Multi-yoke type

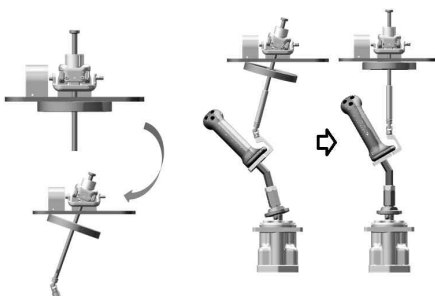


Fig. 3 Design of passive Mechanism Manipulation

4. 결론

본 연구는 작업자의 안전을 보장할 수 있는 원격 조작이 가능한 매니플레이션을 설계하였다. 탈부착형 매니플레이션은 굴삭기 컨트롤스탠드에 탈부착이 가능하여 굴삭기 레버를 조작할 수 있으며, 기 연구된 장착형 매니플레이션과 달리 Fail-safe 기능을 갖춰 비정상 상태의 작업을 중단할 수 있도록 하였다. 또한, 굴삭기 레버와 같은 workspace를 만족하는 조작을 할 수 있어 작업자가 원격지에서의 작업이 직접 작업과의 동일한 조작감각을 가지도록 하였다.

후기

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

본 연구는 지식 경제부 및 정보통신산업진흥원의 고기능 로봇 매니플레이션 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음. (NIPA-2012-H1502-12-1002)

참고문헌

1. 대한건설기계협회 건설기계등록현황 통계자료. (<http://www.keca.or.kr/>)
2. 이용수, 강용탁, 김진수, 김창은, “굴삭기로 인한 재해분석 및 예방대책에 관한 연구”, 대한안전경영과학회지, v.12, no.3, pp. 81-91, 2010.
3. 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, v.18, pp. 173~182, 2009.
4. 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)