

# 필드로봇용 원격 굴삭 시스템에 관한 연구 Remote Control System of Industrial Field Robot

\*진성민<sup>1</sup>, 권순광<sup>2</sup>, 김재준<sup>2</sup>, 이창돈<sup>3</sup>, #양순용<sup>2</sup>

\*S. M. JIN<sup>1</sup>, S. K. Kwon<sup>2</sup>, J. J. Kim<sup>2</sup>, S. K. Kwon<sup>2</sup>, C. D. Lee<sup>3</sup>, #S. Y. Yang<sup>2</sup> (soonyy@ulsan.ac.kr)

<sup>1</sup> 울산대학교 자동차 선박대학원, <sup>2</sup> 울산대학교 기계자동차 공학부, <sup>3</sup> 울산대학교 기계자동차공학부 BK21 팀

Key words : Field Robot, Remote control, Excavator, Teleoperated Excavator, End Effector Control

## 1. 서론

필드 로봇(Field Robot)은 건설, 임업, 농업, 해저 등 다양한 옥외 작업에서 인간을 대신하여 위험하거나 반복적이고 힘든 일을 수행 할 수 있는 것을 의미한다. 특히, 건설 현장에서 많이 사용되는 유압 굴삭기는 기계 자체가 갖는 기구학적 유연성과 유압 구동기를 이용한 고훈력 때문에 그 역할이 점차 확대되고 있으며, 지능적인 메카트로닉스 기계로 발전되고 있다. 이에 따라, 다양한 작업이 가능한 굴삭기의 자동화 및 지능화에 따른 필드 로봇화에 대한 연구가 적극 진행되고 있다.

본 연구에서는 일반적인 소형 유압 굴삭기를 필드 로봇화하고 작업자가 작업환경에서 떨어진 안전한 장소에서 작업환경을 모니터링 하면서 입출력 신호를 실시간으로 제어 하는 원격 굴삭 시스템을 개발하였다. 또한, 역기구학을 이용하여 암 끝단(End Effector Control)을 조작하는 AUTO MODE 를 구성하여 거리감이 떨어지는 모니터에서의 작업을 보다 편리하게 하였다. 구축한 시스템의 성능은 실차 시험을 통하여 검증하였고 간단한 다이어그램을 Fig. 1 에 나타내었다.

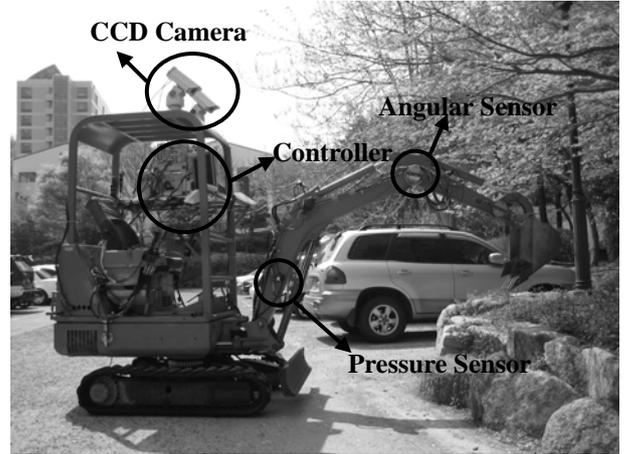


Fig. 2 Excavator side components

원격 굴삭 시스템의 조작부는 Fig. 3 에 나타내었다. 그림과 같이 데이터 전송을 위한 무선랜(Wireless LAN)과 작업화면의 모니터링을 위해 노트북을 사용하였다. 전기식 조이스틱을 사용하여 굴삭기의 조작신호를 입력하고 LabVIEW 를 이용하여 프로그램 하였다.

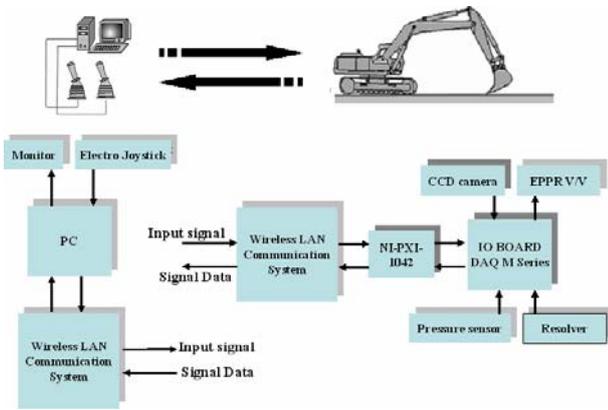


Fig. 1 Remote control system



Fig. 3 Remote operator station components

## 2. FIELD ROBOT SYSTEM

일반적인 유압 굴삭기를 필드 로봇화하기 위하여 D 사의 S-015 유압 굴삭기 모델을 전기식 조이스틱에 의해 구동되는 EPPR V/V(Electro Proportional pressure Valve)로 변경하였다. 각 관절(붐, 암, 버킷)의 각도를 측정하기 위해 각도센서를 장착하였고 각 실린더의 압력을 측정하기 위해 압력센서를 부착하였다. 작업화면을 촬영하는 CCD Camera 와 CCD Camera 의 위치를 조정하는 Pan/Tilt 를 장착하였다. Controller 는 NI 사의 PXI-1042(DAQ M-series)를 사용하고 LabVIEW 의 Real Time Module 을 이용하여 실시간으로 구동되는 시스템을 구축하였다. 시스템의 작동부와 조작부 사이의 작업화면과 데이터 전송을 위해 무선랜(Wireless LAN)통신을 이용하였다. 구축한 필드로봇용 원격 굴삭 시스템의 작동부는 Fig. 2 와 같다.

## 3. TRACKING CONTROL SYSTEM DESIGN

구축한 원격 굴삭 시스템은 Manual mode and Auto mode 로 구성하였다. Manual mode 는 일반적인 유압 굴삭기의 조종 방법으로 조이스틱으로 각 관절의 각도를 조종하는 방법이다. 구축한 Auto mode 는 역기구학을 이용하여 암 끝단(End Effector Control)을 조작하는 방법으로 유도한 역기구학 식은 아래와 같으며 여기에 사용한 좌표계는 Fig. 4 에 나타내었다.

$$\cos \theta_2 = \frac{L_b^2 + L_a^2 - L^2}{2L_b L_a} \quad (1)$$

$$\sin \theta_2 = \sqrt{1 - \cos^2 \theta_2} \quad (2)$$

$$\theta_2 = a \tan 2(\sin \theta_2, \cos \theta_2) \quad (3)$$

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{P_x}{P_y}\right) \quad (4)$$

$$\beta = \cos^{-1}\left(\frac{L_b^2 + L^2 - L_a^2}{2L_b L}\right) \quad (5)$$

$$\theta_1 = \frac{\pi}{2} - \alpha - \beta \quad (6)$$

$$\gamma = \theta_1 + \theta_2 + \theta_3 \quad (7)$$

$$\theta_3 = \gamma - \theta_1 - \theta_2 \quad (8)$$

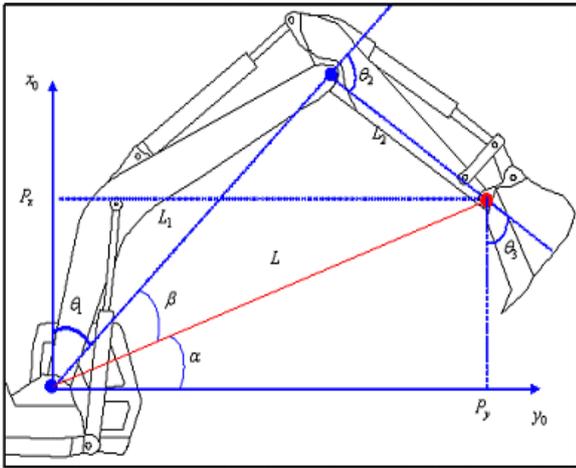


Fig. 4 Coordinate of excavator system

#### 4. 시뮬레이션 및 실험

제안한 암 끝단(End Effector Control)의 궤적제어를 실험하였다. 입력신호 수평궤적 신호로 암 끝단의 높이가 800mm 에서 수평으로 1500mm - 2300mm. 작동된다. Sampling Time 은 5msec 으로 설정하였다. Fig. 3 과 Fig. 4 는 설정한 기준 입력신호에 따른 응답오차이다. 결과와 같이 암에 비해 붐에서의 오차가 크게 발생하였다. 이는 실험 굴삭기의 편로드 특성과 관성을 고려하지 않는 결과이다. 하지만 최대오차가 5deg 미만으로 정밀한 작업을 요구하지 않는 작업에서는 문제가 없을 것으로 판단된다.

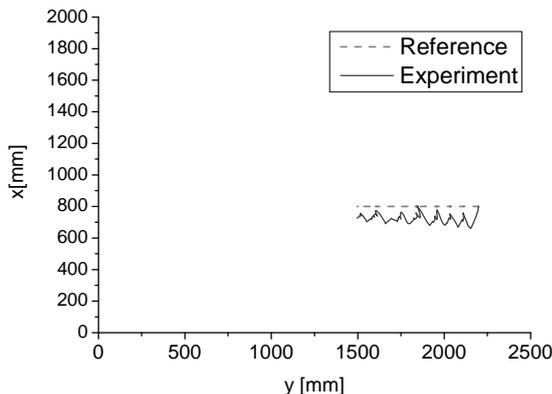


Fig. 5 Response of end effector

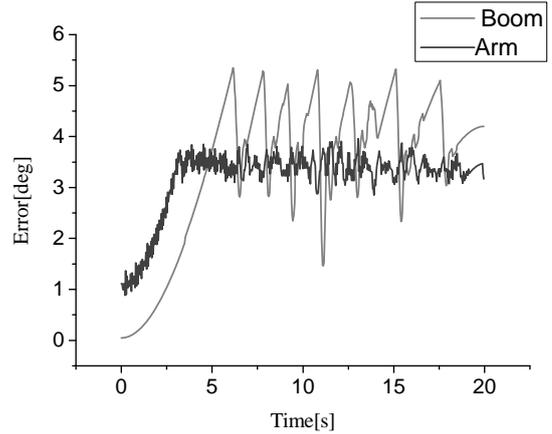


Fig. 6 Response of end effector

#### 5. 결론

본 연구에서는 건설 현장에서 많이 사용되는 유압 굴삭기를 필드 로봇화하고 원격 작동되는 원격 굴삭 시스템을 개발하였다. 또한, 원격 굴삭 시스템은 모니터링을 통해 조종되므로 실제의 조종보다 원근감과 현장감이 떨어지므로 조이스틱으로 암 끝단(End Effector Control)을 조종하는 Auto Mode 를 구성하였다. 구축한 시스템의 성능은 실차 시험을 통해 검증하였다. 그 결과 구성한 Auto Mode 의 경우가 일반적으로 조종하는 방법인 Manual Mode 보다 목표물에 비교적 쉽게 접근하였다.

#### 후기

본 연구는 현대중공업과 교육인적자원부의 Post BK21 사업의 지원에 의한 것 입니다.

#### 참고문헌

1. C.H. Lee, S.Y. Jeong, S.S Kim, "Development of A Haptic Steering System for a Low Cost Vehicle Simulator using Proving Ground Test Data," The Korean Society of Automotive Engineers Symposium, pp. 722~727, 2004
2. H. Cho, H.W. Chang, "Active Pitch Motion Control of a Hydraulic Excavator," The Korean Society of Automotive Engineers Symposium, pp. 681-686, 2002
3. J. ballantyne and E. Wong, "A virtual environment display for teleoperated excavator," Conference on Intelligent Robots and System, pp.1894-1899, 1998
4. M. Minamoto, K. Matsunaga, "Tele-presence information and remote controlled task execution," Conference on Intelligent Robots and System, pp.1102-1106, 1998
5. S.S. Kim, W.S. Seo, S.Y. Yang, B.R. Lee and K.K. Ahn, "Trajectory control of field robot using adaptive control and system identification," Journal of Control Automation and Systems Engineering, Vol. 8-9, pp.728-735, 2002
6. 서우석, 김승수, 양순용, 이병룡, 안경관, "적응제어 기법을 이용한 필드 로봇의 궤적 추종에 관한 연구," 한국정밀공학회 2001년도 추계학술대회 논문집, 10, pp 496-499, 2001