

압력센서를 이용한 수중항만공사 로봇의 실린더 길이 측정에 관한 연구

김치효* · 김태성** · † 이민기

*창원대학교 대학원, **창원대학교 메카트로닉스 연구원, † 창원대학교 교수

Study on the measurement of the cylinder lengths of an underwater robot for harbour construction using a pressure sensor

Chi-Hyo Kim* · Tae-Sung Kim** · † Min-Ki Lee

*Graduate school of Changwon National University, Kyungnam 641-773, Korea

**Mechatronics institute of Changwon National University, Kyungnam 641-773, Korea

† Department of Control and Instrumentation Eng., Changwon National University, Kyungnam 641-773, Korea

요 약 : 수중 방파제 피복작업은 사석의 유실을 방지하기 위해 방파제 겉면에 2-3ton의 돌을 쌓는 작업으로 현재 잠수부에 의해 수작업으로 시공을 하고 있다. 수중에서의 사야문제와 작업의 특성상 잠수부의 육감에 의해 공사가 시행되며 작업 과정에서 산업재해가 빈번히 발생한다. 우리는 이러한 문제점을 해결하기 위해 수중 방파제 피복작업을 위한 수중항만공사 로봇을 개발하였다. 로봇의 유압 실린더 제어를 위한 위치 센서가 필요하며 기존 센서는 구동축에 부착되어 방수가 어렵고 건설현장에서 사용하기에는 내구성이 좋지 못하다. 하지만 압력센서는 유압라인상의 임의의 위치에 부착이 가능하므로 방수박스 내부에 설치할 수 있어 방수가 용이하고 내구성을 높일 수 있다. 따라서 본 논문에서는 압력센서를 이용하여 수중항만공사 로봇의 유압 실린더 길이를 간접적으로 측정하는 실린더 길이 옵서버를 설명한다.

핵심용어 : 압력센서, 수중로봇, 유압 실린더, 항만공사

ABSTRACT : This paper presents an observer to measure the lengths of cylinders of an underwater robot for harbour construction using a pressure sensor. In harbour constructing, we place heavy armour stones weighing over 2-3 tons on the surface of the bank to protect it from storming wave. This work typically done by a diver is difficult and dangerous so that we have developed Stone Diver which is the underwater robot for harbour construction. The robot needs a position sensor to control the hydraulic cylinder. The position sensors mounted outside the cylinders cause poor durability in construction site where shock and dust usually occur. However, the pressure sensor mounted inside a waterproof box improves the durability. Based on the dynamic parameters and the pressures in the cylinder, the observer measures the cylinder's position. This paper presents the positional accuracy of the pressure based observer and the performance of the underwater robot to assemble the armour stones.

KEY WORDS : pressure sensor, underwater robot, hydraulic cylinder, harbor construction

1. 서 론

수중 방파제 피복작업은 사석의 유실을 방지하기 위해 방파제 겉면에 2-3ton의 돌을 쌓는 작업으로 현재 잠수부에 의해 수작업으로 시공을 하고 있다. 우리는 이러한 피복작업을 기계화 하기위한 수중항만공사 로봇을 Fig. 1과 같이 개발하였다(창

원대학교, 2008). 로봇의 유압 실린더 제어를 위한 위치 센서가 필요하며 기존 센서는 구동축에 부착되어 방수가 어렵고 건설현장에서 사용하기에는 내구성이 좋지 못하다. 하지만 압력센서는 유압라인상의 임의의 위치에 부착이 가능하므로 방수박스 내부에 설치할 수 있어 방수가 용이하고 내구성을 높일 수 있다. 따라서 본 논문에서는 압력센서를 이용하여 수중항만공사

† 교신저자, minkilee@changwon.ac.kr 055)213-3663

* 일반회원, chkim@changwon.ac.kr *** - **** - *****

** 일반회원, tskim@changwon.ac.kr 055)275-7553

로봇의 유압 실린더 길이를 간접적으로 측정하는 실린더 길이 옵서버를 개발한다.

2. 유압서보 실린더의 모델링

벌크 상수가 포함된 압력(P)과 부피(V)의 관계를 나타내면

$$\dot{P} = -\frac{\beta}{V_0} \dot{V} \quad (1)$$

과 같다. 여기서 β 는 bulk modulus이며 V_0 는 초기 부피이다. 식 (1)을 유압서보 실린더에 적용하여 옵서버의 속도 \dot{x}_L 을 다음과 같이 구할 수 있다(Conrad et al., 1987).

$$\dot{x}_L = -\frac{\dot{P}_H}{\beta} x_L - \frac{V_{dH}}{\beta A_H} \dot{P}_H + (K_H/A_H) x_s \sqrt{|P_S - P_H|} \quad (x_s > 0) \quad (2a)$$

$$\dot{x}_L = -\frac{\dot{P}_R}{\beta} (L - x_L) + \frac{V_{dR}}{\beta A_R} \dot{P}_R + (K_R/A_R) x_s \sqrt{|P_S - P_R|} \quad (x_s < 0) \quad (2b)$$

3. 압력센서를 이용한 옵서버 설계

압력으로부터 실린더 길이를 예측하기 위해 동적 파라미터를 Least Square(M. H. Hayes, 1996) 방법으로 찾는다. 유압시스템은 비선형 특성을 가지며 환경에 따라 파라미터가 변하기 때문에 실린더가 전진 할 때와 후진 할 때 파라미터 값에 차이가 있다. 따라서 LS를 이용하여 구한 파라미터는 초기값으로 사용하고 시스템의 변화에 따라 파라미터는 갱신되어야 한다. 압력 센서로부터 리미트에 도달한 것을 알 수 있으므로 최장, 최단 리미트에서 각각 $x_L=L$ 와 $x_L=0$ 으로 초기화하고 옵서버에서 예측한 \hat{x}_L 과 실제 길이 x_L 을 이용하여 RLS(Smallwood et al., 2003) 방법으로 파라미터를 갱신한다.

4. 옵서버 성능실험

옵서버의 성능을 실험하기 위해 LVDT를 임시로 장착하고 옵서버의 예측 길이를 이용하여 병렬기구의 유압실린더를 무부하 상태에서 PI제어 하였을 경우 초기 40초 동안 옵서버의 오차는 약 12mm 이내지만 시간이 지나면서 오차가 증가하여 50초 일 때 약 25mm가 된다. 옵서버는 실린더의 속도를 시간으로 적분해 길이를 예측하므로 시간이 지날수록 오차가 누적되어 증가하게 된다. Fig. 1는 피스톤이 리미트에 도달하여 파라미터를 RLS 방법으로 업데이트할 경우 오차가 줄어들어 보여준다. 최초 리미트에 도달했을 때 오차는 60mm로 크지만 리미트에

도달하는 횟수가 증가할수록 파라미터는 현재 시스템에 점점 수렴되어 50초 후에는 13mm까지 오차가 감소한다. 따라서 RLS를 이용하여 파라미터를 업데이트하면 약 13mm 이내의 오차로 길이를 측정할 수 있다.

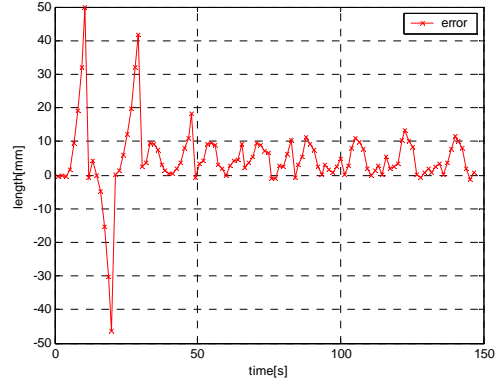


Fig. 1 Observer errors when dynamic parameters are updated by RLS

5. 결 론

오일을 압축성 매개체로 간주하여 유압실린더의 압력 동특성식을 유도하였으며 이를 이용하여 유압실린더의 길이를 간접적으로 측정하는 옵서버를 설계하였다. 피스톤이 최단과 최장 리미트에 도달할 때마다 RLS를 이용하여 파라미터를 갱신함으로써 유압시스템의 특성변화에 적응하도록 하였다. 옵서버를 이용한 스톤다이버의 PI 제어 오차는 18mm로 일반 로봇보다 낮은 정밀도를 가지고 있으나 수중항만공사용 로봇과 같이 대형 중량물을 조립하는 공정에서는 만족스런 정밀도이다. 따라서 압력 옵서버는 수중 건설현장과 같이 열악한 환경에 투입되는 유압 로봇의 위치제어에 적용해 볼 수 있는 센서이다.

후 기

본 연구는 2012년도 국토해양부 첨단항만건설기술개발사업 연구 과제로서 수행된 것임.

참 고 문 헌

- [1] 창원대학교 메카트로닉스 연구원(2008), 수중항만공사 기계화 시공 장비 개발 최종연구보고서
- [2] F. Conrad and C. J. D. Jensen(1987), "Design of Hydraulic Force Control Systems with State Estimate Feedback", IFAC 10th Triennial World Congress, Munich, pp. 307-312.
- [3] D. A. Smallwood and L. L. Whitcomb(2003), "Adaptive Identification of Dynamically Positioned Underwater Robotic Vehicles", IEEE Transactions on Control Systems Technology, 11(4), pp. 505-515.