

## MR 유체를 이용한 새로운 액추에이터의 제안, 설계 및 제어

김정수\*(울산대 대학원 기계자동차공학과), 안경관(울산대), N.B.Kha(울산대), 안영공(STP)

### Propose, Design and Control of a New Actuator Using MR Fluid

J. S. Kim(Mech&Auto Eng. Dept., UOU), K. K. Ahn(M&A Eng.,UOU), N. B. Kha(M&A Eng.,UOU), Y. K. Ahn(Cluster for Auto Industry, Songdo Techno Park)

#### ABSTRACT

A new MR cylinder with built-in valves using Magneto - Rheological fluid (MR valve) is proposed for fluid power control systems. The MR fluid is a newly developed functional fluid whose obvious viscosity is controlled by the applied magnetic field intensity. This MR cylinder, which is composed of cylinder with small clearance and piston with electromagnet, has the characteristics of simple, compact and reliable structure.

This paper presents a method to control the pressure of MR cylinder by using Generalized Predictive Control (GPC) algorithm. The differential pressure is controlled by applying magnetic field intensity to MR fluid. The use of GPC controller is to generate a control sequence by minimizing a cost function in such a way that the future system output is driven close to reference over finite prediction horizons. Experimental results from real time control using GPC method compared with conventional PID control method are also shown in this paper.

Key Words : Magneto-Rheological Fluid (MR 유체), MR cylinder (MR 실린더), Servo Actuator (서보 액추에이터), Force Control (힘 제어), Generalized Predictive Control(GPC),

#### 1. 서론

MR유체 (Magneto-Rheological Fluid)는 자성체의 미립자를 분산시킨 현탁액으로서, 자기장에 의하여 분산 입자의 구조가 변화되어 걸보기 점도가 변화하는 기능성 유체이다. 이러한 가체어성 유체를 이용하면, 일반적인 유압장치의 복잡한 기계적인 요소가 없는 저가의 밸브장치를 만들 수 있고, 보다 낮은 에너지 공급원으로도 구동이 가능하다. 또한, MR유체의 적용이 간단하므로 다양한 장치에 응용할 수 있고, 부가 전류에 대한 MR 유체의 점도변화가 크게 나타나므로 대형의 기계요소에도 적용이 가능하다. 따라서, 현재 MR 유체를 이용한 수많은 장치들이 개발되어 왔다. 본 연구에서는 기존의 MR유체를 이용하는 댐퍼와는 달리 벨로우즈를 이용한 MR유체 구동 머니플레이터에 관한 연구를 바탕으로 MR유체를 이용한 실린더를 설계 및 제작 하고, 힘 제어를 수행하여 밸브 내장형 MR 실린더가 서보 액추에이터로서 가능성을 실험적으로 검토하였다. 또한 여기서 발생되는 히스테리시스 현상에 대하여 보다 효과적으로 보상 제어하기 위하여 고전적 PID 제어 방법과 일반화 예측 제어(GPC) 방법을 사용하여 실시간 제어로부터 실험 결과를 이 논문에서 보여줄 것이다.

#### 2. MR 실린더 설계 및 제작

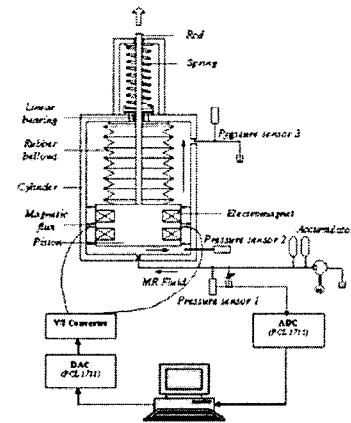


Fig. 1 Fabrication and experimental setup of the MR cylinder

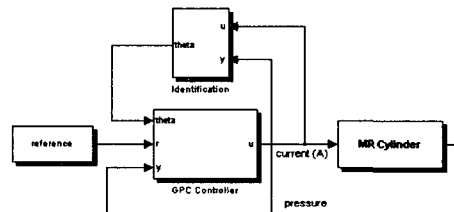


Fig. 2 Schematic diagram of predictive controller applied to MR cylinder system

피스톤과 실린더의 재질은 각각 강자성체인 순철과 연강으로서, 피스톤의 직경과 높이는 각각 28.5mm, 120mm이고, 실린더의 내부 직경과 높이는 각각 30mm, 300mm이다. 실린더 내부의 MR 유체의 공급 압력은 0.6MPa이고, 피스톤의 전자석에 부가하는 전류가 1.5A일 때 피스톤 상하부 사이의 압력차가 0.46MPa이 되도록 MR 실린더를 설계하였다.

장치의 압력 센서 및 A/D, D/A 등은 Fig. 1과 같이 장착 되었고, MATLAB Simulink를 통하여 Fig. 2와 같이 제어를 수행하였다.

### 3. 실험 결과

아래의 Fig. 3의 히스테리시스 현상을 GPC를 통하여 Fig. 4와 같은 실험 결과를 획득할 수 있었다.

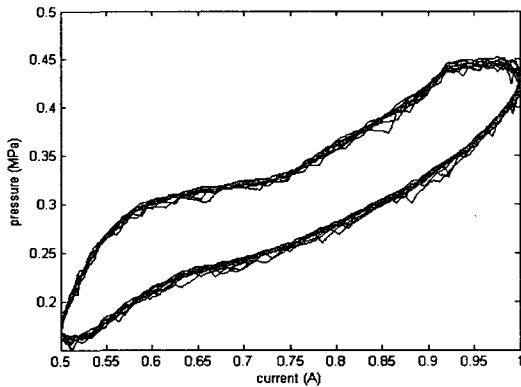


Fig. 3 Input-output relation obtained from open-loop control strategy

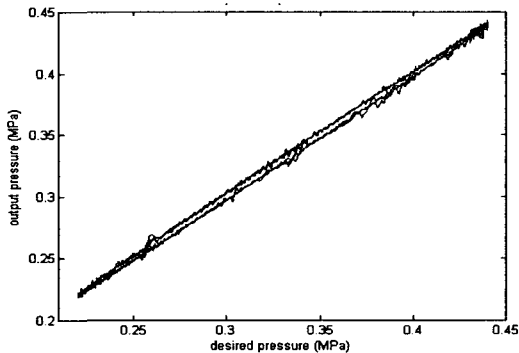


Fig. 4 Input-output relation obtained from GPC control strategy

### 4. 결론

이 논문에서는 MR유체를 이용한 새로운 서보 액추에이터로서 MR 실린더를 제안하고 설계, 제작을 수행하여 그 특성을 실험적으로 검토하였다. 여기서의 적합한 일반화 예측 제어는 제안된 MR 실린더의 압력 제어에 우선적으로 적용되었다. 실험 결과에서 보여 주듯이 GPC 제어기는 다른 기준의 입력 신호에 대하여 좋은 결과를 얻을 수 있어 제시된 액추에

이터의 히스테리시스 현상에 대하여 보상할 수 있다. 제안된 제어기는 PID 제어기와 비교해 보았을 때 더 좋은 성능을 보여주고 있음을 알 수 있다. 이 제어 방법은 MR 실린더뿐만 아니라 다른 제어 과정 부분에서도 효과적인 방법으로 사용될 수 있다.

### 후기

본 연구는 산업자원부에서 시행한 지역산업기술 혁신사업으로 울산대학교 기계부품 및 소재특성평가 연구센터의 지원에 의한 것입니다.

### 참고문헌

1. Bierman, G. J, Factorization Methods for Discrete Sequential Estimations, Academic Press, New York, (1977).
2. Clarke, D. W., Mohtadi, C., Tuffs, P. S., Generalized predictive control - Part 1. The basis algorithm, Automatica, Vol.23, No.2, (1987), pp. 137 - 148.
3. Janocha, H., Application potential of magnetic field driven new actuators, Sensors and Actuators A 91, (2001), pp. 126 - 132.
4. Karl J. Åström, Björn Wittenmark, Adaptive Control, Addison - Wesley, (1995).
5. Kim, J. H., Design, Fabrication and Modeling of Magneto-Rheological Fluid Based Semi-active Mount, Master Thesis, KAIST, (1996).
6. Lee, B. H., Design of the Current Feedback Electromagnetic Actuator for Engine Vibration Control, Master Thesis, KAIST, (2003).
7. Lennart Ljung, System Identification, Prentice Hall, 1999
8. Man, Young, G. N., Yoon, N. S., Design of an adaptive predictive controller for steam generators, IEEE Trans. on Nuclear Science, Vol. 50, No. 2, (2003), pp. 186 - 193.
9. Nam, M. H., Performance characteristics of seat damper using MR fluid, Journal of the Korean Society of Machine Tool Engineers, Vol. 5, (2000), pp. 127 - 134.
10. Sepehri, W. G., N., Ziaei, K., Design of hydraulic force control system using a generalized predictive control algorithm, IEE Proc. Control Theory and Applications Vol. 145, No. 5, (1998), 428 - 436.
11. Yokota, S., Yoshida, K., and Kondoh, Y., A pressure control valve using MR fluid, Proc. Fourth JHPS-ISFP Tokyo, Vol. 11, (1999), pp. 377 - 380.
12. Yoshida, K., Park, J. H, Yokota, S., Kawachi, M., and Edamura, K., A bellows-driven manipulator using a new Magneto- Rheological fluid, Proc. Int. Symp. on Fluid Power Transmission and Control, China, (2003), pp. 542 - 547.