

# LabVIEW<sup>®</sup>을 이용한 6축 수직다관절로봇 개발 및 게인 튜닝 6-Axis Articulated Robot Develop and Gain Tuning using LabVIEW<sup>®</sup>

\*안진수,<sup>#</sup>정원지<sup>2</sup>, 주지훈<sup>3</sup>

\*J. S. An<sup>1</sup>,<sup>#</sup>W. J. Chung(wjchung@changwon.ac.kr)<sup>2</sup>, J. H. Ju<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 창원대학교 기계설계공학과, <sup>2</sup> 창원대학교 기계설계공학과, <sup>3</sup> 대우조선해양 산업기술연구소

Key words : LabVIEW<sup>®</sup>, 6-Axis Articulated Robot, Gain tuning

## 1. 서론

실제 산업에서 산업용로봇의 활용도가 크게 증가하고 공장 자동화에 있어 중요한 비중을 차지하고 있다. 산업용 로봇이 널리 보급되어감으로써 산업용 로봇이 발전하고 로봇의 제어 기법 또한 발전하고 있다. 산업용로봇에는 종류에는 여러 가지가 있는데, 흔히 직교로봇과 스카라 로봇 그리고 수직 다관절 로봇등이 있다. 특히 수직 다관절 로봇은 다른 로봇보다 모터 축이 많으므로 좀 더 복잡한 제어 기술이 필요하다. 본 논문에서는 수직 다관절 로봇의 제어 기법을 연구하기 위하여 6축 수직 다관절 로봇을 연구용으로 직접 제작하기로 했다.

로봇 제어기법 중 PID 제어는 실제 대부분의 산업현장에서는 자동제어기로 널리 사용한다. PID 제어는 단순하면서도 성능이 우수한 제어 방법이다. 이런 PID 제어의 게인 조정법 중에 가장 유명한 방법이 Ziegler-Nichols Method 이며 매우 실용적이다.

본 논문에서는 6축 수직 다관절 로봇을 연구용으로 직접 개발하고 PID 제어를 이용한 로봇의 게인 튜닝 부분을 연구하고자 한다.

## 2. 6축 수직 다관절 로봇 개발

수직 다관절 로봇은 산업용 로봇 중 가장 흔하게 쓰이는 로봇 중에 하나이다. 본 연구에서 개발할 로봇은 고 중량물의 물건을 핸들링 하도록 축소형 초중량물용 6축 수직 다관절 연구용 로봇을 개발하고자 한다.

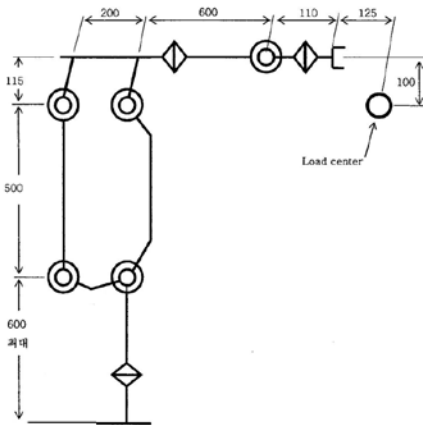


Fig. 1 6-Axis Articulated Base Frame

본 로봇은 가반하중과 진동충격에 견딜 수 있도록 튼튼한 구조로 설계가 되어야 하므로 기본구조를 4-Bar Link 구조로 설계하였다. 로봇의 전체 축은 높은 힘을 얻기 위해 감속비가 높은 감속기를 사용하였다. 로봇의 5축에 물체 핸들링을 할 때 수직방향의 가반하중을 모터의 힘 하나만으로 버텨야 하므로 모터 부하량이 상당히 커지게 된다. 이를 방지하기 위하여 5축은 볼 스크류를 이용한 슬라이더 방식 구조를 채택하여서 모터가 높은 가반하중에도 견딜 수 있도록 설계하였다.

본 로봇의 설계는 상용 설계프로그램 중 하나인 Solid Works 2009 를 이용하여 설계하였으며 로봇의 간섭체크를 이용하여 부품간 간섭현상을 모두 제거하여 로봇을 최적설계를 하였다.



Fig. 2 Solid Works 2009 3D Modeling

수직 다관절 로봇의 구동시 부품간의 간섭과 움직임 분석하기 위해 Visual Nastran 4D 와 Solid Works 2009 의 기능 중 하나인 Motion Study 를 이용하여 로봇 구동 시뮬레이션으로 로봇의 움직임을 검증하였다.

또한 해석 전문 툴인 ANSYS<sup>®</sup> 11 을 이용하여 로봇의 구조해석을 통하여 로봇의 EndEffector 에 중력방향의 하중이 걸렸을 때 로봇의 응력 해석, 처짐 해석, 안전율을 구하여 로봇의 취약 부를 찾아 내어 로봇을 최적 설계하였다.

로봇의 제작에는 수직 다관절 로봇의 서보모터는 주로 미쯔비시 범용 AC 서보모터를 사용하였으며 220V 3 상 전원을 사용하여 구동 되도록 하였다. 서보 드라이버 또한 미쯔비시 J2-Super 시리즈를 사용하였다. 서보 시스템 컨트롤러는 NI PXI-7350 장비의 Motion Controller 을 이용하여 수직 다관절 로봇의 모션을 제어하도록 시스템을 꾸렸다.

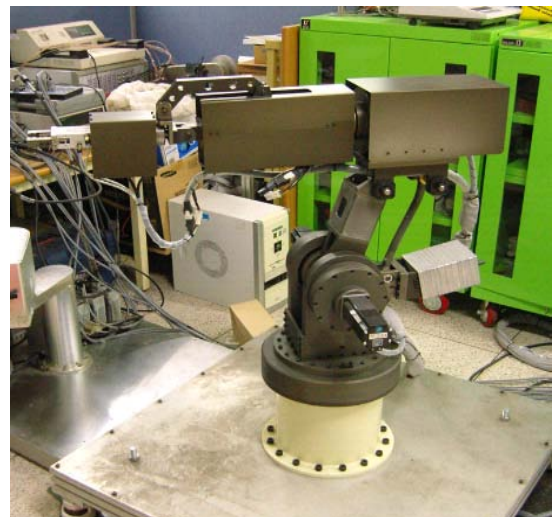


Fig. 3 6-Axis Articulated Robot

### 3. 6축 수직 다관절 로봇 게인튜닝

로봇제어에 있어 로봇의 이송 속도가 빠를 수록 교시된 경로를 크게 벗어나는 현상이 발생하고, 속도 변화에 따라 기구부의 진동이 발생하게 되어 로봇의 저진동, 고정밀제어가 힘들어진다. 이러한 문제를 해결하기 위해 로봇의 동적 특성을 고려한 PID Gain tuning 이 필요하게 된다.

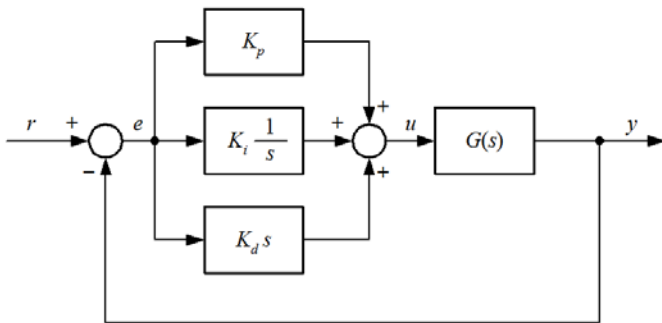


Fig. 4 PID Control System

본 논문에서는 PID 계수조정법 중 일반적으로 잘 알려진 방법 중 하나인 Ziegler-Nichols 가 제안한 계수조정법 중의 계단응답법을 이용하여 PID 계수를 조절하고자 한다. Ziegler-Nichols 의 계단응답법은 과도응답 형태로부터 PID 계수를 정하는 방법으로 간단한 몇 가지 실험으로 계수를 정할 수 있다.

LabVIEW®를 이용하여 6축 수직 다관절 로봇이 구동할 때 서보모터 엔코더의 출력 값을 받아서 그래프를 그렸다. 엔코더의 출력 값은 S 자 형태의 응답을 보이는 것을 볼 수 있다. Fig.5 는 로봇의 끝단인 6 축의 S 자 형태의 응답곡선이다.

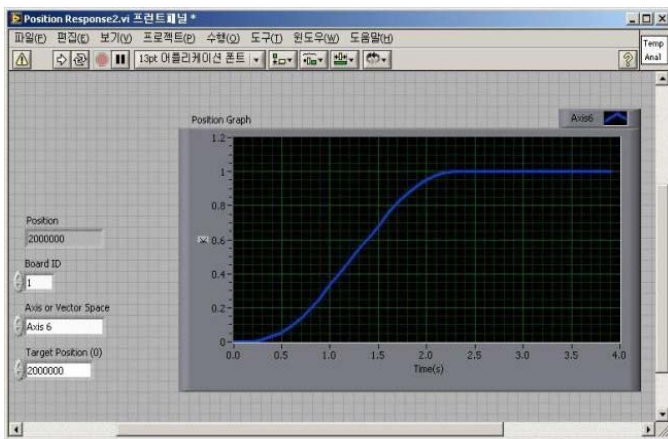


Fig. 5 LabVIEW® Response of step

Ziegler-Nichols 계수조정법에서의 전달 함수는 다음과 같이 정의 한다.

$$G(s) = K \frac{e^{-Ls}}{Ts + 1}$$

여기에 K 는 정상이득, T 는 시정수 L 은 지연시간이다. 여기서 지연시간 L 과 시정수 T 는 S 모양의 응답곡선에서 변곡점을 찾아 그 점에 접선을 그어서 구한다.

Fig. 6 은 수직 다관절 로봇의 서보모터 6 축의 응답곡선이다. 이런 S 자 응답 곡선을 이용하여 각 축의  $K_p$ ,  $T_i$ ,  $T_d$  값을 구하면 PID 계수를 구할 수 있다.

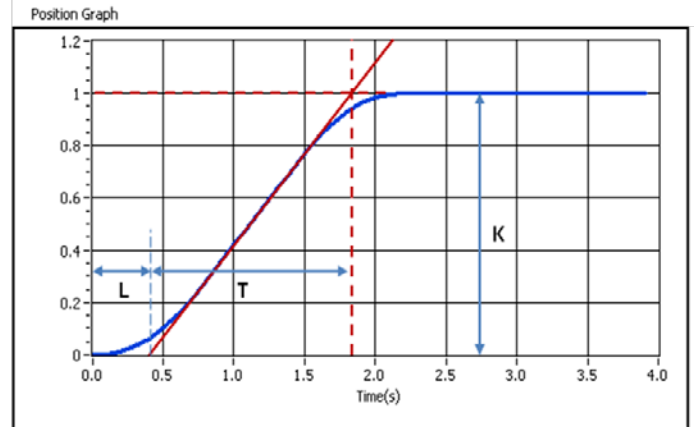


Fig. 6 Response of Ziegler-Nichols step

Ziegler-Nichols 에 제시된 전달 함수를 구하면

$$\begin{aligned} C(s) &= K_p \left( 1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) \\ &= \frac{1.2 T}{K L} \left( 1 + \frac{1}{2 L s} + 0.5 L s \right) \\ &= \frac{0.6 T}{K} \frac{(s + 1/L)^2}{s} \end{aligned}$$

원점에 한 개의 극점과  $s = -1/L$  이중 극점을 갖는다. PID 계수를 구하기 위해 로봇 구조상 게인 값이 가장 적은 영향을 받는 로봇 끝단인 6 축부터 계수를 구하였으며 전체적으로 무난한 성능을 얻을 수 있었다.

### 4. 결론

본 논문은 축소형 초중량물용 6축 수직 다관절 연구용 로봇 개발과 Ziegler-Nichols 의 계단응답법을 이용한 게인튜닝에 관한 연구를 수행 하였다.

본 로봇을 개발하기 위하여 Solid works 2009, Visual Nastaran 4D, ANSYS®를 이용하여 로봇의 최적설계를 수행 하였으며 NI PXI-7350 Motion Controller 를 사용하여 로봇의 모션을 제어하도록 시스템을 꾸몄다.

또한, 로봇의 게인 튜닝을 위하여 LabVIEW®를 프로그래밍을 수행하였으며 서보모터 엔코더 출력 값을 이용하여 S 자 형태의 응답곡선을 구했다. 이 응답곡선으로 Ziegler-Nichols 의 계단응답법을 사용하여 PID 계수를 조정 할 수 있었다.

### 후기

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역 혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임.

### 참고문헌

1. Charles L., Phillips H., Troy Nagle, "Digital control system analysis and design" Prentice Hall, 1994.
2. Haugen, Finn(NA), "PID control of dynamic systems" Intl specialized book service inc, 2004.
3. 강인철, 최순만, 최재성, "지글러-니콜스 제어파라미터 조정법(1),(2)의 연관성에 대한 해석적 연구," 한국마린 엔지니어링학회지, 219~225, 2002
4. 김정현, 김효곤, 정원지, " LabVIEW®를 이용한 3-Axis SCARA Robot 최적 튜닝 기법 연구," 한국정밀공학회 2007년도 추계학술대회 논문집, 237~238, 2007
5. National Instruments, LabVIEW Fundamentals, 2005