

SolidWork[®] 와 LabVIEW[®]를 연동한 6축 수직 다관절 로봇의 게인 튜닝 연구

Application of SolidWorks[®] and LabVIEW[®] Simulation Technique to Gain Tuning of a 6-axis Articulated Robot

*정창두¹, #정원지¹, 이동선¹

*C. D. Jung¹, #W. J. Chung(wjchung@changwon.ac.kr)¹, D. S. Lee¹

¹창원대학교 기계설계공학과

Key words : 6-axis Articulated Robot, SolidWorks[®], LabVIEW[®], Gain Tuning

1. 서론

오늘날 산업현장에 있어 산업용로봇의 활용도가 크게 증가 하고 로봇의 수요가 점점 늘어나고 있다. 산업용 로봇이 널리 보급이 되어 감으로써 로봇의 성능이 발전하고 로봇의 제어 기법 또한 발전하고 있다.

산업용 로봇 중의 하나 인 6축 수직 다관절 로봇은 자동화 생산 라인에 흔히 사용 되는 로봇이다. 6축 수직 다관절로봇은 용접, 조립, 도장을 비롯하여 다양한 범위에 활용되어 지고 있다.

6축 수직 다관절 로봇의 가반중량은 10Kg에서 300Kg 까지 다양하게 분포하고 있으며 그 설계기술은 비슷하다. 그러나 500Kg 이상의 초중량물 로봇은 제어정밀도, 신뢰성 등의 측면에서 실제 모델의 1/4 사이즈의 연구용 프로토타입을 이용하여 제어기법을 연구 할 것이다. 그리고 프로토타입 로봇에서 연구한 제어기법을 기초로 초 중량물 로봇 제작에 도움이 되고자 한다.

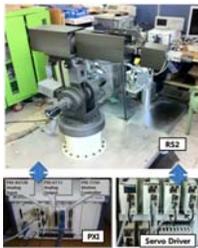


Fig.1 Configuration of RS2(6-axis articulated robot)

2. LabVIEW[®]기반 게인 튜닝^[1]

로봇 제어에서 로봇의 이동 속도가 빠를수록 프로그램에 의해 입력된 경로를 크게 벗어나는

현상이 발생하고, 속도 변화에 따라 기구부의 진동이 발생한다. 이런 문제점을 해결하기 위하여 제어기의 PID 게인 값을 로봇의 특성에 맞게 설정하여 로봇의 응답성을 크게 향상 시킬 수가 있다.

비례게인(K_p) tuning을 위해 LabVIEW[®] DAQ 장비를 로봇의 끝단인 6축의 모터 드라이버를 연결하였다. 모터 드라이버에 임의의 비례 게인 값을 설정하고 사인파의 진폭 X를 적절하게 선택 후, 주파수 응답시험을 하였다. 이때 모든 축의 적분 시정수 값은 1000으로 하여 적분 효과를 없앤다.^[2] LabVIEW[®]의 Source 과형으로 0.5 Vrms(root mean square of voltage)의 정현파를 2Hz에서 500Hz까지 서보 드라이버의 속도 지령 핀에 인가한다. 프로그래밍 DSA를 이용하여 페루프의 Bode Plot을 추출할 수 있다. 페루프 전달함수 G_o(s)와 개루프 전달함수 G_c(s)사이의 관계는 식(1)과 같다.

$$G_o(s) = \frac{G_c(s)}{1 - G_c(s)} \quad (1)$$

LabVIEW[®]에서 페루프 전달함수 보드선도를 획득한 후 식(1)을 이용하여 그림2 와 같이 개루프 전달함수의 보드선도로 변환 한다.

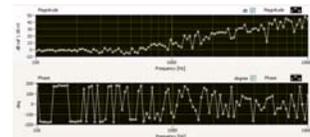


Fig. 2 Bode plot of open loop transfer function

식(1)에 의하여 추출된 Open loop의 Bode Plot은 이득여유가 -15dB, 위상여유는 -91.3deg로 판별 되었다. Nyquist 안정도를 적용했을 때 개루프 전달함수의 보드선도의 이득여유는 -6dB ~ -20dB, 위상여

유는 45deg 이상이 되어야 한다. 이득여유를 -6dB으로 설정하면, 다음과 같이 속도 제어 루프의 새로운 비례 게인을 얻을 수 있다.^[3]

$$20\log x = (-6dB) - (-15dB)$$

$$x = 10^{\frac{-6+15}{20}}$$

$$\therefore K'_v = 2.8 \times 50 = 141$$
(2)

그림 3은 오픈 루프의 새로운 비례 게인이 모터 드라이버에 적용 되었을 때, $K'_v = 141$ 의 Bode plot을 보여준다.

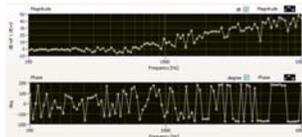


Fig. 3 Bode plot of open loop transfer function

적분 시정수(T_i)역시 끝단인 Z축부터 튜닝을 시작한다. 앞에서 획득한 로봇의 각 Joint의 속도 루프의 비례 게인 값(K_v)을 적용한 후의 Bode Plot은 그림4와 같다. 적분기를 적용할 때 Phase 변화가 없도록 Phase Margin 적용 Hz의 10배 되는 지점을 적분 시정수로 한다. Phase Margin 적용 Hz는 0dB 지점의 주파수이므로 71.3154Hz이다. 따라서 적분 시정수는 14ms로 계산되어진다.

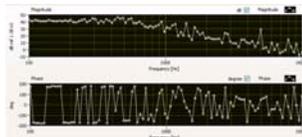


Fig. 4 New Bode plot of open loop ($K_v = 141$)

위치제어루프의 비례게인(K_p)은 로봇의 끝단인 6축부터 튜닝을 한다. 페루프의 보드선도에서 공진점의 -3dB되는 지점의 주파수 f_c 를 측정하고, ζ 는 0.707으로, 일반적 산업용 로봇에 대한 실험적 방법으로 구해진 값으로 식(3)에 대입하여 K_p 값을 구한다.

$$K_p = \frac{\pi f_c}{2\zeta^2}$$
(3)

3. LabVIEW®와 SolidWorks® 연동 게인 튜닝

LabVIEW와 SolidWorks를 연동하기 위하여 LabVIEW에서 각 드라이버를 생성하고 SolidWorks의 RS2의 모델링의 각 축을 설정한다.



Fig. 5 Interlocking program configuration

각 축을 위와 같은 방법으로 게인튜닝을 실시하고 연동 시뮬레이션과 실험값을 비교하면 아래 표 1과 같다.

Table. 3 Comparison of Experimental and Simulation-based Gain Tuning

Axis	Experimental			Simulation		
	K_v	K_i	K_p	K_v	K_i	K_p
1	212	315	465	210	309	471
2	144	884	562	151	879	580
3	182	683	561	180	679	568
4	377	605	53	364	615	57
5	225	315	47	239	327	49
6	141	1014	700	139	1007	700

4. 결론

본 연구에서는 6축 수직다관절 초중량물 로봇의 게인튜닝법을 제안하였다. 이는 실험 수행 여건이 안되는 상황에서 시뮬레이션으로 게인튜닝을 대치할 수 있다는 방법을 제안했다. 실험값과 시뮬레이션 값을 비교하면 큰 차이가 없다는 것을 확인할 수 있다. 본 논문은 시뮬레이션으로 실험을 대신하여 게인튜닝이 가능하다는 것을 확인하였다.

후기

본 연구에 참여한 연구자의 일부는 「2단계 BK21 사업」의 지원비를 받았음. 본 연구는 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임 (2011-0013902).

참고문헌

1. J.S. Ahn , etal., "On Design, Prototype and Gain Optimization for Heavy Duty Handling Articulated Manipulator (HDHAM) with 6 DOF", WMSCI 2010, 2010
2. Ogata, K., 1990, Modern Control Engineering, Prectice-Hall, Inc. pp. 448~467.
3. Haugen, F., 2004, PID control of dynamic systems, Intl specialized book service inc. pp.342~349.