

실험용 초중량물 핸들링 로봇의 구동에 관한 연구

고창민*, 박승규**, 정원지**, 김두형***, 정광조***
 창원대학교 전기공학과, 기계설계공학과, 한국기계연구원

A Study on the Drive of Experimental Heavy Duty Handling Robot

Chang-Min Ko*, Seung-Kyu Park**, Won-Ji Chung**, Doo-Hyeong Kim***, Gwang-Jo Chung***
 Department of Electrical Engineering Changwon National University,
 Department of Mechanical Design & Manufacturing Engineering Changwon National University,
 Korea Institute of Machinery & Materials

Abstract - 본 연구는 6축 초중량물 핸들링 로봇의 제어 성능을 구현하기 위해 전체적인 로봇의 제어에 가장 중요한 요소인 2축과 3축만을 가진 2축으로 된 실험용 로봇을 설계 제작하고 모션 제어를 직접 설계하여 드라이브를 토크모드로 설정하고 구동실험을 수행하였다. 제어기로는 DSP를 사용하였으며 이는 초중량물을 핸들링하기 위해서는 샘플링주기를 작게 하기 위함이다. 해 연산·실행 속도가 빠른 DSP를 이용하였다. DSP와 AC 서보 모터 드라이브 간의 인터페이스를 설계·제작 하였으며, PI제어기 알고리즘을 설계하여 직선보간 알고리즘에 적용함으로써 최종목적인 가만하중이 600Kg급 부하에도 강한 초중량물 핸들링 지능형 6축 로봇의 실현을 위해 원하는 경로를 부하의 영향에 받지 않는 고속·고응답성을 구현할 수 있는 2축 로봇제어에 대한 실험을 수행하였다. 속도, 위치제어에 대한 알고리즘으로는 PID 제어를 사용하였다. 본 연구의 의의는 초중량물 핸들링 로봇의 제어에 있어서 로봇의 설계 및 제작이 최적화되어 있다면 작은 부하용 로봇의 제어와 크게 다를 바 없음을 보여주고 있다.

1. 서 론

산업용 로봇은 1954년 미국, play back 방식의 특허가 취득된 이래 일본에서 1980년 본격적으로 산업 현장에 보급되었으며, 국내에서도 이때부터 연구 개발되기 시작하였다. 근래에 들어 경기가 호전되어 성장동력 사업 추진으로 로봇의 연구개발이 활성화 되고 있으며, 로봇의 활용분야를 예측하여 모델을 개발하는 것이 필요하다.

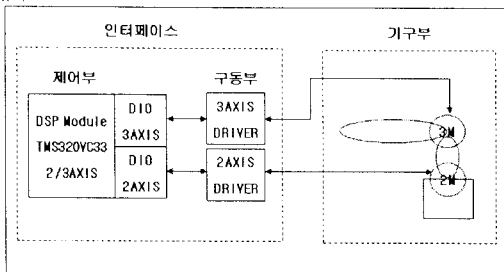
현재, 산업현장의 제품의 다양화로 인해 기계·자동차·수송기계 산업등 생산비 절감을 위해 생산라인의 개혁을 필요로 하고 있으며, 특히 일본도 요타에서는 제조공정 및 공장 면적을 줄이기 위해 기존의 컨베이어 방식에서 로봇에 의한 자동차 차체의 이송을 실현 하고 있다. 기존의 컨베이어 대량생산 방식에서 작업자 중심의 소규모 조립 Station 방식을 시험운영하고 있으며, 이러한 조립 Station에서는 로봇에 의한 초중량물 핸들링 로봇이 시장을 점유할 것이다.[1],[2],[3],[4],[5]

본 연구는 자동차, 중공업 분야 등에서 발생하는 가만하중 600Kg급 초 중량물 핸들링용 로봇에 대한 실험용 2축 로봇에 대한 제어를 수행하였다. 가만하중이 크게 되면 로봇의 제어에 있어서 어려움을 겪을 것으로 생각되나 부하의 크고 작음은 부하를 다루게 되는 시스템에 대한 상대적인 값이므로 큰 부하를 다룰 수 있는 로봇을 설계하여 준다면 큰 중량을 다루는데 있어서 제어에 대한 부담은 작은 부하용의 로봇의 제어와 같다는 것을 시뮬레이션을 통해 확인하였고 실험을 통해서 확인하고자 한다. 본 연구에서는 제작된 실험용 로봇의 제어를 위하여 DSP를 이용한 모션제어기가 구성되었으며 드라이브를 토크모드에서 사용하였다. 속도 및 위치제어기는 PID 제어를 각각 사용하였으며 주어진 두점간의 이동에 대한 제어성능을 확인하였다.

2. 본 론

2.1 초중량물 로봇 제어기의 시스템 구성

본 논문은 시스템은 <그림1>과 같이 제어부, 구동부, 기구부로 나누어지며, 제어부는 TMS320VC33을 사용하였으며, 구동부의 모터 드라이브와 연결하기 위해 인터페이스 회로를 구성하였다. 구동부는 토크제어 모드를 사용하고, 속도, 위치제어에 PI제어기를 이용하여 2축과 3축을 위치·속도 제어 하였다.

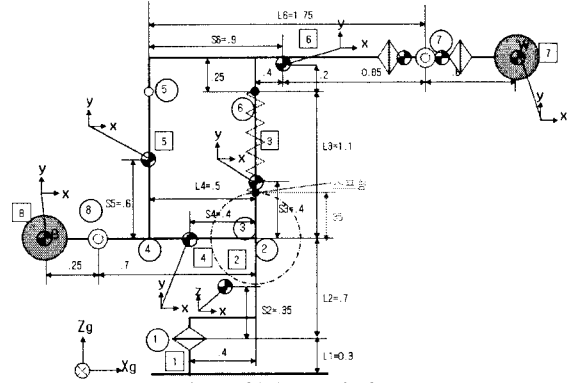


<그림 1> 시스템 구성도

* 창원대학교 전기공학과 석사과정
 ** 창원대학교 전기공학과, 기계설계공학과 정교수
 *** 한국기계연구원

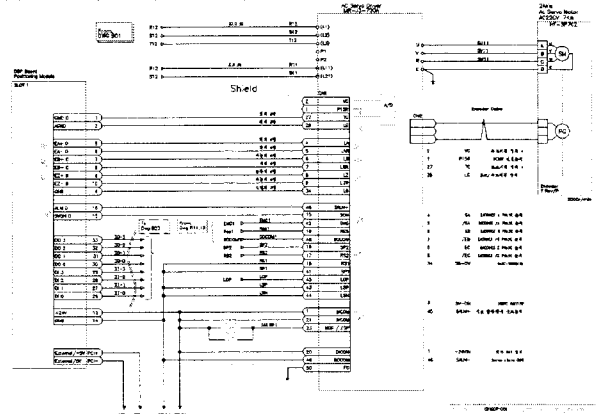
2.2 2축 로봇과 제어될 위한 인터페이스

실험용 로봇의 외관형상은 초중량물 6축 다관절 로봇의 기본적인 비슷한 형태를 갖추며, 중량물 핸들링 로봇에서는 weight와 spring balance을 결합함으로써, 설계제작된 실험용 로봇의 기본구조<그림2>는 다음과 같다.

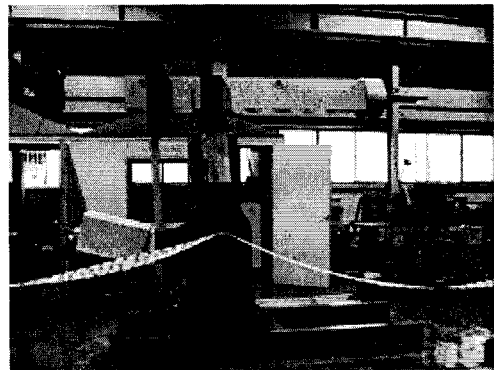


<그림 2> 실험용 로봇의 기본 구조

DSP(TMS320VC33)와 서보 드라이브(Mitsubishi) 간의 토크리얼과 모터의 엔코더 입력 회로 인터페이스 회로는 다음<그림3>과 같으며, 실제 설계된 기구부인 실험용 2축 로봇은 다음<그림4>와 같다.



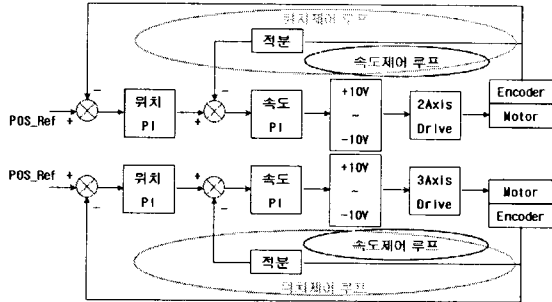
<그림 3> 인터페이스 회로



<그림 4> 실제 설계된 실험용 2축 로봇

2.3 토크모드에 의한 위치·속도 PI제어기 알고리즘

본 연구에서는 다음 그림과 같이 드라이브를 토크모드로 설정하고 모션제어에 대한 제어루프를 구성하였다. 실험용 2축 로봇의 전체 제어 블록선도는 <그림5>와 같다.



<그림 5> 위치·속도 PI제어기 블록선도

본 연구의 PI제어기는 정상상태 오차를 감소하고 과도 응답의 오버슈트를 감소시키는 효과를 얻을 수 있으며 다음과 같은 입출력 관계로 나타낼 수 있으며 이득값은 다수의 반복 실험을 토대로 결정하였다.<표1>

PI제어기의 일반적인 형태는 다음의 수식과 같다.

$$Y(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt$$

Kp:비례이득, Ki:적분이득, Y(t):제어기출력, e(t):오차

위 식을 이산화 표현으로 변환하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Y(n) = Y(n-1) + K_p [e(n) - e(n-1)] + K_i e(n)$$

본 연구를 위해 2,3축의 위치·속도 PI Gain값은 다음과 같다.

여기서, PI제어 이득 결정문제와, 로봇이 주어진 경로를 추종하는지 실험 파형을 관측하기 위해서는 DSP연산속도와 관련되는데, 즉, 인터럽트 주기인 샘플링 주기는 500[μsec]이고 결과 데이터는 10[msec]마다 1개씩 저장하여 2000개의 데이터를 확보하여 실험을 반복함으로써 주어진 경로를 추종하는지 검증 하였다.

<표 1> PI제어기의 Gain Value

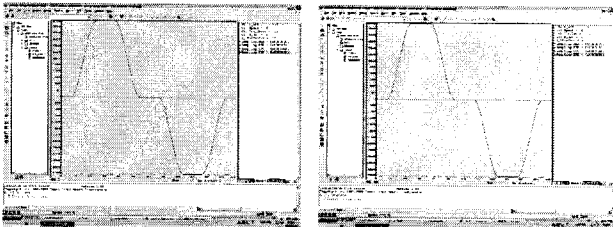
Gain	2Axis	3Axis
속도 Kp	0.1	0.1
속도 Ki	0.000005	0.000005
위치 Kp	0.01	0.01
위치 Ki	0.0000002	0.0000002

2.3 실험결과

위의 설계 제작된 제어기를 통하여 초중량물 2축로봇의 토크모드에 의한 위치·속도제어 알고리즘을 실험하였다.

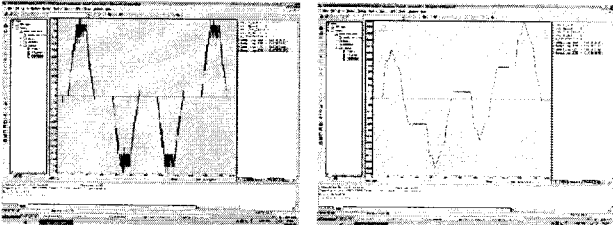
속도 프로파일을 생성하는 알고리즘을 살펴보면, 위치 기준입력(Pos_Ref=40000)를 가지고 샘플링 시간동안에 이동거리를 계산하는 가감속 속도 프로파일 알고리즘을 기반으로 면적이 곧 목표위치 값이 되며, 속도(Speed_Ref=12)는 500rpm으로 토크제한속도 범위 안에서 모터는 회전한다.

2축의 목표 위치값과 엔코더 펄스의 출력파형을 비교해보면 다음 그림과 같다.<그림6>



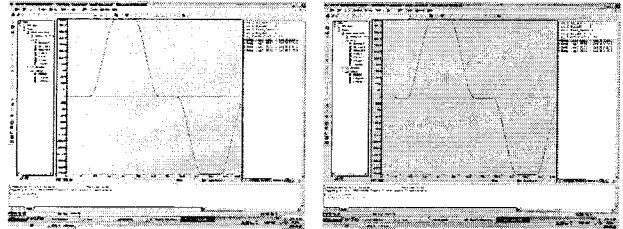
<그림 6> 2Axis 목표위치값과 엔코더값

2축의 현재속도와 위치오차는 다음 그림과 같다.<그림7>



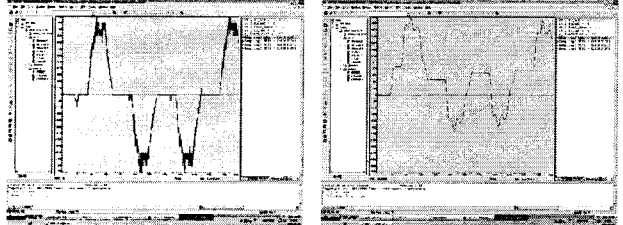
<그림 7> 2Axis 현재속도와 위치오차

3축의 목표 위치값과 엔코더 펄스의 출력파형을 비교해보면 다음 그림과 같다.<그림8>



<그림 8> 3Axis 목표위치값과 엔코더값

3축의 현재속도와 위치오차는 다음 그림과 같다.<그림9>



<그림 9> 3Axis 현재속도와 위치오차

초기에 로봇을 움직이기 위해서는 서보온을 하면 전자브레이크(MBR)의 동작지연시간이 100[msec]의 동안 서보력이 해제가 되는 프리 상태가 되는데 기준위치(Pos_Ref)를 0으로 하여도 로봇이 움직이는 현상을 볼 수가 있다. 전자브레이크 지연시간 후에 서보력 상태로 변하면 위치제어에 의해 0인 기준위치로 복귀한다.

토크 모드에 의한 위치·속도제어 프로파일을 살펴보면 기준속도(Speed_Ref=12)인 500rpm속도로, 초기위치(= 0)인 기준위치에서 목표위치(Pos_Ref=40000)위치로 경로를 추정하는 것을 알 수 있으며, 위의 실험결과는 1구간(40000위치), 2구간(0위치), 3구간(-40000위치), 4구간(0위치)으로 실험용 로봇 2,3축의 실험결과 파형으로 제어성능을 확인 하였다.

위의 결과로부터 주어진 경로를 반복 운전 함으로써 토크에 의한 위치·속도 제어 수행을 확인 하였다.

3. 결 론

본 논문에서는 초중량물 핸들링 로봇에 제어 알고리즘을 이식하기 위하여 실험용 2축 로봇에서 DSP와 AC서보 모터 간의 인터페이스를 설계·제작 하였으며, 로봇 각축의 원하는 위치를 제어하기 위해 토크 모드에 의한 위치·속도 PI 알고리즘을 이용하여 로봇 2축을 구성하여, 실험 결과로 주어진 경로를 추종함을 보여주고 있다. 향후 초중량물 로봇의 동특성을 고려한 제어기 구성에 대한 연구가 필요하다.

감사의 글

본 논문은 산업자원부 지역산업기술개발사업 <IH-13-63(경남)> 지원으로 수행된 연구입니다. 과제번호(70000656)

[참 고 문 헌]

- [1] KIMM, "초 중량물 핸들링용 지능형 로봇개발 1차년도중간보고서", 산업자원부, 2007.7.
- [2] "Robot for Handling Extra-Heavy Objects", New technology Japan, v. 21 no.6, pp.33, 1993.
- [3] "HEAVY DUTY ROBOT LINK TWO PROCESSES", Robotics world, v.4 no.12, pp.26-27, 1986.
- [4] "UK FIRM LAUNCHES HEAVY DUTY ROBOTS", Machinery and production engineering, v.140 no.3617, pp.53, 1982.
- [5] "HEAVY DUTY ROBOT CAN HANDLE 250 LBS", Robotics world, v.3 no.3, pp.38, 1985.
- [6] 김영삼, 문용기, 윤병운, 문승빈, 황찬영, 김진오, 주효남, 김성권 삼성전자 생산기술센터, "동적특성을 고려한 대형 로봇 제어", ICASE, 1998.
- [7] 김수호, "초대형 로봇시스템의 제어기 개발", 학위논문, 한국산업기술평가, v.48p, p.46, 2006.
- [8] 최장욱, 이진복, "역기구학을 이용한 로봇트 머니플레이터의 토크계산제어", Journal of the industrial, VOL.26 NO.2, p.35, 1997.
- [9] Mitsubishi, "Melservo-JS Series Manual", 2004.5.
- [10] Samsung, "CSDJ-Plus V1.7 Servo Manual", 2006.6.