

## DSP를 이용한 직접구동형 AC모터 위치제어기의 설계

“박성언”, “김갑일”, “이광무”, “이창섭”, “장태성”

“명지대학교 전기공학과”, “한국산업전자(주)”

## Design of Direct Drive AC Motor Position Controller Using DSP

Park, Sung Un<sup>\*</sup> Kim, Kab Il<sup>\*</sup>  
Lee, Kwang Mu<sup>\*\*</sup> Lee, Chang Sup<sup>\*\*</sup> Jang, Tae Sung<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>Dept. of Electrical Eng., Myongji Univ.  
<sup>\*\*</sup>KOREA A-B LTD.

### Abstracts

Recently, direct drive AC servo motor and DSP is widely used in the factory automation and related field due to the enhanced control and digital technology.

In this paper, position control of direct drive AC servo motor and numerical interpolation algorithms are studied using DSP for the future applications. In the direct driven motor control, encoder pulse is divided into the quadruple pulse for the higher resolution and high speed pulse(10MHz) is used as reference for the slower speed motor control(M/T method). As for the general position control, PI controller is adapted for position control. In the trajectory tracking numerical algorithm, interpolation of straight line and curve algorithms are studied for the realization of path following capabilities of XY table. As for the DSP, ADSP 2105 is selected for the economy and performance points of view.

### I 서론

현재 각종 자동화에 적용되는 서보 시스템은 전압의 가변으로 쉽게 속도제어할 수 있는 DC서보 모터를 대부분 사용하였다[1]. 그러나 DC 서보 모터는 브러시와 정류자로 인한 유지 보수의 어려움과 고속의 회전수를 얻는데 한계가 있다. 최근의 모터의 사용추세는 이러한 이유 및 전력용 반도체와 제어기술의 발달에 힘입어 동기기 또는 유도기의 정밀한 제어가 가능하게 되면서 고속이면서 큰 토크를 가지는 AC 서보모터의 사용이 보편화 되는 추세이다[2]. 또한 보통 속도 및 위치를 제어하기 위해서 모터에 감속기(gear-reducer)를 부착하여 모터에서의 오차를 감속기만큼 감소시켜 일반 산업용 로보트나 FA용으로 사용하여 왔다. 그러나 최근에는 마이크로 프로세서 및 디지털 제어기술의 발달로 감속기를 부착하지 않고 직접 모터를 제어하는 직접구동형 방식이 가능하게 되었다[3].

본 논문에서는 감속기를 부착하지 않은 직접구동형 동기기 AC서보 모터의 정밀위치제어를 위해서 DSP를 사용하였으며 수치(Numerical) 보간 알고리즘을 이용하여 주어진 경로를 고속으로 따르는 연구를 하였다. 이를 위해서 DSP에서 속도

명령을 드라이버로 주고 모터에 부착된 엔코더로 부터 데이터를 받기 위해 DSP와 드라이버간에 인터페이스를 설계 제작하였으며 또한 설계된 제어기를 직접 설계 제작한 X-Y 테이블에 연결하여 주어진 경로를 추종하는지 검증하고자 한다.

II 절에서는 시스템의 구성을 제어부와 구동부로 나누어 고찰하고, III 절에서는 위치제어 알고리즘 및 엔코더 신호에 대해서, IV 절에서는 경로를 추종하기 위한 수치 보간 알고리즘에 대하여 고찰하고 V 절에서는 결론으로 맺는다.

### II 시스템 구성

본 논문의 시스템구성은 그림1과 같이 크게 제어부 및 구동부로 나누어 진다. 제어부는 ADSP 2105를 사용하여 구동부와 인터페이스 시켰으며 위치제어 및 수치보간 알고리즘을 구현하였으며 구동부는 기존의 속도제어용 드라이버를 사용하여 제작된 XY 테이블과 연결하였다.

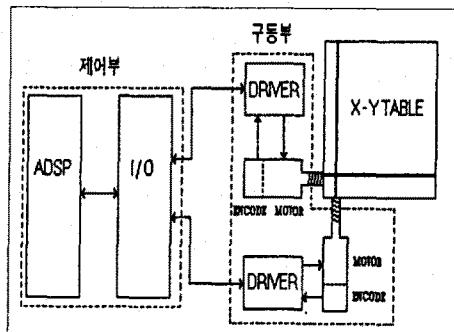


그림 1 시스템 구성

#### 가. 제어부

ADSP 2105은 고속 용용 처리를 위한 single-chip 마이크로 프로세서로 데이터 버스와 어드레스 버스가 분리된 Harvard architecture로 되어 있으며 3개의 완전한 기능을 하는 독립적인 계산 장치(computation unit)를 가지고 있다. 각각의 장치는 직점 16비트를 한 사이클에 처리한다. 또한 2개의 데이터 어드레스 발생기와 프로그램 시퀀서는 순차적인 어드레스를 제공한다. 한편 칩안에 프로그램 메모리(1K)와 데이터 메모리(1/2K)를 가지고 있으며 1개의 serial 포트와 타이-

어 그리고 3개의 외부 인터럽트를 가지고 있다. 사용된 ADSP 2105는 모터를 구동하기 위한 외부 I/O가 없기 때문에 먼저 모터 드라이브에 속도 커맨드로 펄스를 주고 엔코더에서 출력되는 펄스를 카운트하기 위해서 프로그램어를 카운터 8254-2와 8비트 입출력 IC 8255를 인터페이스 하였다(그림2).

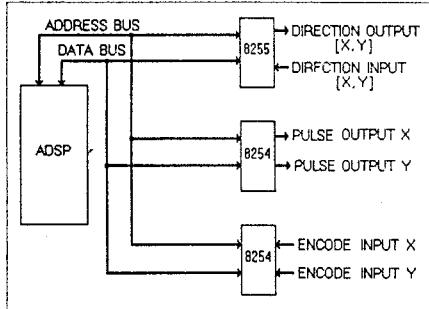


그림 2 인터페이스 구성도

#### 나. 구동부

사용된 모터는 동기기형 AC서보 모터(정격 50w, 300rpm)로 감속기를 부착하지 않았으며 광학식 엔코더(1회전당 2000 펄스)로 속도 및 위치의 급격한 변화에 대해 신속하게 응답할 수 있다. 그리고 드라이버는 AC 서보모터를 구동하기 위해서 펄스열과 아날로그 속도 지령 입력을 겸용인 AC서보 드라이버를 사용하였다. 속도 커맨드 입력의 이상, 과전류, 과전압, 등 서보이상시 주 전원이 차단된다. 한편 XY 테이블로는 회전 운동을 직선운동으로 변환하기 위한 장치로 강성이 높으며 긴 수명동안 정밀도를 유지할 수 있는 LM가이드에 1회전당 5mm 의 블 나사를 사용하였다. 배드 및 테이블은 가벼운 알루미늄 합금으로 제작하여 고속운전시 관성력의 영향을 적게 설계하였다.

#### III. 위치제어

일반적으로 모터의 제어를 위해서는 전류, 속도 및 위치제어를 하여야 한다. 그러나 전류 및 속도제어에 관한부분은 드라이버에 포함이 되어지므로 여기서는 직접구동형 AC 서보모터의 위치제어에 관해서만 다루기로 한다.

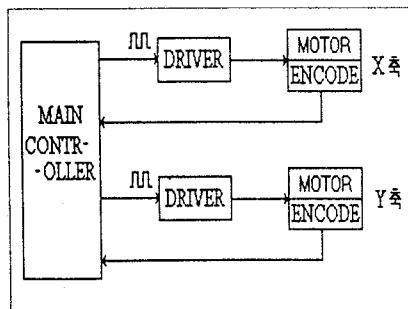
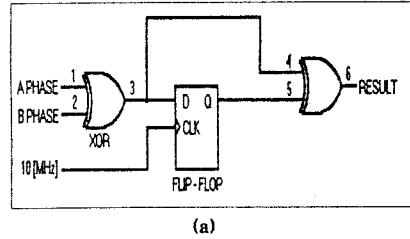


그림 3 제어기의 구조

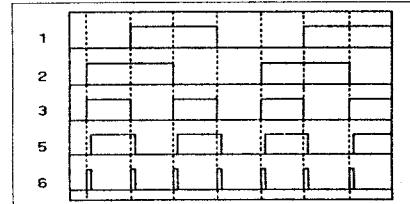
사용된 AC 서보모터의 응답시간이 100[μs] 이므로 위치제어시 적정오차 범위등을 고려하여 제어주기를 250[μs]로 하였다. 한편 위와같이 제어주기를 짧게 하였을 때 카운트되는

엔코더 펄스의 수가 적어 속도를 판별하는데 어려움이 있다. 이를 해결하기 위하여 엔코더의 펄스 1주기를 4주기로 4체배하여 카운트하였다. 모터가 정격속도 3000[RPM]으로 회전할 때 1 분간의 엔코더 4체배 펄스의 개수(2000/회전X4)를 구하면 식 (1)과 같다.

$$N = 3000 \times 8000 = 24 \times 10^5 \text{ pulse/min} \quad (1)$$



(a)



(b)

그림 4 4체배 (a) 회로도 (b) 타이밍도

한편 제어주기 250[μs]에서 정격속도로 회전하는 모터의 엔코더 펄스의 개수는 식(2)와 같다.

$$n = \frac{24 \times 10^5}{60 \times 4000} = 100 \text{ pulse} \quad (2)$$

이와같이 직접구동형 AC 서보모터는 정격속도로 회전할 때 한 제어주기에서 100개의 펄스밖에 셀 수가 없으므로 저속에서는 펄스의 개수가 줄어들므로 오차가 증가하여 속도를 판단할 수 없게 되는 문제가 생기게 된다. 이를 위해서 일반적으로 저속에서는 엔코더의 출력펄스의 한 주기를 10[MHz]기준 클럭에 대해 카운트하는 방법을 사용하였다. 여기서 10[MHz]를 사용하는 이유는 인터페이스 보드의 8254-2에서 받아들일 수 있는 최대주파수이다.

각 제어주기의 속도명령은 설정되어 있는 속도 프로파일에서 기준 명령치와 앞의 제어주기에서 엔코더 펄스를 카운트한 값의 차로 나타난 오차와 현재의 기준 명령치를 합하여 뒤티 사이클이 50%인 주파수로 변환하여 속도 명령을 출력한다. 위치제어는 각 제어 주기에서 피드 백된 엔코더 데이터를 누적한 값과 그때까지 설정된 속도 프로파일의 면적을 비교하여 위치오차 구한후 다음 제어주기의 속도 명령치로 보상한다.

#### IV. 수치 보간 알고리즘

2축이 동시에 움직이는 XY 테이블의 위치제어에는 원하는 최종위치에만 관심이 있는 point to point 방식과 원하는 최종위치에 뿐만 아니라 중간의 경로까지 관심이 있는 continuous path 방식(trajactory control)이 있다. 후자로 2축의 위치제어를 하기 위해서는 수치 보간을 이용하여 경로를

작은 구간으로 분할하여 구간구간마다 오차의 발생을 보상할 수 있게 제어 및 보간하여야 한다. 이러한 제어 및 보간에는 직선보간과 원호보간으로 크게 나눌 수 있다.

### (1) 직선 보간

작업공간상의 원점을에서 끝점  $(X_e, Y_e)$  사이를 직선으로 하는 경로를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Y = \frac{Y_e}{X_e} X \quad (3)$$

식 (3)을 경로에 대하여 임의 점  $(X, Y)$ 의 상대적인 위치를 알 수 있는 판별식으로 이용하기 위해 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$D = YX_e - XY_e \quad (4)$$

식 (4)에서 D의 부호에 따라 직선의 경로를 따르기 위한 이동되어야 할 축의 방향을 결정할 수 있다.

- (i)  $D \geq 0$  인 경우 +X축 방향
- (ii)  $D < 0$  인 경우 +Y축 방향

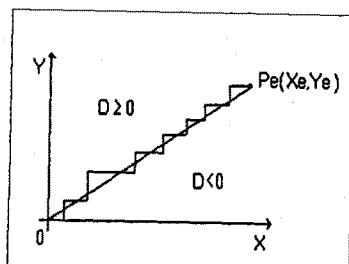


그림 8 직선 보간

### (2) 원호 보간

작업공간상의 원점을 중심으로 하고 시작점을  $P_s(X_s, Y_s)$ , 끝점을  $P_e(X_e, Y_e)$ 로 하는 원호의 경로를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$X_s^2 + Y_s^2 = R^2 \quad \text{OR} \quad X_e^2 + Y_e^2 = R^2 \quad (5)$$

임의의 점  $(X, Y)$ 가 원호에 대한 상대적 위치를 판별하기 위하여 식 (5)를 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$D = (X^2 + Y^2) - (X_s^2 + Y_s^2) \quad (6)$$

식 (6)이 0보다 크면 임의의 점  $(X, Y)$ 는 원호의 바깥쪽에 있는 것이고 0보다 작으면 원호의 안쪽에 있으므로 이동하여야 할 축의 방향을 결정할 수 있다.

- (i)  $D \geq 0$  인 경우 -X축 방향
- (ii)  $D < 0$  인 경우 +Y축 방향

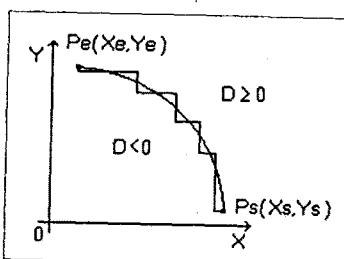


그림 9 원호 보간

## V. 결론

직접구동형 AC 서보모터 2축을 위치제어하기 위해 DSP 및 인터페이스 보드를 설계하였으며 위치제어 및 수치보간 알고리즘을 사용하여 XY 테이블에 적용하고자 한다. 직접구동형 모터의 위치를 제어하기 위해서 엔코더 필스를 4배로 늘려주고 저속에서의 오차를 줄이기 위한 M/T방식을 사용하였다. 앞으로 지금까지 구성된 제어기를 X-Y 테이블에 연결하여 주어진 경로를 추종하는 실험을 할 것이다.

## 참고 문헌

- [1] H.Inada, et al. "Digital Position Control System for Serial Printer," IMCSD, pp.277-284, 1981
- [2] 권택준, 이병석 "DSP에 의한 영구자석형 동기자석형 동기모터의 고성능 디지털 AC서보 구현" 94 한국자동제어학술회의 논문집
- [3] 강경완 외4인 "직접구동형 메니퓰레이터에 대한 간접한 적응 제어기의 실험적 고찰," 94 대한전기학회 하계학술대회 논문집
- [4] 석줄기, 설승기 "전력전자 응용을 위한 TMS320C31 범용 실시간 제어기의 개발," 94 전기학회 하계 논문집
- [5] 김동일 외8명 "i80486과 32비트 DSP를 사용한 CNC 제어기의 개발," 92 한국자동제어학술회의 논문집
- [6] M.Patterson and R.Haselby "A Microstepped XY Controller with Adjustable Phase Current Waveforms," IMCSD, pp.163-168, 1977
- [7] —, ADSP-2100 family user's manual