

PC를 이용한 NC 제어장치의 개발
(Development of NC controller using personal computer)

김 일 환, 강 용 근, 정 광 조
(I.H. KIM, Y.G. KANG, G.J. CHUNG)

한국기계연구소 자동제어실
(KIMM, Automatic Control Lab.)

We developed a model of NC controller with IBM-PC as a host cpu and intelligent NC servo controller for 2 axes that can be expanded to 4 axes. Basic conceptions, including hardware structure design, servo controller design, communication protocol, and interpolation hardware design was already published on '87 KIEE conference. Following this, we focussed on the emulation of the controller with X-Y table as complete NC machine experimenting some drawings made by NC code program that can be edited and executed in automatic on single step mode. In addition we designed the M.S.T functions with PLC and tested for M-function timing. Finally, we designed NC interface to fit with M-function output and we constructed total system of NC controller with IBM PC host with the result of successful development of new NC model.

1. 서 론

최근들어 personal computer (이하 PC) 의 보급이 크게 늘면서 이에대한 응용연구가 크게 확산되고 있다. 또한 PC의 설계기술이 향상됨에 따라 종전의 계산기의 기능에 제어기의 기능을 부가하고 그 응용영역이 넓혀지고 있지만 아직 그 가능성과 타당성이 충분한데도 불구하고 적용이 되고 있지 않거나 지연되고 있는 경우가 많다. 그 한 예가 NC 및 산업용 ROBOT등 FA 기기의 제어장치를 들 수 있다. 특히 NC 장치의 경우 최고급 모델의 기능을 분석해 보아도 축이동 기능과 보간기능을 제외한 거의 모든 기능을 16bit 급의 PC로 실현시킬수 있음을 확인할 수 있다. 그것은 전용 NC 장치와 비교할 다음 몇가지 점에서 갖는 타당성으로 설명된다.

- 하드웨어의 확장성
- 가격의 유연성
- 빠른 계산속도
- 풍부한 기억용량
- 다양한 option
- 범용 Software

이러한 장점을 살린 PC 응용형 NC 장치를 개발하기 위해서는 무엇보다도 PC의 기능으로 해결이 불가능한 지능형의 서보제어 및 보간장치를 필요로 한다. 본 연구에서는 이러한 관점에서 NC 장치에 적합한 서보제어기를 개발하여

NC의 축이동 지령인 G 기능을 PC로 부터 받아 수행 하도록 하였다. 또한 I/O 회로를 설계하여 PLC를 대상으로 하는 M.S.T 기능의 처리 소프트웨어와 전체시스템을 관장하는 OS 프로그램을 작성하여 PC응용형 NC 장치 total 시스템을 실현하였다.

2. 전체시스템의 구성

전체시스템은 그림 1과 같이 IBM PC와 개발된 NC 용 서보제어장치 및 PLC로 구성되는 NC 인터페이스, 그리고 서보모터를 포함하는 NC 기계로 구성된다. NC 용 서보제어장치는 일본 Toko 사의 보간제어용 LSI (KM3701) 과 위치제어용 LSI (KM3702) 를 중심으로 기본 2축용으로 설계되었고 4축까지의 확장이 가능하다.

설계된 기본구조 및 사양은 대략 다음과 같다.

제어축수 : 기본 2축 (4축 까지 확장)

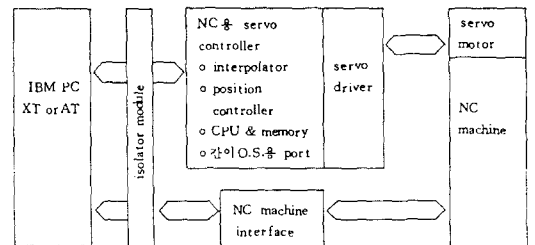


그림 1. PC 응용형 NC 장치의 구성

- 동시제어 : 동시 3축까지 가능
- 최대좌표설정범위 : 0 ~ 8.388607 m
- 최고이동속도 : 직선경로시 5.45 m/min
원호 및 기타 2.85 m/min
- 최소입력증분 : 1 μ m (1pulse unit)
- 최소지령증분 : " "
- 적용 motor : AC, DC servo motor 및 pulse motor
- 보간기능 : parallel I/O 방식 (10,000 cps)
- 수동축이동장치 : MPG (Manual Pulse Generator)
- 위치표시장치 : PC상 위치표시

현재 보간제어기 KM3701은 이미 위 사양 보다 더 고속인 version (KM3701AD) 이 시판되고 있어서 최고이동속도는 1 μ m 단위 직선지령시 27.27 m/min, 원호지령시 14.29 m/min 로 향상시킬수 있다.

3. 축 확장 설계

가장 단순한 공작기계는 보통 2축 제어를 요구하며 이 경우 선반의 주축이나 tool의 회전속도 가공에 필요한 축이므로 최소한 3축제어가 요구된다고 할 수 있다. 그러나 이 주축이나 회전축은 NC 의 주제어 기능보다 훨씬 단순하거나 다른 제어특성을 요구하기 때문에 별도의 명령 (S기능)등으로 지정하거나 보조기능 (M기능) 에 흡수시켜 축제어 기능 (G기능)과는 별도의 기능으로 취급할 수 있어서 동시 2축제어 만으로도 완벽한 NC 가공시스템을 구축할 수 있다. 그러나 3축이상의 밀링이나 더욱 구조가 복잡하고 많은 경우 최소 3축이상의 제어기능이 요구된다. 그러나 3축이상의 제어축은 보조축의 수평적 부가에 불과하므로 제어의 성능은 3축제어를 어떠한 형태로 하는가에 달려 있다. 3축동시제어의 하드웨어적 실

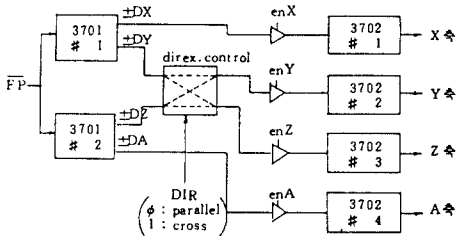


그림 2. 동시보간을 위한 hardware의 구성

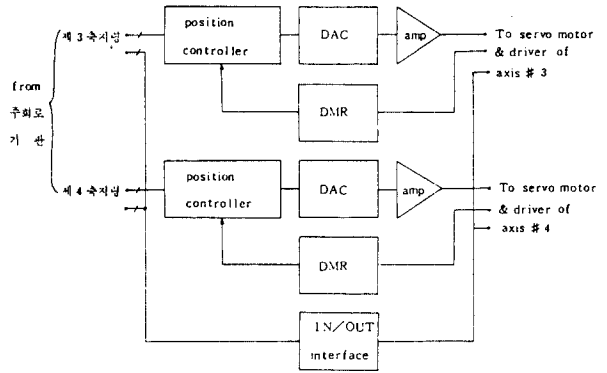


그림 3. 축확장 board의 블록도

현방법은 다음 3가지가 있다.

- 임의 2축동시제어
- 2 + 1/2축 제어
- 임의 3축제어

본 연구에서 채택한 방법은 그림 2의 방법으로 4축으로 확장하였을 경우 2개의 보간기로 임의 3축에 대한 동시제어를 DIR 신호와 enable에 의한 축선택의 기능을 이용하여 실현하고 있다. 단 원호 형태의 3축동시제어의 경우 Y,Z 축이 동일하게 원호인 경우만은 이러한 구조로는 불가능하지만 공작기계에의 적용시 축선택의 과정에서 해결될 수 있다. 보간기는 서보제어기의 기본회로에 이미 포함되도록 설계되어 있으므로 축확장시에는 그림 3과 같은 축확장 보-드를 추가시키면 된다.

4. 자동운전 program

프로그래머가 작성한 NC 프로그램을 순차적으로 수행하는 AUTO 모드의 기능은 NC장치의 최종적인 목표기능이다. AUTO 모드 내부에는 다음의 6가지 sub 모드가 있다.

- 프로그램 directory 및 선택 모드
- 자동운전 조건 지정 모드
- 자동운전 지령 모드
- 좌표 표시 모드
- 파라메터 입출력 모드
- 진단 모드

이중 가장 기본적인 자동운전 모드에서 선택된 프로그램을 한 block 씩 수행할때의 화면을 그림 4에 보여주고 있다.

```

Mode: AUTO (Program running)                                KIMM - MC
***** PROGRAM NUMBER * 000 *****
M001 G00 X2.0 Y0.0 F1000 *
M002 G03 X8.0 Y-8.0 I8.0 J0.0 F200 *
M003 G01 Y2.0 F1000 *
M004 G01 X11.34 F1000 *
M005 G03 X3.66 Y-3.66 I8.66 J5.0 F200 *
M006 G01 Y-11.34 F1000 *
M007 G01 X-3.0 F1000 *
M008 G03 X18.0 Y0.0 I8.0 J0.0 F200 *
M009 G01 X-3.0 F1000 *
M010 G01 Y11.34 F1000 *
M011 G03 X3.66 Y3.66 I-5.0 J8.66 F200 *
M012 G01 X11.34 F1000 *
M013 G01 Y-3.0 F1000 *
M014 G03 X8.0 Y8.0 I0.0 J8.0 F200 *
M015 G01 X-8.0 Y8.0 I-8.0 J0.0 F200 *
M016 G01 Y-3.0 F1000 *
M017 G03 X-11.34 F1000 *
M018 G03 X-3.66 Y3.66 I-8.66 J-5.0 F200 *
M019 G01 Y11.34 F1000 *
RUN, r STOP, r CONDITION SBT: c EXIT: o

```

그림 4. 자동운전 지령 모드 화면

한 block의 수행이 끝나면 프로그램은 1행씩 위로 이동 (scroll up) 하며 새로운 block이 하단에 추가 된다. block 수행 프로그램은 block의 data를 읽어들이 G,M,S,T 등의 문자로 기능을 구분하게 된다. G 기능 수행의 경우 추가로 X,Y 등의 종점 좌표 data 나 I, J 등의 원호 중심 좌표 data를 추가로 입력 한후 연산한다. 본 시스템에서는 각축의 동기관계를 개선하기 위하여 보간지령 펄스를 보간에 필요한 총 소요 펄스수 만큼 공급하는 방식을 선택 하였기 때문에 보간지령 펄스 (FP펄스) 의 계산이 불가피 하다. 특히 원호 보간의 경우는 이를위해 우선 좌표로부터 각도를 계산하고 이를 가지고 다시 펄스를 계산한다. 그림 5와 같이 block에서 좌표가 주어졌을 경우 보간각 (θ)는 다음과 같이 계산된다.

$$\theta = 2 \left(\sin^{-1} \left(\frac{1}{2} \times \frac{Xe' + Ye'}{Ic' + Jc'} \right) \right) \times \frac{180}{\pi} \text{ [degree]}$$

예를 들면 그림 6과 같은 원호보간의 경우 반경이 R이고 중점좌표 (R,0) 일때 FP 펄스수는 다음식으로 구한다.

- 1) $0^\circ < \theta \leq 45^\circ$ 인 경우 (P)

$$\text{FP pulse수} = R \cdot \sin \theta,$$

- 2) $45^\circ < \theta \leq 90^\circ$ 인 경우

$$\text{FP pulse수} = R \left(\sqrt{2} - \cos \theta_2 \right)$$

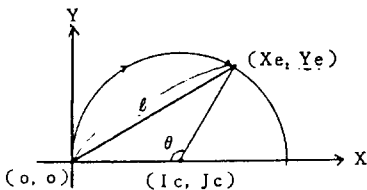


그림 5. 좌표로부터 각도계산

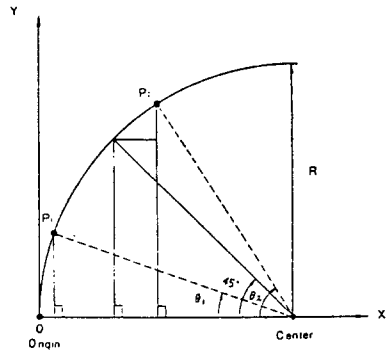


그림 6. FP 펄스수 계산에

최종 계산된 FP는 4 byte의 unsigned integer로 바뀌어 보간지령 block의 문자 " P " 이후의 4 byte data로 NC servo board로 출력된다.

5. 자동프로그램 운전 실험

앞절의 자동운전 프로그램 및 내부의 계산기능을 실험 하고 실제 NC 기계에의 적용가능성을 실험하기 위하여 그림 7과 같은 시스템을 구성하였다. 기계부는 X-Y table (HPI 1809-1008) 로 구성하고 보간기능의 확인을 위하여 고정 bed 상에 drawing pen을 부착하여 이동경로를 plotting 하였다. 실험도형은 X,Y 2축에 대한 직선 및 원호 보간으로 수행되는 실험 모델을 정하고 NC 프로그램을 작성하여 IBM PC의 file에 입력시킨후 자동운전 프로그램을 운전시켜 그림 8과 같은 도형을 얻을 수 있었다. X-Y table의 지령정도는 1/100이고 DMR은 4로 하였으므로 지령 1pulse 당 이동거리는 $1/400 = 2.5 \mu\text{m}$ 이다.

실험결과 도형의 정도는 pen의 고정상태가 좋지 못하여

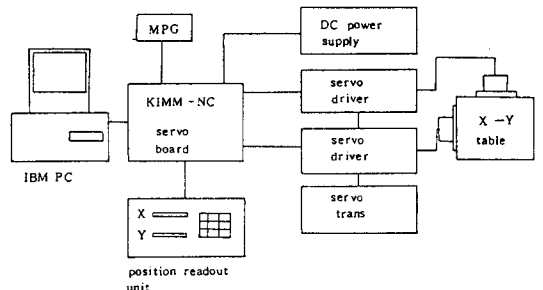


그림 7. 운전실험 장치의 구성

실험 model 의 NC program

```

0008 ; Test program for CAD/CAM Lab.
N001 G00 X2.0 Y0.0 F1000 *
N002 G03 X8.0 Y-8.0 I8.00 J0.0 F200 *
N003 G01 Y3.0 F1000 *
N004 G01 X11.34 F1000 *
N005 G03 X3.66 Y-3.66 I8.66 J5.0 F200 *
N006 G01 Y-11.34 F1000 *
N007 G01 X-3.0 F1000 *
N008 G03 X16.0 Y0.0 I8.0 J0.0 F200 *
N009 G01 X-3.0 F1000 *
N010 G01 Y11.34 F1000 *
N011 G03 X3.66 Y3.66 I-5.0 J8.66 F200 *
N012 G01 X11.34 F1000 *
N013 G01 Y-3.0 F1000 *
N014 G03 X8.0 Y8.0 I0.0 J8.0 F200 *
N014 G03 X-8.0 Y8.0 I-8.0 J0.0 F200 *
N015 G01 Y-3.0 F1000 *
N016 G01 X-11.34 F1000 *
N017 G03 X-3.66 Y3.66 I-8.66 J-5.0 F200 *
N018 G01 Y11.34 F1000 *
N019 G01 X3.0 F1000 *
N020 G03 X-8.0 Y8.0 I-8.0 J0.0 F200 *
N020 G03 X-8.0 Y-8.0 I0.0 J-8.0 F200 *
N021 G01 X3.0 F1000 *
N022 G01 Y-11.34 F1000 *
N023 G03 X-33.66 Y-3.66 I5.0 J-8.66 F200 *
N024 G01 X-11.34 F1000 *
N025 G01 Y3.0 F1000 *
N026 G03 X-8.0 Y-8.0 I0.0 J-8.0 F200 *
N027 G01 X-2.0 F1000 *
    
```

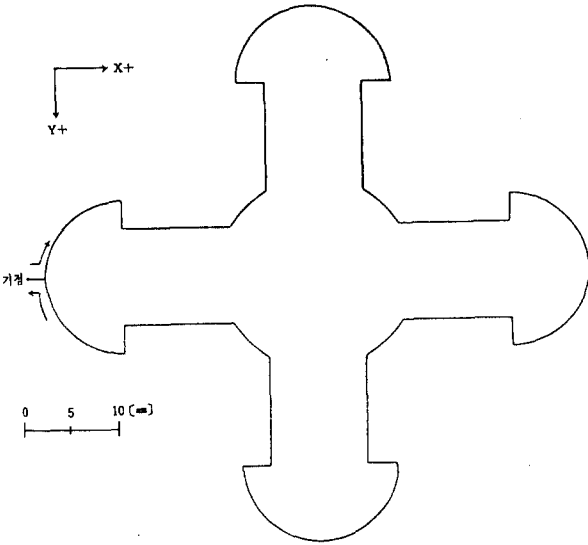


그림 8. 운전실험 결과

확인하기 곤란 하지만 동일도형의 반복 지령 결과 누적오차는 거의 발생하지 않았다. NC 프로그램은 모두 상대좌표계 (incremental coordinate)를 사용하여 작성되었다.

6. M.S.T 기능 설계

M.S.T 기능은 주기능 (G기능) 전후의 기계의 동작이나 상태를 제어하는 기능으로서 PC의 입출력기능을 이용하여 그림 9와 같이 구성할 수 있다. 대표적으로 M기능은 M code의 BCD 출력과 이에대한 strobo 신호, 그리고 축이

동지령에 대한 DEN 신호가 NC에서 기계축으로 출력되고 출력된 M기능에 대한 수행 완료 신호 (FIN) 가 입력되는 것으로 이들 신호간에는 그림 10과 같은 타이밍을 요구한다. PC 응용형 NC 장치에서는 이를 PIO (8255) 회로에 의한 신호 입출력을 적절한 인터페이스 회로를 사용하여

하드웨어를 실현하고 신호의 타이밍은 PC의 소프트웨어로 실현한다. 그림 11은 자동운전중 block data의 내용이 M기능 지령 일 경우의 PC 내부의 처리 프로그램이다. 여기서 TMF와 TFIN은 출력 리레이와 입력 스위치 회로의 chattering을 피하기 위한 지연시간으로 1 msec 단위로 999 msec 까지 파라미터로 입력 시킨다.

7. PLC를 이용한 NC interface 구성

NC의 기본적인 interface 신호중 M기능을 중심으로 NC 기계에 대한 인터페이스회로를 PLC (삼성:SPC-120) 를 사

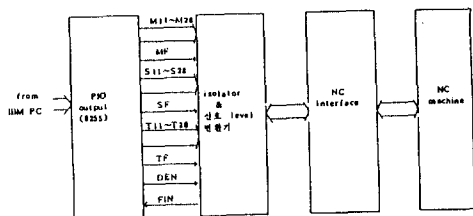
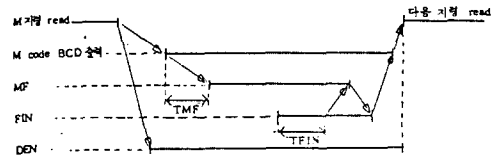
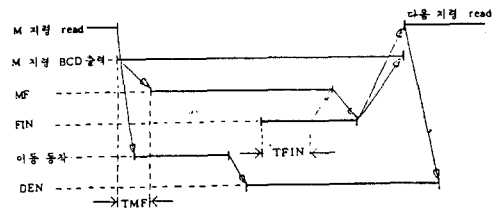


그림 9. M.S.T기능의 신호계통



a) 보조기능만 있는 block의 수행



b) block 내에 축이동지령이 있는 경우

그림 10. M기능의 신호 타이밍

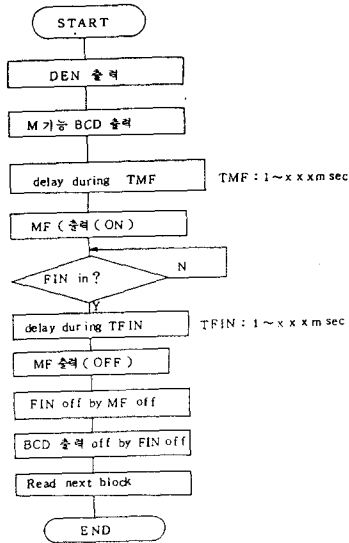


그림 11. M기능 출력 프로그램의 흐름도

용하여 실현하였다. 인터페이스회로는 래더 다이어그램 (ladder diagram) 으로 작성되어 PLC 프로그래머로 입력 시켰다. 회로에는 BCD 코드로 주어지는 M코드의 decode 회로와 특정 M code (M08) 에 대한 가상의 FIN 신호를 만드는 회로, 그리고 각 BCD 형태의 M code의 입력회로, decode된 각 M code의 출력 릴레이 회로로 구성된다. 실험은 6절에서 구성한 M기능 출력프로그램으로 특정 M code 를 반복수행하여 나타나는 1 사이클의 신호 입출력 변화를 그림 12와 같이 얻을 수 있었다. 여기서 TMF 와 TFIN은 30 msec로 하였다. 그림 12의 신호출력을 검토해보면 그림 10의 신호관계를 적절히 충족시키고 있음을 볼수 있다.

8. 결 론

국내 공작기계 산업의 급속한 성장속에서도 더욱 고도의 성장을 보이고 있는 NC 관련산업의 추이에 맞추어 국내 NC 기술의 수준을 향상시키고 NC 도입의 부담을 최소한 축소시켜 NC 보급률을 높일수 있는 국내 고유모델의 NC 장치를 2년간의 연구를 통해 실현하였다. 연구의 결과는 X-Y table 이나 가상 입출력 신호에 대한 interface 구성실험을 완료하였지만 아직 완전한 대상기계에의 적용이 이루어지지 않았다. 앞으로 적절한 NC 선반, 밀링등의 기종이

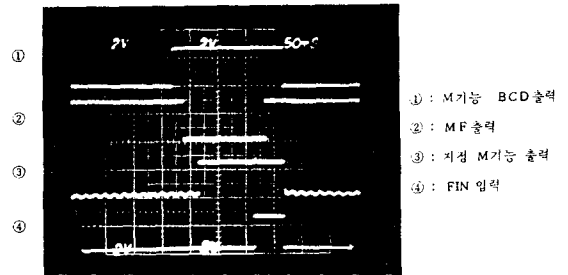


그림 12. M기능 실험의 출력신호 파형

실제적인 적용실험 및 상품모델화 하기 위하여 계속적인 연구, 특히 공작기계업체등의 관련 기업과의 공동개발을 추진할 예정이다.

참고문헌

1. R.R Suse et al, " Microprocessor-Based Speed Control System for wigh accuracy drives ", IEEE Trans. on IE, Vol. IE-32, No. 3, PP.209-214, 1985.
2. Roger S. Pressman and John E. Williams, " Numerical control & computer aided manufacturing ", Wiley Inc., PP.68-71, 1977.
3. Stephen G. Kochan, " Programming in C ", Hayden Book Co., U.S.A., 1983.
4. 정광조, 김일환, 강용근, " PC를 이용한 NC장치의 설계 ", '88 전기전자 학술대회 논문집, PP.971-974, 1988.