

다축 제어용 PC-Based Motion Controller 설계에 관한 연구

김성읍, 안호균, 박승규, 곽군평, 유길상
창원대학교

A Study on the PC-Based Motion Controller Design for Multi-Axis Control

Sung-Up Kim, Ho-Kyun Ahn, Seung-Kyu Park, Gun-Pyong Kwak, Gil-Sang Yu
Changwon National University

ABSTRACT

Recently, As the performance of the personal computer has been improving rapidly, lots of research for the pc-based numerical computer actively progress in an easy repair, maintenance, and improving the performance with less cost. This paper presents the design using complex programmable logic device(CPLD). The CPU of Motion Controller that function as the real time control of the independent multi-axis motion, the error-detect module and external I/O control made use of 80C196KC.

In this paper, The PC-NC effectively distributed to the load of NCK(numerical computer kernel) and have the advantage of high speed and precision.

제 1 장 서 론

PC-NC는 1980년대 급속하게 발전하던 개인용 컴퓨터를 CNC(Computer Numerical Control)에 접목시키는 개념으로써 PC를 산업용으로 응용하는 시스템 엔지니어로부터 연구되기 시작했다. 이런 구상을 하게 된 배경은 CNC가 전용 하드웨어와 전용 O/S를 필요로 한다는 단점에서 비롯되었다.

PC-NC가 갖는 장점으로는 첫째, Open Architecture로서 전용 CNC 소프트웨어 외에 CAM, Vision 시스템 등의 구성이 용이하다. 둘째, 기능이 빠르게 향상되는 PC를 기반으로 하기 때문에 하드웨어 및 소프트웨어 측면에서 성능을 쉽게 향상시킬 수 있다. 셋째, PC의 network 기능으로 CIM(Computer Integrated Manufacturing)을 위한 공장자동화 등을 필요시 상용화되어 있는 network card를 이용하여 손쉽게 networking 할 수 있다. 이로써 FMS(Flexible Manufactory System), DNC(Direct Numerical Control), Monitoring system 등을 쉽게 구현할 수 있어 공장자동화의 급속한 발전을 꾀

할 수 있다. 넷째, 상용화되어있는 초저가형 모델을 제외하면 가격 면에 있어서 장점을 가진다. 즉, 소프트웨어의 여러 가지 구성이 용이하여 사용자 입장에서 여러 가지 Solution을 쉽게 얻을 수 있으며, PC 기반이므로 모든 시스템을 구성해야하는 전용NC에 비해서 시스템 구축에 대한 어려움이 줄어든다.

한편, 과거에는 DOS 기반으로 전용 소프트웨어들을 개발하였지만, Windows가 등장함으로써 다양한 응용 소프트웨어의 사용이 가능하게 되었다. 그러나 Windows의 실시간 제어의 어려움 때문에 아직도 안정한 시스템을 구성하는데 많은 연구가 진행되고 있으며 여러 가지 방법의 PC-NC Motion Controller가 Design 되어 상품으로 나오고 있다.

본 연구에서는 이러한 여러 가지 방법 중 하나의 솔루션을 제안하고자 한다.

제 2 장 NCK(Numerical Control Kernel)의 구성

일반적인 수치제어 장치의 기본 구성요소는 보간 및 위치제어를 담당하는 NCK(Numerical Control Kernel)모듈과 가공을 위한 공구의 이송을 정의하는 파트 프로그램(Part Program)작성 및 기계 사용자를 위한 인터페이스를 제공하는 MMI(Man Machine Interface)모듈 그리고 서보 제어를 제외한 기계적 감시 및 제어를 담당하는 PLC(Programmable Logic Control)모듈의 3가지로 구성할 수 있다. 본 논문의 주 대상인 NCK모듈의 구조 및 기능을 그림 1에 보았다. 즉 파트 프로그램을 한 Block씩 읽고 해석부에서 블록의 명령 구조를 분석하여 내부 데이터 블록에 기록한다. 이 해석된 내용은 2개 이상의 축이 동시에 지정된 속도와 위치로 이동하도록 명령을 매분 및 조정하여 FIFO Buffer에 저장하며, 그 저장된 직선 정보를 각 축이 이동하여야 할 거리 데이터로 변환하는 상세 보간 및 기계적 특성을 고려한 가감속 제어부를 경유하여, 최종적으로 각축이

원하는 위치를 따라가도록 구성되어 있다.

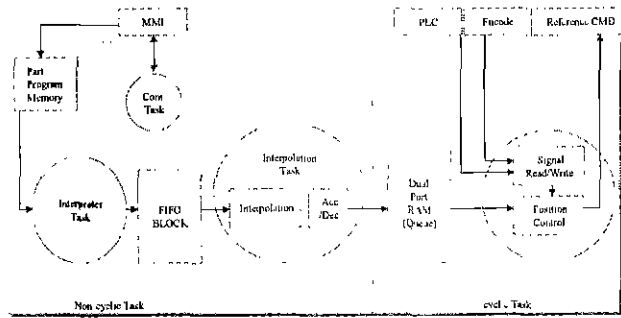


그림 1 NCK SW의 구조 및 기능

Fig.1 The structure and functionality of NCK SW

2.1 해석부(Interpreter Part)

저장된 가공프로그램을 해석하여 기계운전에 적합한 좌표치를 보간부(Interpolation)에 전해주는 동작을 해석부(Interpreter)라 한다.

2.2 보간부(Interpolation Part)

보간부(Interpolation Part)는 해석기(Interpreter)로부터 이송명령을 받게되면 가감속을 고려한 NC각 축의 제적 데이터를 연산하여 매 단위시간(Sampling Time)마다 위치 제어부로 출력한다.

제 3 장 MMI와 MC(Motion Control)간의 통신

본 논문에서 MMI(Man Machine Interface)와 MC(Motion Control)간의 각종 데이터 통신은 공유메모리 방식을 이용하고 있다.

3.1 MMI와 NCK간의 통신 데이터 정의

NCK에서 처리하는 데이터의 종류로는 가공 프로그램, MC내 각종 데이터, 서보/스핀들, NC상태, PLC로 분류할 수 있다.

3.2 통신부

통신부는 공유 램 데이터 통신을 위한 것으로 User program은 해석부를 거쳐 보간부로부터 이송할 각 축의 데이터량 및 각종 축 제어 관련 명령 등을 수신하는 모듈이다. 통신모듈에는 이송할 거리량에 대한 버퍼가 있어서 자동모드에서는 이송할 거리량을 버퍼링 하도록 되어 있다.

3.2.1 공유 메모리 설정

4KByte Dual Port RAM을 다음과 같이 나누어 구성하였다.

표 1 공유메모리 전체 블록도
Table 1 The block diagram of common memory

| | |
|--------------------------------------|-------|
| PC /MC Communication protocol memory | xx000 |
| PAGE 0 | xx060 |
| PAGE 1 | xx830 |
| | xxFFE |

3.3 CPLD 내부로직 설계

그림 2의 내부 구성은 X, Y, Z 축의 절대 위치값을 저장하도록 24bit Counter와 16Bit Latch, Decode, Buffer 로 구성하였다. 이것은 Motion이 이뤄지고 있는 각 축을 절대 좌표계나 상대 좌표계로 나타낼 수 있도록 설계한 것이다. 그림 3의 내부 구성은 11bit Data를 받아 상위 MSB는 방향에 대한 지령으로 사용하며 MSB bit를 제외한 전체10bit에서 9bit는 2ms(Sample Time)동안 최대 이동할 수 있는 위치 이동량을 가지게 된다. 현재 설계된 MC에서 최대 이송 속도는 250mm/sec로 설정되어 있으며 4펄스 지령 시 0.01mm를 이동하게 되고, 2msec 동안 최대 출력 펄스 수는 200펄스가 된다. 따라서 최대 9bit로 설정된 값 이내에 포함되며 따라서 보다 더 높은 속도의 위치지령도 가능하게 된다. Motion Control Board에서 지령한 이동 데이터를 위치제어형 서보드라이브에 펄스형 지령으로 출력하도록 설계하였다

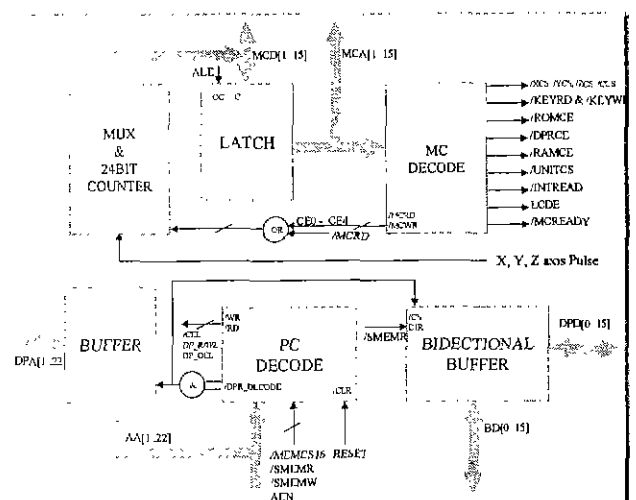


그림 2 절대값 카운터와 디코더 CPLD 내부 블록도
Fig. 2 The CPLD inner Block Diagram for absolute value counter and decode

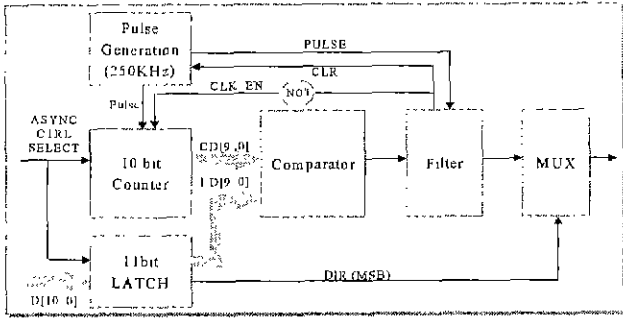


그림 3 1축 Pulse 지령을 위한 CPLD 내부 블록도
 Fig. 3 The CLPD inner Block Diagram for 1 axis pulse command

제 4 장 시스템 구성

4.1 전체 시스템 구성

PC의 궤적 발생부에서 이동시 필요한 펄스정보를 2msec의 제어주기로 가감속 상수와 펄스 수를 계산하여 각 축에 해당되는 이동 지령을 5byte에 분할하여 MC(Motion Control)의 DPRAM(XX060H ~ XXFFEH)에 쓰게 되고 통신에 필요한 파라미터 및 각종 I/O 제어 신호는 DPRAM의 상위 메모리영역(XX000H~XX05FH)에 적어놓아 서보 지령 전에 확인하게 된다. PC에서 16bit ISA 슬롯에 장착하여 IO 채널로 데이터를 전송할 수 있도록 Buffer를 열어 주고 DPRAM 메모리로 통신하게 된다. DPRAM은 4K IDT7024를 사용하였으며 3K는 이송할 데이터를 받게 되고 1K는 외부 Unit 제어에 대한 Command를 적어놓는 영역으로 사용하였다. i196에서는 2ms의 제어주기로 DPRAM에 올라온 데이터를 분석하여 외부로 지령하고 이를 Pulse로 만드는 회로를 외부에 두어 i196에서 펄스발생 처리의 부담을 적게 하여 최대 4축까지 구동 가능하게 시스템을 구성하였다. 그림 4는 전체 시스템 구성도를 나타낸다.

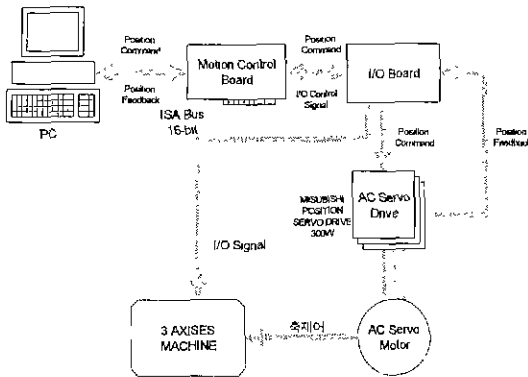


그림 4 시스템 전체 구성도
 Fig. 4 System Block Diagram

4.1.1 PC-Based Motion Controller

PC-Based Motion Control는 i196과 PC간의 데이터를 효율적으로 주고받을 수 있도록 16-bit 버스를 채용하였으며, 분리된 두 시스템간의 성능 차이를 완충할 수 있도록 설계하였다. 또한 내부 공유 메모리를 내장하여 다양한 목적으로 활용할 수 있도록 하였으며, 두 시스템간의 안정적인 데이터 송수신을 할 수 있도록 설계, 제작하였다. CPLD-1는 PC decode와 Board내의 decode를 구성하였으며 일부는 데이터 버퍼와 절대값 카운터 회로 및 Latch로 구성하였다. CPLD-2는 동시 4축 Pulse 지령까지 내릴 수 있도록 설계하였다. 그림 5는 Motion Control Board 하드웨어 블록도를 나타낸다.

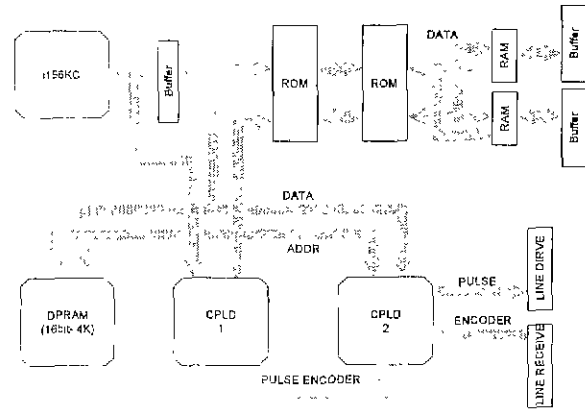


그림 5 Motion Control Board 하드웨어 블록도
 Fig. 5 Motion Control Board Hardware Block Diagram

4.2 소프트 웨어

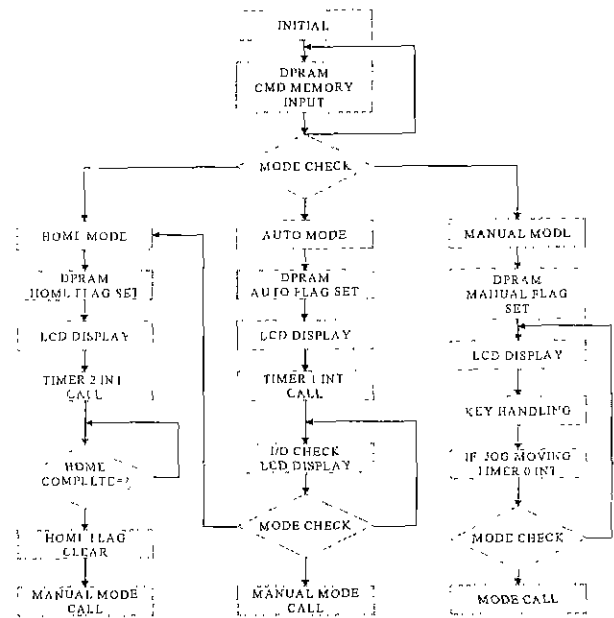


그림 6 전체 소프트웨어 순서도
 Fig. 6 Software flow chart

그림 6은 전체 소프트웨어 순서도로서 3가지 모드로 나누어 구성하게 되고 Origin mode를 수행한 후와 알람이 발생했을 경우 모두 Manual Mode에서 대기하도록 구성하였다.

제 5 장 시뮬레이션 및 실험결과

5.1 시뮬레이션 및 실험 파형

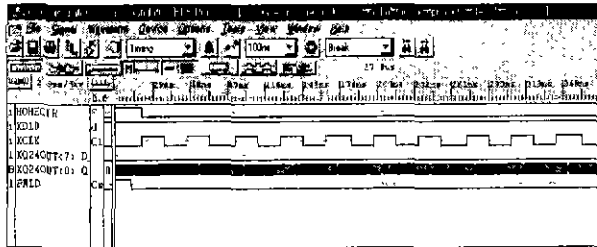


그림 7 24Bit 절대값 카운터 시뮬레이션
Fig. 7 The simulation of 24bit absolute value counter

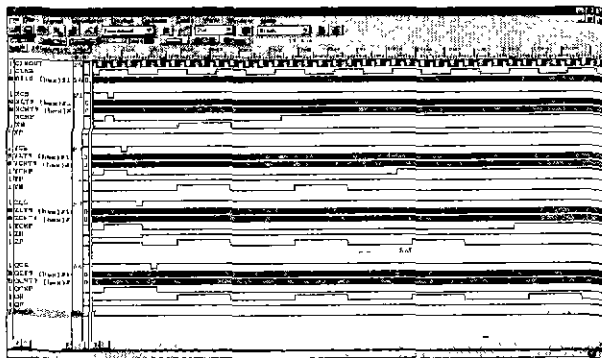


그림 8 4축 펄스 지령 시뮬레이션
Fig. 8 The simulation of 4 axes pulse command

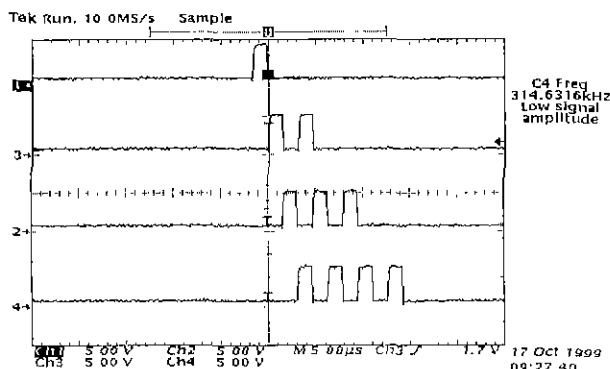


그림 9 4축 위치 지령 펄스 실험 파형
Fig. 9 The experimental wave of 4 axes position pulse command

그림 7은 24bit Counter를 시뮬레이션 한 결과로 1펄스 입력을 1 counter해서 실제 펄스가 지령된 값만큼을 Latch하여 MC에서 그대로 받아 PC에 절대 좌표값을 알려 주도록 하였다. 그림 8은 Timing Simulation을 한 결과로 250KHz 펄스로 4축에 입력을 지령한 결과이며, 그림 9는 실제 지령 파형을 나타내고 있다.

5.2 실험결과



그림 10 샘플 1
Fig. 10 Sample 1



그림 11 샘플 2
Fig. 11 Sample 2

그림 10과 그림 11은 본 연구에서 만든 PC-Based Motion Controller를 실제 시스템에 적용하여 얻은 샘플들이다.

제 6 장 결론

본 논문에서는 PC-NC의 다양한 구성 방법들 중 하나를 제시하고 있다. 다축 제어용 PC-Based Motion Control 설계에 있어 CPLD를 사용하여 내부 로직을 설계하였고, PC간의 통신을 위한 규약을 정의하였다. Motion Controller에 사용한 CPLD의 내부 로직은 펄스 발생부와 절대값 카운터부를 기본으로 설계하였으며 엔코더 속도에 대해 피드백을 처리할 수 있도록 체배 회로를 구성했다. 그리고 CPLD를 사용하여 보드의 부피를 줄일 수 있었으며 부품수가 적게 들어감으로써 신뢰성 향상을 꾀할 수 있었다. PC와 Motion Controller 간의 통신은 공유 메모리(DPRAM)를 사용하여 처리하였다.

PC-Based Motion Control 제작에서 가장 관심을 가지고 설계한 점은 PC의 기능을 최대한 활용하여 Motion Control 보드의 가격을 저가로 제작하는데 그 목적을 두었다.

참고 문헌

- [1] LG산전, "CNC 콘트롤러기술 기술개발에 관한 연구 (3차년도 최종보고서)" pp 401~, 1996. 12. 31
- [2] 최상진, "DSP chip을 이용한 full digital 4축 서보 보드의 개발" pp 625~628, 1995. 10. 23
- [3] 박성연, "DSP를 이용한 XY 플로터의 설계 및 제작", KACC pp 173~176, 1995. 10. 23
- [4] 장성균, "개방형 수치제어 장치를 위한 범용 NURBS 보간기", KACC pp 656~ 659 1996. 10.
- [5] Embedded Microcontrollers, Intel社, pp8-79~129 1994