

단일 CPU 기반의 단순 기능형 PC-NC 시스템 개발

전현배*, 황진동, 이돈진(부산대원), 김화영, 안중환(부산대)

Development of Simple-function PC-NC System Based on One-CPU

H. B. Jeon*, J. D. Hwang, D. J. Lee(Dept. of Mechanical & Intelligent Sys. Eng, PNU),
H. Y. Kim, Jung-Hwan Ahn(Pusan National University)

ABSTRACT

This research aims at developing a low-cost PC-NC system based on one-CPU and investigating the feasibility of its application to a simple-function lathe. Its hardware consists a two axes motion control board including a 24bit counter, 8253 timer, a 12bit DA converter, DIO board for PLC operation and a PC with Intel Pentium 466MHz. The fundamental real-time NC functions such as G-code interpretation, interpolation, position and velocity control of axes are performed. User programming interface with functions of icon manipulation, tool-path simulation and NC-code generation was implemented. In order to achieve real-time control and safety, axis control, NC interpretation, interpolation and user communication are completely executed during every interrupt interval of 1 msec.

Key Words : PC-NC, Lathe (선반), Real-time control (실시간 제어), Safety (안정성), PC (Personal Computer), interpolation(보간), axis control(축 제어)

1. 서론

FMS와 같은 고도의 자동화된 생산 시스템에서 시스템의 유연성을 높이고 효율성을 높이기 위해서는 다양한 가공 기능을 갖춘 머시닝 센터와 같은 CNC 공작기계를 필요로 한다. 그러나 단순한 형태의 제품만을 생산하거나 제품의 형상 변화가 많지 않은 작업장에서는 고기능의 CNC 공작기계를 필요로 하지 않는다. 또한, 기존의 통합형인 CNC 장치는 불필요한 기능으로 인해 자원의 낭비, 가격 상승, 복잡한 시스템 구성 등의 문제가 나타난다. CNC 선반 작업은 머시닝 센터와 달리 가공이 비교적 단순하기 때문에 범용성을 갖춘 기존의 통합형 CNC 장치 보다는 전용 CNC 장치를 사용하는 것이 공작기계 제조업체나 사용자 양쪽에 훨씬 유리하다. 따라서 본 논문에서는 PC-NC를 통한 접근으로 이러한 요구를 해결하려고 한다. 또한 PC-NC에 대한 하나의 적용 사례로서 단순 기능 선반용 PC-NC 시스템을 개발하고 최근의 새로운 추세인 개방형 CNC를 구축하

는데 필요한 기초기술을 확보한다.⁽¹⁾

2. 단일 CPU PC-NC 시스템

일반적인 CNC 시스템의 경우 MMI, NC 코드 해석기, 직선·원호·스플라인 보간기, 축 제어기, 인터페이스 등의 기본적인 기능들을 가지고 있다

PC-NC의 경우는 이러한 기능들이 수행되는 CPU의 개수에 따라 단일 CPU PC-NC, 다중 CPU PC-NC 시스템으로 구분할 수 있으며 Fig.1은 이런 특징에 따른 분류를 나타내었다. MMI 기능을 하는 CPU와 그 외의 모션지령을 하는 기능을 담당하는 CPU로 나누어진 다중 PC-NC 시스템과 달리 단일 CPU PC-NC는 단순히 외부 하드웨어와 입출력하는 부분을 제외하고는 CNC 시스템에서의 기본적인 기능들이 Software로 구현한 것이라 할 수 있다.

이런 단일 CPU PC-NC 시스템은 최근의 컴퓨터 기술의 발달로 인한 CPU의 연산속도 향상으로 저렴한 가격의 PC-NC 시스템을 개발할 수 있었다.

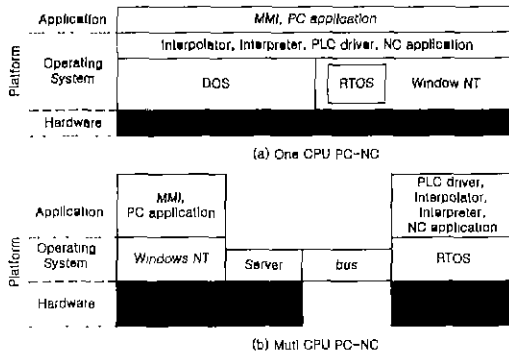


Fig. 1 One & Multi CPU PC-NC diagram

3. 단순기능 CNC 선반의 요구조건

단순기능 CNC선반에 필요한 주요 기능은 모서리 라운드가공, 단면가공, 절단, 원호가공, 모따기, 테이퍼 가공, 홈 가공, 나사 가공 등으로 분류할 수 있다. 특히 이들 대부분의 작업은 다품종 소량 생산 방식을 취하는 중소기업에서 단순한 형태의 제품을 대상으로 이루어지고 있기 때문에 복잡한 G-code 프로그래밍 또는 고급 형상 입력 소프트웨어를 사용하는 것은 오히려 작업 능률을 떨어뜨리는 결과를 가져온다.

또한 복합적인 기능을 갖고 있는 고급 CNC는 조작의 불편함과 유지 보수의 어려움 등을 이유로 작업자들이 사용을 꺼리고 작업자가 바뀌거나 신규 작업자가 현장에 투입되면 기계 사용법에 대한 교육을 필요로 하게 되며 이것 또한 조작법을 완전히 익히기까지는 많은 시간이 소요된다. 즉 단순기능만을 필요로 하는 작업장에서는 작업 환경의 특성상 사용자가 직접 프로그래밍을 하지 않아도 되고, 기계 조작 및 소프트웨어 사용이 용이하며, 제품 생산에 직접적으로 필요한 기능들을 중심으로 사용자 인터페이스, 가공 경로 데이터 생성, 제품 정밀도 향상을 위한 최적화된 가공방식 등의 기능을 가진 CNC 선반이 절실히 요구되고 있다. 이러한 점들을 기초로 사용의 편리성과 효용성을 높이고 기본적인 가공 형상을 중심으로 하는 PC-NC 시스템을 개발하였다.

4. 시스템 구성

4.1 하드웨어 구성

Fig. 2는 One CPU PC-NC 시스템의 하드웨어 장치 구성도를 나타낸 것이다.

CNC 시스템은 엷다운 카운터와 펌프 구성방식

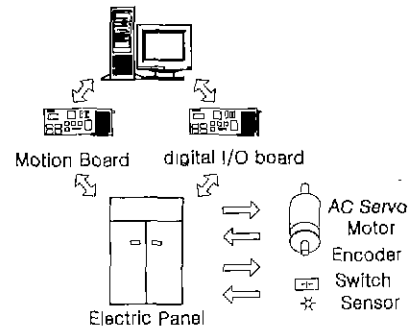


Fig. 2 Hardware architecture

에 따라 reference pulse 방식과 sampled data 방식으로 나눌 수 있는데 본 시스템에서는 카운터를 통하여 각 인터럽터 신호마다 이송거리를 읽어들이 컴퓨터를 제어 루프의 일부분으로 사용하여 각 축을 제어하는 Sampled data 방법⁽²⁾을 사용하였다.

전체 PC-NC 시스템은 사용자와의 인터페이스를 담당하는 MMC(Man Machine Communication), 모션 제어를 하는 NCK(Numerical Control Kernel), CNC의 I/O 부분을 담당하는 PLC, 그리고 서보 드라이버의 4부분으로 구성되어 있다.

하드웨어적인 구성을 살펴보면 Intel Pentium 466MHz CPU, 128M RAM의 PC를 기반으로 24 비트 카운터, 12 비트 D/A, 8253 타이머가 내장된 모션보드, DIO 보드 그리고 서보모터 드라이버와 기계적 외부 접점 이용을 위한 릴레이로 구성된 전장 패널로 구성하였다.

이 시스템에서는 MMC에서 가공형상을 정의하여 가공 조건 및 시스템내의 다양한 변수들을 설정해 주면 NCK 부분의 해석기, 보간기, 가속속 제어기, 위치 제어기를 통하여 각 인터럽터마다 이송해야 될 펄스수가 계산되어 진다. 이런 정보를 바탕으로 모션보드를 통해 D/A 출력을 하게 되며 서보 모터에 장착된 엔코더의 회전을 카운터 함으로써 기준 입력과 실제 이송량을 소프트웨어 PID 컨트롤러를 통해 정밀한 위치제어를 수행하게 된다.

실제 장치개발에 사용된 증분형 엔코더의 경우 6000p/rev로서 이 신호를 4배하여 24000p/rev로 데이터를 획득함으로써 더 높은 정도의 위치 제어를 할 수 있으며 사용된 공작기계의 피치가 10mm, 모터과 축과의 감속비는 15/25이므로 한 펄스당 제어할 수 있는 거리는 0.25 μ m가 되었다.

8253 타이머는 PC에 내장된 타이머를 사용함으로써 생기는 불안정한 인터럽터 주기를 해결하기 위해 사용되었고, 각축 AC Motor 구동은 속도타입의 야스카와 서보 드라이버를 사용하였다.

한국공작기계 선반을 사용한 단일 CPU PC-NC 시

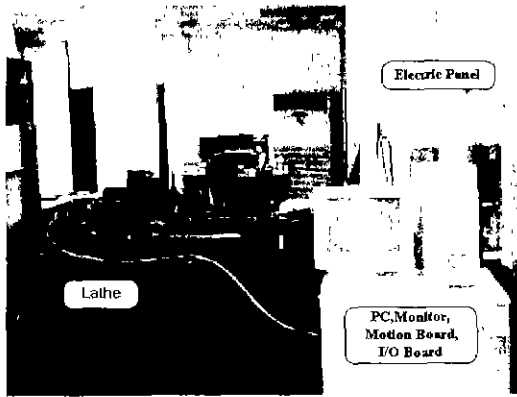


Fig 3 One CPU PC-NC

시스템을 Fig.3에 나타내었다.

4.2 소프트웨어 구성

Fig.4는 PC-NC 시스템의 소프트웨어 구성을 나타내었다. G-코드 해석기에서는 대화형 인터페이스 화면에서 정의된 형상과 가공조건에 따라 자동으로 황삭, 정삭 코드를 생성하게 되며 계산되어진 이송 코드는 보간기⁽³⁾를 거치면서 인터럽터당 직선이나 원호에 대한 실제 이송 지령치로 서보 모터를 구동하게 된다. 여기서 가감속 프로파일 생성은 Software FIR(Finite Impulse Response) 필터⁽⁴⁾를 사용한 직선 가감속 방법을 사용하였다.

시스템 커널은 모션보드와 I/O 보드와의 통신을 하기 위해 설계되었으며 한 인터럽터당 이동해야 될 펄스 수를 D/A 출력을 통해 내보내고 카운터로 읽혀진 실제 이동량을 읽어오는 역할을 한다.

Fig.5는 사용자 대화형 인터페이스 화면을 나타내었다. 정의된 여러 가공형상을 아이콘 형식으로 선택, 시뮬레이션을 할 수 있도록 하여 사용자의 시각적 편리성을 도모하였으며 각 개체의 모듈화를 통한 삽입과 삭제를 편리토록 하였다. 기계, 공구, 시스템에 관련된 정보지정은 파라미터 항목에서, 기계의 각종 부분의 수동 제어는 MDI(Manual Direct Interface)에서 할 수 있고 PLC 항목은 I/O 보드의 입출력을 제어할 수 있도록 하였다.

5. 실시간 제어 및 안정성

CNC 시스템에서 정밀한 위치제어 및 주변기기와의 인터페이스를 실시간 처리하고 안정성을 보장하기 위하여 다음의 다섯 가지 방법으로 시스템을 구성하였다.

첫째, 실시간 통신을 위해서는 안정적인 타이머

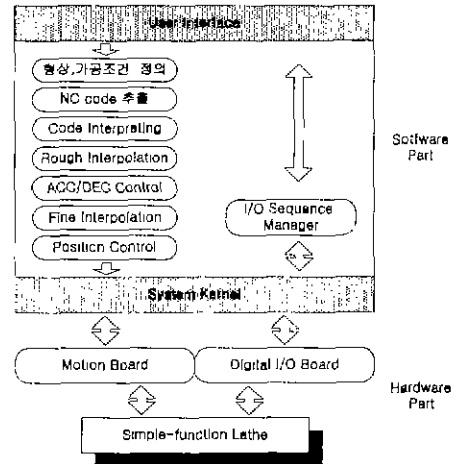


Fig. 4 Software architecture

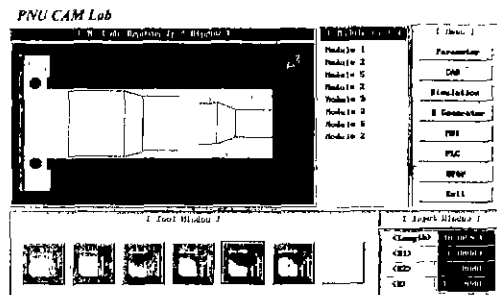


Fig. 5 User interface screen

가 필요한데 PC 내부 타이머를 사용할 경우 불안한 요소가 존재함으로 외부 타이머를 사용하여 실시간 통신을 했다. 윈도우 운영체제의 경우 외부 타이머를 사용하여 외부 하드웨어와 실시간 통신을 하기 위해서는 RTOS(Real Time OS)를 사용하거나 Vxd (Virtual X Driver)를 이용한 방법이 있으나 전자의 경우 가격대 성능비가 떨어지며 후자의 경우 안정성 보장이 불가능하다. 따라서 본 논문에서는 Dos 운영체제에서 8253을 이용한 외부 타이머를 사용, 일정한 인터럽터 주기를 발생시켜 서보 모터를 실시간으로 제어하고 안정성을 확보할 수 있었다.

둘째, 안정적인 시스템운명을 위해서는 서브루틴의 복잡성으로 인한 계산량의 증가회피와 간결한 코드 처리가 중요한 변수로 작용될 수 있다.⁽⁵⁾ 메모리 관련부분은 윈도우 운영체제의 경우 메모리를 스왑핑하여 가상메모리로 사용할 수 있기 때문에 무한대의 메모리를 사용할 수 있는 반면 Dos 체제의 경우 리얼모드에서 기본 메모리가 640k바이트

로 고정되어 있기 때문에 안정된 동작을 위해서 메모리를 가능한 적게 사용하도록 하였다.

셋째, Fig.6 원형 큐의 구조를 나타낸 것으로 현재지령과 미래지령 4개를 NC 코드로부터 해석, 보관하여 5개의 NC 블록에 저장하고 원형큐의 각 노드들은 이 블록의 시작 주소를 가지고 있다. 원형 큐의 노드가 가리키는 실행 블럭들은 순차적으로 실행되며 실행된 노드의 제거시에는 Look Ahead 컨드롤을 이용하여 다음 명령의 존재 유무를 판단하고 이송지령이 존재할 경우 이를 속도 프로파일 생성에 적용시킴과 동시에 다음 NC 블럭을 읽고 해석하여 제거된 노드점에 시작 주소를 넘도록 하였다. 이러한 Look Ahead 가속을 통하여 가공수행시간을 줄이고 시스템의 진동 유발 억제를 통하여 안정성을 향상시켰다.

넷째, 위 작업을 실시간에 구현하기 위해서는 각 노드가 가리키는 블록의 명령 수행과 동시에 다음 지령의 존재여부 판단과 NC 명령해석이 수행되어야 한다. 외부 타이머 신호(1 KHz)를 이용, 각축마다 인터럽터를 걸어줌으로써 이런 과정이 우선 순위를 가지면서 수행되며 Fig.7에 나타내었다.

각 인터럽터당 이송지령에 의한 위치 제어가 최

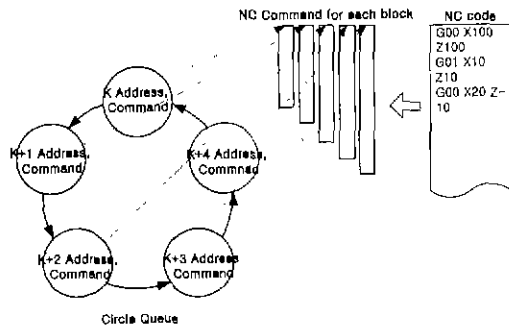


Fig. 6 Circle queue for NC command

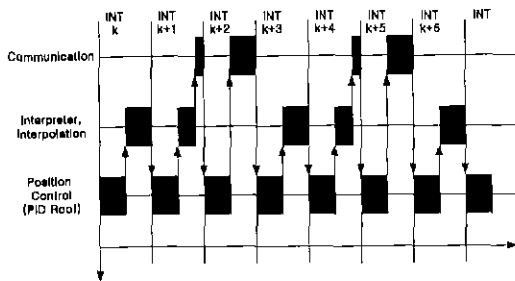


Fig. 7 Order of execution routine during interrupt intervals

상위 우선 순위로 처리되며 그 외의 남은 여유 시간 동안에 다음 우선 순위인 해석기와 보간 루틴이 실행되고 마지막으로 사용자의 입력에 대한 통신이 수행된다.

다섯째 가공시 안정성을 고려하여 비상정지 명령은 모든 명령에 대한 최우선 순위의 지령으로 정의하였다.

이상 5가지 실시간 제어 및 안정성 향상을 위한 방법을 사용하여 단일 CPU 기반의 단순 기능형 PC-NC를 제작하였고 똑같은 처리 알고리즘을 가지고 작업을 수행하더라도 CPU의 처리속도가 늦을 경우 제거된 큐에 처리해야될 다음 명령이 계산되지 못하기 때문에 전체 시스템의 안정화에 큰 영향을 미칠 수가 있다는 사실을 발견할 수 있었다.

6 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 Dos 시스템 환경에서 단일 CPU 기반의 단순기능형 PC-NC를 개발하였다.

실시간 제어를 위해 외부 타이머를 사용하였으며 안정성 보장을 위해 원형 큐와 Look ahead 방법을 사용하였다.

기본적인 시스템 구성 면에서 전용기계 또는 단순기능기계에서는 범용 CNC 제어기보다 PC-NC를 도입하는 것이 가격, 성능, 기능 변경·추가 및 개방성 등의 측면에서 우수하다.

본 연구에서 기본적 모션 컨트롤 제어 및 시스템 특성을 파악하였으며 이를 바탕으로 Windows상에서의 작업환경에 적용해 나갈 예정이다.

참고문헌

1. S.G.Jung, J.S.Shin, H.Y.Kim, J.H.Ahn "Development of PC-NC System for Simpled-Function Lathes" 한국정밀공학회 '98년도 추계학술대회는문집 pp1193-1196
2. Yaw-Shih shieh, An-Chen Lee "A New Sample-Data Drive for CNC Machine Tools", Int. J.Mach. Tools Manufact. Vol.35, No.6.pp.885-902,1995
3. Koren, Y., 1983, Computer Control of Manufacturing System, McGraw-Hill
4. Chin-Sheng Chen, An-Chen Lee "Design of acceleration/deceleration profile in motion control based on digital FIR filters" Int. J.mach. Tools & Manufact. Vol38, pp799-825,1998
5. Yoram Koren, Zbigniew, J.Pasek, A.Galip Ulsoy, Uri Benchetrit, "Real-Time Open Control Architectures and System Performance", Annls of CIRP Voi 45/1, pp377-380,1996