

공작기계 기술의 현재와 미래(12)

강 철 희*

Machine Tool Technology; The Present and the Future(12)

C. H. Kahng*

강좌 시리즈 차례

- | | |
|---------------------|----------------------------------|
| (1) 서론 | (11) EDM 가공, Laser 가공 공작기계 |
| (2) 공작기계의 고속화와 고성능화 | (12) CNC-Controller의 발전 |
| (3) 고속MC의 Tooling | (13) 공작기계의 새 개념(VARIAX, HEXAPAD) |
| (4) 공작기계의 정밀화 | (14) 측정, Sensing 기술 |
| (5) 공작기계의 동적 특성 | (15) CAD/CAM/CAE와 공작기계 |
| (6) 공작기계의 열적 특성 | (16) 공작기계의 성능 평가 |
| (7) CNC-선반의 현재와 미래 | (17) Metal Forming 공작기계 |
| (8) 머시닝 센터의 현재와 미래 | (18) 생산시스템(FMC, FMS) |
| (9) CNC 연삭 공작기계 | (19) 미래의 생산(CIM, IMS) |
| (10) 초정밀 가공 공작기계 | (20) 한국 공작기계의 갈 길 |

12. CNC-Controller의 발전

12-1. 서 론

수치제어(Numerical control)의 개념은 1800년대부터 시작되었다. 프랑스의 Joseph Jacquard는 1801년에 구멍을 낸 카드(Perforated cards)를 이용하여 베틀기계에 직물의 모양을 Design하는데 자동적으로 Control하는 방법을 창조해냈다. 그 후 구멍을 낸 카드를 이

용하여 페달을 밟아 얹어진 공기를 Air motor와 Valve를 조정하므로 자동적으로 Piano를 연주하게 하는 방법도 역시 수치제어이다.

이 NC의 개념이 실제 공작기계에 적용된 것은 제2차 대전후의 일이다. 미공군(US Air force)에서는 복잡한 형상의 항공기부품가공과 그것을 검사할 검사용 Gauge를 고정밀도로 효율있게 제작할 필요성이 절실했었다. 미국 Michigan주 Traverse시에 있던 Parsons회사도

* 統一重工業(株) 전무

Helicopter의 Rotor blade의 윤곽을 정확하게 검사하는 Plate gauge를 가공할 수 있는 기계를 개발하고 있었으며 그 회사의 사장 John T. Parsons씨는 Jig boring machine을 전자적으로 제어하여 Plate gauge를 가공하는 방법을 미공군에 제안을 하였다. 1948년 미공군에서는 설계변경이 수없이 일어나는 Missile의 부품을 단시간 내로 제작하기 위해서 Parsons사와 기술계약을 맺고 새로운 공작기계 개발에 착수하므로 NC공작기계 연구를 시작한 역사적인 시발점이 되었다.

Parsons은 Tracer milling에 Computer로 개발한 좌표 데이터가 수록된 천공카드를 이용하여 매우 적은 Incremental step(증분단계)을 따라서 X, Y축을 동시에 이동시키는 방법을 사용하였다. 이 연구 계약은 후에 MIT의 Servo-mechanism laboratory로 옮겨지고 1952년 3월에 3축의 NC milling machine을 개발하는 데 성공한 것이다. 이 발명이야말로 생산방법에 일대 혁명을 일으키는 소위 제2차 산업혁명이라고까지 말하게 되었고 종래의 생산 시스템을 근본적으로 바꿔놓고 세계 경제에 큰 영향을 미치는 동기를 만들게 되었다. 이 때 발명한 Tracer control을 가진 28inch의 Cincinnati Hydro-Tel은 Table이 60*30inch이며 이것과 Spindle head는 수직으로 15inch의 상하운동하는 기구를 Servo-system에서 발생하는 신호에 따라서 조정되는 NC System이었다. 이 때 기계의 Control unit은 Logical network를 가지고 있으며 Control medium에서 얻어진 Information을 접수하여 그 정보를 해독할 수 있는 Decoder가 X, Y, Z축에 Pulse수에 따라서 운동량을 조정하였고 제4의 조정은 각축의 Feed rate를 정하는 것 이었다.

중요 공작기계 제조업자들은 MIT의 연구에 흥미를 가지게 되었고 MIT의 연구를 기초로 각회사마다 미공군에 판매할 것을 전제로 NC공작기계와 Control System을 연구하게 되었고 1957년에 NC 제1호기가 탄생하게 되었다. NC 공작기계 즉, NC장치의 발달과 더불어 NC Programming하는 기술의 발달이 필수적이었다. 1956년에 Arnold Siegel에 의해서 MIT Engineering report #16에 Automatic programming system이 처음으로 발표되었다. 이 방법은 Whirlwind Computer를 사용한 것이었으나 그 당시 항공기의 Airframe 및 Aircraft-engine을 취급하는 Computer는 IBM 650이었다. 여러 공작기계 제조업자들은 각자 Programming 방법의 개발에 착수했으나 이것들과 같이 MIT에서는 미공

군의 후원을 얻어 APT(Automatically Programmed Tool)의 개념을 얻게 되었다. APT의 연구 목적은 공작 기계에 명령을 주는 Part Programmer를 영어문장과 비슷한 것을 사용하게 하는 것이었다. 예를 들면 CIRCLE, LINE, INTOF/LINE1 등등이다. 이 APT방법은 우수하고 쉽게 사용할 수 있어 오늘날 널리 보급되어 있으며 대부분의 모든 Part Program에는 APT의 개념을 사용하고 있는 실정이다.

최초에 MIT에서 개발한 기계 제어 System은 Breadboard-type(빵을 써는 도마)의 설계로서 매우 큰 공간을 요구하고 Vacuum tube로 된 Computer를 사용하여 제어 System 자체가 공작기계보다 훨씬 큰 것이었다. NC 장치의 성능면에서는 1950년대에 발명된 수치제어방식 (NC:Numerical control)은 Program 입력으로 공작기계의 동작을 자동제어하게 하는 정보를 입력하여 Power를 출력으로 하는 정보/Power 변환 시스템으로 볼 수 있다. 그 후 기계 System은 Mechatronics화라고 하는 새로운 흐름에 따르게 되었다. NC는 최초에 Hardwired NC라고 부르는 논리처리결과(論理處理結果)에 따라서 Relay를 제어하여 유압 Motor를 구동하여 공작기계의 운동을 제어시키는 형식이었다. 그러나, 1960년대에는 반도체(IC)가 발전되고 1970년대에는 Microelectronics, 전기 Motor, Power electronics가 발달되었고 1980년대에는 Personal Computer의 응용을 주체로 하는 NC 장치 주변의 관련 이용기술의 진보에 따라서 Micro processor기술, Power-electronics기술, Software기술 등의 중요 기능을 지배하는 CNC(Computerized numerical control)제어장치로 발달해 왔다.

공작기계 성능에 대한 User의 끊임없는 요구와 전자기술 발전과 꾸준한 CNC Controller에 대한 연구는 DNC, 대화형 CNC, 그리고 최근에는 PC를 활용하는 Open CNC, 그리고 Intelligent CNC의 개발로 발전해 나가고 있다. 공작기계의 발달은 Hardware 발달과 Software인 Controller의 발달과 병행해 나가야 한다.

선진국에 20년 가량 뒤떨어져 있다고 보고 있는 우리나라의 공작기계용 CNC Controller의 현황은 어떠한가? 각국 별로 본 최초의 NC공작기계는 미국이 1952년에, 일본은 1957년에, 한국은 1970년에 생산이 되었다. 이와 같이 20년이상 뒤떨어진 우리 공작기계 기술이지만 1981년 통일중공업(주)는 국산 1호기인 머시닝 센터를 개발하였고, 85년에 국내 최초로 8비트 CNC장치의 국산화에 성공하여 선반, 밀링, 머시닝센터, 전용기등의

TEPS시리즈를 상품화하여, 89년에 이를 특허 출원하였고, 90년 3월 CNC장치 분야에 국내 최초로 2건의 특허와 1건의 실용신안을 획득하였다. 89년 16비트 CNC 장치를 개발한데 이어 91년 4월에 교육용 CNC 장치를 개발하여 판매하면서 계속 새로운 장치를 개발하고 있다. 통일중공업(주)에서는 TEPS 개발의 경험을 토대로 새롭게 SENTROL이란 상용명칭으로 1991년부터 선반용의 L-System, 머시닝센터용의 M-System, 교육 실습용으로 PRO-System을 개발, 시판하고 있다. NC연구조합의 회원사인 7개의 국내 업체와 미국의 AB사가 협력하여 설립한 한국산전(주)은 국내 최초로 CNC장치 전문생산업체로 87년에 설립하여 89년에 제품을 선보여 판매에 열을 올리고 있다. 그 외에 국내 우수 공작기계 제조회사인 현대정공, 대우중공업, 기아기공, 삼성중공업 등도 독자적인 CNC 장치를 개발하고 있으며 최근에는 국내 12개 공작기계 제조업체들이 NC장치 국산화를 위하여 조합을 결성하여 향후 5년동안 정부자금 300억과 회원사 자금 300억을 투입하여 NC장치의 공동 개발에 나서게 되었다. 앞으로의 공작기계는 복합화, System화, 지능화로向着되고 있다. 거기에 따라서 CNC장치도 더불어 발전되어야 한다. 이 장에서는 CNC-Controller 발전에 대하여 논하고자 한다.

12-2. NC, CNC의 발달

1) NC 하드웨어의 구성

NC 장치는 프로그램에 의해 소재를 가공하도록 기계를 자동제어하는 장치이며 Fig.12-1과 같이 정보처리부와 서보 모터 제어부로 구성된다. 일반적인 NC 장치에 필요한 기본적 기능은 Fig.12-2와 같다. 통일중공업(주)에서 시판하고 있는 SENTROL-PRO의 구조는 Fig.12-3과 같다.⁽¹⁾ 이 시스템은 여러 개의 마이크로프로세서를 사용하는 다중연결 CPU방식을 사용하고 있어 고속처리가 가능하며 시스템의 규모에 따라 확장할 수 있다. MPS4 PCB에는 2개의 CPU가 있으며 EPS1 PCB에도 CPU가 있다. 각 CPU의 역할은 아래와 같다.

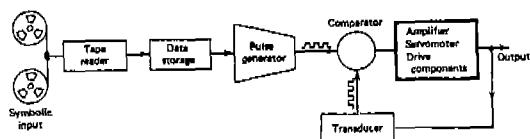


Fig. 12-1 Digital information flow for an NC loop

입출력 제어	<ul style="list-style-type: none"> • NC정보의 입력 • 입력정보의 확인 • 정보의 변환, 배분 • 작업자와의 정보교환 • 외부입출력 신호의 처리
연산 처리	<ul style="list-style-type: none"> • 이속도의 연산 • 위치결정의 연산 • 보간의 연산(직접보간, 원호보간)
서보 제어	<ul style="list-style-type: none"> • 위치, 속도의 검출 • 출력의 증폭
기타	<ul style="list-style-type: none"> • 보정(백래시, 피치 오차) • M.S.T기능의 제어 • 고정 사이클 등의 사이클 제어

Fig. 12-2 Functions of NC controller

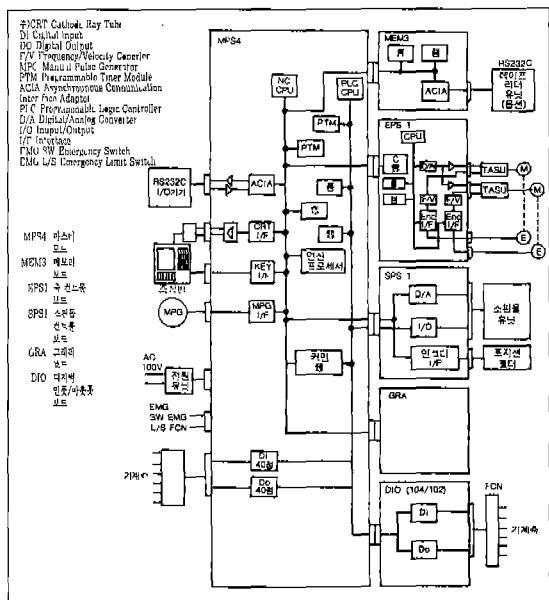


Fig. 12-3 Structure of NC controller (TONG-IL's SENTROL-PRO)

- ① NC CPU · 작업자와의 정보교환
· 외부입출력 신호의 처리
· 이속도, 위치결정, 보간등의 연산
- ② PLC CPU · PLC란 Programmable Logic Controller의 약자이며 순차프로그램에 따라 기계측 입력신호(리밋 스위치, OP.페널의 스위치 등)를 확인하여 처리하고, 그 결과를 기계측 출력신호(solenoid, lamp, led 등)에 출력한다.
- ③ EPS1 CPU · 서보제어, 즉 축의 위치, 속도검출

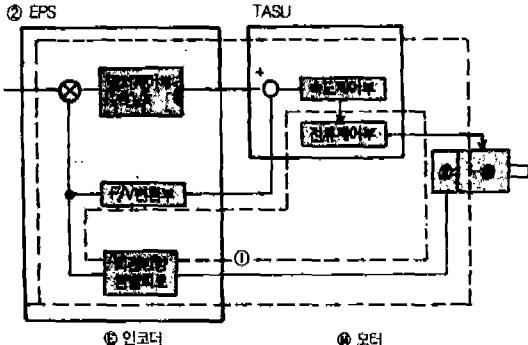


Fig. 12-4 Details of the control blocks in SENTROL-PRO

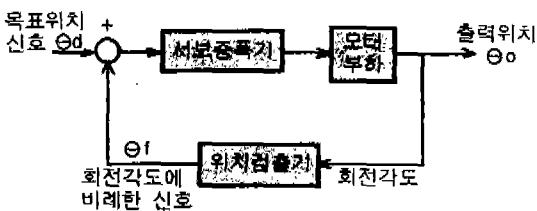


Fig. 12-5 Closed loop of positioning systems

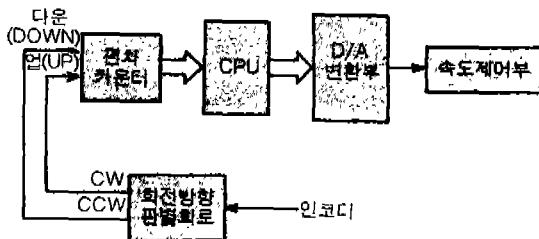


Fig. 12-6 Layout of positioning control systems

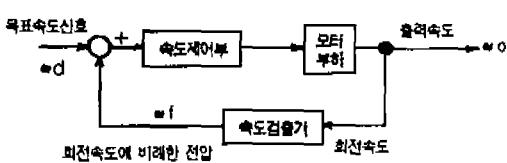


Fig. 12-7 Closed loop of speed control systems

및 속도제어, 위치결정을 한다.

모터를 원하는대로 제어하기 위하여 귀환제어 방식을 사용한다. 모터의 제어대상으로서는 다음의 3가지가 있다.

- 토크제어
- 속도제어
- 위치제어

이중 토크제어는 서보 유닛 쪽에서 제어하고 NC에서는 속도제어와 위치제어를 한다. 제어부의 블록도는 Fig. 12-4와 같다. 속도와 위치를 제어하기 위하여 2개의 귀환회로를 가지고 있다.

①은 속도귀환회로, ②는 위치귀환회로로 2개의 요소가 동시에 제어된다.

위치결정에 필요한 제어가 위치제어이며 Fig. 12-5와 같이 위치귀환방식 중 폐회로제어로 한다. 목표위치 신호 Θ_d 와 회전각도에 비례한 신호 Θ_f 가 비교되어 그 편차가 모터구동용 서보증폭기에 입력되어 Θ_d 와 Θ_f 가 일치할 때까지 모터가 움직인다 (실제 Θ_d 와 Θ_f 의 편차는 0이 되지 않고 약간의 편차가 존재하는데 이것을 정상편차라고 한다.) Sentrol-Pro에서는 Fig. 12-6과 같은 회로로 구성된다. 엔코더(Encoder)에서는 회전수에 비례한 신호가 나오는데 그것으로 회전방향을 판별하여 편차카운터(Counter)의 값을 늘리거나 줄인다. 그러면 CPU는 그 값으로 위치를 파악, 목표위치와의 편차를 계산하여 D/A변환부를 통해서 속도제어부(서보 앰프)에 지령전압을 보낸다. 회전속도와 기계의 이송속도를 제어하고자 할 때 사용되며 Fig. 12-7과 같은 속도 귀환방식 중 폐회로제어로 한다. 앞의 Fig. 12-7에서 지령전압(목표속도 신호) ω_d 와 회전속도에 비례한 전압 ω_f 가 비교되고 그 편차가 서보증폭기 내의 속도제어부로 입력되어 ω_d 와 ω_f 가 일치할 때까지 모터의 회전속도가 바뀐다.

Sentrol-Pro에서는 Fig. 12-4와 같은 회로로 구성된다. 인코더에서 나오는 신호는 회전방향이 판별된 후 F/V변환부로 입력되고 F/V변환부는 입력신호의 주파수를 전압으로 변환한다. 주파수는 속도에 비례하기 때문에 F/V변환부의 출력은 회전속도에 비례한 전압으로 된다. 그 후 이 전압과 속도지령전압을 서보유닛 내에서 비교하고 편차를 전류제어부로 보낸다.

2) CNC의 구성

초기의 NC는 개별 전자부품으로 조립된 전자회로로 구성되어 있었으나 그 후 소형컴퓨터를 내장하여 NC 기능

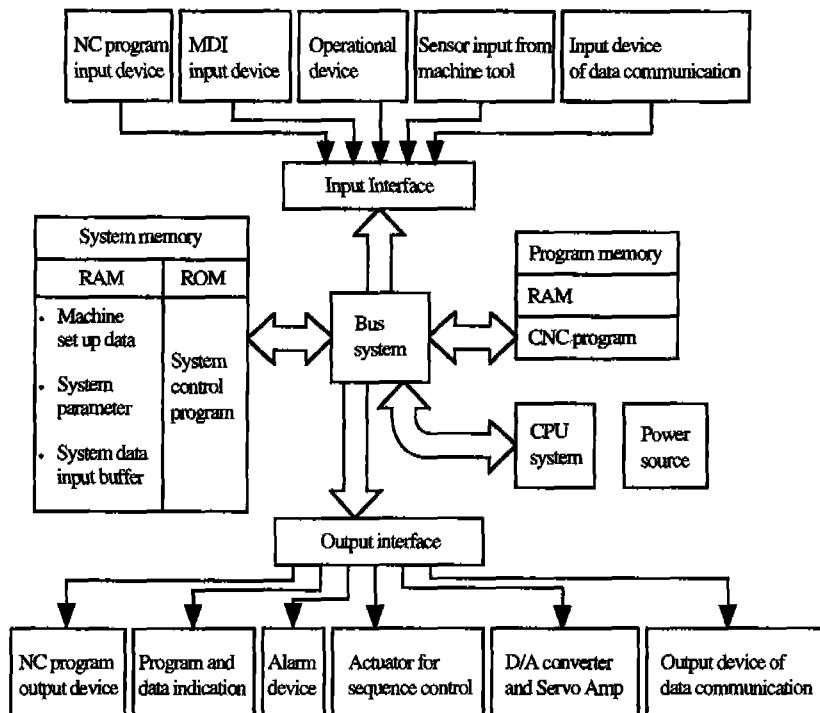


Fig. 12-8 Basic structure of a typical CNC-controller

을 소프트웨어로 실현하게 되었다. 이와 같이 컴퓨터를 내장한 NC를 CNC(Computer NC)라고 부르며 반도체 기술이 발달함에 따라 현재 NC라고 하면 일반적으로 CNC를 의미한다. CNC의 기본 구조는 Fig.12-8에 설명하고 있다. 마이크로 컴퓨터(Microcomputer)는 Fig.12-9와 같이 구성되어 있다. 개인용 컴퓨터(PC)는 수 많은 부품으로 만들기 때문에 크고 비싸지만 마이크로 컴퓨터는 1개~수십개의 LSI로 구성되어 있다. LSI란 대규모 집적회로(Large Scale Integrated Circuit)의 약자이며, 5mm*5mm 정도의 실리콘 결정체 위에 수십만개의 트랜지스터 논리회로를 구성한 것이다. 컴퓨터의 기본적인 요소를 LSI화했기 때문에 마이크로 컴퓨터는 두드러지게 소형화가 되었고 가격도 낮아지게 되었다. 마이크로 컴퓨터의 핵심 부분인 CPU(Central Processing Unit: 중앙처리장치)는 컴퓨터 중에서 가장 복잡한 부분이며 컴퓨터 전체의 동작을 제어하고 명령(프로그램)을 판독하여 실행에 옮기는 역할을 한다. 또한 반도체기술이 발달함에 따라 CPU가 1개의 LSI로 실현 가능하게 되었고 이것을 마이크로프로세서라고 한다. NC의 동작에 관한 정보는 프로그램 형태로 메모리 안에 기록되며 마이크로프로세

서는 메모리에 기록된 정보를 프로그램에서 지령된 명령대로 하나씩 읽어 실행하는 동작을 반복함으로써 정보를 처리한다. 정보는 입력장치에서 입력하고 처리된 정보는 출력장치를 통하여 출력된다. 따라서 마이크로컴퓨터는 CPU, 메모리, 입출력 유닛 등으로 구성되며 각각의 유닛은 버스(bus)라고 하는 신호선으로 연결되어 있다. 또한 마이크로컴퓨터는 디지털량으로 정보를 취급하는데 디지

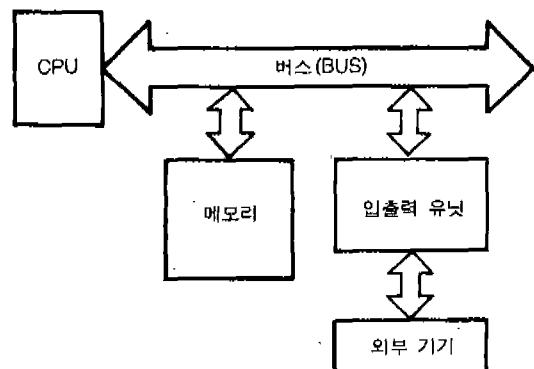


Fig. 12-9 Basic structure of a microcomputer

털이란 정보를 2개의 상태, 즉 (0)과 (1)의 조합(* 2진수)으로 표시하는 것을 말하며 이 2개로 표시할 수 있는 정보를 1bit의 정보라고 한다. 버스가 8개의 신호선으로 연결되어 있는 것과 16개의 선으로 연결되어 있는 것으로 구별한다. 전자를 8bit, 후자를 16bit 컴퓨터라고 하는데 후자인 16bit는 8bit의 정보처리 속도에 2배가 되므로 고속처리가 가능하다.

* 2진수란 (0)과 (1)만으로 수치를 표기하는 방법으로써 노이즈와 같은 외부환경의 변화에 강하고 전압의 높낮이를 전기신호로 쉽게 변환할 수 있으므로 컴퓨터에서는 널리 사용되고 있다.

램(RAM:Random Access Memory)은 읽기(Read) 및 쓰기(Write)가 가능한 메모리이며 입출력 정보나 계산 결과를 기록하는데 쓰인다. 롬(ROM:Read Only Memory)은 읽기(Read)만 할 수 있는 메모리이며 프로그램이나 정수같은 고정자료, 정보를 기억하는데 쓰인다.

NC 공작기계로 가공할 때는 그 가공에 필요한 프로그램을 외부에서 입력해야 한다. 가공프로그램은 일반적으로 종이테이프에 기록시키고 데이터 판독기로 입력한다. NC테이프는 폭 1인치, 8트랙의 천공 테이프가 사용되고 있으며 그 코드로서는 EIA코드 방식과 ISO코드 방식이 있다. 또한 테이프판독기는 광전식이 보통이며 종이테이프를 구멍 1개씩 보내며 어느 트랙에 구멍이 있는지를 광전식으로 검출한다.

3) NC 장치의 발달

NC 장치의 발달과정과 그 구성 방식, 전자 Device 등을 시대별로 분류하면 Fig.12-10과 같다.⁽²⁾ 이 그림에서

NC의 세대	탄생년	구성 방식
Hard wired	제1세대 1954	전공관 Relay, Analog
	제2세대 1959	Transistor, Digital회로
	제3세대 1965	IC 부품, Digital회로
Soft wired	제4세대 1970	Softwired, LSI, MSI 사용 Mini computer 내장
	제5세대 1974	Softwired, 1chip microprocessor 내장
	제6세대 1979	Bubble memory 초LSI, CRT의 일반화
	제7세대 1981	대화식, Custom화 FA, FMS 대응
	제8세대 1986	Digital화 MAP 대응
	제9세대 1995	PC-CNC화

Fig. 12-10 Development steps of CNC-controllers

알 수 있듯이 사용 부품의 발달(구성방식)을 보더라도 엄청난 발전이 된 것을 알 수 있다. 초기에는 미국에서도 1만개의 진공관을 사용한 Computer로서 Pulse분배 회로를 본체로부터 분해하고 자기 Tape를 경유하였다고 보도하고 있다. 1960년대 Electronics 산업의 눈부신 진보는 Transistor가 사용되는 제2세대에 돌입한다. 제3세대는 IC 시대이며 Digital화 된다. 이와같이 제3세대까지는 Computer를 내장하는 NC와 구별하여 Hardwired 방식 NC라고 부르고 있다. Computer 내장의 NC는 1965년부터 나타나기 시작했으나 당시는 성능, Cost면으로 볼 때 일반화하기에는 어려움이 있었으며 그 후 LSI가 생기고 반도체 부품의 진보에 따라서 Minicomputer 자체의 Cost performance가 향상되고 실질적으로 사용되게 된 것은 1970년경이며 그 후부터는 Softwired 방식의 NC라고 부르게 되었다. IC화된 후 불과 5년후 곧 MSI, LSI로 전환되고 다음에 Microprocessor로 전환되어 4~5년의 짧은 기간에 첨단 기술인 전자 Device를 활용하여 급진전된 결과를 알 수 있다. 그 중 혁명적인 것은 1 Chip-microprocessor의 채용에 의해서 Cost performance가 대폭 향상된 점이다. 여기서 Micro processor의 발전과정을 보면 1977년에는 8bit이었으나 1981년 경부터 16bit로 고성능화되었다. 그간 Multi-CPU화에 따라서 분산처리가 되고 연산과 제어가 고속화 되었다.

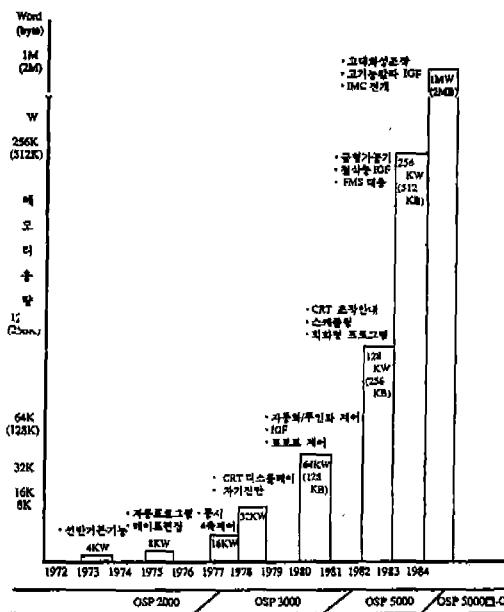


Fig. 12-11 Increasing trend of CI memory volumes

1986년에 접어들어 32bit를 가지는 NC 장치가 출현하게 되었다. 채용되는 Memory도 당연히 큰 변화를 가져오게 되었다. IC Memory도 16K ROM에서 64K ROM, 곧 256K로 점차적으로 확대되어 가고 있다. Fig.12-11은 CI Memory 용량의 증가 추세를 표시하고 있다. 1955년경 진공관 NC에는 300개 이상의 진공관이 사용되었으나 Transistor나 Diode가 사용된 1965년부터는 Printed board가 300개 사용되었고 그것이 IC화된 후부터는 40개가 사용되었고, MSI화된 후 5개, 1975년에는 2개로 압축되고 현재는 1개로 접약된 NC가 사용되고 있다. Servo 제어시스템에서도 큰 전환이 이루어졌다. 처음의 Open loop 방식이 Closed loop 방식으로 바뀌고 전기-유압(Electro-Hydraulic) servo가 DC servo로 다음에는 AC servo, Digital servo 시대로 변하고 있다.

12-3. DNC-System

Computer의 발달과 더불어 1968년경부터 군관리(群管理)시스템이 가능해지고 한대의 Computer로 여러 대의 NC 공작기계를 제어할 수 있는 장치가 출현하였다. 이것을 DNC(Direct numerical control)라고 부른다. 그 개념은 Fig.12-12에서 볼 수 있으며 정보전달속도가 19.2k baud가 300k baud에 달하고 있다.⁽³⁾ 일본에서도 PC를 이용하여 NC Program을 만들고 가공 Simulation하여 확인한 뒤에 NC 공작기계에 NC Data를 전송하므로서 DNC를 만들고 있다.⁽⁴⁾ DNC의 방식으로서는 연산처리를 Computer축에서 하는가. NC 공작기계

측에서 하는가에 따라 BTR 방식과 MCU 방식으로 나눌 수 있다. BTR 방식은 Behind tape reader의 약자로서 일반적인 NC 장치를 사용하고 Computer 측에서는 NC Program 그대로 NC측에 있는 Tape reader의 다음 회로로 보내는 방식이다. MCU 방식은 Machine Control Unit의 약자로서 NC 연산을 Computer에서 하고 그 결과를 주로 Servo 기구로 구성되는 MCU로 보내는 방식이다. BTR 방식의 DNC화는 PC와 Tape reader부의 Interface를 통하여 접속시키고 NC 제어장치 쪽에서 보면 마치 Paper tape를 읽고 있는 것처럼 동작을 하는 방법이다. 따라서 이 방식의 잊점은 NC 제어장치 자체의 개선을 하지 않고도 실현시킬 수 있는 것이다. 현재의 NC 공작기계에 Interface로서 RS-232C를 표준으로 장착되고 있는 것이 많이 있으므로 NC-Data의 전송만하는 DNC화는 그다지 어렵지 않기 때문에 실현이 가능하다.

PC의 DNC화를 더욱 발전시킨 것으로는 여러대의 NC 공작기계에 접속한 것이 있다. Fig.12-13이 그 예이다. RS-232C로 접속시켜 NC-Data를 전송시킨다는 것은 간단하지만 여러개의 NC-Data가 있을 때는 그때그때 전송하는 곳과 Data를 수령하는 곳에 서로 정보를 교환할 필요가 있다. 그리고 어떤 것을 먼저 가공해야 하는가를 경우에 따라서 NC 가공 작업자 측에서 결정하는 것이 필요하다. 그렇기 때문에 NC 가공 작업자가 다음에 해야 할 작업이 무엇인가를 NC의 Data list에서 확인할 수 있는 Control box를 사용하며 필요로 하는 NC Data를 선택하여 전송시키는 System이 DNC System이다.

또 일본에서는 Power-DNC라고 부르는 특징있는 DNC를 개발하여 기계 16대를 Network하여 무인운전하는데 사용하고 있다.⁽⁵⁾ 지금까지는 PC의 RS-232C를 이용하여 Cable로 직접 NC기에 접속시키는 것이었으나 이 새로운 방법은 PC에 부착시킨 Network board를 NC기에 부착시킨 NC-Adapter를 Network로 접속하는 방법이다. NC-Adapter는 Network에 의해서 발송된 Data를 RS-232C로 변화시키고 NC Console에 출력하는 기능, 역으로 NC Console에서 나오는 출력을 Network로 보내는 기능을 가지고 있다. RS-232C의 통신수순으로서는 NC의 대표적인 DC제어수순을 부착시켰다. 이 방식을 사용하므로서,

- ① PC의 통신부하가 적어지고 ② NC기와의 통신이 확실히 동작되며 ③ Cable 가설공사가 용이해진다.

Power DNC는 User에 대하여 다음과 같은 편리한

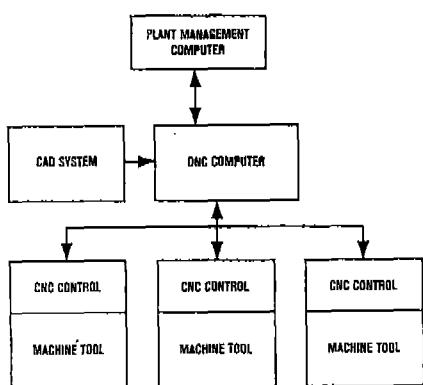


Fig. 12-12 An illustration of typical DNC network

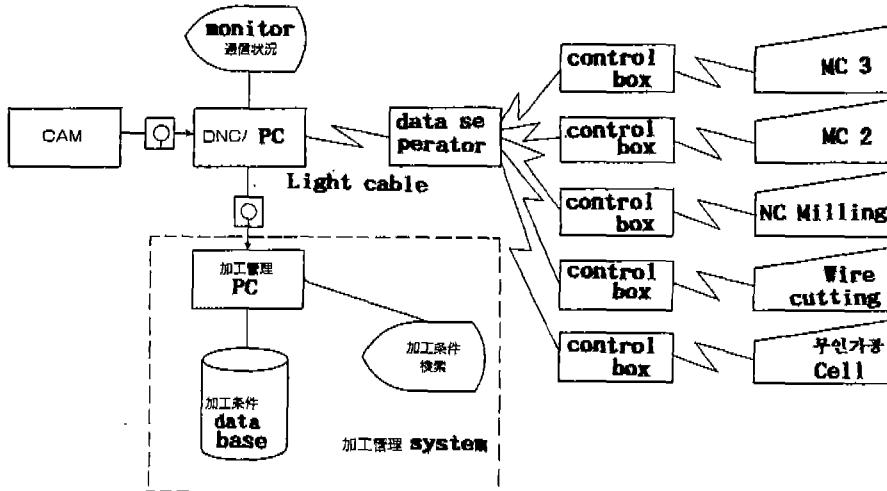


Fig. 12-13 DNC system with data separator

Tool로 보고 있다.

① 현재는 NC Data를 Block disk로 관리하고 있으나 PC에 일괄적으로 보관시킬 수 있다. ② 가공순서를 미리 정해놓고 Data를 빼고 넣고하는 번거로운 과정을 없앤다. ③ NC기의 Memory 용량을 초과하는 NC-Data를 연속적으로 가공할 수 있다.

Power DNC는 작업자의 요구에 응하는 NC-Data를 출력하는 Software이며 작업자에게 지시를 하는 Software가 아니다. 이 점에 있어서 Power-DNC는 생산현장에 적합한 Application으로 보고 있다. Fig.12-14는 그 한 예이며 실제의 사례를 간소화한 것을 소개한 것이다. NC-Data를 만드는 부서와 생산현장의 Window로

서 Power DNC가 사용되고 있으며 수십명 규모의 가공공장에서는 그 유통이 간단하다.

12-4. 대화형(對話形) CNC장치

1) 개발의 필요성

지금까지의 CNC 장치는 전용 언어가 EIA/ISO Code를 사용하기 때문에 어려운 Program이 주류를 이루고 있었다. APT의 개념을 채택한 NC Program language를 사용하므로 기계 Operator가 자신이 가공하는 것을 Program하지 못하고 전문 Programmer에게 맡겨야 하기 때문에 기계를 조작, 작업준비를 하는 Operator와 Programmer가 분업을 하게 되었다. 대화형 CNC 장치는 Operator가 직접 CRT를 보면서 일상 사용되는 언어로 대화를 하면서 Programming을 할 수 있는 장치다. 대화형 CNC 장치의 CRT에는 제조업자에 따라서 Operator에게 문의할 내용을 달리하고 있으나 절삭조건, Tool의 Path, 생산관리에 관한 것 등등이 있다. Fig.12-15에서 CRT에 나오는 대화용 Screen을 볼 수 있다.

2) 내용

여기에 일본 M사에서 개발한 대화형 CNC 장치를 소개하겠다.⁽⁶⁾ 절삭조건을 자동결정하는 것을 시작으로 여러가지 자동 결정 기능을 구비하게 하여 초보자라도 Program을 작성할 수 있게 함과 동시에 공구 길이의 측

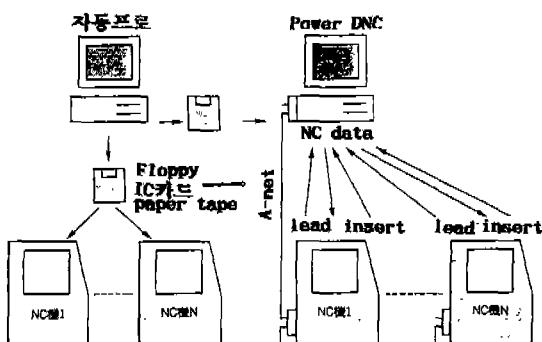


Fig. 12-14 DNC system with network boards

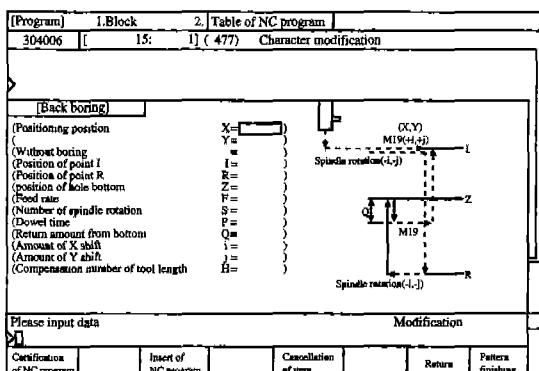


Fig. 12-15 CRT screen appeared in a conversation CNC systems

정치도 One touch로서 CNC 장치에 알려주는 자동공구 길이 측정기능을 가지게 하여 준비작업을 대폭 줄이도록 하고 있다. 또, 대화방식으로 Program은 하지만 그것이 끝나면 EIA/ISO Code로 변환시킨다. 단지 자동 Program 장치를 가지고 있는 것이 아니고 작성한 Program을 그대로 동작시켜 번역 처리하는(Interpreter)장치를 채택하고 있다. 이 방식에 의해서 Program을 수정하더라도 곧바로 가공이 가능하며 또 절삭조건을 변경시켜도 즉시 대화 Program에 반영시킬 수 있으며 준비작업에 크게 비중을 두고 있는 Program 편집 작업의 대부분을 줄이는 것이 가능해졌다. NC 공작기계가 탄생한 후 사용자가 지금까지 만들어낸 EIA/ISO Program tape가 이미 수만, 수십 만개가 될 것이다. 이러한 기존 Program을 살려가면서 사용할 수 밖에 없을 것이다. 따라서 매우 간단한 일상 대화 용어를 개발하여 대화형 CNC에 사용한다 하더라도 EIA/ISO Code와 병행해야 할 것이다.

3) 잊점

대화형 CNC는 여러 이점이 있다. 그것을 종합하면 다음과 같다.

① 조작성이 향상된다.

기계가 복잡해질수록 CNC 장치의 조작이 복잡해지며 CNC 장치의 도면도 증가하는 경향이 있으나 이 장치에서는 현재의 화면에서 별도의 화면 Data를 참조하여 동시에 표시하는 Window를 사용하여 Program 작성, 준비작업을 손쉽게 할 수 있다. 종래의 가공 Program을 확인하기 위한 공구의 경로 Check에 긴 시간이 필요하였으나 Restart 기능을 가지게 하여 Check하고 싶은 부분을 효율적으로 Check할 수 있게 하고 있다.

② EIA/ISO 언어와 융합

초심자에게도 간단히 사용할 수 있는 수십 종류의 대화 입력 Program을 EIA/ISO와 같이 사용할 수 있고 또 EIA/ISO Program에서 간단히 호출할 수 있다. 이와 같이 대화형 CNC 프로그램과 EIA/ISO 프로그램은 서로의 특징을 살리면서 상호간에 융합이 가능하며 고능률 프로그램의 작성도 가능하게 하고 있다.

③ 절삭의 고능률화

종래의 CNC에 비해서 4배 이상의 연산 처리속도 능력을 보유하는 CPU를 가지고 있다. 또 기계 제어의 연산처리 능력도 2배 이상이고, 생산성의 향상을 실현시키고 있다. 고성능 Servo 제어의 지원에 따라 지령에 대한 추종성(追従性)을 높이는 동시에 기계 진동의 억제를 가능하게 하는 Smooth한 High gain servo 제어를 개발하여 종래에 비하여 3배 이상의 높은 Gain을 실현시킬 수 있다. 원활한 가감 속과 높은 추종성을 겸비하고 있으므로 기계 전체의 움직임이 더욱 빨라지고 높은 정도를 얻을 수 있다.

특히 대화 언어의 프로그램을 사용할 때 가공 능률에 큰 효과가 나타난다. 이것은 전술한 기계 제어의 고속화 뿐만 아니라 절삭 조건의 재검토나 Tool path의 최적화 등을 얻을 수 있으므로 종래의 CNC 장치보다 가공시간을 대폭 단축시킬 수 있다.

지금까지의 CNC 장치의 역사를 되돌아 보면 Hardware의 기술혁신이 CNC 장치의 진보를 결정했다고 볼 수 있다. 그러나, 금후에는 Hardware와 더불어 Software의 진보에 좌우되는 시대가 됐다고 본다. 가공 속도와 동시에 준비시간의 단축을 위한 Software 개발을 성공시킨 MC용 대화형 CNC 장치는 CNC 장치 발달의 한 형태를 보여주고 있다. 준비로부터 가공까지의 고생산성을 위한 CNC 장치는 대화방식과 종래의 프로그램 융합을 실현시킬 수 있는 CNC 장치는 크게 성공할 것이다.

12-5. Open된 PC-CNC

1) NC Open화의 배경

1952년 MIT에서 비행기의 3차원적인 Wing의 윤곽형상 가공용으로 개발된 NC 공작기계는 당시의 Computer로서 8bit의 처리도 매우 큰 일이었다. 그러나, NC는 반도체 기술의 진보에 따라서 1970년 후반에 Softwired화된 CNC가 탄생하게 되었다. 여기서 NC 장치의 핵심인 CPU의 성능을 표시하는 MIP치가 1971년 Intel사가 개발한 4004는 4bit를 동시에 처리할 수 있는 CPU를

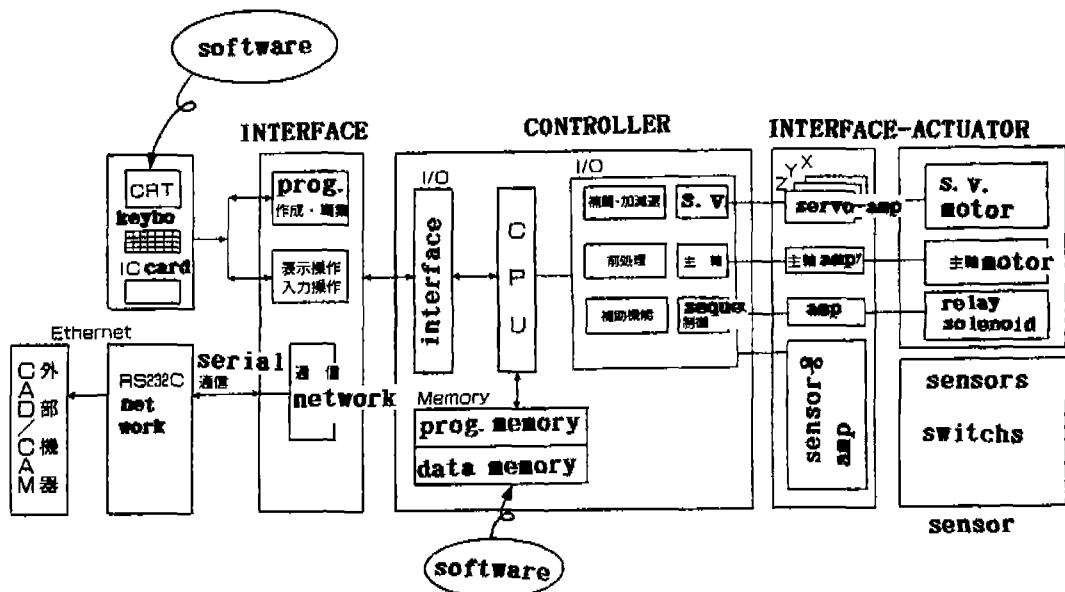


Fig.12-16 NC controller based on mechatronics technology

개발한 바 있었다. 그러나, 1993년에 60MHz의 구록크의 32bit Pentium processor도 1995년에는 133MHz 구록크로 성능이 향상되고 있다.

이상과 같이 기술적으로 CPU만이 고성능화된 것이 아니라 Mechatronics의 요소기술 전체가 성능이 고급화되고 또 가격도 떨어져 User 자신들이 자작할 수 있는 Level에 도달하고 있다. 다시 말해서, 기술적으로 성숙되었으므로 NC를 Open할 시기가 도달하였다고 볼 수 있는데 CNC 공작기계 제조업자에 대한 User의 불만이 점차적으로 커지고 있었다.

CNC 공작기계의 기술적 모체는 Mechatronics 기술이며 이 기술은 주로 기계 공학관련기술과 전자공학 관련 기술을 통합한 Controller기술, Sensor기술, Interface 기술, Actuator기술, Software기술의 다섯가지로 보고 있다.^(7,8) 여기서 본장에 직접 해당되는 Controller 기술의 현황을 검토해 보면 다음과 같다. Controller는 제어 기기라고 말할 수 있으며 인간으로 말하면 두뇌에 해당되며 어떤 상황을 기억, 판단하여 처리하는 장치이다. CNC 공작기계의 제어 기술을 Mechatronics 요소기술로 분류하여 그 기본적인 구성을 Fig.12-16에서 볼 수 있다. 제어기술은 주로 ① Table 구동제어 ② 주축회전제어 ③ 유압, 공압 관련기기의 순서(Sequence)제어 등이 포함되어 있다. Sequence controller는 PLC(Programmable

Logic Controller)라고도 부르고 있다. NC Open화의 주요 대상이 되는 것은 이 Controller부에 해당되는 NC 장치이다. PC가 보유하고 있는 Scalability, Modular-ability, Expandability, Portability와 같은 특성을 NC Open화에 투입시켜 공작기계의 자율성을 높이고 지능화를 도모해야 함에도 NC기기 Maker들은 NC의 부품을 Open하고 있지 않고 있기 때문에 다음과 같은 문제가 야기되고 있다.⁽⁷⁾

- ① User의 Spec.인 Torque, 전원용량, Size에 맞는 Motor나 Amp를 자유롭게 선택할 수 없다.
 - ② PLC의 입력점수, 처리속도와 같은 사양에 맞는 자유로운 선택이 없다.
 - ③ 자유곡선, 자유곡면과 같은 NC 보간판수(補間關數)의 Package가 곤란하다
 - ④ 표준 Library화가 어렵고, ⑤ 최근 NC 장치의 CPU가 32bit로 되고 있는데 이 CPU의 적용에 시간이 걸리고 ⑥ 자유곡면의 가공에 대량의 Data가 필요한데 그 Memory 종설에 대한 대응이 미약하다.
- 전술한 CNC Controller의 기술적인 면에서 뿐만 아니라 전반적으로 NC장치에 대한 User측의 불만은,
- ① PC 세계가 Open되어 있는데 CNC 공작기계 특히 NC장치가 Open되어 있지 않고
 - ② NC 장치를 포함하여 CNC 공작기계가 너무나 고가

이므로 간가상각이 용이하지 않으며

③ Open화 되지 않아서 생산설비의 개선이 어렵고, 생산 효율을 올릴 수 없다

④ NC 장치에 신형 CPU의 적용이 늦고

⑤ Worldwide의 Motor나 Servo-Controller등이 고정도이며 저가격임에도 불구하고 NC 장치 주변기기로서 사용되지 못하고 있으며

⑥ Worldwide된 Application software를 활용하지 못하고 있으며

⑦ 자유곡선, 자유곡면 등의 복잡한 형상의 가공에 적용을 못하고 있다.

이상과 같이 NC 장치가 정해진 Maker에 의해서 독점되고 있으므로 이것을 Open하므로 Low cost이며 고품질이고, 부가가치가 높은 NC 공작기계를 요망하는 목소리가 커지고 있으며 미국, EU, 일본에서는 일찍부터 CNC-Open 사업이 시작되고 있다.

2) 선진국에서의 Open 동향

미국에서는 NC-Open화 OAC(Open Architecture Controller)라고 부르고 있으며 System의 중심이 PC인 경우에는 PC based controller라고 부르고 있으며 OAC의 연구 Project를 보면 다음과 같다.^[7,9]

(1) NIST(National Institute of Standards and Technology) 국방성 해군의 후원을 얻어 기계 제어에 있어서 OAC 이용의 가능성을 탐지하고 있다.

(2) NCMS(National Center for Manufacturing Science) GM, FORD, IBM, 공작기계 업자들이 NGC(Next Generation Controller), LEC(Low End Controller), OMAC(Open Modular Architecture Controller)의 Project를 추진하고 있다.

(3) TEAM(Technologies Enabling Agile Manufacturing) 미국 Energy성에서 추진하고 있다.

(4) University of California, P.Kwright 교수는 IMADE(Integrated manufacturing and Design Environment) Project중 MOSAIC(Machine Tool Open System advanced Intelligent Control)을 개발하고 있다.

(5) University of Michigan, Yoran Kosen교수가 VX WORKS라고 하는 OS(Operation Software)로 Controller를 시작하고 있고

(6) Canada의 British-Columbia 대학의 Y.Altintans 교수가 HOAM-CNC(A Hierarchical Architec-

ture Multi-processor CNC)를 개발하고 있다.

한편 구라파에서 EU가 지원하고 있는 제5세대 Computer 개발계획 즉, ESPRIT(European Strategy Program for Research and Development in Information Technology)에서는 다음 세 가지 Project를 추진하고 있다.

(1) OSACA(Open System architecture for Controls within Automation System)

(2) MATRAS(Manufacturing Technology for Complex Geometries Based on Rational Spline)

(3) OPTIMAL(Optimized Preparation of Manufacturing Information with Multi-Level (AN-CNC Coupling)

전술한 바와 같이 미국에서는 이미 1980년대부터 OAC를 통한 연구가 진행되고 있었으나 공작기계 세계 제1 생산국인 일본에서는 FANUC의 NC Controller 세계 시장의 60% 정도를 점령하고 있고 그것이 동기가되어 저렴하고 성능이 좋은 CNC 공작기계를 만들어 세계 시장을 석권한 저력을 가지고 있었으나 1995년 가을부터 NC Open화에 대한 움직임이 일어나고 있다. 1995년 9월 Toyota Koki가 일본 IBM을 위시한 6사와 연합하여 새로운 PC-CNC의 규격안을 제창하고 그 후 NEC, Fujitsu, FANUC가 여기에 참가하기에 이르렀다. 우리나라에서도 NC 공작기계 연구조합에서는 1995년 8월에 NC 장치 공동 개발을 위한 8개 과제별로 주관회사와 참여업체를 확정하였다.

3) Open화의 내용

NC Open화 또는 PC-CNC의 과제가 주목을 받게 된 이유는 PC, Workstation 등의 Computer가 급속도로 진보되고 있으며 거기서 발생하는 Open화의 파장이 세계의 NC시장에도 불어 닥치고 있기 때문이다. Worker를 부르지 않고 각자가 자기 요구에 따라서 주변기를 접속시키거나 목적에 따라서 응용 Program을 삽입해가며 PC를 사용하는 것이 PC 세계에 당연한 일이되어 버리고 있다. NC-Open을 주장하는 여론을 대별하면 외부 Interface를 Open하자는 것과 NC 내부의 기능을 Open하고 하는 두 가지로 구별할 수 있다. 외부 Interface를 Open하는 것은 NC의 조작방법과 외부 사이의 Program, Data, 신호등을 교환하는 방법을 공통화하거나 User가 자유롭게 설정할 수 있게 하자는 것이다. 그리고, 내부기능을 Open한다는 것은 NC가 가지고 있는 기능을

Module화 하여 필요에 따라서 이것들을 조합하여 자유롭게 NC를 구성하게 만들자는 것이다.

외부 Interface는 Fig.12-17에서 보는 바와 같이 여러 가지로 생각할 수 있다. 그것들은 User-interface,

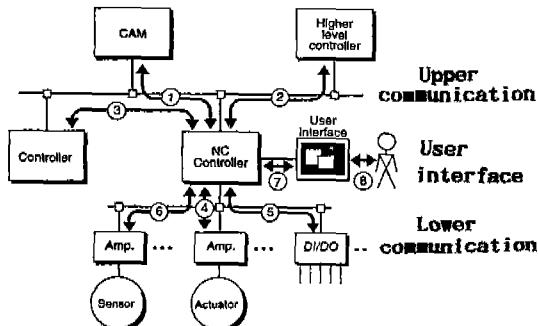


Fig. 12-17 Interfaces into NC controller

Upper communication, Lower communication의 세 가지로 나눌 수 있다.⁽¹⁰⁾ User-interface부의 Open화에 관해서는 NC 본체로부터 독립되어 User가 자기 취미에 맞게 조작 도면을 선택하거나 작성할 수 있게 하는 것을 목적으로 한다. Upper communication의 Open화에서는 CAD/CAM System과 Cell 제어장치 사이에서 NC-Program, 형상 Data, 공정 Data를 자유롭게 교환할 수 있게 하는 것이 목적이다. 여기에서 Network하는 것도 중요하지만 교환해야 할 Data의 정의와 Format의 문제가 크다. 이 문제에 대한 표준의 설정이 절실히 요구되고 있다. 현재 ISO에서 검토중이며 금후 적극적으로 활동할 것이다. Lower communication에서는 Servo-bus를 사용하여 NC 장치와 Servo-motor사이의 접속을 Open화하여 양자를 독립적으로 선택할 수 있게 하는 것을 목표로 하고 있다. Servo-bus에 관해서는 이미 여러가지 제안이 있으며 제품으로서도 공급이 가능해졌다. 앞으로 User의 요구와 Maker의 제품 전략과의 관계 속에서 Open화의 방향이 결정되리라고 보여진다. 일반 내부 기능의 Open화에서는 Building block형식의 System 구축을 가능하게 하는 것이 목표이다. 예를 들면 특수한 기계에 대하여 최적화 된 NC 장치를 실현시키기 한다든지 또 Spline보간과 Sensor feedback 제어와 같은 새로운 기능의 실현이 용이하게 될 것으로 기대하고 있다. 그러나, Interface의 Open화에 비교하면 Software Architec-

ture, Realtime OS등의 면에서 실용화의 과제가 많으며 장래의 연구에 기대를 걸고 있는 실정이다.

NC Open 형태에 관해서 전술한 것과 다른 분류 방법이 있다. 여기서는 PC-NC의 형태에 대해서 ① NC board 내장 PC형 ② PC 내장 NC형 ③ Software NC형 ④ PC의 외부접속형의 네 가지로 생각할 수 있으나 장래에 주류가 될 것으로 보이는 것은 ①과 ③이다. Fig.12-18에서 보는 바와 같이 PC의 Open-slot위에 NC Board를 삽입하여 Servo의 제어는 그 Board에서 하고 그 외의 처리는 PC에서 하는 방식이다. 이 방식은 Mitsubishi, Deltatau에서 채용되고 있다. Fig.12-19에서 보는 것은 PC에 NC의 기능이 일부를 가지게 하고 간단한 NC board를 조립시킨 방식이다. PC에서 거의 모든 처리를 하게 되므로 Module 구성을 자유롭게 할 수 있다. 따라서 저가격으로 가능하다. 그러나, System 제어를 위해서는 새로운 Soft 개발을 필요로 한다. 이 방식은 일본 IBM의 IFC등이 있다. Fig.12-20에

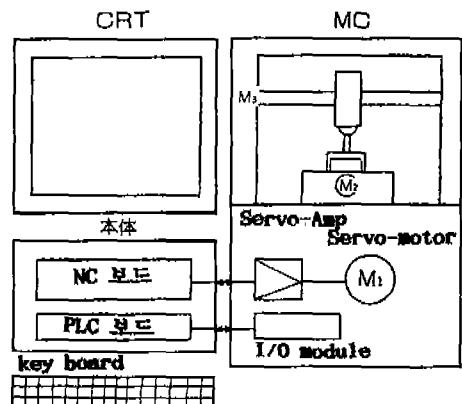


Fig.12-18 Open CNC with internal PC

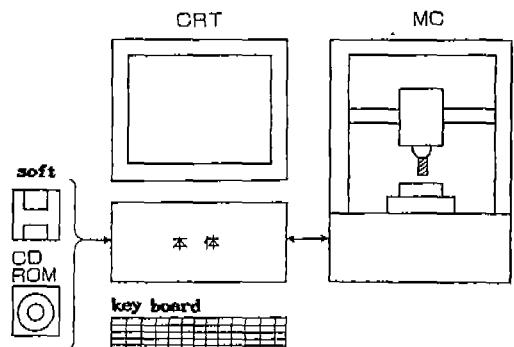


Fig.12-19 Open CNC with software module

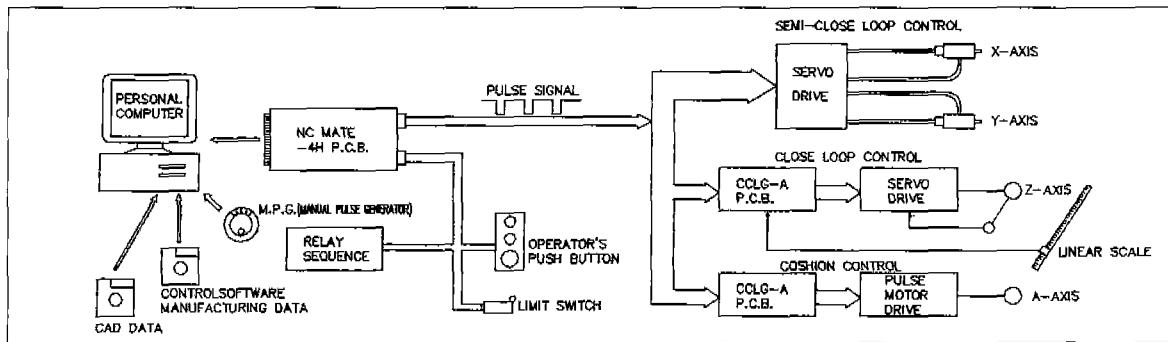


Fig.12-20 A PC-CNC block diagram

서는 PC-NC의 표준적인 구조를 소개하고 있다. PC에 내장되고 있는 NC board(NC MATE-4H)에서 이동량, 속도 Data에 대응하는 균일한 Pulse열 신호를 Servo-drive unit에 출력한다. 비상정지 할 때나 각 축의 Over travel 신호등을 NC board속의 Photo-coupler에서 한번 Isolate 한 후 PC에 입력된다. Program의 편집 및 수동, 자동의 Switch, NC Program의 기동, 정지 등은 Key-board에 할 수 있으나 Option으로서 조작반을 만들어 할 수 있다.

4) 특징

PC-NC의 기본 Spec과 여러가지 Option이 있으나 그 것을 정리하면 다음과 같은 특징이 있다.

① Floppy disc의 잊점

NC Program을 Floppy disc 또는 Hard disc에 File의 형태로서 관리하고 있으므로 IC Memory cards 등의 외부 기억 장치가 불필요하다.

② PC의 용도 확대

이미 PC를 사용하고 있는 User는 NC board와 AC servo-motor를 추가만 하면 NC System을 구축할 수 있다. 또 PC 한대로 User가 개발한 Software나 시판 Soft(CAD/CAM과 LAN) 등과 이 NC System을 공동으로 사용이 가능해지기 때문에 Flexible한 System으로 발전시킬 수 있다.

③ 조작성

화면에 한자(漢字) 등을 사용하면서 대화 입력에 따라서 조작성의 향상을 도모하고 있다. Program의 편집에서부터 공작기계의 거동, 정지에 이르기까지 Key board에 입력한 것만으로도 모든 조작이 가능해지며 효율이 좋은 System으로 운용이 가능하다.

④ 범용성

NC에 있어서 기본적인 기능은 표준장비로 되어있다. 공작기계를 포함하여 목공기계, 일반산업기계, Robot 제어 등은 물론 자동화 Line이나 자동제작 System에도 응용할 수 있게 광범위한 범용성을 보유하게 된다.

⑤ 확장성

Software NC이므로 고객의 요구를 신속히 채택하여 타 회사에서 하는 바와 같이 Hardware를 교환할 필요없이 제어 Software의 교환만으로 항상 최신 Version의 NC장치를 제공할 수 있다.

⑥ 안전성

이 PC-NC System의 보간방식을 단위시간당의 이동량을 항상 NC board에 지령이 되지 않으면 Servo-motor의 회전이 되지 않는 방식이므로 PC가 폭주하는 경우에도 미세하게 이동한 후 곧 정지하는 원리적인 안전성을 가지고 있다.

⑦ 기타

User가 작성한 MS-DOS상에서 동작하는 실행 File을 NC MATE-4H의 제어 Soft에서 실행하고 종료후 원상태로 복귀시키는 것이 가능하고 또 일반의 NC Program으로서는 처리가 곤란한 특수제어를 자유롭게 조립할 수 있다. 그러나, 이 특징에 반해서 금후의 과제로서는,

① Open화

Open화는 지금까지 Block Box로서 밀폐한 NC 장치 내부의 일부를 공작기계 Maker에 Open시켜 개개인의 요구에 응하면서 Data를 이용할 수 있게 하는 것이다. Soft의 개발 환경, 풍부한 시판 Soft를 고려하여 이때까지 User의 요구에 부응하고 또 어떻게 Open할 것인가가 장래의 과제이다.

② Network 대응

생산부문에 있어서 많은 자동화 Line이 도입되어 있으나 NC기기와 OA기기의 정보전달은 아직 진행되지 않는다. 그렇기 때문에 PC의 역할이 널리 보급되어 있는 시판 통신

Soft를 간단히 Network에 구축하거나 또는 Video-camera에 의해서 CRT화면에 가공상황을 보이게 하거나 Barcode를 사용하는 POP 기능도 조립할 수 있다. 상기에 대응하는 Software의 개발이 필요하다.

③ Cost performance의 향상

NC 장치에 요구되는 통신기능, CAM기능, 각종 계측기능, 자동 Program. 그 외 독자적인 제어 기능을 포함시킬 때의 Total cost performance를 향상시켜야 한다.

12-6. 미래의 CNC Controller

1) 3차원 CAM 기능을 내장

최근에는 NC 장치에 사용되는 CPU의 능력이 대폭 향상되고 있으므로 NC 장치내에 본격적인 3차원 CAM 기능을 내장하는 움직임이 발생하고 있다. 대화형 시스템 자체가 간단한 CAM 기능을 내장한 것이기 때문에 3차원 CAM 내장도 이와 유사한 경향인 것으로 생각할 수 있다. Suzuki 교수^(11,12)는 Tool로서 Transputer를 사용하여 3차원 CAM 내장형 NC를 개발하여 그 유용성을 주장하고 있다. 이와같은 System에 있어서 Off set처리, 공구간섭 Check, 공구 경로 생성등의 처리를 고속 고정도로 해야 할 필요가 있다. 특히 공구 경로 생성에 관해서는 Bus delay 등의 연산 Miss가 없고 강재 등의 가공에 적합한 공구 경로 생성을 하는 것이 꼭 필요하다. Fig.12-21에 CAM 기능을 NC 장치

에 내장시킬 때의 Data 처리 순서를 표시하고 있다. 종래의 처리 순서와 비교하여 중간에서 Data 변환의 대폭적인 생략이 가능한 것을 알 수 있다. 또 Fig.12-22에는 Modeling 현상과 공구경로의 Simulation 결과를 표시하고 있다. 이와 같은 복잡한 형상의 처리에 관해서도 종래의 Progressive처리로부터 Realtime 처리로 NC 장치의 이용 형태가 변화되고 있다.

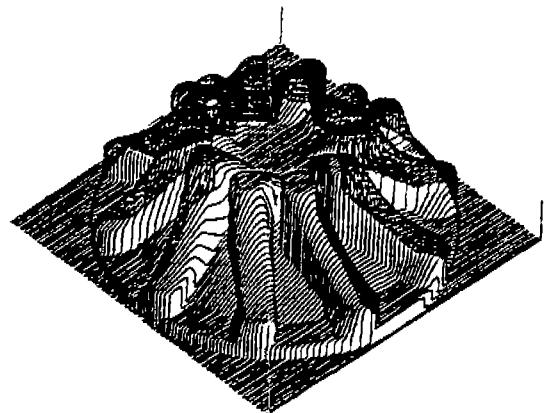


Fig. 12-22 Tool path simulation by NC with inserted CAD/CAM

2) Intelligent CNC

Intelligent CNC 공작기계의 개념은 막연한 것이며 Maker와 User 또는 개인에 따라서 그 Image가 다르다. Fig.12-23에서 Intelligent 공작기계의 기본 구성의 한 예를 볼 수 있다. 이 그림에서 Intelligent 기능을 다음 세 가지 Level로 나눌 수 있다.

① Realtime 제어기능

Sensor로부터 신호를 얻어 가공 Process의 상태를 인식하여 Actuator의 제어 Parameter를 Realtime으로 보정한다. 이렇게 하므로서 소정의 형상, Size, 정도를 지닌 제품을 가공하게 하고 공구 손상과 같은 긴급 상황 발생시 처리를 한다.

② 가공 조건 설정과 예측

가공 Process의 물리적 Model 및 Simulation에 따라 적절한 가공 조건을 설정한다. 또 결정된 가공 조건으로 가공할 때 발생하는 오차 등을 예측하여 그 보정량을 결정한다. 다시 말해서 이 부분의 On line 예측 제어를 담당한다.

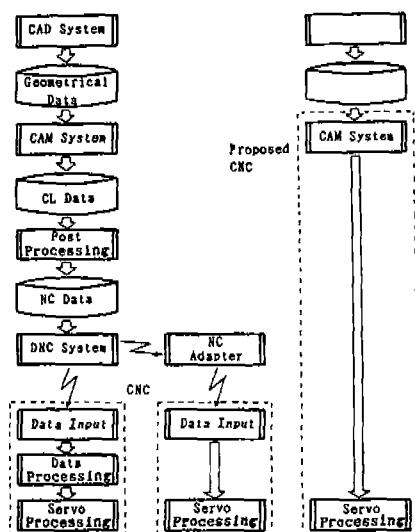


Fig. 12-21 NC information processing in current and proposed system

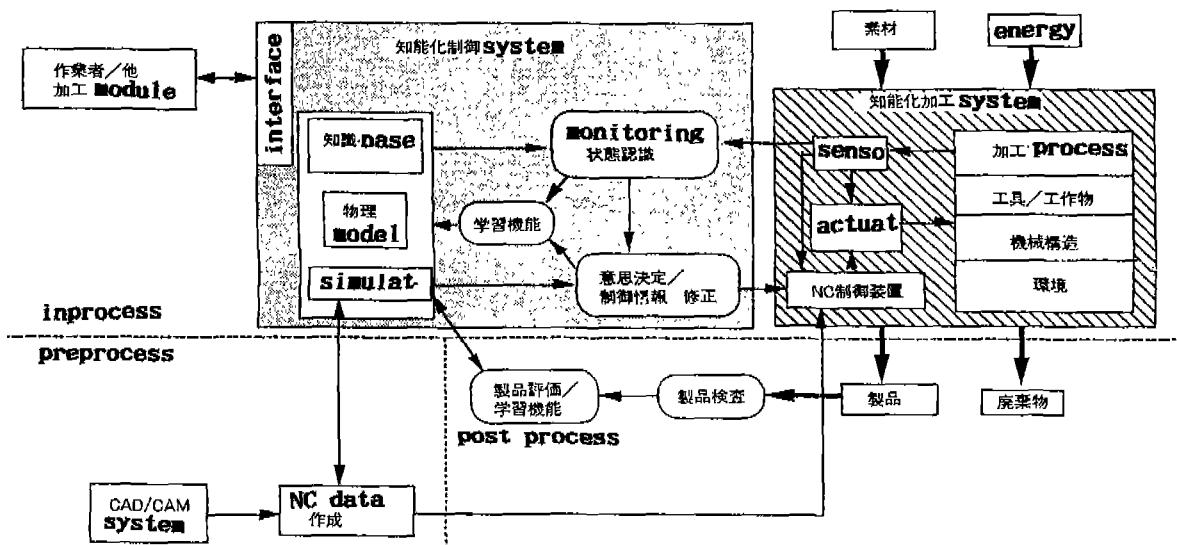


Fig. 12-23 A proposed block diagram of intelligent machine tools

③ CAD/CAM 및 Scheduling 기능

가공 대상 제품의 Product model을 기준으로하여 제품의 생산 공정 설계, 제품의 Form, Size, 정밀도의 수정 및 Work의 Schedule 등을 결정한다. CAD/CAM 및 Scheduling에 필요로 하는 각종의 제품 Data를 어떤 방법으로 각 Intelligent 공작기계에 전송시킬 것인가 하는 것이 문제가 되지만 이 방면에 관해서는 ISO에서 진행되고 있는 Product model의 표준화 및 생산 System용 통신, Protocol의 표준화 등이 매우 유효해 질 것이다. 또 이와 같은 Intelligent 기능을 각 공작기계의 CNC 제어 장치에 설치하려면 다음에 설명할 자율분산화 기술이 필요하다.

3) 자율분산화(自律分散化)

종래의 FMS, FMC 등의 생산 시스템은 기본적으로 계층적인 제어 구조를 가지고 있다. 이 제어 구조는 정상적인 생산 Process를 효율있게 실행하는데 적합하다. 그러나, 생산 대상 제품의 종류나 생산량이 적은 Cycle로 변동할 경우 또는 생산 설비의 고장, 가공 Miss, 특급 Lot의 발생 등 예기치 않은 상황이 발생할 때 Flexible하게 대처할 수 있는 능력의 관점에서 볼 때 문제가 생기는 것이다. 이와 같은 경우를 위하여 NC 제어 장치의 정보 처리 기능을 고도화하고 각 제어장치 또는 Cell con-

troller 등을 Local내에서 의사 결정을 해가면서 생산을 진행하게 하는 자율분산형의 제어구조가 바람직하게 되었다. Fig.12-24는 자율분산형 생산 시스템의 구상을 그린 것이다. 이 그림에서 가공, 조립, 검사 및 운반 등을 하는 생산 Module과 가공 대상이 되는 Work가 각각 자율적 의사 결정을 할 수 있는 능력을 가지고 있으며 이것들의 상위에 각각의 생산 Module과 Work의 의사 결정 결과를 조정하는 분산 협조 제어 시스템을 만든다. 이와 같이 생산 Module과 Work 쌍방에 Local적으로 의사 결정 기능을 가지고 하고 그것들의 사이에 적절한 정보를 교환하게 하면서 예기치 않았던 이상 사태에 대해서 대처할 수 있는 생산 시스템이 실현될 것으로 보고있다.⁽¹³⁾ 현재의 CNC 제어장치 또는 생산 Cell의 제어장치는 32bit가 대부분이고 고도의 정보처리 기능 및 통신 기능을 실현시킬 수 있는 상태이다. 그렇기 때문에 Fig.12-24의 생산 Module 측에서 본 자율 처리는 가까운 장래에 어느 정도 실용화 될 것으로 보인다.

생산 Process를 제어한다는 관점에서 생산 시스템의 각 구성 요소가 가지고 있어야 할 의사 결정 기능의 예를 들면 다음과 같다. 즉, Work 측에서는 자신의 생산 공정의 설계기능, Form, Size 및 정밀도 정보를 수정하는 기능, 자신의 생산 Schedule의 결정 기능 등을 가지고 있어야 한다. 일반 생산설비 즉 가공 Cell, 검사장비, 치공구, 운반장치, 자

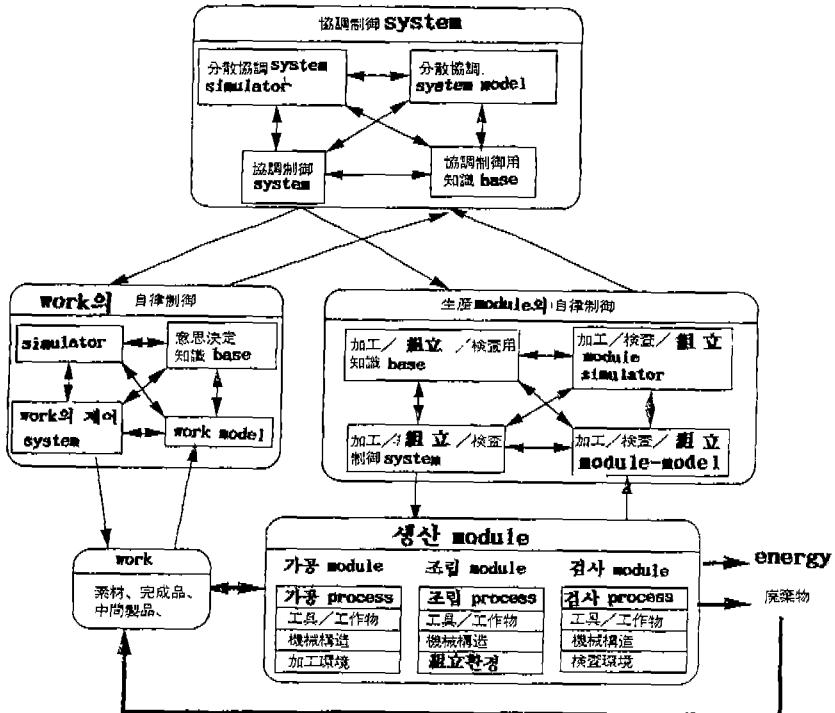


Fig. 12-24 A proposed structure of autonomic and disperse production system

동창고 등 자신의 생산기능을 설계 수정하는 기능 또 각 생산설비의 작업을 설계하는 기능 및 자신의 생산 Schedule을 결정하는 기능 등이 필요하게 된다.

4) 미래의 생산 시스템

이상에서 설명한 바와 같이 CNC 공작기계는 생산성, 가공 정밀도, 다 기능성 및 Flexibility를 향상시키는 것을 목표로 하는 개발 연구가 진행되리라고 믿어진다. 생산 시스템은 장차 어떻게 변할가라는 문제는 여러 의견이 있겠으나 여기에 그 한 예를 들고자 한다.

① 자립자주자기조직형 생산 Cell

생산 설비의 자립 분산화가 진전되고 있을 때의 한 형태로서 자립자주자기조직형 생산 Cell을 생각할 수 있다.⁽¹⁴⁾ 이것은 표준화 된 Interface를 가지고 있는 생산 Module 다시 말해서 Spindle head, Feeding table, Base, 검사 Head, 조립 Hand, Jig unit, 공구 Unit 등에 의해서 구성되고 있으며 이것들은 생산 대상 제품의 종류와 생산량의 조합에 대응하도록 서로를 묶어서 조합하게 하고 자기조직의 생산 Cell을 산출해 나간다. 이와

같은 생산 Cell은 자주기능(自走機能, Self operation)을 가지고 생산 시스템에 있어서 생산 Cell layout의 변형등에도 유연하게 대처하게 할 수 있다. 또 이와 같은 생산 Cell 및 Work는 지적 기능을 가지고 있으며 Local적인 의사 결정과 정보 교환에 의해서 생산 Process를 실행하고 있다.

Fig.12-25는 이와 같은 구상의 생산 Cell이며 생산 대상인 Work의 주변에 자기조직형의 생산 Module이 집중되고 Process를 실행한다. 이 때 각 생산 Cell은 상호 교환 또는 분산협조제어 시스템 등과 정보교환을 한다. 이와 같은 생산 형태를 채택하므로서 생산 대상 제품의 변동, 또는 생산 Cell의 고장이 발생했을 때 유연하게 대응하는 생산 시스템을 가능하게 한다.

② 개별 요구 대응형 생산 시스템

다품종 극소량 변동 생산의 한가지 극단적인 형태로서 각 End user의 개별적인 주문에 적합한 제품을 한 가지씩 생산하고 판매하는 생산 시스템을 생각할 수 있다. 이것은 Maker 측에서 준비한 최종 제품의 Catalog 속에서 User가 원하는 제품을 선택하는 것이 아니고 User에게 제품의

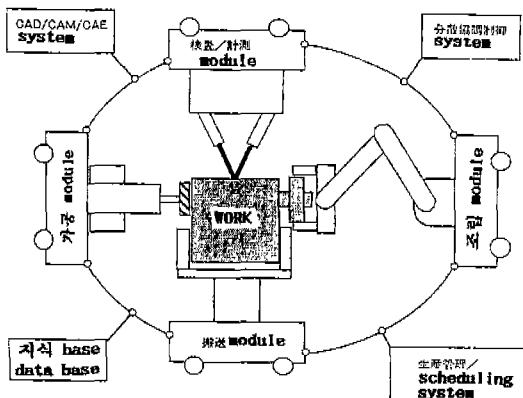


Fig. 12-25 A proposed production cell

설계 Process, 생산 Process를 개방하여 User가 필요로 한 제품을 설계하고 경우에 따라서는 간단한 조립도 할 수 있게 하는 시스템이다. User가 우선 CAD/CAM/CAE 시스템 및 인공 Image vision등에 의한 Interface를 사용하여 Sales engineer와 상의하면서 자기 자신이 원하는 제품을 설계한다. 그 때 필요에 따라서 표준적인 구성 부품 및 최종 제품의 Catalog 등을 참조한다. 설계가 종료되면 공작기계 Maker는 그 제품의 생산설계 및 생산 계획을 설정하고 납기 및 가격을 산출한다. User가 납기와 가격에 동의하면 부품의 가공 및 제품의 조립을 시작하여 납기까지 이 제품의 생산을 종료한다.

이 생산 Process에 있어서 User가 희망하면 간단한 작업(최종조립)등을 User가 가지고 있는 설비를 이용하여 각 User에게 시켜 자기 취미로서 자기 자신의 제품의 생산 Process에 관여시키게 할 수 있다. 전술한 ①②와 같은 생산 시스템은 CNC 공작기계의 고기능화, 지능화 및 자립분산화는 CAD/CAM과 CIM에 있어서의 정보 처리 기술의 진전에 따라 가까운 장래에 실현이 가능하다고 생각되며 장차의 CNC 공작기계의 개발의 방향을 예측하는 하나의 기준이 될 것으로 믿는다.

12-7 결 론

- 1) NC의 발전과정을 정리하였으며 현재의 NC 제어 기술을 해설하였다.
- 2) Hardwared NC에서 Softwared NC로 발전되는 기술적 관점을 설명하였다.

- 3) 한대의 Controller로 여러 대의 공작기계를 제어할 수 있는 DNC를 설명하였다.
- 4) 전문 지식이 없는 초보자라도 조작할 수 있는 대화형 CNC 장치를 설명하였다.
- 5) 최근 활발히 논의되고 있는 PC-CNC 다시 말해서 Open CNC에 대한 현황과 문제점을 논술하였다.
- 6) 차세대 CNC와 생산 시스템에 대한 전망을 논하였다.

참고문헌

1. 노데, “알기쉬운 CNC” 통일중공업(주) 1994
2. “NC 王國 ニッポン” ニュースダイジェスト 1987
3. P.M.Noaker “CNC's FAST MOVES” Manufacturing Engineering-May 1995 PP.67-74
4. 高橋正明, “ユーユーサイドからみた NC オ-プン化の期待” 機械技術, 43/13(1995.12) PP.27-32
5. 山廣光臣, “パソコンDNCシステムとその實際” ツールエンジニア, 1995.11 PP.110-114
6. 森長征二, “MC用の對話形 CNC 裝置” ツールエンジニア, 1995.10 PP. 98-103
7. 武藤一夫, “NC オ-プン化の背景と動向”, 機械技術, 43/13(95.12) PP.18-26
8. P.M.Noaker, “The PC's CNC Transformation”, Manufacturing Engineering, August, 1995. PP.49-53
9. J.V.Owen, “Opening Up Controls Architecture” Manufacturing Engineering, Nov.1995 PP.53-60
10. 高田祥三, “NCのオ-プン化”, 日刊工業新聞, 1995.10.25 PP.10-
11. 鈴木裕, “CNC コントロールの展望” 日刊工業新聞, 1994.10.26 PP.16-17
12. H.Suzuki et al, “Development of Real-Time Machining System for MetalMold and Die” Journal of Advanced Automation Technology, Vol.7.No.2 1995 PP.135-140
13. 森脇俊道 et al, “NC,CNC 機械の今後を展望する” 日刊工業新聞, 1992.10.26. PP.12-15
14. 森脇俊道 et al, “自律分散型生産 システムの設計と運用に關する研究” 日本機械學會論文集 C編, Vol.58 No.549 1992. PP.1674