

□ 技術講座

CNC 技術의 動向



工學博士 金 浩 然
韓國産業電子(株)

CNC 기술의 동향

역사적으로 CNC기술이 생산성향상에 기여한바는 매우 크다.

최근에는 고도의 생산성을 추구하는 CNC공작 기계는 수요자들의 요구에 부응하여 관련업체는 CNC 기술의 발전을 더욱 가속화시키고 있다.

오늘날의 CNC는 더욱 향상된 Computer Architecture에 적합한 Software System과 고속, 고집적의 소자기술을 결합한 것이라 볼 수 있으며, 그 결과는 생산을 자동화 하고 전체를 하나의 system화 하려는 요구에 부응하고 유연(Flexible)하며, 사용하기에 편리하고 (User-friendly), 신뢰성과 높은 생산성을 갖추고 있다. 새로운 CNC기술이 요구되는 응용분야는 고도로 자동화 되고 결합된 FMS에서부터 단축제어용에 이르기까지 매우 광범위하다.

3축의 Milling, 6축 Machining Center, 전용기 등 Stand-alone 기계들을 위주하던 중소형 기계 공장에 적합한 CNC기술이 개발되고 있는 동시에 CELL LEVEL, 좀더 큰 규모의 FMS 또는 그 이상으로 자동화된 system을 구성하기 위하여 많은 새로운 기능이 요구되고 종래의 CNC와는 다른 역할의 변화가 필요하다.

실제로는 많은 경우에 이러한 두가지의 응용이 공존하고 있으며, CNC의 기능이나 성능을 희생하지 않고 동일한 Hardware로여러가지의 응용을 만족시켜야 한다.

생산공정과 생산기술의 변화가 반영되어야 하며, Control기술도 변화하고 있다. 유연하고 확장가능한 Software, Hardware 구조의 CNC가 실제적으로 가장 Cost-effective한 해결책이다.

단축 및 순차 제어 기술
(Single Axis, and Sequence Motion Control)

운동제어기술의 응용에 있어서 가장 간단한

것으로 단축제어장치를 들 수 있다. 공장자동화가 확대됨에 따라 종래의 Discrete-only Control 이 좀더 정교한 연속제어로 바뀌고 기존공정의 자동화, 전용기등에 많이 활용되고 있다. 새로운 경향은 Module화를 통하여 기존의 PLC와 직접연결될수 있어 Fiexibility와 Communication 기능을 갖출수 있으며 그 결과로 응용분야가 대폭확대 되었다. (그림 1)

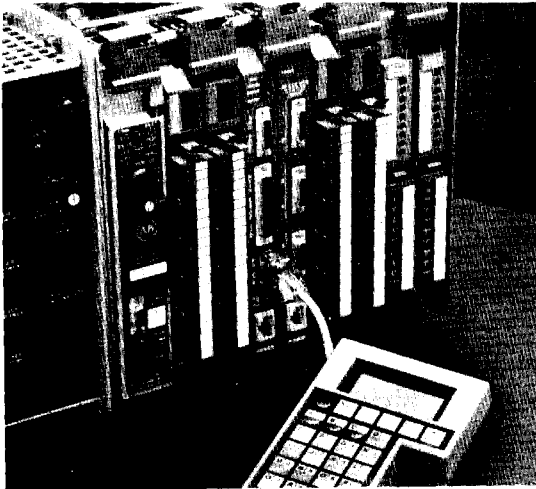


그림 1 PLC와의 커뮤니케이션이 가능한 단축제어장치

Single-axis Motion Control Module의 주요 기능으로는

- Controlled Acceleration
- Custom-designed Motion
- Ratioing
- Diagnostics

등을 들수 있다. Controlled Acceleration 이란 Press Loading, Transfer Line, Cut-to-length, Automated Assembly, Material Handling, Packaging, PC Board Drilling, Grinder 등 고속 작업에 중요한 기능이다.

가속도를 제어하기 위하여는 Pulse-Limiting

이란 방법을 사용한다.

가속도, 속도, 위치, Pulse(가속도의 time-rate-of change) 등을 Programming 함으로써 운동 Profile이 결정되면, Pulse Limiting 기능은 사용자로 하여금 기계나 가공물에 Shock나 손상을 가하지 않도록 신속 정확하면서 부드러운 운동이 가능하도록 Profile을 변화할 수 있게 한다. 자동조립에서는 속도와 정밀도가 가장 중요한 요소이다.

평면연삭의 경우 Table은 제어된 속도로 가변 Stroke를 왕복한다. 각 Stroke단에서 Grinding Wheel이 급속히 Indexing하며 동시에 Wear 를 보상하기 위하여 매우 정확한 깊이 만큼 이동한다. 이때 Pulse가 크게되면 공작물에 손상을 가하게 된다.

Custom-Designed Motion이란 각 응용에 적합한 성능을 얻기위하여 운동 Program을 조정할 수 있는 기능이다. 이러한 제어를 가능케 하기 위하여 Constant Acceleration과 Pulse Limit Acceleration 등 두가지의 가속도 Profile 을 사용한다.

Constant Acceleration을 사용할때 Program 변수는 최대 가속도와 요구하는 속도이다. Pulse Limit Acceleration 시에는 time-rate-of-change of acceleration을 변화할 수 있다. Constant Acceleration의 이점은 작업속도가 가장 중요한 목표일 경우 요구하는 속도에 가장 빨리 도달할 수 있다는 것이다.

Pulse Limiting 기능은 급작스러운 동작을 최소화 함으로써 기계나 공작물에 손상을 가하지 않도록 속도곡선을 연속적이고 Smooth하게 할 수 있다.

Ratioing 기능은 Press Loading, 포장기 등의 응용에서 매우 중요한 정확한 동기운동(Synchronization)을 가능케 한다.

Ratioing이란 지정된 위치와 또는 속도화를 얻기위하여 전자적인 Gear Ratio를 제어하는 기술이다. Encoder나 Resolver 등의 Master Feedback Device는 단축제어 Module에 In-

terface 되어 기계적으로 연결된 것처럼 작동한다. (그림 2)

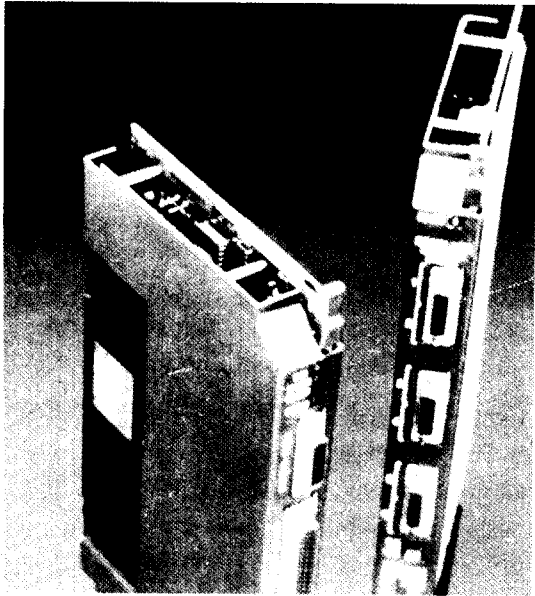


그림 2 - 단축제어모듈 및 레졸버 여자 모듈

오늘날의 제어기술에서 Software의 기능은 Hardware기능 이상으로 중요하다. 사용자로 하여금 현재 Standard되어 있다시피 한 Operating System이나 PC들과 Compatible한 Software를 off-line으로 Program할 수 있게 해야 한다. Pull Down Window, Menu 선택을 위한 Dialog Box와 같은 User-Friendly한 Feature가 가능해야 한다. (그림 3)

Generic Program에서는 속도, 위치, 가속도, Pulse Limit 등은 PLC에 의하여 주어지는 변수들이고 Specific Program에서는 이러한 변수들이 전부 지정된다.

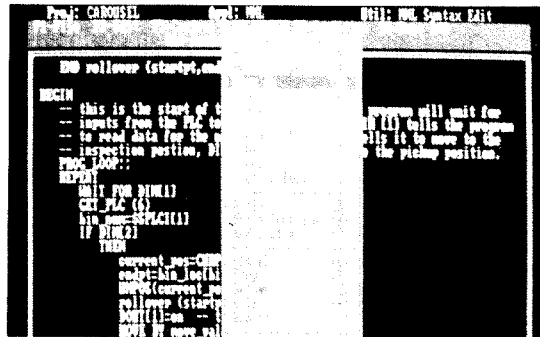
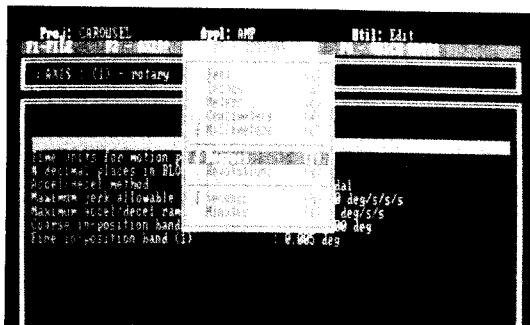
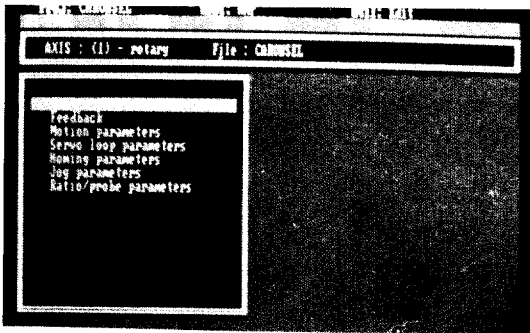


그림 3 - 프로그래밍을 용이하게 하는 pull-down window 및 dialog box식 스크린



마지막으로 중요한 기능은 진단기능이다. 이 진단기능은 산업현장의 악조건하에서 Downtime을 극소화 할 수 있도록 신뢰성을 보장하며 on-line과 off-line Diagnostics 기능을 갖추고 있다. Power-on시의 자체 진단기능과 Hardware의 상태를 감시하는 연속적인 진단기능, 사용자의 Error를 읽을 수 있는 Message로 전달하는 기능 등을 갖추고 있다.

중소형 기계 공장용 CNC

대규모의 자동화 공장이 출현함에 따라, 이리

한 FMS의 한 Part로써 CNC 기술이 요구되는 동시에, 소규모의 Job Shop 또는 Stand-Alone Type의 응용을 위한 CNC 기술의 활용이 증대되고 있다. 이러한 경우는 대개 두가지 경우로 분류할 수 있다. 첫째 경우는, 1대-50대 정도의 기계를 이용하여 부품을 가공하며 가공시간의 단축, 즉 생산량의 증가가 최대 목표이다.

둘째로 Tool Room과 같은 공장에서는 다품종 소량생산으로 가장 경제적인 가공방법을 모색해야 한다.

이러한 응용을 위하여 특히 Configurability, User-Friendliness, Programmability 등 세가지 특성이 요구된다.

Configurability란 CNC와 기계의 결합을 매우 편리하도록 하는 것이다. (그림 4)

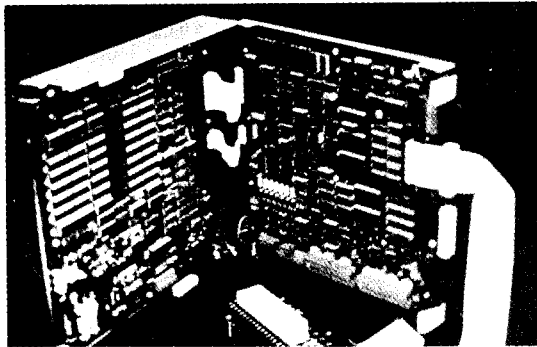


그림 4 - 기계와의 결합시 커넥션을 이용하게 하는 weidmuller 타입의 커넥터

사용자로 하여금 Machine Parameter를 쉽게 조정할 수 있도록 Menu방식을 사용한다. 예를 들면 각축별로 Acceleration/Deceleration Rate를 고정시킬 수 있어 급속한 속도변화로 인한 기계부분에 가해질지 모를 손상을 방지할 수 있다. 또한 CNC는 쉽게 기계의 강전반에 연결장치할 수 있도록 설계되어야 한다.

User-Friendliness를 위하여 Menu 방식의 Screen은 거의 모든 입력을 Type해야하는 노력을 절감하고 한 Screen에서 다른 Display로 즉시

변환이 가능하다. (그림 5)

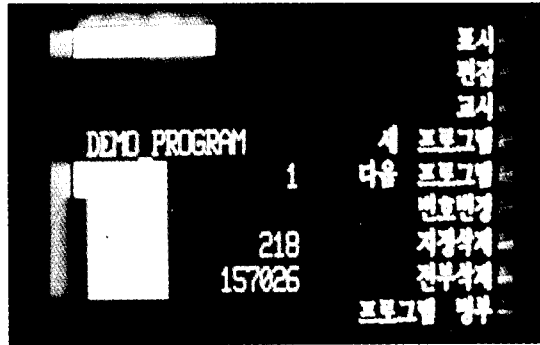


그림 5 - 다른 display로 변환시키는 softkey

Color Graphic은 오늘날 CNC의 가장 중요한 기능중의 하나이다. Zooming, Color를 이용한 Tool Path Graphic 등 별도의 CAD가 필요없을 정도로 강력한 기능을 갖추고 있다. (그림 6)

독립해서 사용되는 CNC는 사용하기에 간편해야 한다. 따라서 Programming 이야말로 가장 중요한 기능이다.

이렇게 Programming을 간편하게 하는 Feature로 다음과 같은 것을 들수 있다. (그림 7)

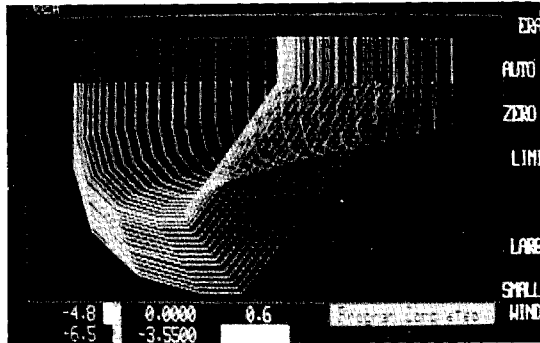


그림 6 - 입력된 프로그램의 화면 display

- 현재의 Block과 다음 Block사이에 Blend (Radius나 Fillet) 혹은 Chamfer 삽입할 수 있는 기능
- 반경과 중심이 이미 결정된 arc에 공통접점을 자동적으로 결정하여 Programmer가 접

기계의 상태를 쉽게 이해할 수 있는 용어로 Display하는 기능과 실제 가공 이전에 Graphic을 이용하여 Tool Path를 확인할 수 있는 기능, 각 Input/Output Point와 Flag의 상태를 확인할 수 있는 기능등이 있다. (그림 10)

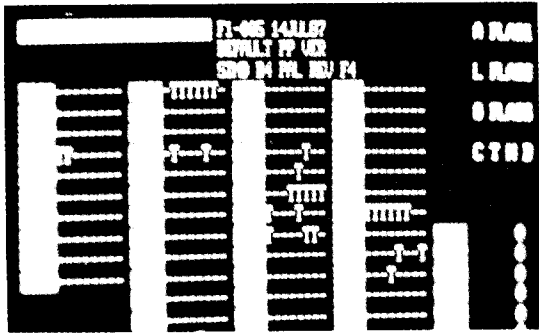


그림10- 입출력 포인트 및 Flag의 상태를 확인할 수 있는 자기진단 기능

GENERAL-PURPOSE CNC

독자적으로 사용하는 기계를 위한 CNC가 갖추어야 할 특성이 있는 동시에, Robot, Transfer Line, 전용기, 복수 기계의 제어등과 같은 응용에 사용되는 CNC는 더욱 고도의 Flexibility가 요구된다.

오늘날의 CNC는 단순히 하나의 기계만 제어하는 것이 아니다. Cell이나 Station Level에 사용되는 CNC는 다수의 가공 Station의 작동을 연동, 제어하여야 하며 동시에 기존의 CNC 역할, Robot 제어, Area Supervision 및 기타 기계나 장비에 대한 Real-Time Control이 가능해야 한다. 이러한 요구조건은 범용 Control언어의 필요성을 야기시킨다. 이러한 Control Language가 범용성을 갖기 위하여 BASIC과 같이 쓰기 쉬워야 하며 Axes Management, Digital/Analog I/O Management, Mathematical Operation, Trigonometric and Logic Function, Conditional/Unconditional Branch,

Anti-Collision Axis Control, Peripheral Communication, Program Synchronization, Graphics와 같은 특수한 기능을 수행할 수 있어야 한다.

그러한 Control Language의 하나로 STORM을 들 수 있다. STORM은 Local, Global, Indirect Variable을 사용하여 Reprogramming의 Flexibility를 높인다. Standard Cycle을 여러 가공목적에 맞도록 재조정 함으로써 새로운 Program을 쉽게 얻을 수 있다. 동시에 Operator가 Main Program을 사용하면서 별도로 Auxiliary Program을 작동시킬 수 있게 한다.

Menu에 의한 Characterization Page는 Power on과 동시에 읽을 수 있고 Operator나 Programmer로 하여금 필요한 Parameter 변경을 쉽게 함으로써 System의 Total Control을 가능케 한다.

Action Configuration Table은 Part Program와 관련된 Action Number List를 보여준다.

Action Pushbutton이 작동될때 관련된 Part Program이 수행된다. User Task Table의 2개의 Process Software (STORM과 Application-Specific Software)로 구성된 General Control System의 Sub-Menu이다. Application Specific Software는 이 Table에 표시되고 STORM을 통하여 Synchronize 된다.

범용 Control은 또한 Path Layout, Bar Graph를 포함한 Data의 Graphic 표시기능을 가지고 있다.

General-Purpose Control Language는 Material Handling, Press Loading/Unloading, Robot, Dispenser, Transfer 라인, Supervisor 기능, 기타특수 응용, 조립공정등의 제어에 활용된다.

예를 들면, Robot를 이용한 Motor Gear Box의 조립공정 제어용으로 사용되며, 자동창고의 Supervisory Controller, 또는 특수 전용기기의 제어장치로 이용된다.

FMS를 위한 CNC 기술

FMS는 각기 다른 기계, 공정으로의 다양한 경로 제어, 여러 종류의 제품소재 등에 대한 적응성을 요구한다.

Turning 작업, Milling, Boring Grinding 작업 등이 FMS의 구성요소가 될수 있다. 이러한 가공 Cell의 중심은 역시 공작기계이다.

대체로 다음과 같은 주변장치들이 공작기계와 결합되어 있다.

- Tool Changer
- Workpiece Pallet Shuttle
- Robot를 이용한 Loader/Unloader
- AGV (Tool Conveyor with Bar Code Reader)

이러한 주변장치를 효과적으로 결합하기 위하여 보통의 제어기술이나 Interface Language 이상의 작업이 요구된다. High-level의 Interface Language와 결합된 효과적인 Multitasking Control Architecture와 이것을 이용한 고도의 응용 Programming 기술이 요구되는 것이다.

이러한 특수한 기술들이 필요한 이유는 점점 더 많은 주변장치가 부가되고 공정이 복잡해짐에 따라 주어진 순간에 하나의 Part Program 밖에 수행하지 못하고 Interface 기능이 제한된 종래의 CNC로는 처리가 불가능 하기 때문이다. FMS용 CNC는 복수의 공정을 동시에 또한 효과적으로 제어 할 수 있는 기능을 갖추고 있으며, 이러한 Multitasking Process를 Optimize할 수 있다. 이러한 기능은 Auxiliary NC Operation을 Axis Management 기능과 분리 할 수 있는 독특한 Hardware, Software 구조를 통하여서만 달성될수 있다. 결과적으로 Auxiliary Multitasking Operation은 Interpolation, Servo-Loop Closing, Axis Calibration과 같은 처리속도에 절대적으로 의존하는 Axis Management 기능과 효과적으로 분리되어 수행된다.

MULTIPROGRAMMING

Multiprogramming이란 하나의 CNC가 Part Program을 수행하고 동시에 Tool Changer, Palletizer, Robot 등이 하나의 결합된 System 속에서 작동할 수 있도록 하는 Software 기능이 다.

이 CNC는 응용 목적에 따라 요구하는 성능을 만족시키기 위하여 4개의 CPU까지 확장할 수 있다. 8축의 동시 보간, 8축의 PTP (Point-To-Point) 제어, 1축의 Spindle 제어등 최대 16축 제어가 가능하다. 어느 한 Program을 수행하면서 다른 Program의 Editing이 가능하며 CRT상에 복수의 Image를 표시할 수 있어 4개의 각기 다른 공정을 Display 한다.

동시에 여러 공정을 제어하고 전체의 가공 Cycle을 Synchronize 하기 위하여 다음과 같은 3개의 Command를 사용한다.

1. EXEC : 제어 장치내 No. 1 Processor 중 하나에서 특정 Part Program을 수행
2. WAIT : No. 2 Processor에서 특정 I/O Signal 에 대기
3. SEND : No. 2 Processor를 수행케함

이상의 Command를 특정 Sequence의 Operation에 따라 Program 내에 입력한다.

HIGH-LEVEL LANGUAGE INTERFACE

Multiprogramming 상태하에서 독립적으로 수행하는 또 다른 Software의 하나로 ASSET라 부르는 High-Level Interface Language에 대하여 소개해 보자. 자동화를 위한 주변장치를 Interface하기 위한 ASSET의 기능을 살펴보면,

1. Line Printer, Serial Port와 같은 주변장치와 접속. (그림 11)

Commands for devices with data that is not file structured

Punches
Printers } External Devices
Tape Reader

OPN=Opens driver device=Don't need file name of access type

GET=Acquires data from opened input peripheral. Boolean. byte. integer. real. longinteger. longreal

PUT=Outputs to opened peripheral

CLO=Closes opened file

그림11-ASSET와 주변기기와의 접속

2. Tool Offset, Tool Life와 같은 File Handling 기능. (그림 12)

Commands for devices with data that is file structured

CMOS
Floppy
Hard Disk } Intemal Memory
Hard Disk
MPO, MPI...

CRE(Create)=Allows a file to be created. Must open file to R/W once created.

OPN(open)=Names file & opens for read. write or update(alter contents)

RED(Read)=Cannot be read until opened. Can read a record integer or E parameter

WRT(Write)=If opened for write or update. can write an alpha-numeric string. E-parametric simple or structured variable.

CLO(Closed)=Closes the open file

DEL(Delete)=Deletes a record not the whole file

CAN(Cancel)=Deletes a file File must not be open at time of CAN

그림12-ASSET의 FILE HARDING기능

3. Structured Variable Handling. (그림 13)

4. D/A, A/D, Input/Output, Axis Position 기능. (그림 14)

Structured Handling

Logical set that consists of a fixed number of components each of which is called a field

Field

BL	(Boolean)	LI	(Longinteger)
BY	(Byte)	LR	(Longreal)
IN	(Integer)	ST	(string)
RE	(Real)		

Has access to every file in the system

Random tool

Tool offsets

Tool life

Defines Variable { DES.5 char NAME IN.BY.IN.ST
= Sequential Storage
DES. NAME.IN(3)=Array

OR DEV. Variable # NAME=Sequential

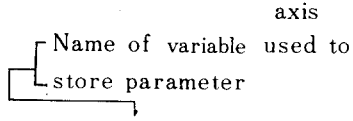
DEV. Variable # (INDEX)NAME=Array

그림13-ASSET의 STRUCTURED VARIABLE HARDING기능

ASSET Program은 Main Part Program의 Subroutine으로 사용되거나 어떤 외부의 또는 Logical Event로 부터의 Signal에 따라 작동된다.

ASSET는 공작기계 Maker가 자동화된 가공 Cell을 구성할때 주변 자동화 장치들과 Interface하기 위한 언어인 동시에, 사용자로 하여금 특별한 응용목적에 맞게 주변장치를 추가하거나 기계 자체를 Cust-Omize하기 위하여도 사용할 수 있다. 그림 15는 ASSET와 Multiprogramming 기능을 사용하여 5축 Machining Center

ENA Axis=Enables the axis specified
 DSA Axis=Disables the axis specified
 MOV. Axis. Final Position. Max Feed=Moves



GTA Axis. Parameter. Variable=Get axis parameter

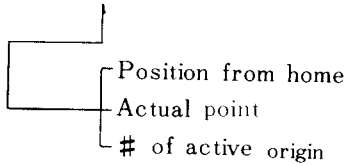


그림14-ASSET의 변환 및 축 POSITIO기능

를 중심으로 한 가공 Cell을 형성한 실례이다. Preset Tool이 AGV를 통하여 공급되고 Tool에는 Bar-Code 정보가 부착되어 있어 Bar Code Reader를 감식하여 Tool에 관한 정보를 확인하고 Tool Changer에 옮긴다.

3축의 Tool Changer는 Multiprogramming 기능에 의하여 제어되고 bar Code 정보는 RS-232

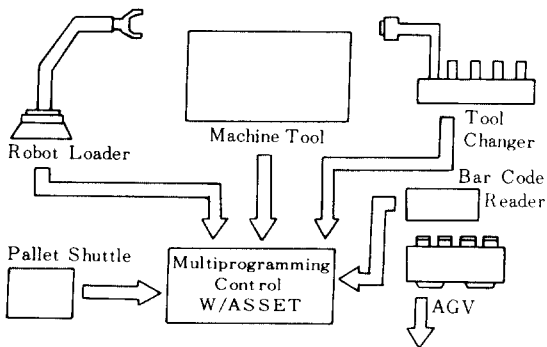


그림15-ASSET와 MULTIPROGRAMMING 기능을 사용하여 가공 cell을 형성.

를 통하여 ASSET에 전달된다. 가공물은 3축 Robot에 의하여 기계에 착탈되며 이공정은 ASSET를 통하여 별도로 제어된다. Pallet Shuttle 또한 ASSET Interface를 통하여 Robot에 연결한다.

Multiprogramming 기능은 Machining Center, Robot, Tool Changer, Bar Code, Pallet Shuttle 등을 각각 독립된 Task로 Program을 수행할 수 있게 하며 ASSET는 종래의 Interface 방식이 아닌 매우 사용하기 편리한 언어로 각종 주변장치를 연결 시킨다.

STAND-ALONE MACHINE을 위한 CNC

여러 형태의 자동화된 가공 Cell 또는 System이 도입되고 있으나 아직도 다품종 소량생산을 위한 가장 경제적인 방법은 Stand-Alone CNC를 사용하는 것이다.

Stand-Alone CNC의 생산성을 높이기 위하여 가장 중요시 해야할 분야는 Part Programming이다. 수동 또는 Computer에 의한 NC Programming System들이 활용되고 있다. 수동 Programming은 시간이 많이 소요되고 Error를 유발하기 쉽다. 반면에 Computer에 의한 Programming은 대체로 고가의 장비를 구입하여야 하며 많은 경우 투자에 대한 경제적 타당성을 입증하기 어렵다.

때로는 외부의 설비를 이용하여 Part Programming Service를 받을수도 있으나 역시 비용, Programming 소요시간, 보안등에 문제가 있다. 따라서 오늘날의 CNC는 Manual 혹은 APT Programming을 쉽게 자체에서 처리토록 하는 기술을 포함하고 있다. 이러한 기술의 하나가 GTL(Geometry Technology Language)이라 부른다. GTL은 APT-Type의 High-Level Programming 언어이다. 가공물의 기하학적 현상에 관계없이 단순히 도면의 기하학적인 Data를 입력함으로써 Programming이 가능하다. (그림 16)

CNC의 Software는 모든 기하학적인 요소의 교차점과 접점등을 계산하며

"L"-Line

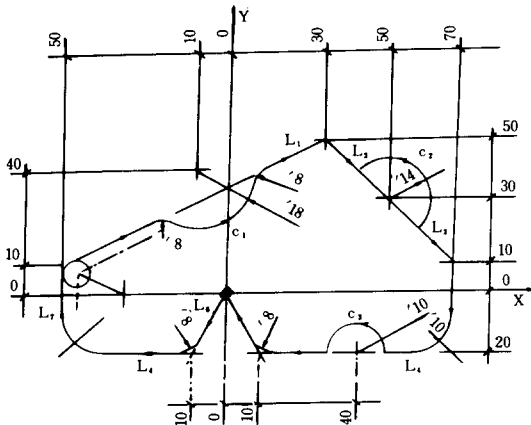


그림16 - 도면의 기하학적 DATA 입력에 의한 프로그래밍.

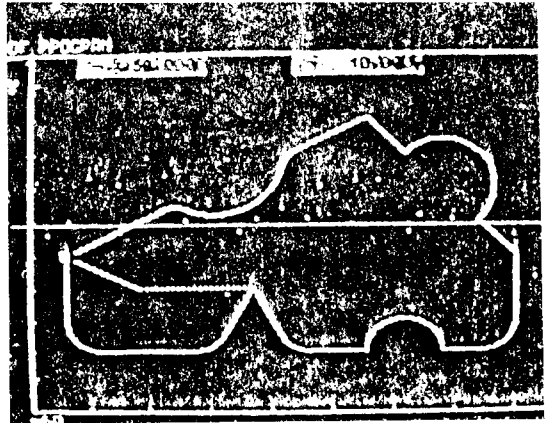


그림18 - GTL 언어로 작성된 PART PROGRAM의 SCREEN DISPLAY.

"P" - Point

"C" - Non-Tangent Circle

"R" - Tangent Circle

을 표시한다. 그림 17은 그림 16의 GTL 언어로 작성된 Part Programm List이다. 그림 18은 CRT screen에 Display된 가공물으로써 실제가공 수행전에 확인해 볼 수 있다. 기존의 Part Program으로는 약 4시간의 Programming 시간이 소요되나 GTL Program은 30분이내에 완성할 수 있다.

Message	N 1 (DIS,"EXAMPLE GTL")	Cut Part	N20 L 1
Define	N 2 L 1 -X-50Y10, X30Y50	(continued)	N21 L 2
part	N 3 L 2 -X30Y50 X70Y10		N22 c 2 s 2
	N 4 L 3 -X70Y0 a90		N23 L 2
	N 5 L 4 -X0Y-20, a180		N24 L 3
	N 6 L 5 -X10Y-20 X0Y0		N25 r10
	N 7 L 6 -X0Y0, X-10Y-20		N26 L 4
	N 8 L 7 -X-50Y0, a90		N27 c 3 s 2
	N 9 c 1 -1- 10J40r18		N28 L 4
Index Turret & starts spindle	N10 c 2 -150J36r-14		N29 r 8
	N11 c 3 -140J-20r10		N30 L 5
	N12 T3.03M6S...M...F...		N31 L 6
Position	N13 GOX-30Y0		N32 r 8
Tool	N14 Z-10		N33 L 4
Turn On GTL	N15 G21G42L7		N34 r10
Cut Part	N16 L 1		N35 L 7
	N17 r 8	Turn Off GTL	N36 G20G40L 1
	N18 c s 2	Return to Home	N37 G0Z 0
	N19 r 8	

그림17 - GTL언어로 작성된 PART PROGRAM

결 론

오늘날의 CNC는 FMS와 같은 자동화 System에 적합한 기능과 역할을 수행 하도록 여러가지의 새로운 기술이 개발되고 있는 동시에 독자적으로 또는 특수 목적에 맞게 활용될 수 있도록 발전되고 있다. 이러한 2가지의 목적을 동일한 Hardware로 달성할 수 있도록 Modular, Expandable 하게 설계되고 있다.

Microelectronics 기술의 발전으로 Processor의 Speed가 급속히 향상됨에 따라 초정밀 가공이 가능해지고 Hardware의 Compact화가 이루어지고 있다. Software 분야에서는 자동화 System의 요구 조건에 맞추어 Multiprogramming, High-Level Interface Language, Real-Time Operating System 등이 사용되고 있으며 Stand-Alone Applicatio 이나 소규모의 기계 공장에서 편리하게 사용할 수 있도록 Graphic 기능 및 Graphic을 이용하여 직접 도형 Data 입력으로 Part Program이 가능한 GTL, 각종의 Canned Cycle, 특수 전용 가공 Program 등이 개발되어 광범위하게 활용되고 있다. 앞으로는 Artificial Intelligence/Expert System과 같은

새로운 기술이 CNC에 도입되어 더욱 지능화 되고 자동화된 기술개발이 예상된다. 이밖에도 Sensor-Base Adaptive Control 기술, 내구성 및 Diagnostics 기능의 강화를 통하여 신뢰성이 향상될 것이다.

또한 미국의 CAM-i가 주축이된 ANC (Advanced Numerical Control) 개발 Program도 주

의깊게 보아야 할 것이다.

우리나라에서도 아직 CNC 기술의 자체 확보 및 이러한 새로운 기술과 편리한 기능들을 충분히 활용치 못하고 있는 실정이어서 향후 새로운 기술의 보급과 활용을 통하여 생산성 향상에 노력을 경주해야 할 것이다.