

삼성 CNC의 개발 및 적용

김성권*·김동일*

1. 서론

현재 CNC 시장은 일본의 FANUC(주)이 전세계 시장의 50% 이상, 국내 시장의 90% 이상의 시장 점유율을 차지하고 있는 실정이며 국내에서도 CNC 장치의 국산화 작업이 활발히 진행되고 있다. 국가적으로 볼때 CNC 기술은 로봇트, 전용기 및 FA 제어기로서 활용도가 무궁무진하기 때문에 중요한 기반 기술이고 선진국에서는 기술이전을 회피하고 있는 실정이며 전량 수입에 의존하고 있다고 해도 과언이 아니다. 따라서 국산화가 절실히 요구되고 있다.

현재의 CNC의 발전추세는 저가격, 고기능, 고정도, 고신뢰성, 보수성, 호환성 및 조작의 편리성등이 요구되고 있다. CNC 제어기가 발전하는 과정에서 하드웨어의 눈부신 발전으로 CNC의 기능 및 성능이 괄목할 만한 발전을 거듭해 왔다. 삼성 CNC는 이러한 하드웨어를 바탕으로 고기능, 고성능, 고신뢰성 및 조작의 편리성에 중점을 두어 개발하였다.

삼성 CNC는 공작기계의 제어성능을 높이기 위해 주제어기로 32bit 마이크로프로세서를 사용하고 있고, 운동제어(Motion Control)를 위해 32bit 부동소수점연산용 디지털신호처리프로세서(DSP)를 채택하고 있다. 그리고 내장형 PLC, DNC 시스템, 고속 그래픽 시스템등이 탑재되어 제어시스템의 기능확장 및 하부 제어기들의 통합이 간단하게 이루어지도록 하고 있다.

그리고 제어 시스템의 운영 소프트웨어는 사용하기에 편리한 메뉴시스템을 채택하고 있으며 향후 쉽게 기능을 추가할 수 있도록 설계되어 있다.

본 논문에서는 삼성 CNC의 하드웨어 구성, 소프트

웨어 개발환경 및 구조, 주요 CNC 기능, 운동제어방법 및 삼성 CNC를 실제 금형 가공에 적용한 결과에 대해 살펴보기로 한다.

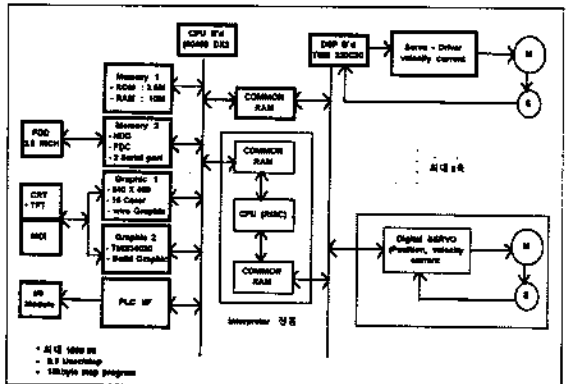
2. 하드웨어 구성

삼성 CNC는 크게 CNC 제어부와 기계측의 ATC (Auto Tool Changer) 및 기계조작반의 입출력등을 제어하는 PLC(Programmable Logic Controller)여기에 데이터 입출력과 사용자 인터페이스 (MMI:Man Machine Int-erface)를 위하여 CRT, MDI,키보드, 플로피 디스크 드라이버등이 부가된다.

〈그림 1〉은 삼성 CNC의 하드웨어 구성을 나타낸 블럭도이다.

최신의 최고속 32bit CPU 및 DSP를 사용한 멀티프로세싱 시스템이다.

메인 CPU으로써 i80486 DX2를 사용하여 CNC 전반을 제어하고, 공작기계의 각축의 운동을 제어하기위



〈그림 1〉 삼성 CNC의 하드웨어 구조

* 삼성전자 자동화연구소

해 32bit DSP인 TMS320C30을 사용하였다. 그의 고속 그래픽 처리를 위해 그래픽 전용 DSP인 TMS340C20을 사용하여 연산 능력을 대폭 향상시켜 고속, 고정도 가공이 가능하다.

메모리 1 및 2 보드는 CNC OS 및 사용자의 가공 프로그램을 저장하기 위한 것으로 하드 디스크가 최대 180Mbyte까지 준비되어 있어 미소 블럭 연속가공에 의한 3차원 형상 가공시 필요한 대용량 메모리 사용에 적합하도록 되어 있고 일반 CAD/CAM 시스템과는 플래피 디스크를 통해 가공 프로그램을 입출력하도록 되어 있다. 또한 2개의 시리얼 포트가 준비되어 있어 DNC 운전도 가능하도록 되어 있다.

그래픽 1 보드는 가공시 공구의 궤적을 미리 검증할 수 있는 와이어(wire) 그래픽을 하기위한 보드로서 640x480의 해상도 및 16 컬러가 지원된다.

그래픽 2 보드는 그래픽 전용의 DSP를 사용하고 고속 그래픽 처리가 가능한 보드로서 가공형상을 솔리드(solid) 그래픽으로 묘화 할때 사용한다.

운동제어보드는 32bit DSP를 사용하여 고속 연산이 가능 하도록 설계되어 있으며 각종 보간(Interpolation) 및 공작기계 각축의 위치제어를 담당하며 최대 8축 까지 구동 가능하다.

PLC는 공작기계의 각 부분을 제어하는 중심적인 제어기로서 CNC 제어기로부터 명령을 받아 축 이송을 제외한 기능 (스핀들 정.역회전, 절삭유 온/오프, 공구교환등)을 수행하며 기계의 상태(오일 부족, 에어 부족, I/O접점상태)등을 CNC 제어기로 전달한다.

향후, RISC CPU를 사용하여 프로그램 해석기 전용 보드를 제작하여 1 블럭 계산속도를 증가시켜 미소블럭연속가공시 고속, 고정도 가공을 수행하도록 할 예정이다. 디지털 서보를 적용하여 고정도의 CNC 제어기를 개발할 예정이다.

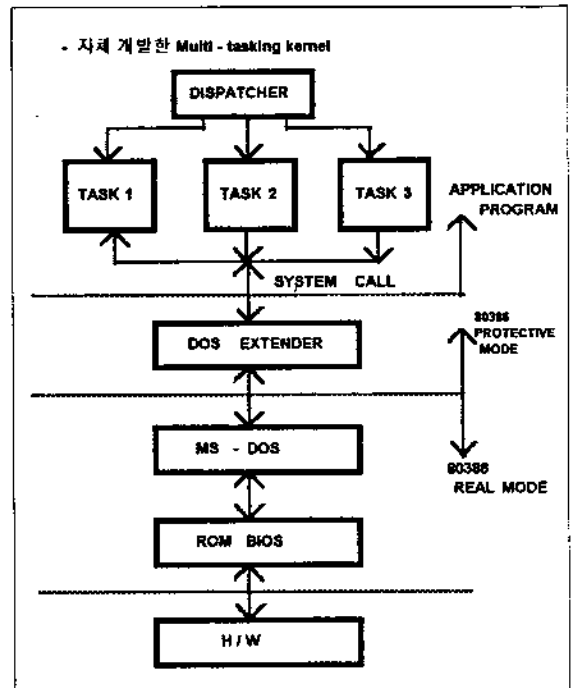
3. 소프트웨어 개발환경

삼성 CNC는 MS-DOS를 베이스로하여 개발하였다. <그림 2>는 삼성 CNC의 개발환경을 나타내는 그림이다. CNC는 특성상 대용량의 데이터와 복잡한 소프트웨어 구조를 요하므로 DOS의 메모리 한계인 640Kbyte

로는 부족하다. 따라서 1Mbyte이상의 메모리 사용이 가능한 보호 모드(Protected Mode)에서 실행할 수 있도록 DOS Extender를 탑재하였다. 그리고 DOS Extender상에서 실행되고 실행속도가 빠른 80486의 어셈블라코드를 생성시킬수 있는 High-C(Mataware Inc.)를 개발도구로 채택하였다.

삼성 CNC의 소프트웨어는 High-C로 작성되어 있으며 시스템 콜이 발생하면 DOS Extender에 전달되며 DOS Extender는 보호모드에서 리얼 모드(Real Mode)로 전환시키고 제어를 MS-DOS로 넘긴다. MS-DOS에서 이 시스템 콜에 대한 처리가 완료되면 리얼 모드에서 보호모드로 전환되고 제어는 다시 DOS Extender로 넘어간다.

두번째로 CNC는 여러가지 일을 동시에 처리해야 하므로 멀티태스킹(Multi-Tasking)이 가능하여야한다. 즉 NC 프로그램을 해독하면서 기계의 각종상태를 보여주고, 현재의 기계위치 및 실행되는 프로그램의 부분을 보여 주어야 한다. 이러한 일이 가능하려면 각 기능에 대해 각각의 태스크(Task)를 할당하고 짧은



<그림 2> 삼성 CNC의 소프트웨어 개발환경

시간내에 순차적으로 태스크를 수행시키면 된다.

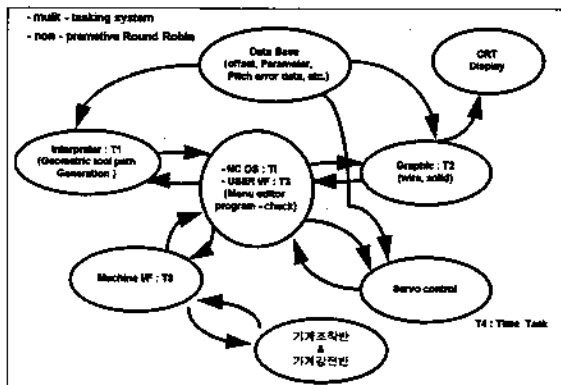
본 삼성 CNC는 자체 개발한 멀티태스킹 커널(Kernel)에 의한 멀티태스킹 환경이 구축되어 있어 여러가지 일을 동시에 처리할 수 있도록 되어 있다.

4. 소프트웨어 구조

삼성 CNC 제어기의 소프트웨어는 NC가공 프로그램의 등록 및 수정, 파라미터, 공구나 좌표계의 옵션 등을 관리하는 사용자 인터페이스 프로그램, 해석기를 통하여 발생하는 실행 데이터를 받아 기계의 축을 제어하는 운동제어 프로그램, 가공된 형상 및 공구의 경로를 2차원 및 3차원으로 화면에 표시하여 공구 궤적을 묘화하는 그래픽 프로그램, M,S,T 코드들로 이루어진 지령에 대해 기계측의 장치를 구동시키는 PLC 프로그램등으로 구성되어 있다.

이외의 기계조작반 및 MDI로부터 조작키를 받아 전체로 제어하는 프로그램(NC-OS)이 존재한다. 이는 운전 관련 각종 키입력을 해석하여 자동운전 및 수동운전을 실행시킨다.

삼성 CNC는 멀티태스킹 환경하에서 수행되고 있기 때문에 각 기능들은 각각의 태스크로 할당되어 있으며 각각의 태스크들은 독립적으로 수행된다. 삼성 CNC는 4개의 태스크와 1개의 인터럽트 서비스부(NC와 운동제어부와의 연결부분)로 구성되어 있다. 그림 3은 삼성 CNC의 소프트웨어구조를 나타낸 그림이다.



〈그림 3〉 삼성 CNC의 소프트웨어 구조

T3는 삼성 CNC의 8개의 메뉴중에 그래픽 메뉴를 제외한 7개의 메뉴에 한개의 태스크로 할당되어있다. 이 T3가 삼성 CNC에 있어서 사용자 인터페이스프로그램과 PLC 프로그램에 해당된다.

T2는 그래픽 전용으로 할당되어 와이어 및 솔리드 그래픽에 의해 NC 프로그램의 검증에 사용되고 있다.

T4는 시간 태스크로서 시간에 관련된 공구수명관리나 가동시간 관리를 위한 자원을 제공한다.

T1은 NC-OS에 해당되며 자동운전시 NC 프로그램 해석기를 호출한다.

데이터 베이스는 공구나 좌표계의 옵션, 기계의 사용목적에 따라 최적인 상태로 하기 위한 파라미터, 볼스큐류의 백래쉬나 피치오차 데이터를 저장하며 각각의 태스크에서 필요한 데이터를 참조한다.

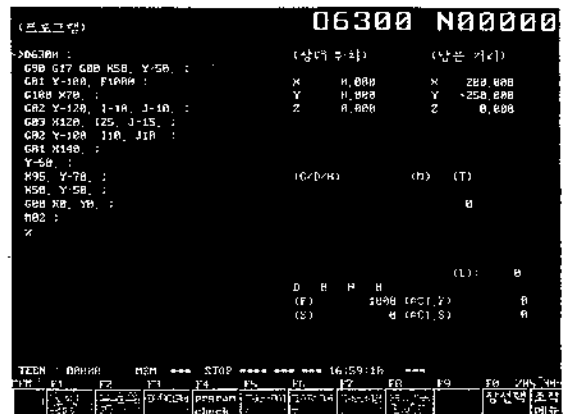
5. CNC 메뉴 시스템

삼성 CNC는 8개의 메인 메뉴를 갖고 있으며, 각각의 메뉴들은 서브 메뉴로 구성되어 전체적으로는 트리(Tree) 구조를 갖고 있어 사용자가 편리하게 메뉴 변경을 할 수 있도록 되어 있다. 〈그림 4〉는 8개의 메뉴 중 프로그램체크 메뉴를 나타낸 그림이다.

각 메뉴의 대략적인 기능은 다음과 같다.

-현재위치

현재위치는 기계좌표계, 절대좌표계, 상대좌표계 그



〈그림 4〉 삼성 CNC 메뉴 시스템의 일례

리고 가야할거리 등이 표시된다.

-프로그램

프로그램 메뉴는 NC 가공프로그램의 입력, 편집, 삭제등을 할 수 있고 파일의 목록을 볼수있다.

-웍셋

웍셋 메뉴는 공구에 대한 정보 즉, 길이,반경에 대한 데이터를 저장하는 공구보정량과 가공물의 기준점을 설정하는워크(work) 원점 웍셋량으로 구성되어 있다.

-프로그램 체크

이 메뉴는 자동운전에 의해 프로그램이 수행될때 실행되고 있는 블럭을 표시해 주고 현재 실행되고 있는 블럭의 모달(Modal) 값을 표시해 준다.

-셋팅(Setting)

셋팅 메뉴는 파라메타와 지역변수, 공구수명 관리 데이터등을 설정, 변경할수 있다.

-서비스(Service)

서비스 메뉴는 파라메타, PLC 구성, 기계측의 I/O 접점 상태 감시를 위한 PLC 진단등으로 구성되어 있다.

-메세지(Message)

이 메뉴는 가공프로그램 수행시 프로그램오류나 이상 상태 발생시 알람이 발생 하거나 사용자가 원하는 메시지를 표시 하고자 할때 그에 해당하는 내용을 표시 해준다.

-그래픽

NC 프로그램의 검증을 하기 위해 공구가 움직이는 경로를 묘화해준다. 솔리드 그래픽은 실제가공과 동일하게 3차원,입체적으로 동일하게 묘화한다.

6. 주요 CNC 기능

삼성 CNC의 주요 기능으로는 공구경보정, 미러(Mirror) 이미지, 확대/축소,좌표회전, 도형 복사, 구멍 가공 사이클(cycle), 커스텀 매크로(Custom Macro), 각종 보간 기능 및 그래픽등이 있다.

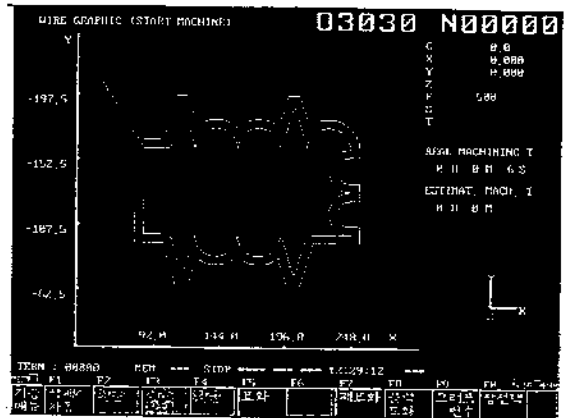
-공구경보정

공구의 진행방향에 대해 좌측 및 우측 보정을 행하며, 보정중에 공구간섭이 발생할 경우 파다절삭이 발생하면 절삭전에 알람을 발생한다.

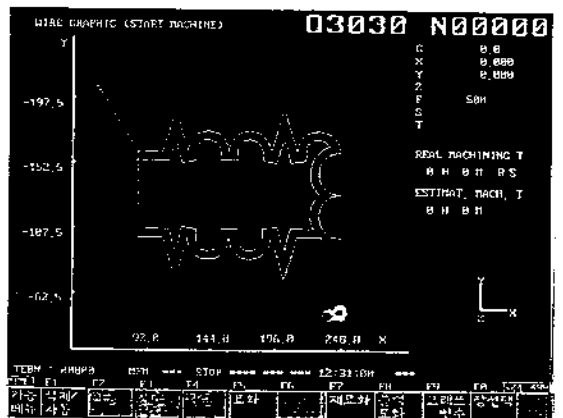
이동이 없는 블럭이 존재할때는 다음 블럭을 참조하여 공구경로를 재계산하게 되는데, 이동이 없는 블럭이 연속하여 2 블럭이하 존재할 때는 정상적인 보정된 공구경로가 생성되며 3 블럭이상일 경우는 별도 처리된다. <그림 5>, <그림 6>은 공구경 보정의 일례를 나타낸 그림이다.

-Custom Macro

사칙연산 및 삼각함수의 계산이 가능하며 기타 여러가지 제어지령(for, while, if, goto)이 가능하다. 또한 커스텀 매크로(Custom Macro)가 사용가능한 변수로 지역변수(33개), 공통변수(600개), 시스템변수등이 준비되어 있다. 사용자는 위의 기능 및 변수들을 이



<그림 5> 공구경보정(우측보정)



<그림 6> 공구경보정의(좌측보정)

용하여 원하는 가공형상을 쉽게 프로그래밍 할 수 있다.

<그림 7>은 Custom Macro를 이용하여 데이퍼진 트랙외측 가공의 일례를 나타낸다.

-미러 이미지, 도형복사, 확대/축소, 좌표회전

<그림 8>은 도형복사, 좌표회전, 확대, X-Y축에 대한 미러 이미지 기능을 나타낸 그림으로서 공작물 가공시 편리하고 간단하게 가공 프로그램을 작성할 수 있다.

-각종 보간 기능

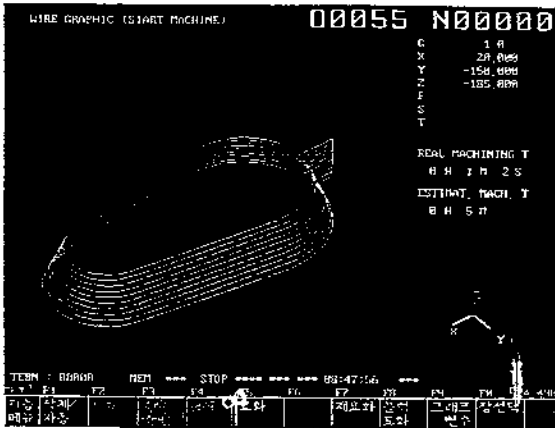
급속이송, 직선보간, 원호보간, 헬리컬(Helical)보간, 인볼류트(Involute)보간,스플라인(Spline)보간등이 준

비되어 있다. <그림 9>는 기어 가공에 많이 사용되는 인볼류트보간의 일례를 나타낸다. <그림 9>에서 보듯이 공구경보정을 포함하고 있다.

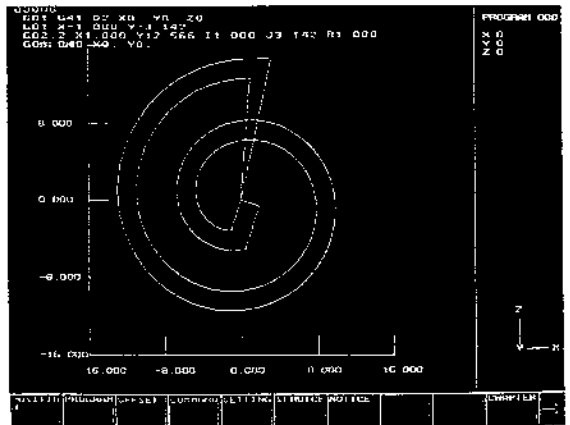
-와이어 그래픽

실제 공작물을 가공하기 전에 NC 프로그램을 와이어 그래픽상에서 공구궤적을 묘화해 봄으로써 공구궤적에 대한 검증이 가능한 기능이다. 그래픽 기능으로서 2/3차원 묘화, 정면도, 평면도, 측면도 묘화, 세부 확대 묘화등이 준비되어 있다.

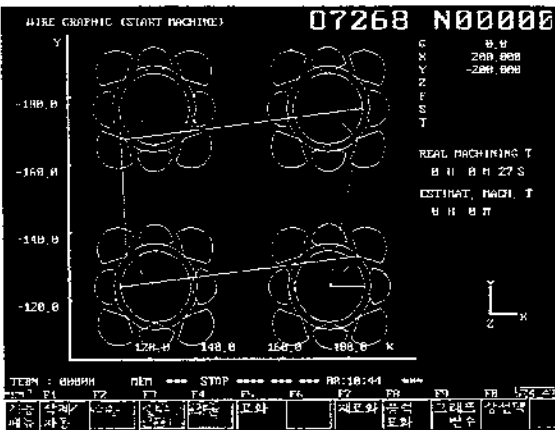
<그림 10>은 와이어 그래픽의 일례를 나타낸 그림이다.



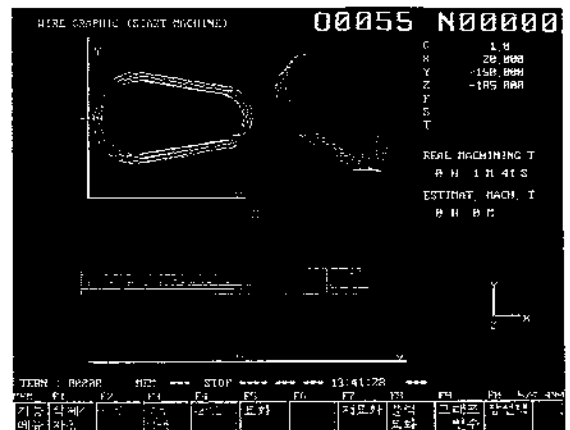
<그림 7> Custom Macro를 이용한 가공 일례 (데이퍼진트랙외측가공)



<그림 9> 인볼류트 보간(공구경보정 포함)



<그림 8> 좌표회전, 도형복사, 확대/축소, 미러 이미지 기능의 일례



<그림 10> 와이어 그래픽 기능의 일례

—솔리드 그래픽

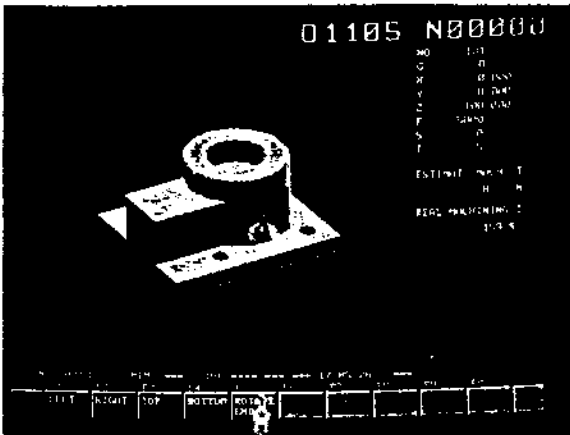
실제 가공물과 동일한 형상을 3차원으로 묘화하는 기능으로서 회전, 확대/축소, 정면도, 평면도, 측면도, 단면보기, 가공프로세스보기 기능등이 준비되어 있다.

〈그림 11〉은 솔리드 그래픽의 일례이고, 〈그림 12〉는 단면보기의 일례를 나타낸다.

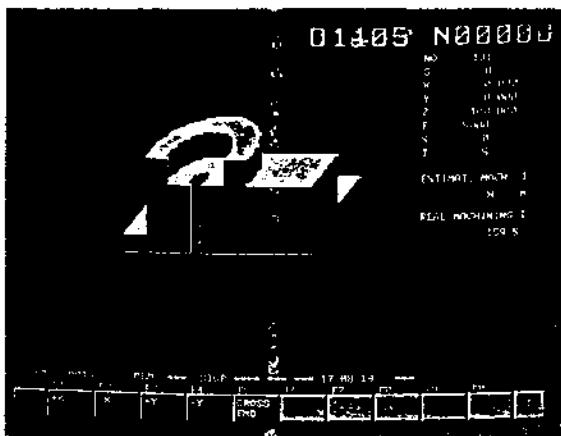
7. 운동 제어 시스템

(Motion Control System)

사용자가 작성한 NC 가공 프로그램을 가공 프로그



〈그림 11〉 솔리드 그래픽의 일례



〈그림 12〉 솔리드 그래픽에서 단면보기의 일례

램 해석기가 해석하여 보간의 종류, 이송속도 (Feedrate), 공구경보정 데이터 M.S.T 코드등으로 분류하여 운동제어 DSP에 넘기면 가공이 시작된다.

운동 제어부에서는 상기 데이터를 받아 보간, 가속 및 위치 제어를 행하여 가공 프로그램대로 가공을 실행한다.

본 장에서는 삼성 CNC의 보간 시스템, 자동가감속, 백래쉬(Backlash)보정 방법등에 대해 설명한다.

—보간 시스템

삼성 CNC는 2단계 보간 시스템으로 되어 있다. 즉, 메인 CPU에서는 8msec마다 보간의 종류에 따라 러프 (Rough) 보간을 행하여 〈그림 13〉에서와 같이 (Po... Pn)데이터를 만들고 가감속을 행하여 (x0'...xn'), (y0'...yn')데이터를 생성한다.

이때, (Po...Pn)에 대하여 가감속을 행하여 각축으로 매핑(Mapping)하면 보간전 가감속이라 한다.

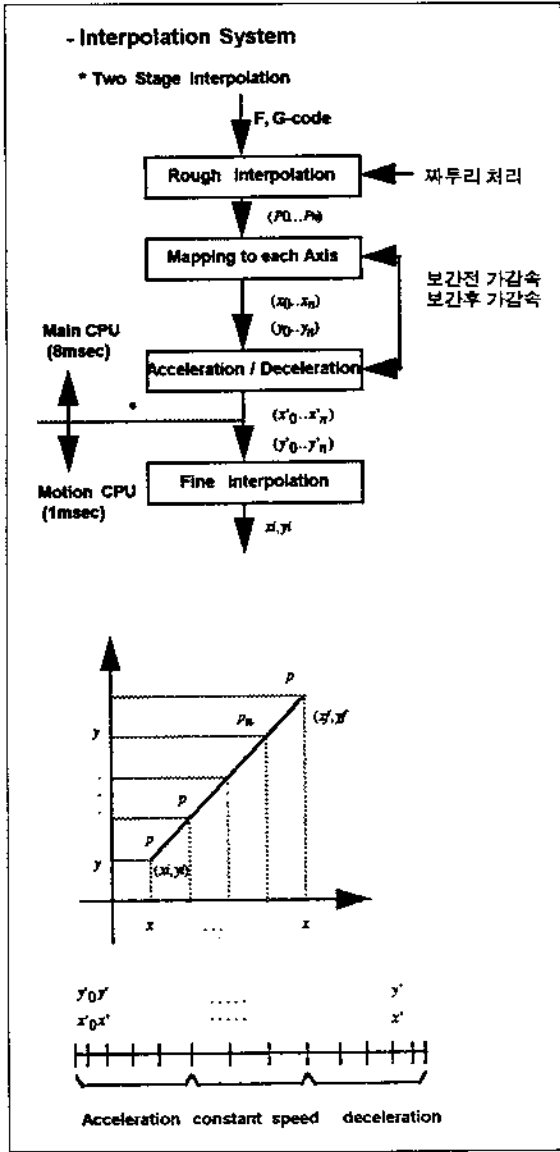
보간후 가감속을 행하면 후술하는 바와 같이 가감속 자체가 저역 필터(Low pass filter) 역할을 하기 때문에 각축에 지연이 발생하여 형상오차가 발생하는 단점이 있고, 보간전 가감속은 형상오차는 발생하지 않지만 보간하려는 직선, 원, 혹은 곡선의 길이를 정확히 계산해야만 한다. 직선이나 원의 경우에는 간단한 계산으로 길이를 구할 수 있으나 인볼류트, 스플라인과 같이 복잡한 곡선은 길이를 정확히 구하기 어렵고 또한 계산 시간이 많이 소요된다.

삼성CNC에서 제공하는 보간기능은 모두 보간전 가감속을 사용하여 형상오차 발생을 방지하였다.

메인 CPU에서 8msec 마다 계산된 증분량 (Xo'... Xn'), (Yo...Yn')을 운동제어 DSP 가 받아 다시 1msec로 보간을 수행하여 1msec마다 각축의 위치명령 (Xi, Yi)를 생성한다.

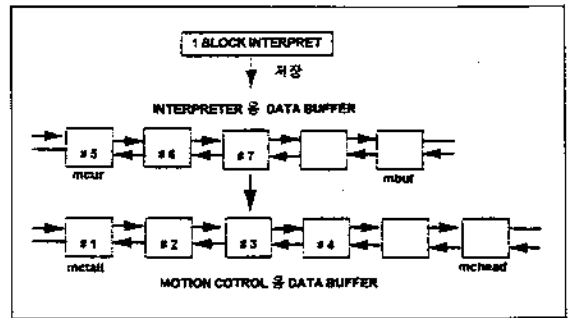
—가공프로그램 해석기와 운동제어기와의 데이터 수수관계

3차원 자유곡면 가공시 CAD/CAM에 의해 미소블럭으로 분해하여 가공을 행한다. 이때 각각의 블럭마다 이송해야 할 거리는 매우 짧기 때문에 프로그램 해석기에서 다음 블럭을 해석하기 전에 현재 이동중인 블럭이 종료되면 각축은 정지한 후 해석기에서 다음



〈그림 13〉 삼성 CNC의 보간 시스템

블럭의 해석을 종료한 후 다시 각축이 구동이 되기 때문에 가공정도에 악영향을 미친다. 이를 방지하기 위해 2장에서도 지적했듯이 해석기 전용의 CPU가 필요하고 현재 개발중에 있다. 또한 해석기와 운동제어기간에 데이터를 수수하는 방법을 〈그림 14〉와 같이 원형 큐(Circular Queue)형태로 하여 각축을 구동하기 전에 미리 23개의 블럭까지 미리 해석하여 버퍼에 저장



〈그림 14〉 해석기와 운동제어부의 데이터 수수관계

한후 각축을 구동하도록 하여 미소블럭 연속가공시에도 고속가공이 가능하도록 하였다.

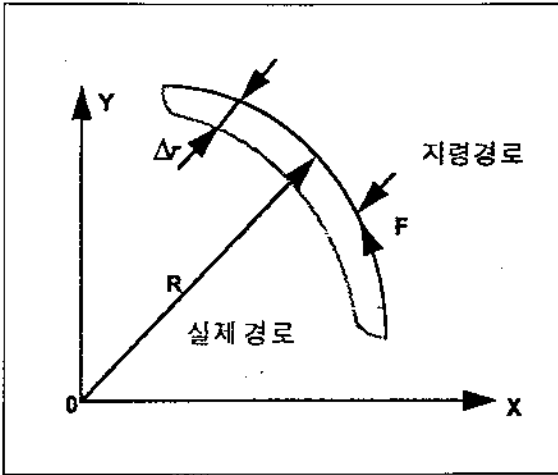
해석기용 데이터버퍼와 운동제어용 데이터버퍼에 저장되는 내용은 아래와 같다.

- * 해석기용 데이터 버퍼
 - 각 코드의 모달 정보
 - custom macro 정보
 - 고정 사이클 데이터
 - 공구경보정 데이터
 - 목표위치 데이터
- * 운동제어용 데이터 버퍼
 - 보간종류(G01,G02,G03...)
 - 원점복귀기능
 - 보간평면(G17,G18,G19)
 - 목표위치 데이터
 - 원호중심,반지름
 - 이동의 유무
 - 블럭 코너(Corner)에 대한 속도제어 지령
 - M,S,T 코드

—자동가감속

각축을 구동하는 서보모터를 급속하게 기동 또는 정지시키면 기계에 충격을 주게되어 위치정도와 가공정도에 악영향을 미치게 된다. 이때문에 서보모터의 지령에 가감속을 행한다. 그러나 가감속제어 방식에 의해 가공시의 형상오차가 다르게 된다.

〈그림 15〉는 보간후 가감속을 행한 경우 가감속 종류에 따라 형상오차를 나타낸 그림으로서 S-자 가감



가감속 종류	가 공 오 차
지수 가감속	$\Delta r = (F^2 \cdot T^2) / 2R$
직선 가감속	$\Delta r = (F^2 \cdot T^2) / 24R$
S-자 가감속	$\Delta r = (F^2 \cdot T^2) / 48R$

F: 이송속도 (MM/MIN)
 R: 반경 [MM]
 T: 가감속 시정수 [SEC]

(그림 15) 원호보간의 경우 보간후 가감속에 의한 형상오차

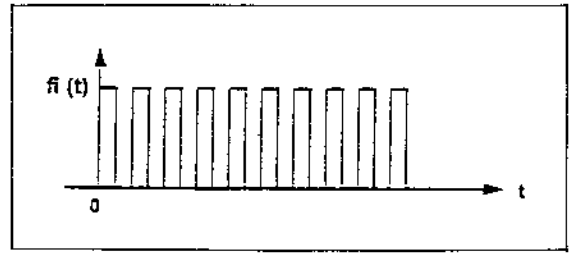
속을 사용한 경우 형상오차가 최소로 됨을 알수 있다. 또한 앞에서 설명한 보간전 가감속은 보간을 행하는 접선방향의 속도에 가감속을 행하기 때문에 가감속에 기인하는 형상오차는 존재하지 않지만 복잡한 계산이 필요하고 각축 방향의 속도 성분을 보면 이동방향이 변화하는 블럭에서는 감속을 해야할 필요가 있다.

- 직선가감속

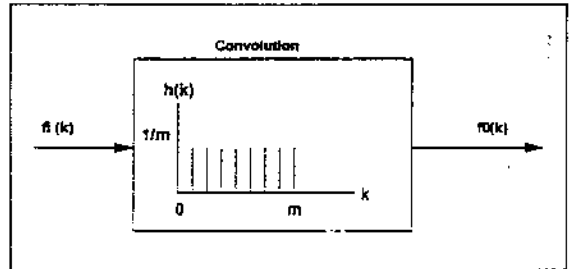
<그림 16>에서와 같이 가감속 하기전의 이동량을 $f_i(k)$ 와 <그림 17>과 같이 컨볼루션하면 직선가감속 특성을 가진 출력 $f_o(k)$ 가 얻어진다. 한편, Z영역에서 임펄스 전달함수(Impulse Transfer Function) $H(z)(F_o(z)/F_i(z))$ 을 표시하면 다음과 같다.

$$H(z) = (1 - Z^{-m})/m(1 - Z^{-1})$$

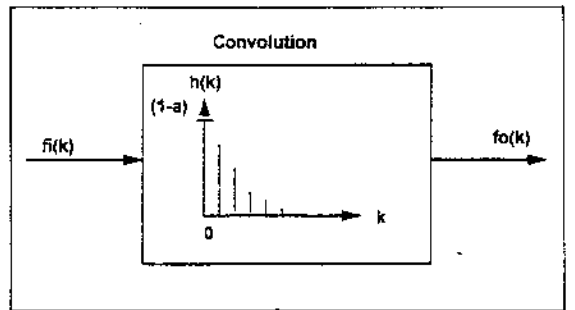
따라서 f_i 와 f_o 의 관계는 다음의 리커시브 방정식



(그림 16) 가감속 알고리즘의 입력



(그림 17) 직선가감속의 블럭선도



(그림 18) 지수함수 가감속의 블럭선도

(Recursive Equation)으로 나타낼수 있다.

$$f_o(k) = [f_i(k) - f_i(k-m)]/m + f_o(k-1)$$

이 경우 샘플링 주기가 T_s 로 주어지면 가감속시간 $t_{acc/dec}$ 는 다음의 관계식에 의해 결정된다.

$$t_{acc/dec} = m \cdot T_s$$

- 지수함수 가감속

<그림 16>의 f_i 를 <그림 18>과 같이 컨볼루션하면 지수함수의 특성을 가진 출력 f_o 를 얻을수 있다. <그림 18>의 임펄스 전달함수를 Z영역에서 나타내면 다음과 같이 주어진다.

$$H(z) = z(1-a)/(z-a)$$

따라서 f_1 와 f_0 의 관계는 다음의 방정식으로 주어진다.

$$f_0(k) = (1-a)[f_1(k)-f_0(k-1)]+f_0(k-1)$$

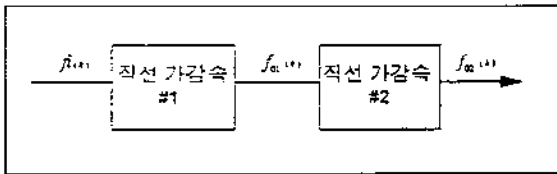
여기서, a 는 가감속 시정수를 결정하는 상수이다.

-S-자 가감속

직선가감속을 2단 연속하여 수행하면 S-자 가감속 출력을 얻을 수 있다. 또한 직선가감속을 연속하여 수행하면 Central Limit Theorem(CLT)에 의해 Envelope 이 Gaussian 함수 즉, 파라볼릭 Envelope을 갖는 함수에 수렴하게 된다. S-자 가감속인 경우 수식표현은 아래와 같이 된다.

$$f_{01}(k) = [f_1(k)-f_1(k-m_1)]/m_1+f_{01}(k-1)$$

$$f_{02}(k) = [f_{01}(k)-f_{01}(k-m_2)]/m_2+f_{02}(k-1)$$



〈그림 19〉 S-자 가감속 블럭선도

-상세 보간(Fine Interpolation)

메인 CPU에서 8msec 마다 지령된 위치증분량을 운동 DSP에서 다시 1msec 마다 보간을 행하여 각축의 위치명령을 생성한다.

1msec 마다의 보간방법은 아래와 같다. 〈그림 20〉은 S-자 가감속을 행한 경우 1msec 보간을 행한 결과이다.

$$P(n,i) = n \cdot M / N - M/2N + i \cdot M/N^2$$

MTp : Main Sampling Time

Tp : Position Loop Sampling Time

M : MTp 마다의 이동증분량

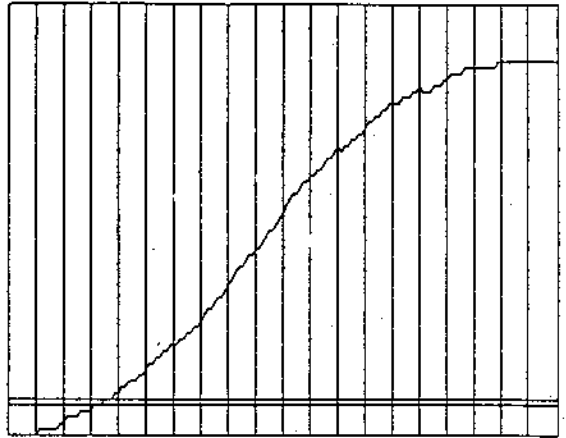
n : 1,2,... (MTp마다)

i : 1,2,...N(Tp마다)

N : MTp/Tp

-백래쉬(Backlash) 보정 방법

기계계의 이송을 행하는 볼스크류(Ball Screw)에 백래쉬가 존재하면 방향반전시 이 백래쉬가 가공정도에



〈그림 20〉 S-자 가감속인 경우 1msec 보간후의 파형

악영향을 미치게 된다. 따라서 원호보간시 상한이 변하는 곳에서 들기가 발생하는 원인이 된다. 〈그림 21〉은 서보계를 간략화한 블럭선도이다.

〈그림 21〉에서 원호보간시 위치명령 Pr(t)는 정현파 형태로 되기 때문에 아래의 식이 성립한다.

$$Pr(t) = A \cos \omega t$$

$$\dot{Pr}(t) = K_p(Pr(t)-Pf(t))$$

$$= -K_p Pf(t) + K_p \cos \omega t$$

$$Pf(t) = A [(K_p^2/(K_p^2 + \omega^2))(K_p \cos \omega t + \omega \sin \omega t) - c \exp(-K_p t)]$$

c : 초기값

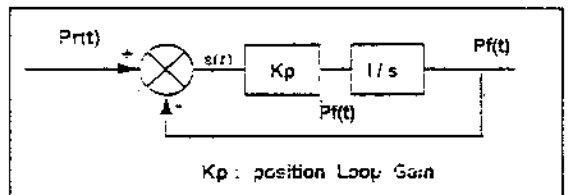
정상상태에서의 $\epsilon(t)$ 는 아래와 같이 된다.

$$\epsilon(t) = A \cos \omega t - ((AK_p)/((K_p^2 + \omega^2)) \cdot (K_p \cos \omega t + \omega \sin \omega t))$$

보통의 절삭에서 위치제어 루프게인 $K_p = 30$, $\omega = 0.1$ 정도이기 때문에 아래의 식이 성립한다.

$$K_p^2 + \omega^2 = K_p^2$$

$$\epsilon(t) = - (A/K_p) \omega \sin \omega t$$



〈그림 21〉 서보계의 블럭선도

방향 반전시 ωt 는 1에 비해 충분히 작기 때문에 $\sin \omega t = \omega t$ 가 성립하고, 그결과 방향반전 시점을 t_0 라하면 아래의 식이 성립한다.

$$e(t) = -((A/K_p)\omega^2) \cdot (t-t_0)$$

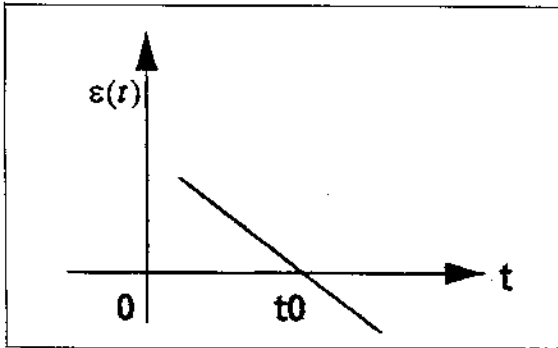
<그림 22>는 방향반전시 백래쉬가 없는 경우의 위치편차 $e(t)$ 를 나타낸 그림이다.

그러나 백래쉬가 존재하는 경우 (X축 : $39\mu\text{m}$, Y축 : $30\mu\text{m}$)의 실제 방향반전시의 X, Y축의 위치편차는 <그림 23>과 같이 된다.

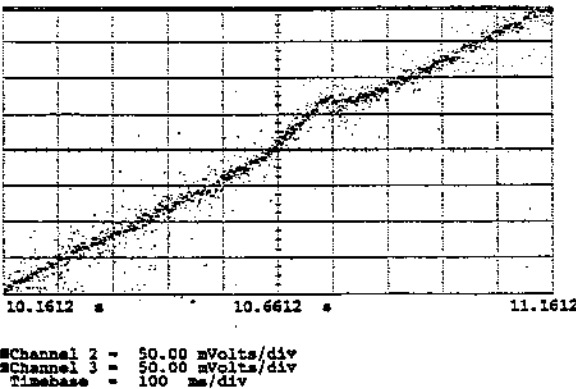
그리고, 백래쉬가 존재하는 경우의 원호가공 결과는 <그림 24>와 같이 된다. <그림 25>는 백래쉬보정 후의 원호가공결과를 나타낸 그림이다.

7. 적용결과

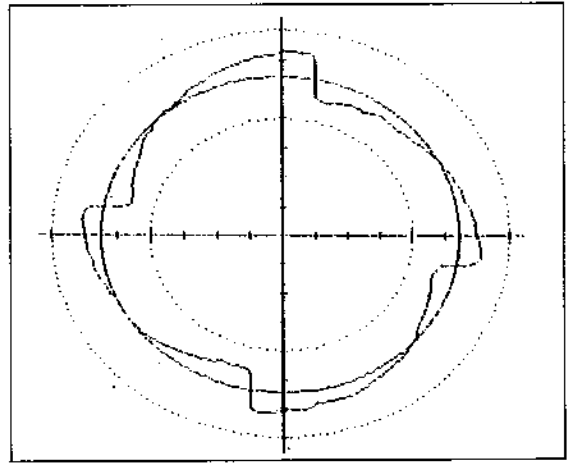
<그림 26>, <그림 27>은 <표 1>에 나타낸 공작기계



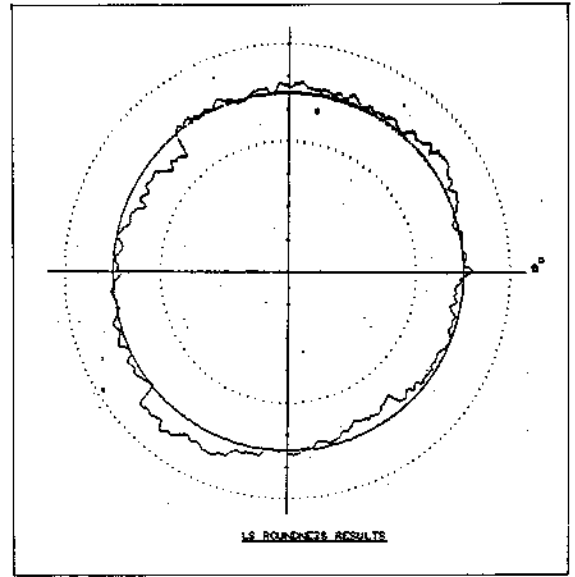
<그림 22> 백래쉬가 없는 경우의 위치편차



<그림 23> 백래쉬가 존재하는 경우의 위치편차값 추이



<그림 24> 백래쉬가 있는 경우(X축: $39\mu\text{m}$, Y축: $30\mu\text{m}$)의 원호가공 결과

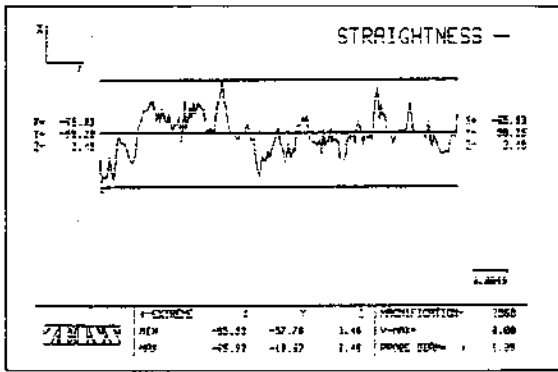


<그림 25> 백래쉬 보정후 원호가공 결과

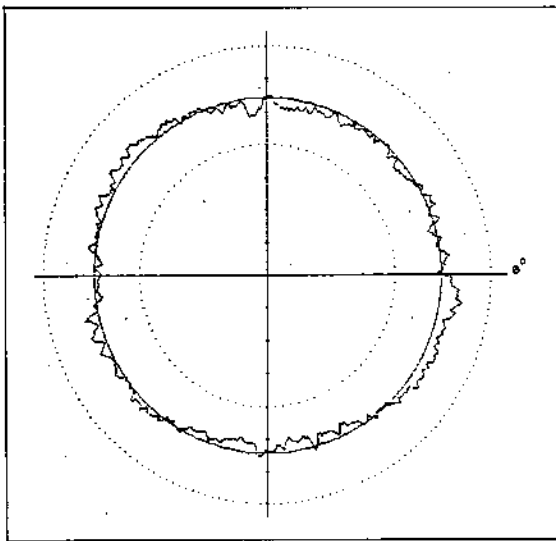
에서 삼성 CNC를 적용하여 직선 및 원호를 가공하여 진직도 및 진원도를 측정 한 결과이다. 진직도는 $3.1\mu\text{m}$, 진원도는 $6.35\mu\text{m}$ 이다.

8. 결론

최신의 최고속 32bit CPU 및 DSP를 사용한 멀티프



(그림 26) 진직도 측정결과 (진직도 : 3.1 μ m)



(그림 27) 진원도 측정결과 (진원도 6.35 μ m)

(표 1) 테스트용 공작기계 사양

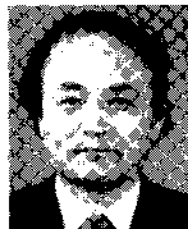
테이블 작업면 영역	400mm × 300MM
X축 방향 이동거리	300mm
Y축 방향 이동거리	200mm
Z축 HEAD 상하 이동거리	200mm
절삭 이송속도(Z)	1-200mm/min
급속 이송속도(X/Y)	15m/min
(Z)	12m/min
주축모터	
주축회전수	AC 15KW-4P
이송 motor(X/Y/Z)	0.4KW
위치결정 정도	0.01 full stroke
반복 위치결정 정도	±0.005mm

로세싱 하드웨어 시스템에 자체개발한 Multi-Tasking Kernel에 의한 CNC 소프트웨어가 개발하였으며 고속, 고정도 가공을 위한 운동제어시스템을 개발하였다.

현재, 해석기 전용의 RISC 프로세싱 시스템 및 Full 디지털 서보 시스템을 채용하여 보다 고속, 고정도 가공을 위한 개발 작업을 수행하고 있다.

참고문헌

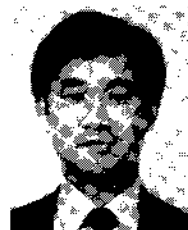
1. 송진일, 김동일, 김성권 외 7인, 삼성 CNC의 개발 및 적용, 제 3회 CNC 콘트롤러 워크샵, 제어계측 신기술 연구센터(1994)
2. Koren Y., Computer Control of Manufacturing System, McGraw-Hill, New York(1988)
3. FANUC, FANUC Series 15M-A Operator's Manual (1991)
4. SAMSUNG, SAMSUNG CNC Operator's Manual (1994)
5. 김동일, 송진일, 김성권 산업용 로봇과 CNC 공작기계를 위한 소프트웨어 가감속 방법, 대한 전기 학회 논문지 4권 5호 (1992)



김성권(金成權)

1949년 8월 1일생
1972년 동아대 공대 기계공학과 졸업
1976년 (주)금성사 근무
1984년 국방과학연구소 선임 연구원
1986년 Univ. of Minnesota 기계공학과 졸업(석사)

1988년 Univ. of Minnesota 기계공학과 졸업(공학)
현재 삼성전자 자동화연구소 소장



김동일(金東日)

1959년 6월 13일생
1982년 서울대공대 제어계측공학과 졸업
1984년 동 대학원 제어계측공학과 졸업(석사)
1989년 동 대학원 제어계측공학과 졸업(공학)

현재 삼성전자 자동화연구소 제어기술 연구팀장