삼성전자 자동화연구소 제어기 개발현황

김 성 권

삼성전자(주) 자동화연구소

1. 머리말

오늘날 산업현장에서는 생산력증가와 제품품질향상의 문제가 대두됨에 따라 생산자동화에 관심이 집중되고 있다. 산업현장에서 사용되고 있는 대부분의 자동화시스템들은 특정 제품만을 생산할 수 있도록 각 기계마다 결정된 기능만을 수행하는 라인으로 구성되어 있다. 이러한 자동화시스템은 소비자요구의 다양화에 따라 생산체제가 대량 생산에서 다품종 변량생산형태로 변환되고 있는 최근의 상황에서는 생산성에 있어 큰 낭비를 초래하게 된다. 최근 들어 이러한 문제점을 해결하기 위한 해결책으로 산업용로봇, 표면실장기, 검사조정기, CNC공작기계와 같은 유연한 생산수단을 구성요소로 한 셀(cell)단위 자동화가 대두되었다. 자동화시스템을 셀의 집합으로 실현하면 셀수의 증감이나 셀의 지능화에 의하여 다품종 변량생산에 유연하게 대응할 수 있다. 이러한 형태의 자동화시스템은 중소기업에서 대기업에 이르기까지 규모에 맞는 자동화에 대처할 수 있으며, 수십개의 셀이 도입된 대규모 시스템의 경우 무인반송차나 자동창고를 도입하여 호스트컴퓨터(host computer)와 네트워크(network)을 구성하여 CIM의 형태까지 진화시킬 수 있다.

유연한 생산시스템을 가능하게 하는 산업용로봇, 표면실장기, CNC공작기계 등의 개발은 기계, 전기, 전자, 전산, 제어 등에 관련된 기술들을 복합적으로 요구한다. 뿐만 아니라, 산업 현장에서 단순반복작업의 단계를 넘어 복잡한 고도의 작업이 요구됨에 따라 자기진단기능, 사용자편이성, 프로그램의 용이성, 시각을 비롯한 다양한 센서의 지원, 자동프로그래밍기능에 대한 기술들도 요구하게 되었다. 국내에서는 10여년 전부터 산업용로봇, 표면실장기, CNC공작기계와 이들을 제어하기 위한 제어기의 국산화를 추진해 왔으나 외부잡음에 대한 불안정 등 제어기 자체의 신뢰성에 대한 경험미숙으로 상품화에 성공한 예가 극히 드문 것으로 알려져 왔다. 그러나 최근 들어 실제 현장에 적용하여 발생한 문제들을 해결하여 신뢰성을 확보한 국내 최초 순수 독자 기술의 산업용로봇, 표면실장기, 검사조정기, CNC공작기계와 제어기들이 상품화되어 실용화되고 있다[1]. 이와 더불어 현장에서 요구되는 기능과 성능이 더욱 다양해지고 복잡해짐에 따라 개발한 제어기들의 기능과 성능의 향상을 위해 지속적인 투자가 이루어지고 있다.

이 글에서는 국내산업에서 최대의 비중을 차지하고 있는 전자산업의 국제경쟁력을 자동화를 통하여 달성하기 위하여, 삼성전자 자동화연구소가 개발하여 상품화시킨 산업용로봇제어기, 이를 모태로 개발되어 상품화된 표면실장기 및 CNC공작기계제어기들에 대하여 소개한다. 그리고 이러한 제어기들와 관련하여 앞으로 개발하여야 할 분야에 관한 기술 및 연구분야를 살펴보고자 한다.

2. 로봇제어기개발현황

2.1 SCARA 및 직교좌표 로봇제어기

전자산업에서 PCB 조립자동화와 메카니즘조립자동화분야에 가장 많이 사용되는 로봇은 주로 4축으로 구성되며 구조상으로 볼 때 SCARA 타입과 직교좌표타입이 주종을 이룬다. 이러한 로봇들을 제어하기 위해 개발한 SCARA 및 직교좌표 로봇제어기는 시점에 따라 1989년 7월에 개발완료되어 500여대 생산후 1991년초에 단종된 Version 2.0제어기와 1991년 2월에 개발완료되어 현재까지 2000여대가 생산되었고 금년 3/4분기부터 단종예정인 Version 3.0제어기로 구분된다[2]. 생산된 로봇과 제어기들은 삼성전자의 이

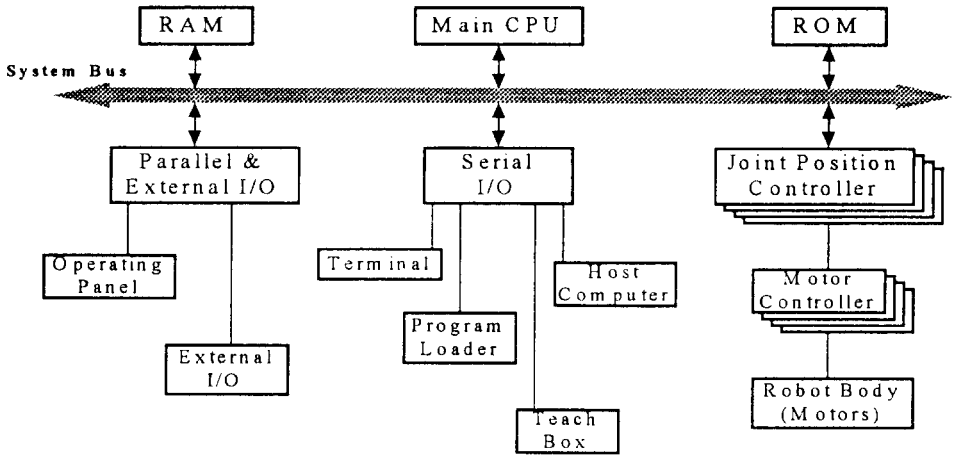


그림 1. Version 2.0 로봇제어기 구조

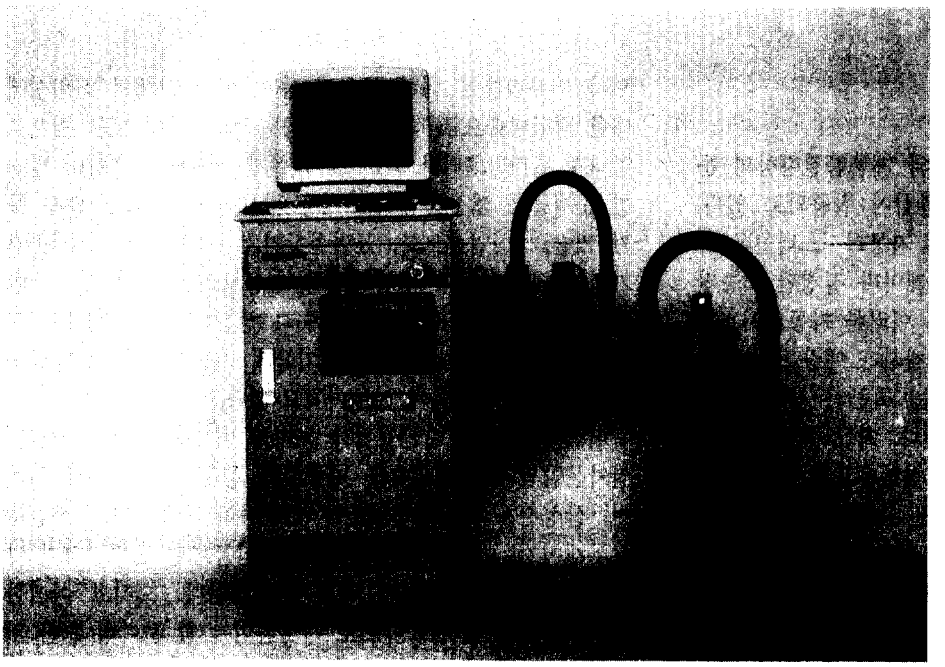


그림 2. SCARA 로봇 SS2과 Version 2.0 로봇제어기

형부품삽입라인, VTR deck 조립라인, 자동나사체결기, 자동납땜기 등을 비롯한 기타 PCB 및 메카니즘조립라인에 사용되어 생산성향상과 다품종 변량생산에 크게 공헌하고 있다.

Version 2.0 로봇제어기는 그림 1과 같은 구조를 가지고 있으며, 주제어시스템은 Intel 사의 16bit 마이크로프로세서 8086(5Mhz)/코프로세서 8087을 사용한 CPU부분, 128KB의 ROM과 128KB의 RAM으로 구성된 메모리부분, 외부통신을 위한 3개의 RS232 serial port 부분, 주요 기능을 간단하게 실현할 수 있게 한 panel 제어부 및 주변장치제어를 위한 입력 24점, 출력 16점의 I/O부분으로 구성되어 있다. 그리고 각 관절을 구동하는 모터의 위치제어를 행하는 관절위치제어기(joint position controller)는 8bit 마이크로프로세서 Z80H를 CPU로 사용하고 있으며, 1개의 관절위치제어기가 1개의 모터의 위치를 제어하도록 설계되어 있는 관절 위치제어의 측면에서 볼 때 분산제어의 형태를 가지고 있다. 주제어시스템과 관절위치제어기는 병렬 I/O port를 통한 interrupt 방식에 의해 서로 교신하며, 주제어 시스템은 앞서 언급한 serial port에 연결된 terminal, 교시상자 또는 프로그램의 down loading을 가능하게 하는 program loader를 통하여 사용자와 서로 통신하게 되어 있다. 한편 Version 2.0 로봇제어기는 최대 999개의 위치데이터를 사용할 수 있고, 최대 32개의 사용자 프로그램을 저장할 수 있다. 그림 2는 SCARA 로봇 SS2와 Version 2.0 로봇제어기를 나타내고 있으며, 표 1은 Version 2.0 로봇제어기의 주요사양을 보이고 있다.

그림 3과 그림 4에 도시된 Version 3.0 로봇제어기는 Version 2.0 로봇제어기의 기능 및 성능을 개선하기 위하여 개발되었으며, Version 2.0 로봇제어기의 단종과 함께 현재까지 삼성전자의 SCARA 및 직교좌표 로봇제어기의 주종을 이루어 왔다. Version 2.0 로봇제어기에 대하여, Version 3.0 로봇제어기가 가지는 특기할 만한 기능 및 성능상의 개선사항은 다음과 같이 들 수 있다.

(1) 관절위치제어기의 위치제어 성능을 향상시키기 위하여 16bit 마이크로 프로세서 8086을 CPU로 채택하여 4개의 Z80 CPU에 의해 연산되던 4축 모터 위치제어 알고리듬을 반으로 줄어든 시간내에 2개의 8086 CPU로 가능하게 하였다. 따라서 위치제어는 1개의 CPU가 2개의 모터 위치제어를 담당하는 반 분산제어의 형태를 가지고 있다.

(2) 주제어시스템과 관절위치제어기 사이의 고속 교신을 위하여 DPR(Dual Port RAM) 통신 방법을 채택하였다.

(3) 교시상자에 LCD display를 장착하여 위치 데이터 교

표 1. Version 2.0 로봇제어기의 주요사양

항 목	사 양
CPU	16BIT i8086 + 8BIT Z80H
재생 방식	PTP, 직선 CP
제어 축수	4축 동시 제어
MEMORY 용량	ROM : 128KB, RAM : 128KB
입출력 점수 I/O	24, 16
교시 방식	REMOTE, MDI, SERVO FREE
자체 진단 기능	BACK UP 이상 여부, OVER LOAD, OVER HEAT, LOW VOLTAGE, HIGH VOLTAGE, RESOLVER OPEN 등
외부 기억 장치	EPROM
제어 기능	COORDINATE OFFSET, SPEED PRESETTING, TIMER OPERATION 등
외형 크기	438(W) × 420(D) × 880(H)
공급 전원	110V, 60Hz
로봇언어	FARAL-1 로봇동작과 포인트 제어, 연산, I/O 프로그램
제어대상로봇	SCARA, 직교좌표로봇

시, I/O 상태 표시, 제어 수동 조작, 현위치 데이터 표시 등을 가능하게 하였다.

(4) 외부 PLC 및 주변기기제어를 위한 기본 I/O 점수를 입출력 각 32점으로 확장하였으며, 필요시 최대 입출력 각 512점으로 확장 가능하게 하였다.

(5) 사용가능한 위치 데이터의 수를 1999개로 확장하였다.

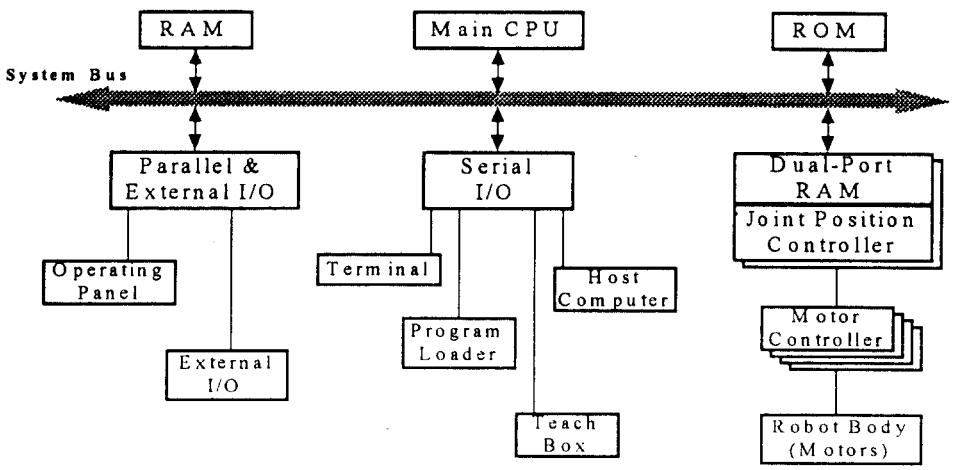


그림 3. Version 3.0 로봇제어기 구조

표 2. Version 3.0 로봇제어기의 주요사양

항 목	사 양
CPU	16BIT i8086 + i8087
재생 방식	PTP, 직선 CP, 원호 CP, ARCH MOTION
제어 축수	4축 동시 제어
MEMORY 용량	ROM : 192KB, RAM : 192KB
입출력 점수 I/O	32, 32
교시 방식	REMOTE, MDI, SERVO FREE
자체 진단 기능	BACK UP 이상 여부, OVER LOAD, OVER HEAT, LOW VOLTAGE, HIGH VOLTAGE, RESOLVER OPEN 등
외부 기억 장치	EPROM
제어 기능	COORDINATE OFFSET, SPEED PRESETTING, TIMER OPERATION 등
외형 크기	560(W) × 434(D) × 325(H)
공급 전원	110V, 60Hz
명령어	FARAL-2 (FARAL-1 + Serial 통신언어, Program Flow Control 언어, 함수 등)
제어대상로봇	SCARA로봇, 직교좌표로봇, 간이형 표면실장기, 사출물 취출로봇

한편, Version 3.0 로봇제어기에서는 양산성을 고려하여 10장의 PCB로 구성되던 Version 2.0 로봇제어기의 주제어 시스템과 관절위치제어기를 3장으로 축소시켜 compact한 구조를 가지게 하였다. Version 3.0 로봇제어기의 주요사양은 표 2에 나타나 있다.

2.2 수직다관절 로봇제어기

SCARA 로봇이나 직교좌표 로봇에 비해 작업영역이 넓고 다양한 형태의 동작을 할 수 있어 용접, 도장 Deburring 등의 복잡한 작업 등에 적용될 수 있는 수직다관절 로봇제어기는 1991년 8월 개발완료되어 생산되던 중 1991년 3월 성능개선되어 현재까지 생산되고 있다. 수직다관절 로봇제어기는 그림 5와 같은 구조를 가지고 있으며, 시스템은 Intel사의 32bit 마이크로프로세서 80486(66MHz)을 사용한 CPU 부분, 64KB의 ROM과 1MB의 RAM으로 구성된 메모리 부분, 외부 통신을 위한 3개의 RS232와 1개의 RS422 ser-

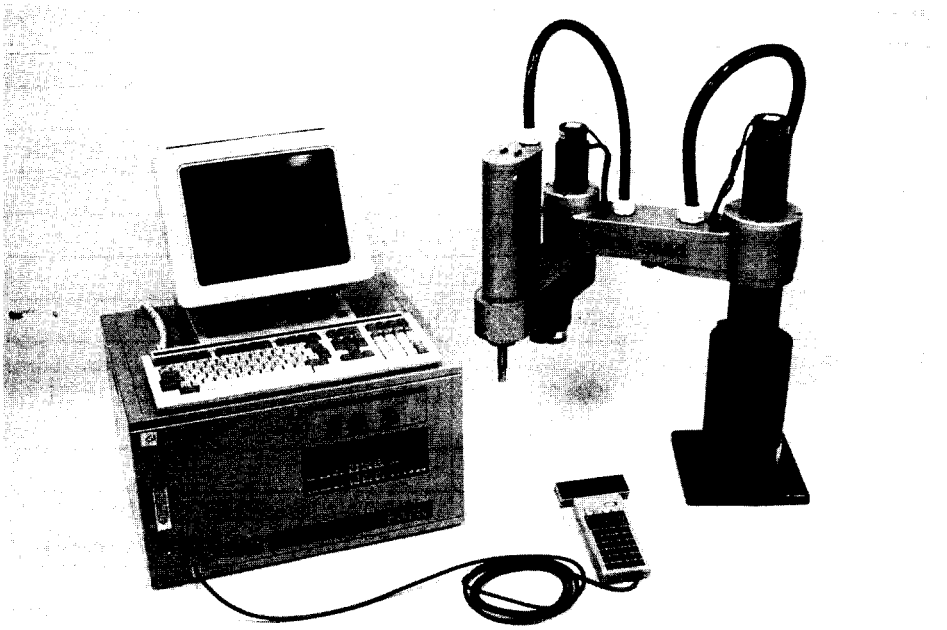


그림 4. SCARA 로봇 SM3과 Version 3.0 로봇제어기

ial Port 부분, 주변 장치 제어를 위한 입력 64점 출력 64점의 I/O 부분으로 구성되어 있다. 그리고 보조메모리 장치로 3.5인치 1.44MB Floppy Disk Drive를 표준으로 사용하고 512Mbyte의 ROM/RAM Drive를 채택하여 프로그램의 보관을 용이하게 하였으며 수시로 변경될 수 있는 각종 제어용 파라메터 및 시스템 파라메터를 저장하게 하고 있다. 그 밖에 40MB 용량의 Hard Disk Drive를 선택사양으로 장착할 수 있게 되어 있다.

한편, 관절위치제어기는 32bit 부동점연산 DSP(Digital Signal Processor) TMS320C31 1개로 6개의 관절에 부착된 모터들에 대한 위치제어를 행할 수 있게 설계되어 있다. 따라서 위치제어는 집중제어형태를 가지고 있다. 그리고 주제어시스템과 관절위치제어기는 DPR을 사용한 상호 통신 방법을 채택하고 있다.

이와 같이 설계된 수직다관절 로봇제어기는 위치 데이터를 1024개까지 사용할 수 있으며, 최대 6000개까지 확장 가능하다. 또한 프로그램은 300KB 범위 내에서 300~1000개까지 저장할 수 있으며, 선택사양으로 내장형 PLC와 시각센서출력을 처리를 위한 비젼보드를 장착할 수 있도록 되어 있다 [3].

이러한 특성을 가진 수직다관절로봇제어기의 주요사양은 표 3과 같으며, 그림 6은 소형 수직다관절로봇과 이에 적용된 제어기를 보이고 있다. 개발후 생산된 수직다관절 로봇제어기는 정격가반중량 3Kg의 소형 수직다관절로봇에 적용되어 삼성전관의 브라운관 흑연도포 라인에 사용중에 있으며, 정격가반중량 50Kg의 이적재로봇에 적용되어 삼성전자 대형 브라운관 이적재라인에 사용되고 있다.

2.3 범용로봇제어기

범용로봇제어기는 소프트웨어와 하드웨어의 표준화를 통하여 앞서 개발한 SCARA, 직교좌표로봇 및 수직다관절 로봇제어기들을 통합 일원화하기 위하여 1994년 10월 개발완료되어 현재 생산되고 있다. 범용로봇제어기는 기존에 생산되고 있는 국내외의 로봇제어기들이 가지고 있는 한계를 극복하기 위하여, 상용화된 실시간 운영체계를 사용하고, 소프트웨어와 하드웨어의 구조를 모듈화하고 표준화시켜 사용자의 요구에 따라 기능과 성능의 확장이 가능한 개방구조를 채택하고 있고, 최대 24축 3대의 로봇을 동시에 독립적으로 제어할 수 있으며, 그 구조는 그림 7과 같다.

기본 사양으로 제공되는 Intel사의 32bit 마이크로프로세

표 3. 수직다관절 로봇제어기의 주요사양

항 목	사 양
제어 축수	최대 6축 동시 제어
외부 입출력 신호	입력 : 32, 출력 : 32(최대 : 512, 512)
기억 용량	3.5"FDD (HDD : OPTION)
CPU	MAIN:80486 JPC:TMS320C31
구동 방식	AC SERVO
위치 검출 방식	RESOLVER
외부 통신 Port	1
TIMER 방식	0.1sec
위치 재생 방식	교시에 의한 위치 재생
PROGRAM 방식	CONSOLE KEY IN 방식
속도 설정	1~100% 고, 중, 저속
외부 통신	RS232C
출력 장치	CRT, PRINTER
보조 기억 장치	HDD, FDD
프로그램 언어	FARAL (FARAL-2+용접언어, 비젼언어, 시스템진단, 파라메터조정언어, 주변장치 제어관련언어 등)

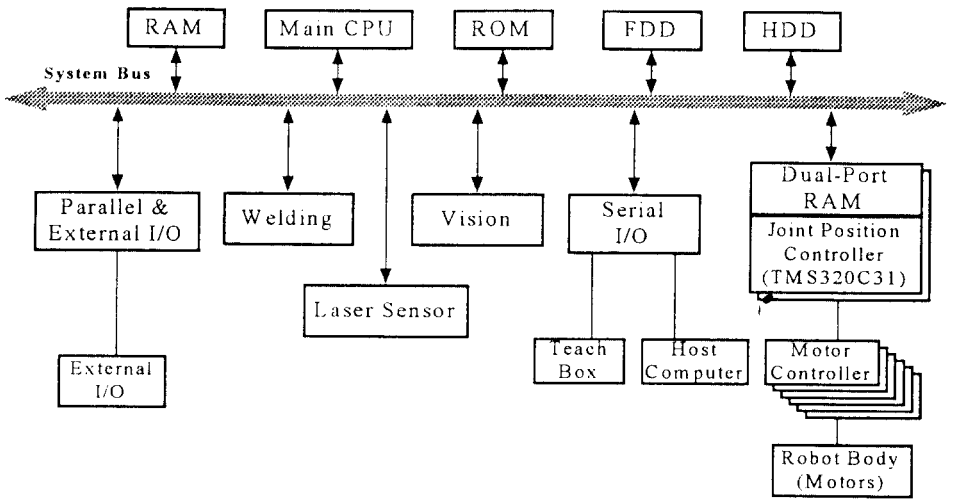


그림 5. 수직다관절 로봇제어기 구조

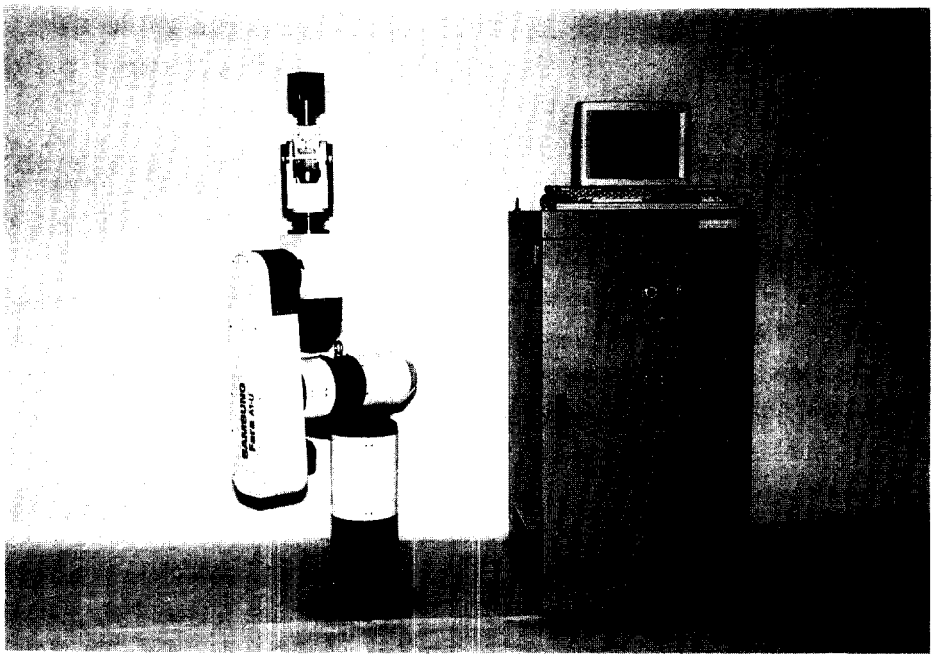


그림 6. 소형수직다관절로봇과 로봇제어기

서 80486(66MHz), 4MB의 ROM과 4MB의 RAM으로 구성되어 있는 주제어보드, 외부 통신을 위한 2개의 RS232와 1개의 RS422 serial port, 3.5인치 1.44MB Floppy Disk Drive 처리부, 시스템디지털제어를 위한 입력 40점/출력 24점, 센서신호를 위한 입력 24점으로 구성된 system I/O 보드, TMS32031을 CPU로 사용하고 전용 ASIC으로 구성된, 4개의 모타의 전류, 속도, 위치를 완전 디지털제어하는 관절위치제어기, 관절위치제어기로부터 펄스폭변조신호를 받아 지능형 파워소자 IPM(Intelligent Power Module)으로 구성되는 인버터부분으로 구성된다.

선택사양으로는 내장형 PLC 보드, mini-MAP 보드, 용접제어보드, 레이저용접센서보드, 증설용 운동제어보드, 확장센서보드, 디지털 I/O보드, 비전보드, VGA보드, 40MB 용량의 Hard Disk Drive들이 제공된다.

한편, 이전의 로봇제어기들에서는 관절에 부착된 모터들에 대한 위치제어를 행할 수 있는 관절위치제어기와 모터의 속도와 전류를 제어하는 모터제어기가 별개의 개념으로 설계되었지만, 범용로봇제어기에서는 관절위치제어기의 기능과 성능을 확장하여 모터의 위치, 속도, 전류를 제어할 수 있도록 설계되어 있다. 그리고 4축이상의 복수대의 로봇을 동시 제어할 경우에도 관절위치제어기의 집중제어형태가 유지될 수 있게 주제어시스템과 관절위치제어기 사이의 소프트웨어와 하드웨어적인 인터페이스가 설계되어 있다 [4].

이와 같이 설계된 범용로봇제어기는 위치데이터를 최대 6000개까지, 프로그램은 320KB 범위내에서 128-1000개까지 저장하여 사용할 수 있으며, 주요사양은 표 4와 같다. 그림 8은 SCARA 로봇과 이에 적용된 범용로봇제어기를 보이고 있다.

2.4 모터제어기

SCARA, 직교좌표 및 수직다관절 로봇제어기에서 관절위치제어기는 주제어시스템에서 연산된 위치경로명령값을 받아 관절 즉 모터의 위치제어를 행하게 된다. 위치제어를 행한 결과값은 각 관절에 부착된 모터의 속도명령값이 되며, 이 값들은 모터 속도제어기에 입력되어 로봇이 원하는 동작이나 작업을 행할 수 있게 한다. SCARA, 직교좌표, 수직다관절 로봇제어기에서의 모터제어기는 아날로그 제어방법을 채택하고 있으며, 모터의 용량에 따라 스윗칭소자로서 MOSFET와 IGBT를 사용하고 있다. 아날로그 모터제어기에서는 이상상태감지 및 처리와 관절위치제어기와의 교신을 위해 8bit one chip 마이크로프로세서 78C10를 사용하고 있다.

범용로봇제어기에서는 모터제어기를 별도로 장착하지 않

표 4. 범용로봇제어기의 주요사양

항 목	사 양
제어 축수	최대 24축 동시 제어
외부 입출력 신호	입력 : 32, 출력 : 32(최대 512, 512)
기억 용량	3.5"FDD (OPTION : HDD)
CPU	MAIN : 80486DX66, JPC : TMS320C31 ROM & RAM
구동 방식	AC SERVO (FULL DIGITAL)
위치 검출 방식	ENCODER
외부 통신 Port	2
TIMER 방식	0.1sec
위치 제어 방식	교시에 의한 위치 재생 (외부통신 편집)
PROGRAM 방식	TEACH PENDANT KEY IN 방식 (OVERRIDE)
속도 설정	1~100% 고, 중, 저속
외부 통신	RS232C, RS422
출력 장치	외부 통신에 의한 출력
보조 기억 장치	HDD, FDD
프로그램 언어	FARAL (FARAL-2 + 용접및 레이저 센서 언어, 시스템진단, 파라메터조정, 주변장치 제어관련언어등)

고, 관절위치제어기가 모터의 위치, 속도, 전류를 완전 디지털제어하고, 최종출력인 펄스폭변조신호를 IPM에 전달하여 모터를 제어하는 방법을 채택하고 있다. 그리고 더욱 정밀하고 동 특성이 향상된 로봇제어 특성을 얻기 위하여, 아날로그 모터제어기에서는 불가능하였던 현대제어이론과 기계구조로부터 기인하는 마찰, 백래쉬등에 의한 부하토오크의 보상알고리듬을 관절위치제어기내의 제어알고리듬에 적용하고 있다. 실제로 이러한 방식의 모터제어는 범용로봇제어기의 크기와 원가를 획기적으로 절감할 수 있게 한다.

2.5 로봇제어기 소프트웨어

앞서 설명한 SCARA, 직교좌표, 수직다관절 로봇제어기 및 범용로봇제어기들의 하드웨어적인 구조는 서로 다르지만, 모두 기본적으로는 동일한 작업을 수행하고 있다. 이들 로봇제어기들의 주제어시스템이 수행하는 기능을 요약하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

(1) key board와 모니터를 통한 사용자 프로그램의 편집, 가동 및 종료
(2) 교시 상자로의 데이터 송수신 및 제어
(3) 외부 I/O 제어, 외부기기 제어 및 PLC 자리 접속용
(4) kinematics, inverse kinematics, path plan 등의 알고리듬을 포함한 로봇언어수행
(5) 로봇제어기 자기고장진단, 이상상태표시 및 처리
(6) 관절위치제어기로의 명령값전송, 모터제어기 등의 상태점검

수직다관절로봇의 경우 이러한 기능 외에도 용접제어, 시각센서를 이용한 로봇제어, 팔레트이적재작업을 수행할 수 있도록 되어 있고 실시간 운영체계상에서 제어알고리듬이 수행된다.

이러한 기능들을 수행하는 주제어시스템의 제어알고리듬은 Version 2.0 로봇제어기의 경우 매 64ms, Version 3.0 로봇제어기의 경우 매 32ms, 수직다관절 로봇제어기와 범용로봇제어기의 경우 매 16ms마다 연산되어 관절위치제어기나 접속된 기기들에 적합한 명령 값을 출력한다.

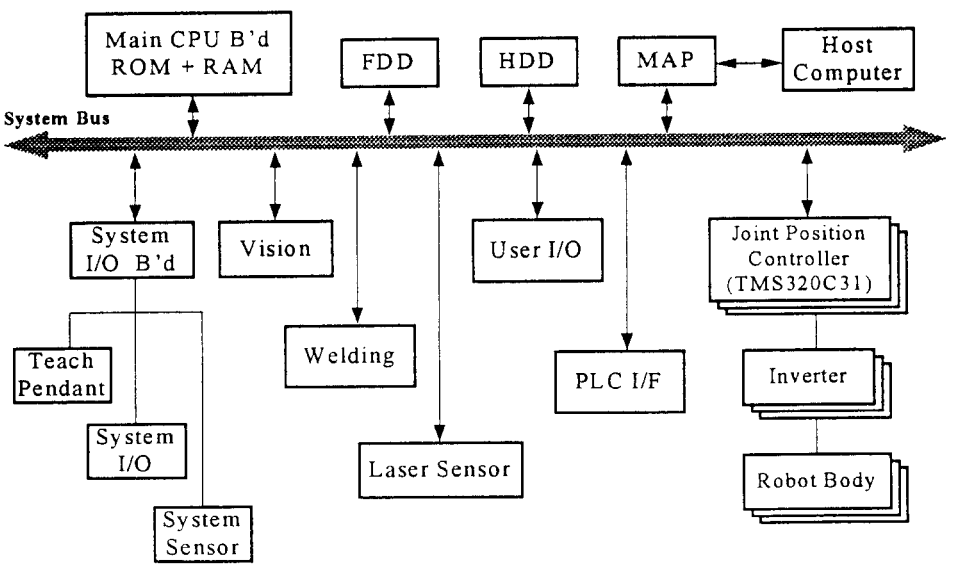


그림 7. 범용로봇제어기 구조

한편 SCARA, 직교좌표 및 수직다관절 로봇제어기의 관절위치제어기는 주제어시스템으로부터 위치 경로 명령값 수신, 모터 제어(관절제어)상태에 관한 데이터 송수신, 모터위치 제어알고리듬 수행, 모터 속도명령값출력 등을 수행한다. 이러한 기능을 수행하는 관절위치제어기의 제어알고리듬은 Version 2.0 및 3.0로봇제어기에서는 매 2ms, 수직다관절로봇제어기의 경우 매 1ms마다 연산되어, 최종적으로 속도명령값을 제어기에 출력한다. 아날로그 모터제어기와 관절위치제어기로 구성되는 로봇의 운동제어에서는 현재까지도 가장 널리 사용되고 있는 PID 제어방법을 채택하고

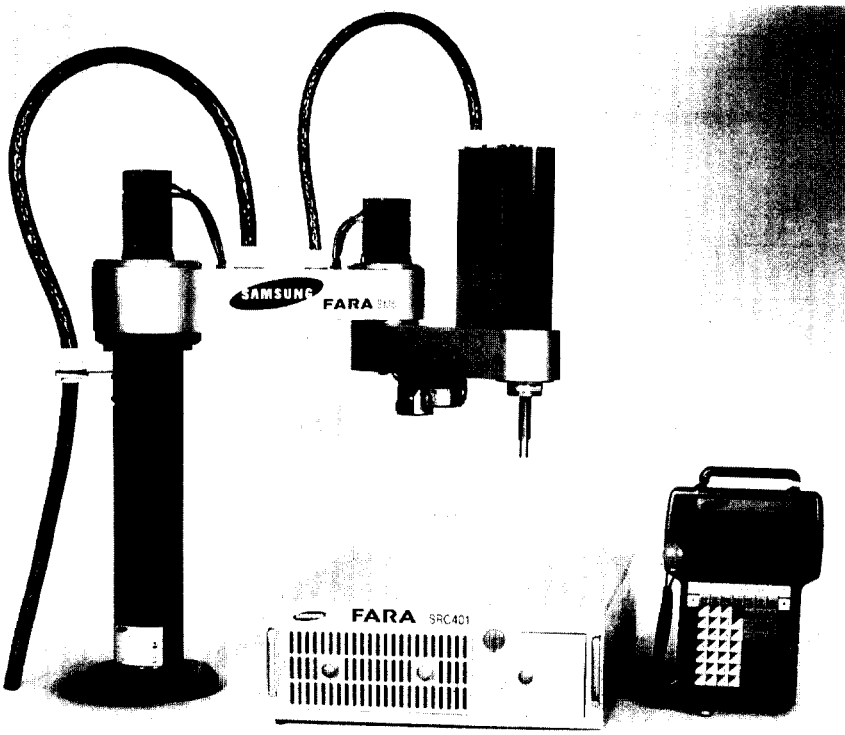


그림 8. SCARA 로봇 SM5와 범용로봇제어기

있으며, 위치경로추종에 있어 과도상태에서의 성능향상을 위해 위치제어루프에 피드포워드(feedforward)항을 사용하고 있다.

한편 범용로봇제어기에서는 앞서 설명된 주제어시스템의 기능외에도 다음과 같은 고급의 제어기능을 가지고 있다.

(1) 다축분할에 의한 다중로봇(3대, 최대 24축)의 동시 독립, 동기, 협조제어
(2) 다중로봇제어를 위한 표준 kinematics의 제공 및 충돌회피제어
(3) Window형태의 다중로봇제어용 GUI (Graphic User Interface)
(4) Arc, Laser 센서를 이용한 용접제어
(5) 규칙, 불규칙, 교번, 피라미드배열팔레트의 이적재
(6) 시각센서를 이용한 로봇제어
(7) Off-line 로봇프로그래밍
(8) mini-MAP, Ethernet에 의한 네트워크구성

이러한 기능들은 로봇이 주어진 기능을 수행하고 있는 상황에서도 수행될 수 있도록 되어 있으며, 특히 복수대의 로봇을 제어하는 경우에도 개개의 로봇에서 수행될 수 있도록 되어 있다. 이를 위하여 범용로봇제어기에서는 제어알고리듬을 다음과 같은 태스크(task) 들로 분할하여, 실시간운영체계상에서 수행한다.

(1) 복수대의 로봇을 동시 독립, 동기, 협조제어하는 다중로봇운동제어태스크
(2) 카메라의 출력을 비전보드로 처리하여 로봇을 제어하는 태스크
(3) 에디터, 파일관리, 파라메터 등을 처리하는 사용자 명령어모듈 태스크
(4) Arc, Laser센서를 이용한 용접제어실행 태스크
(5) 팔레트의 이적재를 제어하는 태스크
(6) 사용자에 의해 작성된 로봇프로그램을 해석하는 로봇언어해석 태스크
(7) 교시상자, 호스트컴퓨터 등을 비롯한 외부기기 인터페이스 태스크
(8) 로봇이나 제어기에서의 이상상태를 처리하는 자기진단 태스크
(9) 운동제어부와 주제어시스템을 연결하는 태스크

범용로봇제어기의 관절위치제어기는 앞서 설명한 바와 같이 IPM으로 구성되는 파워증폭 인버터부분을 제외한 모터제어의 모든 부분을 디지털방식에 의해 수행하는 역할을 수행된다. 이전의 관절위치제어기와 아날로그 모터제어기를 이용한 운동제어에서는 피드포워드항을 가진 PID 제어방법을 채택할 수밖에 없었지만, 범용로봇제어기의 운동제어에서는 이뿐만 아니라, 로봇 각관절의 관성모멘트변화보상기, 모터부하토오크관측기, 자동 PID이득 조정기, 단위펄스 위치명령응답 저감기 등을 소프트웨어로 실현하여 고정밀 모터제어를 수행하고 있다.

3. 표면실장기 및 CNC 공작기계제어기

산업현장에서 사용되고 있는 모든 자동화설비들은 직렬로 연결된 링크들로 구성되어 한쪽 끝은 베이스에 고정되고 다른 한쪽은 자유로이 움직일 수 있는 end effector 부분으로 구성된 로봇과는 그 구조가 다르지만, 움직이는 부분이 모터에 의해서 구동되고 정확한 속도 및 위치제어가 요구되며 프로그래밍에 의해 설비와 사용자가 인터페이스되는 관점에서 볼 때, 같은 개념의 제어방식에 의해 제어될 수 있다. 이러한 사실은 로봇제어기술이 산업현장에서 사용되고 있는 모든 자동화설비들을 구동할 수 있는 제어기술의 모태가 될 수 있음을 나타낸다.

삼성전자에서는 최초의 Version 2.0 로봇제어기로부터 현재의 범용로봇제어기를 개발하면서 축적된 기술을 토대로 다양한 종류의 자동화설비들을 제어할 수 있는 제어기들을

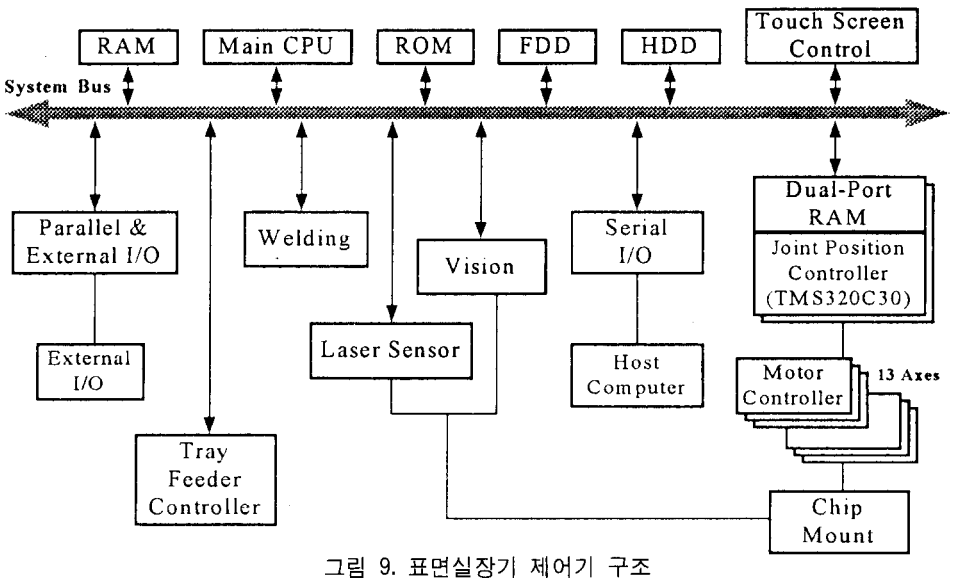


그림 9. 표면실장기 제어기 구조

개발하여 현장에 적용하고 있다. 여기서는 로봇제어기개발 기술을 이용하여 개발하여 적용하고 있는, 최근들어 전자제품들이 경박단소화, 경량화됨에 따라 부품자체가 DIP, SID 형에서 QFP, TSOP, TQFP형의 SMD부품으로 바뀜에 따라 PCB조립자동화에 있어 가장 중요한 설비중의 하나인 표면실장기와 전자, 자동차 등을 비롯한 전산업계에 걸쳐 기계가공에 필수 장비인 CNC 공작기계의 제어기에 대하여 소개한다.

3.1 표면실장기 제어기

표면실장기는 소량다품종생산에 유연하게 대응할 수 있고 부품기종의 신속한 교환능력과 총 가동시간대비 짧은 택트타임(tact time)을 요구하고 있으며, 1005 및 0.3mm피치 QFP를 화상인식 보정장착으로 고정밀도 장착할 수 있어야 한다. 이러한 표면실장기를 제어하기 위한 기본기술은 로봇제어기술과 맥을 같이 하나, 다핀화, 피치의 극세화, 형상 및 체적의 극소화가 이루어지고 있는 SMD부품을 초정밀장착하기 위하여 시각센서나 레이저 센서를 이용한 인식 및 보정, 다종의 부품을 정밀하게 공급하기 위한 제어 등이 부가적으로 병행되어야 한다.

표 5. 표면실장기 주요사양

항 목	MCU-II	MCU-I
기판크기, 두께	50 × 50 – 250 × 330, 0.5 – 2.0t	
기판 위치 결정	PIN 기준(Option : 외형기준)	좌동
기판 흐름 방향	우→좌(Option : 좌→우)	
장착 정도	Chip : ∓0.1mm, QFP : ∓0.04mm	Chip : ∓0.1mm QFP : ∓0.08mm
장착 속도	Chip : 0.55초(3 Head), QFP : 3.5초	Chip : 068초(2Head), QFP : 4초
장착 각도	0 – 360도 (Resolution : 0.01도)	
대상 부품	1005칩에서, 0.3mm Fine Pitch에 □52mm QFP대응(Option)	1608clqdptj 0.65mm Pitch의 □32mm QFP대응
부품 공급부	C/ F : 64종/8mm S/ F : 8set 64종/set당 8종(Option) T/ F : 20단 20종(Option), Max. 2대	C/F : 52종/8mm S/F : 6set 48종 T/Feeder : 20단 20종 Max.2대
장착 HEAD	3 Head, Nozzle 자동교환(ANC) Max. 10	2 head, ANC Max.10
DATA 입력방식	MDI, Camera Teaching, Touch Screen, 한글 대화식 Menu 화면	
제어방식	Full AC Servo Motor 제어 (4축)	
NC P/G. 기억용량	P/G. Step : Max. 50000, P/G. 저장 : 100	Step : Max. 2000, 저장 : 30
사용 공기압	5Kgf/Cm²2 공기청정 (물,기름,먼지제거)	
사용 전원	3상 220VAC ∓10V, 60Hz, 2.5KVA	좌동
OPTION	Head 높낮이 AC Servo 제어, QFP Head Dispenser Head, 가위치 결정부	Vision Camera (기판위치 보정, 부품 인식)

표면실장기와 제어기는 1991년 5월에 개발착수되어 1994년 5월에 개발완료되었고, 현재는 다음 Version을 개발하고 있는 중이다. 표면실장기제어기는 수직다관절로봇제어기와 같은 하드웨어구조를 가지고 있지만 앞서 언급한 바와 같이 시각센서나 레이져센서를 이용한 인식 및 보정장치, 부품을 공급하기 위한 위한 제어장치 등을 부가적으로 포함하고 있다. 그림 9는 이러한 구조를 가진 표면실장기 제어기를 도시하고 있다. 한편, 표면실장기는 필수적으로 부품장착 중에도 다른 작업 등을 동시에 수행할 수 있도록 하기 위하여, 제어알고리듬을 다음의 태스크들로 분할하여 실시간 운영체계상에서 실행시킨다 [5].

(1) 자동동작, 수동동작, 프로그램 및 파라메타편집을 관장하는 태스크
(2) SMD부품을 장착하기 위한 기판의 흐름을 제어하는 콘베이어 제어태스크
(3) 실장기 자동동작시 작업상태를 표시하는 태스크
(4) SMD부품을 공급하는 Tray Feeder 제어태스크
(5) 실장기 자동동작시 흡착, 이동, 장착 등의 구분동작을 제어하는 태스크
(6) Tray Feeder공급부의 커터유닛(Cutter Unit)의 이동 및 가위치결정부를 제어하는 태스크
(7) 13축 서보모터들을 제어하는 운동제어 태스크
(8) 기판의 위치 및 부품의 자세를 카메라로 인식하여 위치보정하는 태스크
(9) 비상사태를 처리하는 태스크

이러한 특성을 가진 제어기를 장착한 표면실장기는 삼성전자 비데오 SMT라인, 삼성전자 중국 및 인도네시아공장, 유원전자 등에 적용되어 사용되고 있다. 그림 10은 제어기가 장착된 표면실장기를 보이고 있으며, 표 5는 이의 주요사양을 나타내고 있다.

3.2 CNC 공작기계 제어기

1991년 3월에 개발에 착수되어 1993년 2월에 개발완료되었고, 1994년과 1995년초 2차에 걸쳐 기능 및 성능에서 업그레이드화가 이루어진 CNC공작기계 제어기 SNC32는 표면실장기 제어기의 경우와 같이 하드웨어상으로 수직다관절로봇제어기와 같은 구조를 가지고 있다. 그러나 공작기계의 특성상 요구되는 CRT/MDI(Man Machine Interface)와 같은 사용자 인터페이스유닛, 2차원 및 3차원 와이어/솔리드(Wire/Solid) 그래픽시뮬레이션기능을 제공하는 그래픽전용 DSP TMS34020을 CPU로 가진 그래픽보드 및 스핀들모터제어기를 추가로 가지고 있다. 그림 11은 CNC 공작기계 제어기의 구조를 도시하고 있다.

CNC공작기계에서는 원자재를 주어진 프로그램에 따라 가공하는 중에도, 그래픽시뮬레이션의 수행, PLC 입출력점의 상태 및 래더프로그래밍의 수정, 각종파라메터의 수정 등이 요구되는 경우가 빈번하기 때문에, 제어알고리듬을 다음과 같은 태스크들로 분할시켜 실시간 운영체계상에서 실행시킨다 [6].

(1) 프로그램, 각종파라메터, 툴오프셋 등을 삭제, 수정, 등록하는 사용자 인터페이스 태스크
(2) NC 프로그램을 해석하고 그 결과를 보간 및 가감속하여 최종결과를 관절위치제어기로 출력하는 운동제어 태스크
(3) 2차원 및 3차원 와이어/솔리드 그래픽시뮬레이션을 수행하는 그래픽 태스크
(4) 스핀들모터 및 자동공구교환기를 비롯한 주변장치를 제어하는 PLC 관련 태스크
(5) 내장형 PLC 메뉴를 제외한 7가지의 메뉴를 제어하는 태스크

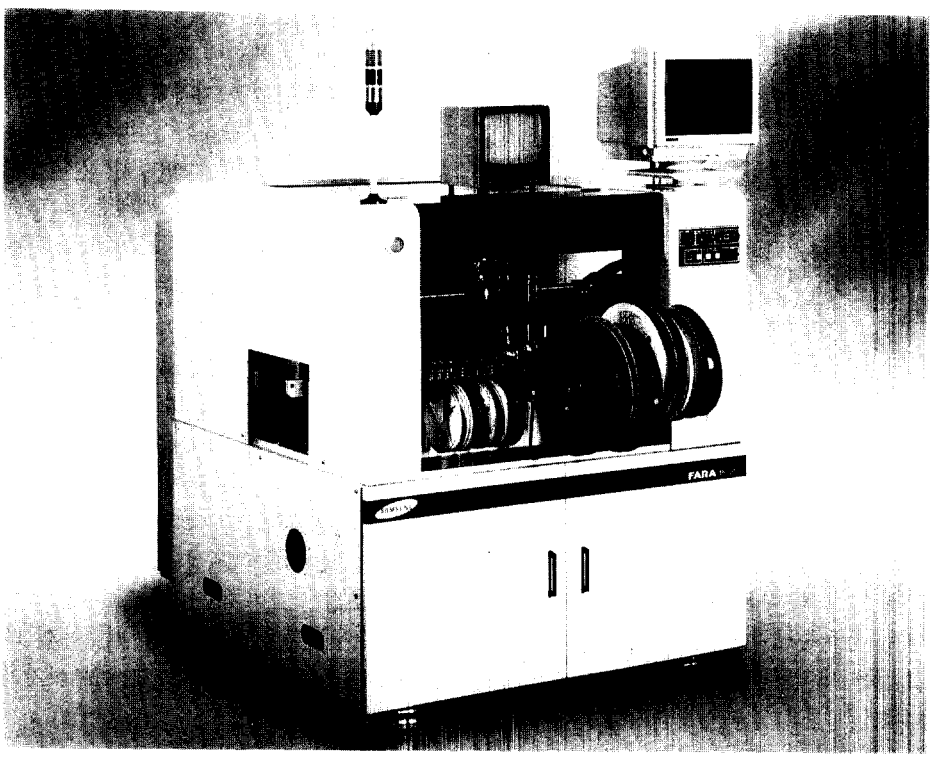


그림 10. 표면실장기 MCU-I

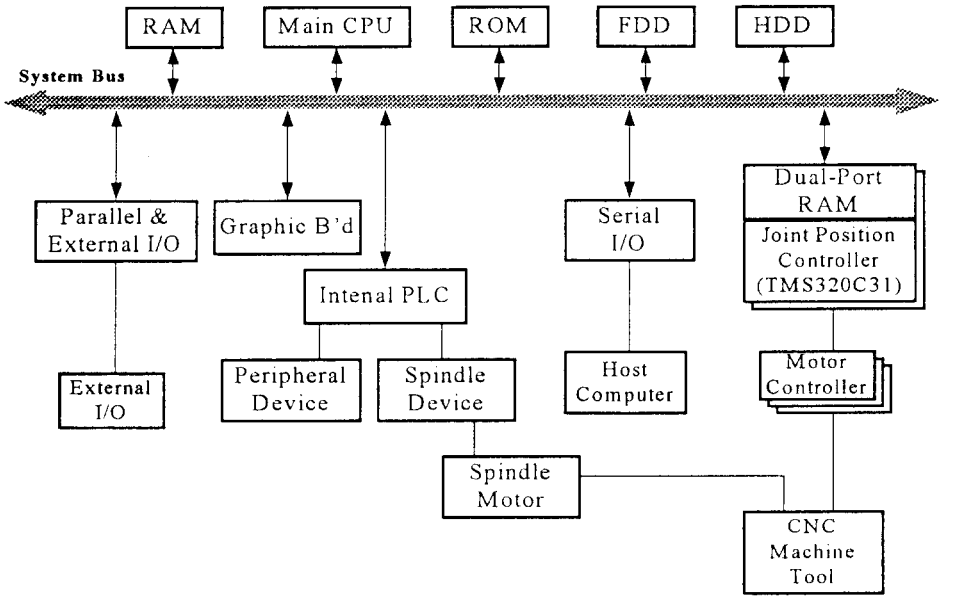


그림 11. CNC공작기계 제어기 구조

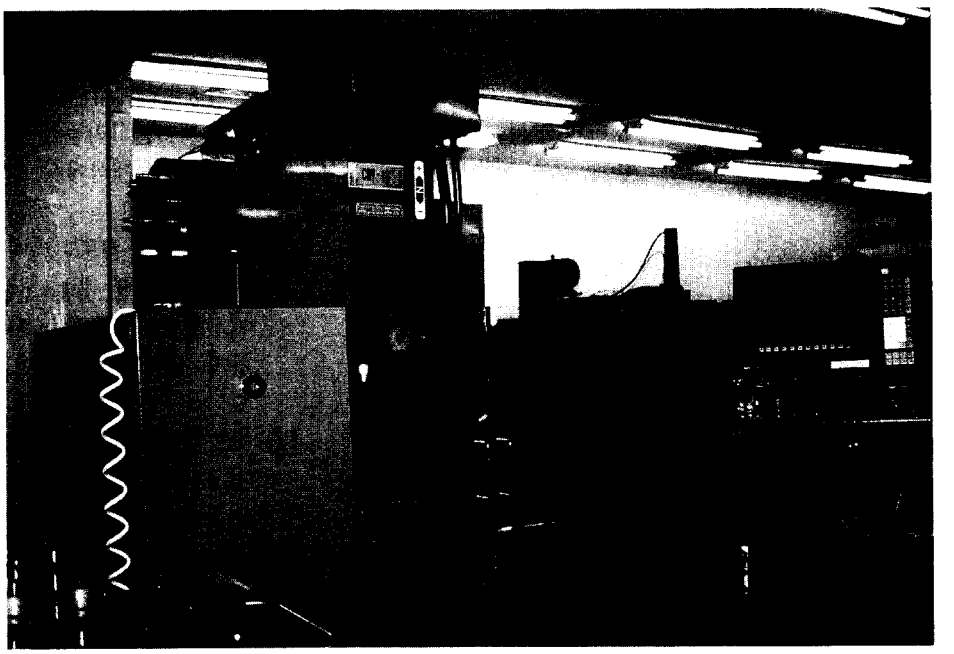


그림 12. SNS32가 탑재된 공작기계

(6) 공구수명, 기계가동시간 등 사간을 관리하는 태스크

이러한 특성을 가진 제어기는 삼성중공업의 PCV-40을 비롯한 목공기계, 드릴링머신, 파이프가공기 등에 적용되고 있다. 그림 12는 개발한 제어기가 장착된 삼성중공업의 머시닝센터 PCV-40를 보이고 있으며, 표 6은 제어기의 주요 사양을 나타내고 있다.

4. 향후과제

최근 들어 전자산업계를 비롯한 거의 모든 산업계에서 생산되는 제품들이 경량화, 소형화되고 생산성의 획기적인 향상이 요구됨에 따라, 생산용 자동화장비들의 초정밀, 초고속제어가 필수적인 문제로 대두하게 되었으며, 이러한 문제를 해결하기 위해 장비 자체의 제어방법들에 대한 연구개발이 다각적으로 진행되고 있다. 이와 병행하여 최대한 사용자의 편리성을 고려하여, 특별한 전문지식을 가지고 있지 않은 작업자들이라도 단기간의 교육을 통해 장비를 다룰 수 있는 프로그래밍툴에 대한 연구개발도 수행되고 있다.

최근까지 대부분의 제어기 개발회사들은 제어기의 소프트웨어와 하드웨어에 있어 자신들만의 특수한 구조를 고집하였으나, 사용자들이 요구하는 기능과 성능이 점차 복잡하고 다양해져 독자적으로 요구하는 수준을 달성하기에는 개발에 대한 투자가 너무 크다는 것을 자각하게 되었다. 따라서 단시간내에 사용자의 요구를 만족시키기 위해서 소프트웨어와 하드웨어의 개방화를 통한 분담개발에 대한 공감이 내적으로 대두되었다. 한편 외적으로는 최근 들어 대표적으로 개방형구조를 가진 개인용컴퓨터가 괄목하게 보급됨에 따라, 개방형구조에 익숙해진 사용자층이 자연적으로 증가하여 이들을 위한 제어기구조의 개발을 고려하게 되었다. 그 결과 소프트웨어와 하드웨어의 개방화를 통한 제어기능 및 성능의 확장성에 대한 연구개발에도 방향의 초점이 모아지고 있다.

이러한 산업계에서의 요구사항을 고려해 볼 때, 향후 다음과 같은 분야에 대한 연구개발이 집중적으로 이루어지리라고 분석된다.

표 6. CNC 공작기계 제어기 주요사양

항 목	명칭		내용
제어 사양	제어축 수		3축
	동시제어축 수		3축
	제어축 확장		6축(부가축)
	동시제어축 확장		4축(부가축)
	설정단위		0.01, 0.001mm, 0.01, 0.001deg 0.001, 0.0001inch
	최대 지령치		설정단위×±99999999
	위치결정		○
	한방향 위치 결정		○
	보간 기능	직선보간	○
		원호보간	○
		헬리컬 보간	○
		인블류트 보간	○
		가상축 보간	○
		원통 보간	○
		극좌표 보간	○
		리지드 탭	○
	자동 가감속		급속이송 S-자형
			절삭이송 S-자형
	선독 보간점 가감속		○
	피치오차 보정		128개
	백래쉬 보정		○
하드웨어 사양	MEMORY		하드디스크(180Mbyte)
			RAM(3Mbyte, 확장시 10Mbyte)
	FLOOPY DISK		3.5 inch
	통신지원		RS-232C, RS-422
	MONITOR		14″color
	PLC		최대 입출력 점수 : 2048
			용량 : 16K 스텝
			속도 : 0.5μsec/step
	그래픽 지원		640×480, 16color (wire그래픽용)
			640×480, 256color (3차원 입체그래픽 시뮬레이션용)

(1) 자동화장비들의 정교한 동적모델(dynamic model) 이용한 제어

이 모델을 이용하면 동적효과(dynamic effect)를 표현할 수 있으므로 전체 동작에 의한 효과를 고려할 수 있게 된다. 단 이 방법을 이용하기 위해서는 정교한 모델을 필요로 하게 되고, 제어하는 데 있어 많은 계산량이 필요하므로 실시간제어를 위해서는 병렬 처리(parallel processing)가 가능한 특별한 컴퓨터 아키텍처나 최근 선보이고 있는 고속의 CPU를 이용하여야 한다. 최근 들어 국내에서도 동적 효과를 고려하는 연구가 활발하게 진행중이나 아직 상용화되어 있는 것은 없다. 그러나 산업현장에서 생산성과 경쟁력을 높이기 위하여 기능과 성능이 더 높은 장비들이 계속적으로 출현하고 있기 때문에 이에 대한 상용화 움직임도 더욱 활발해질 것으로 예측된다.

(2) 최근에 활발하게 연구가 진행되고 있는 학습기능을 보유한 제어기의 구현

자동화장비들이 초기작동시 학습제어기능에 의해 동적효과를 학습하여 추후작동에 이것을 이용하는 것이다. 이 방법은 (1)의 방법에 비해 계산량은 적지만 종래 Von Neuman 방식과는 다른 비Von Neuman 방식의 컴퓨터 아키텍처가 요구되며 실제로 적용하기 위해서는 아직 많은 연구가 필요한 상태이다.

(3) Textual language의 형태를 유지하되 프로그래밍개발과정을 용이하게 하는 작업단계 언어의 구현

Textual language에서는 자동화장비의 동작을 위주로 기술하기보다는 동작이 작업공간내의 물체에 미치는 효과로 기술하므로 전문지식을 가지고 있지 않은 사용자들도 물체중심으로 작업을 계획하고 명령할 수 있어 자동화장비의 사용을 용이하게 할 수 있다.

(4) host computer와의 정보교환을 통한 FA 셀네트워크 구성을 위한 통신 기능의 구현

다수의 자동화장비들을 RS232/422, fieldbus, MAP (Manufacturing Automation Protocol), Ethernet 등을 이용, 네트워크를 구성하여 사용하면, 라인 가동 및 정지, 생산 제품 변경시 일괄적으로 대응할 수 있어, 개개의 로봇을 단순히 연결하여 사용할 경우에 비해 자동화장비응용에서 유연성을 최대한 구현할 수 있게 된다.

(5) 지능제어의 구현

현재 자동화장비들은 일부 센서의 이용으로 간단한 판단기능을 보유하지만 대부분이 지능을 필요로 하지 않는 단순반복적인 행동을 요하는 작업에 이용된다. 그러나 지능제어를 제어기에 적용하게 되면 인간의 지능을 상당부분 보유하여 인간의 판단기능과 수작업을 동시에 요하는 곳에 응용이 가능하게 되어 현재보다 훨씬 넓은 범위의 작업에 사용될 것으로 예측된다. 이 지능제어는 현재로서는 상용화된 것이 없지만, 선진국에서는 많은 연구가 진행되어 조만간 실용제품이 나오리라 예상하고 있다. 그러나 이러한 지능제어를 위해 요구되는 것 중의 하나는 주위 환경 인식을 위한 센서와 자동화장비와의 접속이므로, 앞으로의 제어기는 이러한 센서와 손쉽게 접속이 가능한 구조를 갖추어야 할 것이다.

(6) 개방형 소프트웨어와 하드웨어구현 및 윈도우형의 사용자인터페이스구현

개방형구조의 제어기는 제어기공급자가 선택사양으로 제공할 수 없는 기능과 성능이 요구될 경우, 상용의 선택사양을 구매하여 사용자가 기능 및 성능의 확장을 가능하게 한다. 이경우 결과적으로 제어기의 범용성이 높아져 다양한 자동화장비에 대응이 가능하게 되어, 제어기의 확산 효과를 얻을 수 있게 된다. 그리고 개방형 소프트웨어에 기반을 둔 윈도형 사용자인터페이스는 전문지식을 가지고 있지 않은 사용자들도 장비를 쉽게 사용할 수 있어, 교육에 대한 투자를 절감할 수 있고 조작미숙에 의한 생산성의 저하를 막을 수 있을 것이다.

5. 맺음말

최근 들어 자동화시스템의 핵심부분을 이루는 산업용로봇, 표면실장기, CNC공작기계를 포함한 자동화장비들의 중요성이 크게 인식됨에 따라 국내에서는 제어기개발에 집중적인 투자가 이루어져, 하드웨어의 경우 선진제품에 비견할 만한 수준에 도달하였다. 그러나, 제어기의 성능을 좌우하는 제어기술응용이나 사용자와 장비를 연결해주는 프로그래밍언어와 같은 분야에서는 상대적으로 많이 뒤떨어져 있으며, 특히 제어기 신뢰성 확보 기술의 부족으로 현장 적용에 큰 어려움을 겪고 있는 실정이다.

실제로 국내의 많은 학교, 연구소 및 기업들에서 제어기를 국산화하였다고 발표했으나, 개발된 제어기들이 현장 생산라인에 적용되지도 못하고 사라진 것은 바로 제어기의 신뢰성이 확보되지 못했기 때문이다. 이러한 신뢰성을 확보하기 위해서는 기능이나 성능이 확보되었다 하더라도 현장 적용시 발생하는 문제점과 신뢰성 기술향상을 위해 연구개발에 지속적인 투자가 병행되어야 한다.

삼성전자의 경우 로봇제어기를 비롯한 각종제어기들의 신뢰성 확보를 위하여 시험 및 신뢰성 규격확립과 현장에서 피드백되는 문제점의 해결에 지속적으로 노력을 기울인바, 현재 개발한 자동화장비들과 제어기들이 실제로 현장의 자동화시스템에 투입되어 무인공장 실현과 생산성향상에 크게 기여하고 있다.

앞으로 모든 산업체에서 로봇, 표면실장기, CNC공작기계 등을 비롯한 자동화장비들을 이용한 공장자동화는 생산성과 품질향상을 위한 필수적인 과제가 될 것이기 때문에, 이들을 위한 제어기개발기술은 산업체에 크게 영향을 끼칠 것이며, 앞으로 국내 자동화기술에 있어 핵심적인 역할을 해 나갈 것이므로 이에 대하여 집중적인 투자가 이루어질 것이다.

이 글에서는 삼성전자가 개발하여 현장에 적용 중인 로봇을 비롯한 표면실장기, CNC공작기계제어기들을 사례로 제어기가 갖추어야 할 기능, 성능, 구조 및 향후과제에 대하여 논하였다. 사례로 든 제어기들도 산업현장에서 지속적으로 요구되는 기능, 성능의 다양화, 윈도형의 사용자인터페이스, 소프트웨어, 하드웨어에 있어서의 개방구조의 대두에 대응하기 위해 끊임없는 투자를 계속하고 있다.

미진하나마, 이 글에서 논한 내용과 사례가 향후 국내의 제어기 개발에 종사하는 연구가들에게 참고 자료가 되어, 향상된 새로운 제어기 개발과 국내 자동화장비 기술향상에 조금이라도 보탬이 되기를 바란다.

참 고 문 헌

[1] 1990년 12월 5일자 중앙일보 외 11개 국내 조간·석간 신문

[2] FARA Scara Robot SM3 Operator Guide, 삼성전자

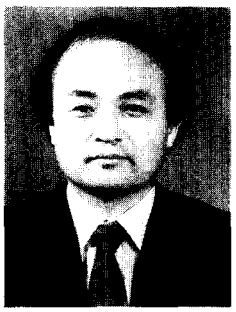
[3] FARA 6 Axis Robot A1U User Manual, 삼성전자

[4] FARA Scara Robot Controller(NCC) Operator Guide, 삼성전자

[5] FARA Chip Mounter MCU-I, II User Manual, 삼성전자

[6] FARA CNC Controller SNC32 User Manual, 삼성전자

저 자 소 개



김성권(金成權)

1949년 8월 1일생.

1972년 동아대 공대 기계공학과졸업

1976년 (주)금성사 근무

1984년 국방과학연구소 선임연구원

1986년 University of Minnesota 기계공학과 졸업(공학석사)

1988년 University of Minnesota 기계공학과 졸업(공학박사) 현재 삼성전자 자동화연구소장, 상무이사

TEL/(0331)200-2400 FAX/(0331)200-2434

경기도 수원시 팔달구 매탄3동 416