

# 로봇 제어기 개발 기술

김 성 권

삼성전자 생산 기술 본부



● 1949년생  
● 로봇공학을 전공하였으며 로봇제어기 관련 기술들과 유연성을 가진 자동화시스템에 관심을 가지고 있다.

## 1. 머리말

오늘날 산업계에서는 생산력 증가와 제품 품질향상의 문제가 대두됨에 따라 생산자동화에 관심을 집중시키고 있으며, 특히 로봇을 이용한 자동화에 큰 관심을 집중시키고 있다. 한편 산업현장에서 사용되고 있는 대부분의 자동화 시스템은 특정 상품만을 생산할 수 있도록 각 기계마다 결정된 기능만을 수행하는 라인으로 구성되어 있어, 생산기종이 변경되는 경우 전체적으로 라인을 수정해야 하는 문제점을 가지고 있다. 그러나 로봇을 이용한 자동화 라인은 생산기종이 변경되더라도 일부 라인 수정으로도 생산이 가능하다. 최근의 생산체계가 대량생산에서 다품종 소량생산 형태로 변천됨에 따라 로봇을 이용한 유연성(flexibility)을 가진 자동화 라인을 절대적으로 필요로 하게 되었다.

일반적으로 로봇은 직렬로 연결된 링크들로 한쪽 끝은 지지대에 고정되어 있고 다른 한쪽은 자유로이 움직일 수 있는 end effector 부분으로 구성되어 있다. 각 링크 사이를 관절이라 부르며, 각관절은 모터에 의하여 구동된다. 로봇의 각관절을 구동하는 모터들을 종합적으로 제어하여 end effector를 원하는 위치에 보내기 위해서는 로봇 제어기가 필요하게 된다.

이와 같은 역할을 수행하는 로봇 제어기의

개발은 기계, 전기, 전자, 전산, 제어 등의 복합기술이 요구되는 어려운 기술의 하나이다. 국내에서도 10여 년 전부터 로봇 제어기의 국산화를 추진해 왔으나 잡음(noise)에 대한 불안정 등 제어기 자체의 신뢰성을 확보하지 못해서 상품화에 성공하지는 못한 것으로 알려져 왔다. 그러나 최근 삼성전자에서는 실제 현장에 적용하여 발생한 문제들을 해결하여 신뢰성을 확보한 국내 최초 순수 독자기술의 4축과 6축 로봇을 상품화하여 실용화되게 하였다.<sup>(1)</sup> 그러나 현장에서 요구되는 기능, 성능이 더욱 다양해지고 복잡해짐에 따라 개발한 로봇제어기의 향상을 위해 삼성전자에서는 지속적인 투자를 계속하고 있다.

이 글에서는 자동화의 핵심부분인 산업용 로봇의 제어기의 특성과 기능 등을 설명하고, 제어기와 관련하여 앞으로 개발하여야 할 분야인 로봇 간의 네트워크에 관한 기술과 지능 로봇에 대한 연구분야를 살펴보고 로봇 연구개발에 참고로 활용할 수 있도록 삼성전자에서 개발한 제어기들에 대하여 소개하고자 한다.

## 2. 로봇 제어기 제조기술

### 2.1 제어기 하드웨어

#### (1) 로봇 제어기

로봇 제어기의 일반적인 전체 하드웨어 구조는 그림 3과 같이 계층적(hierarchical struc-

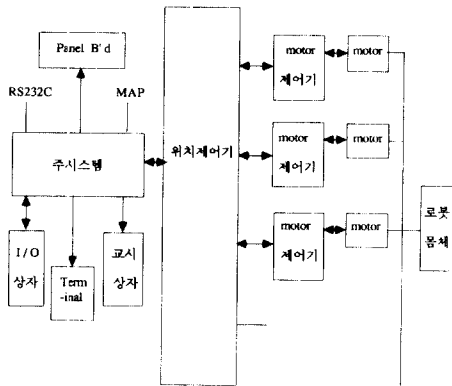


그림 1. 제어기의 하드웨어

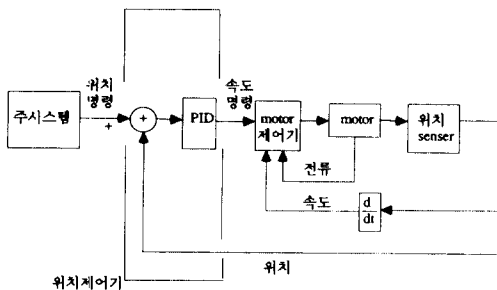


그림 2. 제어기 구조

ture) 구조를 갖고 있으며 주제어 시스템, 위치제어기, 모터 제어기의 3부분으로 구분할 수 있다. 주시스템은 마이크로프로세서를 사용한 디지털 하드웨어로 구성되며 로봇 제어기와 사용자 간의 모든 대화와 로봇 몸체 동작에 관한 사항을 관장한다. 다시 말하면 주제어 시스템에서는 사용자의 명령을 받아들이고, 로봇 작업 프로그램을 작성하는 기능을 제공하고, 로봇 상태를 사용자에게 알려주고, 사용자가 지정한 작업을 수행하기 위해 위치제어기로 적절한 명령을 보내는 작업을 담당한다.

현재 국내의 주제어 시스템 하드웨어 개발 기술은 16bit 마이크로프로세서를 이용한 시스템의 상용화까지는 도달되어 있다. 그러나 32bit 마이크로프로세서를 활용한 제어시스템 개발 기술은 아직 선진수준에 비해 미진한 편이

나 최근 들어 이에 대한 활발한 연구가 진행 중이다. 한편 주제어시스템과 사용자 간을 연결하는 주변기기로는 로봇 동작을 교시(teaching)하는 교시상자(teaching box)와 로봇 명령을 내릴 수 있는 제어기 앞면의 panel board, 사용자가 제어기로 명령을 내거나 프로그램을 작성할 수 있는 terminal, 간이형 terminal 역할을 하는 프로그램 로더, 그리고 제어기와 외부 환경과의 필요한 제어신호의 교환을 위해 I/O상자가 있다.

위치제어기는 기능상으로 주제어 시스템으로부터 로봇 몸체의 동작명령을 받아 로봇 몸체의 실제 위치 즉 모터의 실제 위치와의 차이에 대해서 PID(proporional integral derivative) 제어 방법을 적용하여 그 결과를 모터 제어기에 입력하는 기능을 한다. 이 위치제어기 하드웨어는 주제어 시스템에서와 같이 마이크로프로세서를 기본으로 한 디지털 하드웨어로 구성되며 현 국내 기술수준도 주시스템과 같은 수준으로 볼 수 있다. 특히 최근 국내에서는 고속 실시간 처리를 위해 DSP(digital signal processor) chip을 위치제어기에 활용한 제품이 개발되고 있다.

모터 제어기는 위치제어기로부터 속도명령, 또는 토크 명령을 받아 로봇 관절을 구동하는 모터의 속도를 제어하는 역할을 담당한다. 이에 대한 자세한 논의는 다음 장에서 하기로 한다.

앞으로 위와 같은 제어기의 하드웨어 구조는 많은 계산량을 필요로 하는 새로운 제어기술 적용이나 기존 제어기술의 견실성(robustness) 확보를 위한 기술적용을 위해 고속처리가 가능한 마이크로프로세서를 요구하게 될 것이다.

특히 최근들어 인공지능 로봇에는 각종 센서(vision sensor, torque sensor 등)들과 제어기를 접속해야 하므로 보다 빠른 계산능력을 갖춘 마이크로프로세서가 필요하게 된다. 이는 각종 센서 정보의 고유(sensor fusion)를 통해 로봇 주위 환경에 대한 빠르고 정확한 인식을 하려면, 이들 센서 정보의 실시간처리(real-

time processing)가 절대적으로 요구되기 때문이다.

(2) 모터 제어기

로봇 관절을 구동하기 위한 액추에이터는 공압식, 유압식, 전기식 등이 있으며, 최근의 주류인 전기식 중에서는 DC서보모터와 AC서보모터로 대별된다. DC서보 모터는 제어가 간단하고 torque ripple이 작다는 장점으로 인하여 그 동안 널리 사용되어 왔지만, 정기적으로 정류자의 보수가 필요하고 방폭성 환경에서의 사용에 문제점이 있기 때문에 그 수요는 점차 감소추세에 있다. AC 모터에는 동기형 AC 서보모터(DC brushless 모터), 유도형 AC 서보모터, DD형 서보 모터 등으로 구별할 수 있으며, 특히 낮은 관성, 높은 토크, 고속운전이 요구되는 경우 동기형 서보 모터가 많이 사용되며 근래에 와서는 DD형 서보 모터도 제한적으로 사용되고 있다.

이러한 모터들을 로봇들에 적용하기 위해서는, 이들을 효과적으로 제어하기 위한 제어기의 개발이 중요한 문제로 대두된다. 보통 DC서보모터의 제어기를 구성하기가 쉬우나 동기형 AC서보 모터 제어기는 AC 전원을 DC로 변환한 후 최대 토크를 발생하기 위하여 모터 회전자 위치에 따라 삼상 AC 전류로 다시 변환하여 공급해야하는 기술이 요구되기 때문에 제어기의 구성이 복잡하며 특히 고성능 동특성이 요구되는 로봇에 사용하는 제어기는 높은 기술을 요한다. 지금까지는 주로 아날로그 형태의 제어기가 주종을 이루었으나 최근 반도체 기술의 발전에 힘입어 디지털 제어도 출현하고 있다. 모터 제어기 하드웨어를 완전 디지털화하면 모든 정수 값들이 소프트웨어 값으로 지정되기 때문에 온도변화 등이 외부환경에 거의 영향을 받지 않아 제어기 자체의 신뢰성이 향상되게 된다. 그러나 대부분 상용화 제품들은 고속 토크제어의 경우 대역폭이 넓은 전류 제어 루프가 필요하기 때문에 아직까지 전류 제어는 아날로그 방식에 의해 실현하고 속도연산 및 속도제어의 경우 비교적 대역폭이 좁아지기

때문에 디지털 방식으로 실현하는 방식을 취하고 있다.

2.2 제어기술 응용

로봇을 제어하는 목적은 로봇을 원하는 경로로 따라 움직이게 하는 것이다. 앞에서 서술한 바와 같이 이를 위해서는 각 관절에 위치한 모터의 제어를 필요로 하게 된다. 현재 국내에서 개발된 로봇 제어기는 대부분 각 관절을 분리 독립된 시스템으로 고려하여 관절의 동작을 제어하고 있다. 따라서 원하는 end-effector의 경로가 주어지면 이에 대응되는 관절 동작이 결정되므로, 이 관절 동작을 구현하기 위해 관절을 구동하는 모터를 제어하게 된다. 모터 동작은 그림 3과 같이 위치제어기와 모터 제어기에 의해 운용되며, 주로 선형제어기법을 사용하며 부가적으로 feed forward항을 이용하고 있다. 그러나 초정밀, 초고속 로봇의 구현을 위해서는 로봇 전체의 동작을 고려하는 제어방법이 필요하고 이의 구현을 위해서는 다음과 같이 크게 두 가지 방법을 이용할 수 있다.

첫째로 로봇 몸체의 정교한 dynamic model을 이용하는 것이다. 이 모델을 이용하면 로봇 몸체의 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, 로봇을 제어하는데 있어 많은 계산량이 필요하므로 실시간 제어(real-time processing)를 위해서는 병렬처리(parallel processing)가 가능한 특별한 컴퓨터 아키텍처나 최근 선보이고 있는 고속의 CPU를 이용하여야 한다.

둘째로 최근에 활발하게 연구가 진행되고 있는 학습기능을 보유한 로봇 제어기를 구현하는 것이다. 이 기능에 의해 로봇 몸체 전체 동작 시 동적효과를 학습하여 추후 제어시 이것을 이용하는 것이다. 이 방법은 첫번째 방법과 달리 계산량은 적지만 종래 Von Neuman 방식과는 다른 비 Von Neuman 방식의 컴퓨터 아키텍처가 요구되며 실제 로봇에 적용하기 위해

서는 아직 많은 연구가 필요한 상태이다.

최근 들어 국내에서도 로봇 몸체의 동적효과를 고려하는 연구가 활발하게 진행중이나 아직 상용화되어 있는 것은 없다. 차후 국내 산업계에서 현재의 로봇에 비해 성능이 훨씬 뛰어난 로봇을 필요로 할 때 이에 대한 상용화 움직임도 더욱 활발해질 것으로 예측된다. 그러나 현재 사용되는 로봇 제어기는 오래 전부터 사용해 오던 PID 제어방법을 단점을 보완하기 위해 feed forward항이 첨가된 적응제어 PID 방법을 쓰고 있고 당분간 계속 이러한 방법들이 계속 사용되리라 판단된다.

### 2.3 로봇 언어 개발

로봇에게 원하는 동작을 시키기 위해서는 앞에서 서술한 바와 같이 궁극적으로는 모터의 동작을 제어하여야 한다. 그러나 일반 로봇 사용자들은 대부분 현실적인 감각을 가지고 있지 않다. 따라서 일반 사용자가 손쉽게 로봇을 이용하려면 주어진 작업을 일련의 로봇 동작으로 나타낼 수 있는 효과적인 방법이 있어야 한다. 이러한 방법중의 하나가 로봇 언어를 사용하는 것이다.<sup>12)</sup> 즉 어떤 작업이 주어지면 이를 로봇 언어로 표현하여 그 작업을 수행하는 것이다. 국내에서는 이러한 로봇 언어 사용화에 대한 본격적인 연구는 최근에야 비로소 진행되기 시작했다. 지금까지는 외국의 로봇 언어를 참조하여 개선하는 정도에 그치고 있는 것이다.

이는 최근에야 비로소 제어기의 국산화가 이루어졌고 그 동안은 외국 제어기를 사용해 왔던 것과 무관하지 않다. 실제 로봇 언어 개선에 대한 필요성은 로봇을 실제 작업 응용시 사용자가 기존의 로봇 언어 개선에 대해 불편함을 느낄 때야 비로소 이루어질 수 있는 것이다. 최근 들어 로봇 제어기 자체가 국산화되고 있기 때문에 앞으로 국산 제어기의 폭넓은 사용과 함께 로봇 언어에 대한 활발한 연구가 진행되리라 보여진다. 현재까지 개발된 실제 국내의 모든 로봇 언어는 교시를 기본으로 하는 on-line 프로그래밍에만 국한되어 사용될 수 있

는 수준으로 단순 반복작업에는 유용하게 사용되나 생산 라인이 바뀔 때마다 장시간의 재교시가 필요하고 교시기간중 로봇 생산에 투입할 수 없고, 센서 정보 반영이 곤란하여 복잡한 작업에 응용할 수 없다는 것 등의 단점을 가지고 있다. 이와 같은 단점을 극복하기 위해서는 textual language를 이용하는 off-line 프로그래밍 시스템의 활용이 요구된다. 그러나 이들 언어들은 프로그래밍에 관한 전문지식을 요구하고 다양하고 완벽한 기능을 구현하는 언어일수록 간단한 작업조차도 프로그래밍하기가 매우 복잡해지는 모순에 빠지게 되었다. 이러한 모순을 해결하기 위한 방법의 하나로 textual language의 형태를 유지하되 프로그래밍 과정 개발을 용이하게 하고자 하는 작업단계 언어개발을 들 수 있는데, 작업단계 언어는 로봇에 부여한 작업을 로봇의 동작을 위주로 기술하기 보다는 로봇의 동작이 작업공간 내의 물체에 미치는 효과로 기술하므로 사용자가 물체 중심으로 작업을 계획하고 명령할 수 있다는 장점을 취한 언어이다. 이러한 작업단계 언어의 완전한 실현을 위한 연구가 활발하게 진행중이다. 이와 더불어 사용자에게 편리한 대화식의 로봇 언어에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다.

## 3. 앞으로의 개발과제

### 3.1 FA Cell Network 응용

현재 국내에서는 다수의 로봇을 network를 구성하여 사용하기보다는 개개의 로봇을 단순히 연결하여 사용하고 있다. 이것은 주어진 작업을 효율적으로 수용하기가 어려울 뿐만 아니라 라인 가동 및 정지시, 생산제품 변경시 많은 시간과 인력이 소요되며 로봇 프로그램의 작성, 수정이 어려워, 로봇 응용의 본래 목적인 유연성(flexibility)을 충분히 살리지 못하는 단점을 가지고 있다. 따라서 이러한 문제점을 개선하기 위해 로봇 제어기와 host computer와의 정보교환을 통한 FA cell network

구성을 하기 위하여 로봇 제어기에 범용 RS-232/422나 MAP(manufacturing automation protocol) 등과 같은 통신기능의 부여가 필요하게 된다. 이러한 기술을 선진국에서는 적용하고 있으며, 장차 선진제품과의 경쟁을 위해 국내에서도 이러한 기능을 가진 로봇 제어기에 대한 본격적인 연구개발이 시급하다.

### 3.2 지능 로봇 제어기 개발

현재 국내외적으로 로봇 성능을 근본적으로 개선하기 위해 기존의 제어 방법이 아닌 새로운 제어 방법이 요구되고 있다. 이 새로운 방법 중에서 많은 관심을 모으고 있는 것이 바로 지능제어를 이용하는 방법이다. 현재 로봇은 일부 센서의 이용으로 간단한 판단기능을 보유하지만 거의 모두가 지능을 필요로 하지 않는 단순반복적인 행동을 요하는 작업에 이용된다. 그러나 지능제어를 로봇제어기에 적용하게 되면 로봇은 인간의 지능을 상당부분 보유하여 인간의 판단기능과 수작업을 동시에 요하는 곳에 응용이 가능하게 되어 현재보다 훨씬 넓은 범위의 작업에 사용될 것으로 예측된다. 로봇뿐만 아니라 다른 분야에서도 많은 관심이 집중되고 있는 이 지능제어는 현재로서는 로봇 제어기로서 상용화된 것이 없지만 선진국에서는 많은 연구가 진행되어 조만간 실용제품이 나오리라 예상하고 있다.

현재로서는 rule-base에 의한 방법보다는 인간 뇌의 구조를 이용하는 신경회로망(neural network) 이론과 일부 가전제품에 이미 응용이 되고 있는 fuzzy logic을 이용한 지능 로봇이 등장하리라 보여진다. 앞에서 서술한 바와 같이 이 지능제어의 구현을 위해서는 종래의 방식과는 다른 구조인 Von Neuman 비방식의 컴퓨터에 대한 연구가 절대적으로 필요하게 된다. 또한 이러한 지능 로봇을 위해 요구되는 것 중의 하나는 주위 환경 인식을 위한 센서와 로봇과의 접속이므로, 앞으로의 로봇 제어기는 이러한 센서와 손쉽게 접속이 가능한 구조를 갖추어야 할 것이다. 이러한 지능 로봇의 개발

은 선진국과의 앞으로의 경쟁에 있어 절대적인 요소로 작용할 것이기 때문에 이에 대한 적극적인 참여가 요구된다.

### 4. 산업용 로봇 제어기의 개발 사례

본장에서는 삼성전자에게서 개발한 제어기들의 사례를 제시하여, 연구자들이 연구하는데 참고로 활용할 수 있도록 현장에 적용중인 산업용 로봇 제어기를 소개하고자 한다. 삼성전

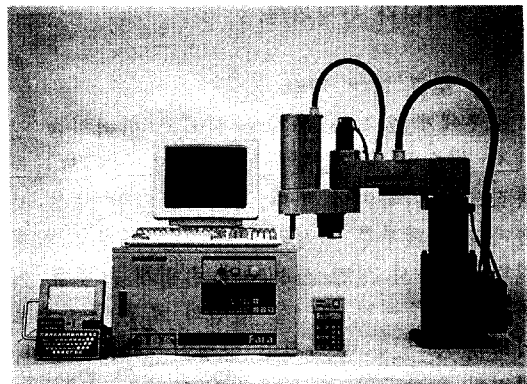


그림 3. 4축 SCARA로봇과 제어기

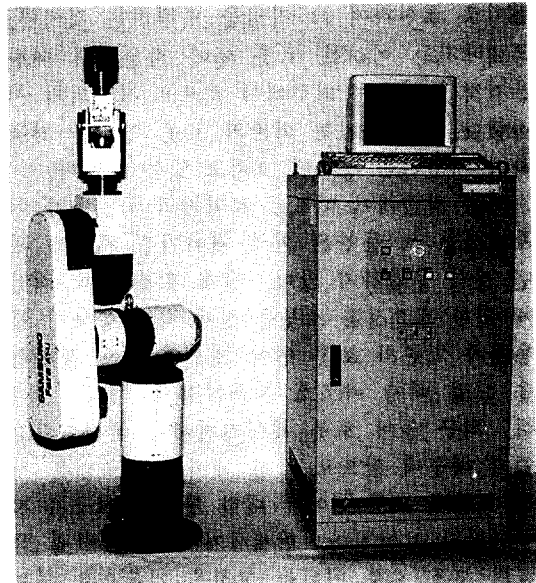


그림 4. 6축 로봇과 제어기

자에서 개발한 로봇 제어기는 크게 SCARA 로봇과 직교좌표 로봇 제어에 사용되는 4축로봇 제어기(FARA-V.2.0,-V.3.0)와 수직다관절 로봇 제어에 사용되는 6축로봇 제어기(FARA-ARC)로 대별된다.

#### 4.1 제어기의 하드웨어

##### (1) 4축 로봇 제어기

전자산업과 조립분야에 많이 사용되는 로봇은 주로 4축으로 구성되며 구조상으로 볼 때 SCARA 타입과 직교좌표 타입이 주종을 이룬다. 이러한 로봇들을 제어하기 위해 개발된 4축 로봇 제어기는 개발시점에 따라 Version 2.0제어기와 Version 3.0제어기로 구분된다.<sup>(3,4,5)</sup> Vrsion 2.0로봇 제어기는 그림 5와 같은 구조를 가지고 있으며 주제어 시스템은 Intel사의 16bit마이크로프로세서 8086(5MHz)/코프로세서 8087을 사용한 CPU부분, 128K Byte의 ROM과 128K Byte의 RAM으로 구성된 메모리 부분, 외부통신을 위한 3개의 RS232 serial port 부분, 주요기능을 간단하게 실현할 수 있게한 panel 제어부 및 주변장치 제어를 위한 입력 24점, 출력 16점의 I/O부분으로 구성되어 있다. 그리고 각 관절을 구동하는 모터의 위치제어를 행하는 위치제어기는 8bit마이크로프로세서 Z80H를 CPU로 사용하고 있으며, 1개의 위치 제어기가 1개 모터의 위치를 제어하도록 설계되어 있는 관절 위치제어의 측면에서

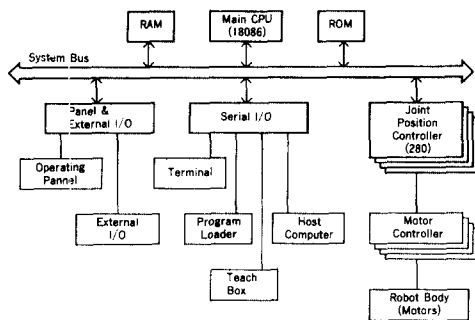


그림 5. 분산제어 방식의 로봇 제어기

표 1 4축 로봇 제어기 V. 2.0의 사양

항 목	사 양
CPU	16BIT (i8086 + i8087)
재생방식	PIP, 직선 CP
제어축수	4축 동시제어
MEMORT 용량	ROM : 128KB, RAM : 128KB
입출력접수(I/O)	24/16
교시방식	REMOTE, MDI, SERVO FREE
자체진단 기능	BACK UP 이상여부, OVER LOAD, OVER HEAT, LOW VOLTAGE, HIGH VOLTAGE, RESOLAER OPEN 등
외부기억장치	EP ROM
제어기능	COORDINATE OFFSET, SPEED PRESETTING, TIMER OPERATION 등
외형크기	438(W) × 420(D) × 880(H)
공급전원	110V/60Hz

볼 때 분산제어의 형태를 가지고 있다. 주제어 시스템과 관절제어기는 병렬 I/O port를 통한 interrupt 방식에 의해 서로 교신하며, 주제어 시스템은 앞서 언급한 serial port에 연결된 terminal, 교시상자 또는 프로그램의 downloading을 가능하게 하는 program loader를 통하여 사용자와 서로 통신하게 되어 있다. 한편 Version 2.0로봇 제어기는 최대 999개의

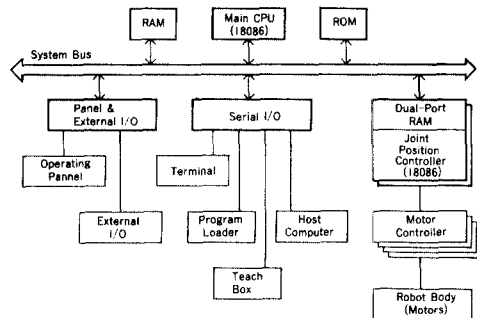


그림 6. 반-분산제어 방식 로봇 제어

위치 데이터를 사용할 수 있고, 최대 32개의 사용자 프로그램을 저장할 수 있다. Version 2.0 로봇 제어기의 주요사양은 표 1과 같다. 그림 6에서 도시된 Version 3.0로봇 제어기는 Version 2.0로봇 제어기의 기능 및 성능을 개선하기 위하여 개발되었으며, Version 2.0로봇 제어기의 단종과 함께 삼성전자 4축 로봇제어기의 주종을 이루고 있다. Version 2.0로봇 제어기에 대한 Version 3.0로봇 제어기의 특기할 만한 기능 및 성능상의 개선으로 다음의 사실들을 들 수 있다.

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

2) 주제어 시스템과 관절 위치제어기 사이의 고속 교신을 위하여 DPR(dual port RAM) 통신 방법을 채택하였다.

3) 교시상자에 LCD display를 장착하여 위치 데이터 교시, I/O 상태표시, 제어 수동조작, 현위치 데이터 표시 등을 가능하게 하였다.

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

5) 사용가능한 위치 데이터의 수를 1999개로 확장하였다. 한편 Version 3.0 로봇 제어기에서는 양산성을 고려하여 10장의 PCB로 구성되던 Verison 2.0로봇 제어기의 주제어 시스템과 위치제어기를 3장으로 축소시켜 compact한 구조를 가지게 하였다. Version 3.0 로봇 제어기의 주요사양은 표 2에 나타나 있다.

(2) 6축 로봇 제어기

6축 수직다관절 로봇은 4축 SCARA 로봇이나 직교좌표 로봇에 비해 작업영역이 넓고 다

표 2 4축 로봇 제어기 V. 3.0의 사양

항 목	사 양
CPU	16BIT (i8086 + i8087)
재생방식	PTP, 직선 CP, 원호 CP, ARCH MOTION
제어축수	4축 동시제어
MEMORT 용량	ROM : 192K BYTE, RAM : 192K BYTE
입출력점수(I/O)	32/32
교시방식	REMOTE, MDI, SERVO FREE
자체진단 기능	BACK-UP 이상여부, OVER LOAD, OVER HEAT, LOW VOLTAGE, HIGH VOLTAGE, RESOLVER OPEN 등
외부기억장치	EP ROM
제어기능	COORDINATE OFFSET, SPEED PRESETTING, TIMER OPERATION 등
외형크기	560(W) × 434(D) × 325(H)
전원공급	110V/60Hz

양한 형태의 동작을 할 수 있기 때문에 용접, 도장 deburring 등의 복잡한 작업 등에 적용될 수 있다. 이러한 로봇을 제어하기 위한 6축로봇 제어기는 그림 7과 같은 구조를 가지고 있으며, 시스템은 Intel사의 32bit 마이크로 프로세서 80386(25MHz)/코프로세서 80387을 사용한 CPU부분, 64K Byte의 ROM과 1M Byte의 RAM으로 구성된 메모리 부분, 외부 통신

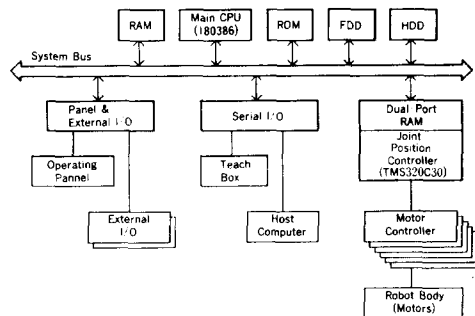


그림 7. 32비트 DSP를 사용한 로봇 제어기

표 3 6축 로봇 제어기의 사양

항 목	단위	사 양	비 고
1. 제어 축수		최대 6축 동시제어	
2. 외부 입출력 신호	정	입력 : 32/출력 : 32	최대512/512
3. 기억용량		3.5" FDD	option : HDD
4. CPU		MAIN : 80386 JPC : TMS320 C30	
5. 구동방식		AC SERVO	
6. 위치 검출방식		RESOLVER	
7. 외부통신PORT	Port	1	
8. TIMER 방식		0,1 sec	
9. 위치 재생방식		교시에 의한 위치재생	
10. PROGRAM방식		CONSOLE KEY IN방식	
11. 속도설정	%	1-100% 고, 중, 저속	
12. 외부통신		RS 232C	
13. 출력장치		CRT, PRINTER	
14. 보조기억장치		HDD, FDD	

을 위한 3개의 RS232와 1개의 RS422 serial port 부분, 주변장치 제어를 위한 입력 64점 출력 64점의 I/O 부분으로 구성되어 있다. 그리고 보조메모리 장치로 3.5 인치 1.4M Byte floppy disk drive를 표준으로 사용하고 512K Byte의 ROM drive를 채택하여 프로그램의 보관을 용이하게 하였으며, 2K Byte의 EEPROM을 사용하여 수시로 변경될 수 있는 각종 제어용 파라미터 및 시스템 파라미터를 저장하게 하고 있다. 그 밖에 20M Byte 용량의 hard disk drive를 option으로 장착할 수 있게 되어 있다.

한편 위치제어기는 고속의 부동 소수점 연산 디지털 신호처리 프로세서 (floating point digital signal processor) TMS 32030을 CPU로 사용하고 있으며, 1개의 CPU로 6개의 관절에 부착된 모터들에 대한 위치제어를 행할 수 있게 설계되어 있다. 따라서 위치제어는 집중제어 형태를 가지고 있다. 그리고 주제어 시스템과 관

절위치 제어기는 DPR을 사용한 상호통신 방법을 채택하고 있다.

이와 같이 설계된 6축 로봇 제어기는 위치데이터를 1024개까지 사용할 수 있으며 최대 6000개까지 확장 가능하다. 또한 프로그램은 300K Byte 범위내에서 300~1000개까지 저장할 수 있다. 그리고 6축 로봇 제어기는 현장작

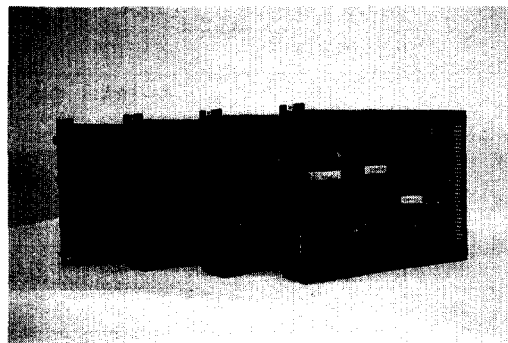


그림 8. 모터 제어기



다. 4축 로봇과 6축 로봇은 관절을 구동하기 위하여 동기형 AC 서보모터를 사용하고 있으며, 4축 로봇 제어기와 6축 로봇 제어기는 로봇의 각 관절을 구동하기 위하여 삼성전자에서 개발한 모터 제어기 (FARA SSV-Series)를

사용하고 있다. 모터 제어기와 그 주요사항은 그림 8과 표 4와 같다. 모터 제어기 SSV-업시 주변기기 제어를 원활하게 하고 향후 FA cell network 응용 및 인공지능 탑재를 위하여 내장 PLC보드, mini-MAP보드, 및 시각인식

표 4 AC 모터 제어기의 사양

항목		형식	SSV				
			V30P03	V30P06	V30P12	V30P25	V30P37
제어 방식		PWM 3상 정현파 구동					
제어 전원		단상 110V/220V ±10%					
구동 용량		30W	65W	120W	250W	375W	
연속 출력 전류		1.0A	2.0A	3.4A	7.0A	11.4A	
최대 출력 전류		4.3A	7.5A	15.0A	30.0A	50.0A	
외부 전류 제한		0~4.3A	0~7.5A	0~15A	0~30A	0~50A	
속도 제어 범위		1 : 4000rpm					
속도 변동률	부하	(부하 0~100%인 경우) ±0.1%이내					
	전원	(정격 전압±10%인 경우) ±0.1%이내					
	온도	(주변 온도 25±25℃인 경우) ±0.5%이내					
속도 지령 전압		0~±10V					
외부 전류 제한 전압		0~±15V					
속도 FEED BACK		RESOLVER 검출방식					
속도 모니터 출력		2.5V/1000rpm ±10%					
전류 모니터 출력		15V/최대출력 전류 ±10%					
입력	운전 지령	RUN-5V TTL입력					
	외부 전류 제한	ON-10mA입력 저항 330ΩPC입력					
	ERROR CLEAR	CLEAR-0V (CONTROLLER GND)					
	R/D INHIBIT	INHIBIT-0V (CONTROLLER GND)					
보호기능	과전류	30~50A의 순간 과전류에서 동작					
	과부하	정격 이상의 과부하 연속 반복 가동시 동작					
	저전압	DC 30V이하 입력에서 동작					
	RESOLVER OPEN	RESOLVER LINE 결함시 동작					
	과속	4000rpm이상 회전시 동작					
	과전압	DC 250V이상 입력에서 동작					
	과열	방열판 온도 130℃ 이상에서 동작					

보드를 위한 슬롯을 내장하고 있다. 현재 내장 PLC 보드는 개발완료된 상태이며 mini-MAP 보드와 시각인식 보드는 개발중에 있다. 6축 로봇 제어기의 실제구조와 주요사양은 표 3에 도시되어 있다.

#### 4.2 모터 제어기

4축 로봇 제어기와 6축 로봇 제어기에서 위치제어기는 주제어 시스템에서 연산된 위치경로 명령값을 받아 관절 즉 모터의 위치제어를 향하게 된다. 위치제어를 행한 결과 값은 각 관절에 부착된 모터의 속도 명령 값이 되며, 이 값들은 모터 속도 제어기에 입력되어 로봇이 원하는 동작이나 작업을 행할 수 있게 한 series는 스위칭 파워 소자로서 Mosfet를 사용하고 삼각파 pwm 변조방식을 채택하고 있으며, R/D 변환기를 통하여 14bit 병렬 위치데이터나 14bit에 대응하는 해상도를 가진 엔코더 펄스를 출력하며, 이상상태 감지 및 처리와 위치제어기와의 교신을 위해 8 bit one-chip 마이크로프로세서 78C10을 사용하고 있다.

#### 4.3 제어기 소프트 웨어

앞서 설명한 4축 로봇 제어기와 6축 로봇 제어기는 주제어 시스템 및 위치제어기의 하드웨어적인 구조는 서로 다르지만, 모두 동일한 작업을 수행하고 있다. 4축 로봇 제어기와 6축

로봇 제어기의 주제어시스템이 수행하는 기능을 요약하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

- (1) Key board와 모니터를 통한 사용자 프로그램의 편집, 가동 및 종료
- (2) 교시상자로의 데이터 송·수신 및 제어
- (3) 외부 I/O제어(외부기기 제어 및 PLC자리 접속용)
- (4) Kinematics, inverse kinematics, path plan 등의 알고리즘을 포함한 로봇언어 수행
- (5) 로봇제어기 자기 고장 진단, 이상상태 표시 및 처리

- (6) 위치제어기로의 위치경로 명령값 전송, 위치제어기 및 속도제어기의 상태 점검

이러한 기능을 수행하는 주제어 시스템의 제어 알고리즘은 Version 2.0 로봇 제어기의 경우 매 64ms, Version 3.0 로봇 제어기의 경우 매 32ms, 6축 로봇 제어기의 경우 16ms마다 연산되어 접속된 기기들과 위치제어기에 적합한 명령값을 출력한다.

한편 로봇 제어기에 있어 가장 핵심적인 부분의 하나인 위치제어기의 주요 기능을 다음과 같이 요약하여 나타낼 수 있다.

- (1) 주제어 시스템으로부터 위치 경로 명령값 수신
- (2) 모터제어(관절제어) 상태에 관한 데이터 송수신
- (3) 모터 위치제어 알고리즘 수행

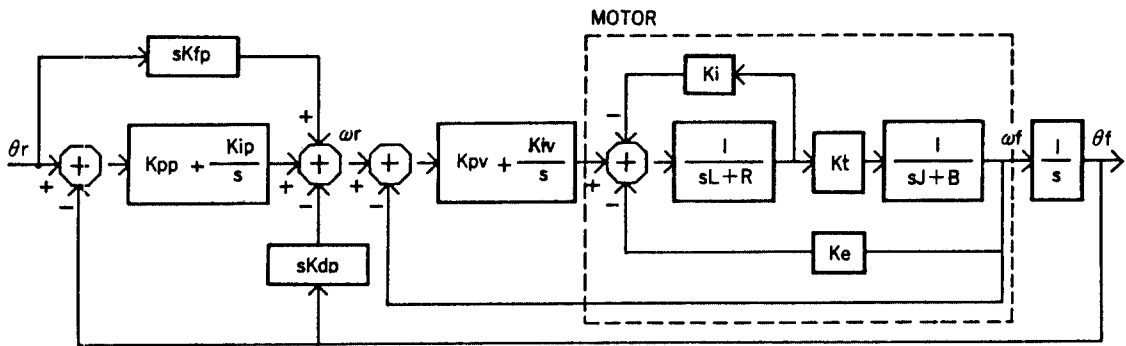


그림 9 로봇의 각 관절 제어기 블록선도

(4) 모터 속도 명령값 출력

이러한 기능을 수행하는 위치제어기의 제어 알고리즘은 Version 2.0 및 3.0 로봇 제어기의 경우 매 2ms, 6축 로봇 제어기의 경우 매 1ms 마다 연산되어, 최종적으로 속도 명령값을 모터제어기에 출력한다.

실제적으로 위치제어기와 모터제어기는 로봇의 제어에 가장 중요한 역할을 하게 된다. 로봇의 각 관절의 위치 및 속도를 제어하는 관절 제어기, 모터제어기 및 모터를 하나의 블록선도로 나타내면 그림 8과 같이 표시된다. 실제 제어방법으로는 현재까지도 가장 널리 사용되고 있는 PID 제어방법을 채택하고 있으며, 위치경로 추종에 있어 과도상태에서의 성능향상을 위해 위치제어 루프에 feedforward항이 첨가되어 있는 것이 특징이라 할 수 있다.

5. 맺음말

이 글에서는 국내의 로봇 제어기 현황과 향후 과제에 관하여 논하였다. 최근들어 자동화 시스템의 핵심부분을 이루는 산업용 로봇의 중요성이 크게 인식됨에 따라 로봇제어기 개발에 집중적인 투자가 이루어져, 제어기 하드웨어의 경우 신진제품에 비견할 만한 수준에 도달했으나 제어기의 적용되는 제어기술 응용이나 로봇 언어 분야에서는 상대적으로 많이 뒤떨어져 있는 형편이며, 특히 제어기 신뢰성 확보 기술의 부족으로 현장 적용에 큰 어려움을 겪고 있는 실정이다.

실제로 국내의 많은 학교, 연구소 및 기업들에서 로봇 제어기를 국산화하였다고 발표했으나, 개발된 로봇 제어기들이 현장 생산라인에 적용되지도 못하고 사라진 것은 바로 제어기의 신뢰성이 확보되지 못했기 때문이다. 이러한 신뢰성을 확보하기 위해서는 기능, 성능이 확보 되었다 하더라도 현장 적용시 발생하는 문제점과 신뢰성 기술향상을 위해 연구개발에 지속적인 투자가 병행 되어야 한다. 삼성전자의 경우 로봇 제어기의 신뢰성 확보를 위하여 시

험 및 신뢰성 규격확립과 현장에서 피이드백되는 문제점 해결에 지속적으로 노력을 기울인바, 현재 개발한 로봇과 제어기들이 실제로 현장의 자동화 시스템에 투입되고 있다.

앞으로 모든 산업체에서 로봇을 이용한 공장 자동화는 생산성과 품질향상을 위한 필수적인 과제가 될 것이기 때문에, 로봇 제어기 개발기술은 산업체에 크게 영향을 끼칠 것이며, 앞으로 국내 자동화 기술에 있어 핵심적인 역할을 해나갈 것이므로 이에 대하여 집중적인 투자가 이루어질 것이다. 따라서 이 글에서는 삼성전자가 개발하여 현장에 적용중인 로봇 제어기들을 사례로 로봇 제어기가 갖추어야 할 기능, 성능 및 구조에 대하여 설명하였다.

사례로 든 로봇제어기도 산업현장에서 요구되는 기능, 성능이 다양해지고 복잡해짐에 따라 부족한 면이 나타나게 되어, 현재 보다 향상된 목표를 위하여 삼성전자는 단계적으로 지속적인 투자를 계속하고 있다. 마지막으로 이 글에서 논한 내용과 사례가 향후 국내에서 로봇제어기 개발에 종사하는 연구가들에게 참고 자료가 되어, 향상된 새로운 제어기 개발과 국내로봇 기술향상에 조금이라도 보탬이 되기를 바란다.

후기

본 원고는 삼성전자에서 개발한 제어기를 위주로 설명되었으며, 본 내용에 쓰여진 자료들을 정리해준 김동일 박사와 전재욱 박사에게 감사드립니다.

참 고 문 헌

- (1) 1990년 12월 5일자 중앙일보 외 11 국내 조간 석간 신문.
- (2) Fu, K. S., Gonzalez, R. C. and Lee., C.S.G., 1987, "Robotics," McGraw Hill.
- (3) FARA Scara Robot SM3 Operator Guide, 삼성전자
- (4) FARA 6 Axes Robot AM 1 User's Manual, 삼성 전자.

- (5) FARA AC Servo Drive SSV User's Manual, 삼성  
전자,  
(6) McClell J.L., et al. 1986, "Parallel Distributed

Processing, Vol. 2 : Psychological and Biological  
Models," MIT Press.

