

산업용 로봇 제어기술

김효규 (삼성전자 기술총괄 메카트로닉스센터)

I. 서론

최근 전자 및 컴퓨터 기술의 급속한 발전과 IT 산업의 발전에 따라 이들 기술과 기계기술을 결합한 메카트로닉스 산업이 고부가가치이면서 첨단산업으로 인정받고 있다. 특히 이러한 메카트로닉스의 핵심기술은 선진국의 제조/생산자동화 산업의 설비 및 장비에 블랙박스화 되어 독과점 형태로 무기화 되면서, 이 기술은 해당국의 산업경쟁력을 결정하는 핵심이 되고 있는 것이 시간이 갈수록 더욱 명확한 사실로 나타나고 있다.

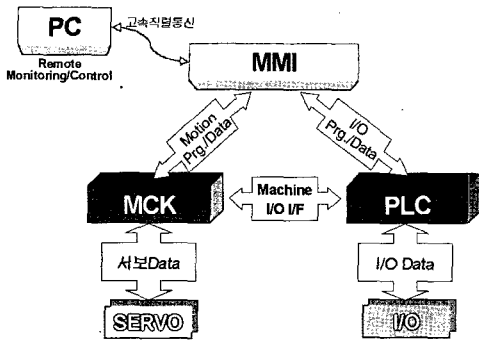
이러한 메카트로닉스 산업 중에 관련 기술의 꽃이라 할 수 있는 분야가 바로 로봇산업이라고 할 수 있다. 최근 로봇산업은 국내에서도 차세대 성장 동력으로 지정되어 이에 대한 관심이 계속 증가하고는 있지만, 아직 산업용 서비스 로봇 외에는 시장창출이 이른 느낌이 없잖아 있다. 하지만 적어도 10년 이내에는 일반 서비스 로봇의 시장이 무한히 개척될 수 있을 것이라고 보는 견해가 지배적인 상황이다.

최근까지 우리나라의 산업용 로봇 산업은 20년의 개발투자 기간을 경과하면서 기술 수준에서는 어느 정도 궤도에 올라섰다고 볼 수 있으

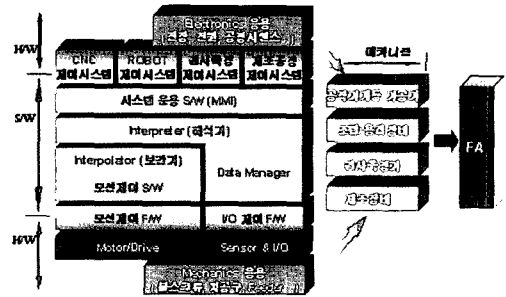
나, 일부 기술개발의 선택과 집중을 했던 분야 외에는 아직 답보 상태의 기술도 많이 존재한다는 것을 부인할 수 없다. 한편, 사업적인 측면에서는 국내 산업경기를 주도하는 반도체, 자동차, 조선 등의 대규모 수요업종 기업 및 협력업체들이 당장의 투자이익을 보장하는 응용기술 일변도로 외국기술과 완제품에 의존하는 로봇사업을 전개한 결과, 기반기술 확대를 위한 연구개발 투자에 미흡해져, 향후 국내 산업용 로봇 산업이 심각한 침체 국면에 접어들 수도 있다는 우려도 있다¹⁾. 본고에서는 이러한 상황을 바탕으로 산업용 로봇 기술중 가장 핵심적인 기술이라 할 수 있는 산업용 로봇 제어기술의 현황 및 발전방향에 대해 논의하고자 한다.

II. 로봇제어기술 개요

본 절에서는 산업용 로봇의 정의를 기존의 다관절 형태의 기구 중심적인 개념보다는 제어기 개념에서 자동화 모션제어를 하는 개념으로 좀더 광범위하게 정의하고 설명하고자 한다. 따라서 로봇제어의 기본 외에도 툴링(Tooling) 시스템 및 주변장치를 장착한 로봇인 제조장비 제어



<그림 1> 제어기 기능 블록 및 연결도



<그림 2> 제어기 기능 계층구조

에 대한 개념도 본고에서는 로봇의 개념으로 포함하여 설명하고자 한다.

1. 산업용로봇의 정의

산업용 로봇이란 산업 현장에서 생산자동화를 위해 사용되는 자동화 메커니즘을 말하며, 로봇 제어기란 이러한 메커니즘을 제어하는 프로그램이 가능한 전자적인 제어장치를 말한다. 이러한 개념으로 보면 산업용 로봇은 생산현장에서 사용되는 움직임이 있는 메커니즘은 모두 로봇이란 범주에 들 수 있을 것이다. 산업용 로봇의 효시는 1962년 Unimation사의 플레이백 (playback) 로봇이라 볼 수 있으며, 일반적으로는 3축 이상의 다관절 메커니즘을 말한다. 그 이후 발전된 로봇의 형태는 매우 다양한데, 사람도 직업에 따라 여러 가지 전문분야가 필요하듯이, 산업용 로봇도 적용되는 산업분야에 따라 형태 및 기능을 달리하게 된다.

2. 산업용 로봇 제어구조

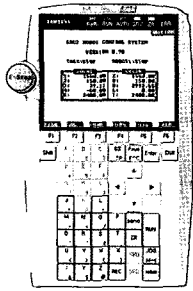
산업용 로봇에 적용되는 제어기의 구조는 응

용분야에 따라 세부적인 기술은 다를 수 있으나, 기본적으로 가지는 필수 구조를 가지고 있다. 이 구조는 <그림 2>와 같이 MMI(Man Machine Interface), MCK(Motion Control Kernel), PLC(Programmable Logic Control)의 3가지의 대표적인 기능 블록으로 나눌 수 있다.

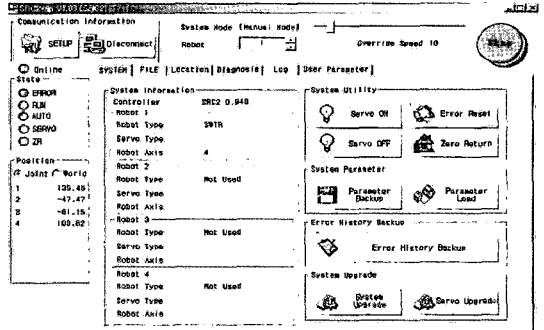
<그림 2>는 이 계층구조를 일반적인 자동화 제어장치의 계층 구조를 나타낸 것이다. 여기서 여러 가지의 응용 제어시스템이 있으나 궁극적으로 핵심 요소 제어기술은 공통화 된다는 것을 알 수 있다.

가) MMI

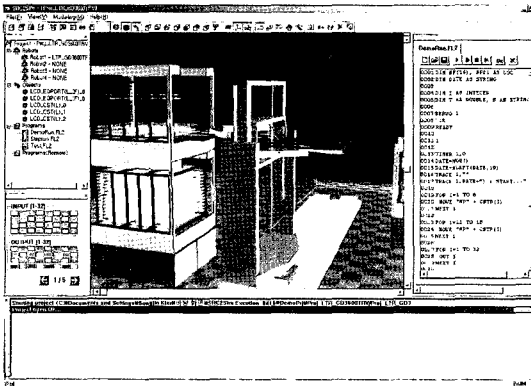
MMI(Man Machine Interface)는 로봇제어기 소프트웨어 구조중 최상위 계층으로, 로봇을 이용하는 사용자의 명령 및 모니터링 정보를 메뉴 방식에 의해 입력력하는 모듈이다. 가장 간단한 형태로는 <그림 3>과 같은 TP(Teaching Pendant)로, 사용자가 들고 다니면서 로봇의 상태 모니터링 및 교시 프로그램 조작을 할 수 있는 장치이다. 최근에는 소형 PC를 사용한 Portable TP에 Windows를 응용하여 GUI(Graphic User Interface)를 제공하는 제품도 나오고 있다.



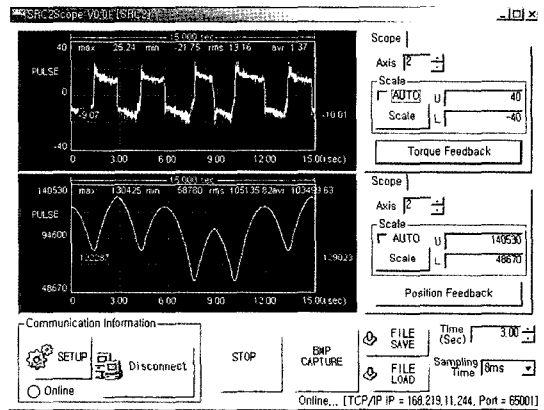
〈그림 3〉 Teaching Pendant



〈그림 5〉 로봇 원격제어 화면



〈그림 4〉 OLP 화면



〈그림 6〉 서보 제어상태 파형 화면

최근 자동화 시스템의 다양성 및 복잡성 증가 등으로 로봇의 사용자 제어 프로그램이 점점 복잡해져 가고 있다. 이에 따라 별도의 PC 상에서 삼차원 그래픽 시뮬레이션으로 사용자 프로그램을 검증하는 OLP(Off-Line Programming) 틀이 필요하게 된다<그림 4>. 이러한 OLP 프로그램은 TP 기능을 포함하여 매우 다양한 기능을 가지게 되어 가상적으로 로봇과 주변장치를 시뮬레이션 할 수 있으며, 로봇 제어기와 통신으로 연결되어 실제 로봇의 동작과 동기동작이 될 수도 있다.

<그림 1>에서 보듯이 제어기가 별도의 PC와

고속통신에 의해 연결될 수도 있는데, 이 통신을 통해 제어기의 모든 데이터를 주고받을 수 있는 PC용 라이브러리를 제공하게 되면 제어기는 개방성을 갖게 되어, PC 상에서 사용자가 원하는 형태의 제어 및 모니터링 화면을 구성할 수 있다. 아래 그림은 이러한 라이브러리에 의해 구성된 로봇 원격제어 화면<그림 5>과 서보의 실시간 제어오차 파형화면<그림 6>의 예를 보여준다.

나) 제어 운용 모듈

① Interpreter(해석기)

로봇도 인간과 마찬가지로 자신의 언어를 가

지고 있다. 로봇은 지령 언어로 표현된 사용자 프로그램을 해석하여 동작하게 된다. 일반적으로 CNC 제어장치를 적용하는 수치제어 로봇은 형상가공 등에 적합하고 표준화된 G 코드 형식의 언어를 사용하고 있으며, 조립/핸들링 및 용접 등에 적용되는 다관절 형태의 로봇은 Basic 언어 형태를 가지고 있다. 대표적인 Basic 형태의 로봇언어로는 삼성전자의 FARAL, Adept의 V+, FANUC의 KAREL 및 Yaskawa의 INFORM 언어 등이 있다. 이러한 로봇언어들은 제어기에 연결된 모터를 원하는 대로 구동시킬 수 있을 뿐만 아니라, 일반적인 프로그래밍 언어처럼 자체적으로 조건연산 및 변수조작 등의 기능을 가지고 있어 익숙한 사용자는 매우 다양한 프로그램을 작성할 수 있다. 또한 Multi-task 프로그래밍 기능을 보유하고 있어 로봇구동을 하면서 주변장치의 시퀀스제어 뿐만 아니라 상위 PC와의 통신도 용이하게 프로그래밍을 할 수 있기 때문에 사용자 자체적으로도 개방형 인터페이스 제어 구조를 구성할 수도 있다.

② I/O Manager

로봇제어기는 기본적으로 로봇의 모션제어를 중심으로 설계된 관계로 많은 수의 디지털 입출력 접점을 지원하지 않는 것이 보통이나, 최근에는 로봇제어기 하나로 자동화시스템의 주변장치를 제어하는 목표로 지원 점수를 높인 제품도 많다. 또한 최근에는 주변장치의 입출력 인터페이스 방식이 DeviceNet 등의 필드버스를 사용하는 경우가 많아 필드버스 인터페이스 기능도 요구되는 경우도 있다. 일반적으로는 많은 수의 입출력 시퀀스 프로그램을 로봇 프로그래밍 언어 자체적으로 수행할 수도 있으나, 일부 메이커(Kuka, Nachi 등)에서는 CNC(수치제어장치)의

제어 구조처럼 시퀀스 전용으로 PLC 프로그래밍 표준인 IEC-61131을 별도로 채택하여 <그룹 1> 그대로의 모듈로 로봇제어기를 구성하는 사례도 있다.

③ OS(Operating System)

로봇제어기의 OS 구성은 크게 두 종류의 부류로 나눌 수 있다. 첫 번째로는, PC 기반 제어구조 방식에서 주로 채용하는 Windows NT 기반에서 실시간 OS를 포팅하여 사용하는 방식으로, 이 방식을 소프트웨어 제어기라고도 부르기도 한다. 이 방식에서는 NT 서버는 GUI나 통신과 같은 상위계층을 담당하고, 실시간 커널은 빠른 처리를 요구하는 모션제어 및 시퀀스처리를 담당하게 된다. 두 번째로는, Embedded 제어구조 방식으로, 메이커에서 제작한 독립형(Stand-alone) 하드웨어 상에 실시간 OS (VxWorks, Lynx, RTLinux 등)를 포팅하는 방식으로, 실시간 OS는 간이형 MMI와 모션제어 및 시퀀스제어를 전담하게 된다. 이 방식에서는 GUI 기능을 상위계층인 별도 PC에서 지원하기 위해서는 ISA/PCI와 같은 병렬버스나 이더넷등과 같은 직렬통신을 통해 필요한 데이터를 PC에 전송해 주게 된다. 직렬통신 방식에 의한 연결구조는 다수의 제어기를 GUI 외에도 원격제어까지 지원 가능하게 되는 장점이 있다.

④ 외부 통신 I/F(Interface)

제어기가 다른 외부 기기와의 통신이 얼마나 표준화되고 원활한가에 따라 개방성의 여부가 결정된다고 볼 수 있기 때문에, 최근에는 제어기의 사업성 결정에 외부기기와의 통신이 매우 중요한 기능으로 간주되고 있는 실정이다. 통신기능을 분류한다면, 제어기의 상위계층(주로 PC)

과의 통신, 하위 디바이스 계층과의 통신인 필드 버스로 구분할 수 있을 것이다.

상위계층과의 통신은 최근 생산자동화 시스템이 복잡해지고 생산효율이 제품경쟁력과 직결됨에 따라 제조현장에 산재되어 있는 시스템들이 상호 유기적으로 운용되어야 하는 것이 필수로 되고 있다. 일반적으로 시스템설계에서 로봇제어기를 분산제어의 구조에서 하나의 노드(node)로 구성하여 로봇제어기는 로봇을 제어하는데 전담할 수 있도록 설계하게 되는 것이 보통이나, 적당한 규모의 시스템의 경우에는 로봇제어기가 주변장치까지 제어하는 경우도 차츰 증가하고 있다. 이러한 경우에는 하위 디바이스 계층과의 필드버스 통신이 요구되며, 최근에는 표준화 및 성배선을 위해 필수적인 기능으로 요구되고 있다.

다) 기구학(Kinematics) 모듈

로봇제어기가 일반적인 모션제어기와 근본적으로 다른 점은 기구학 모듈이 주요인이라 할 수 있다. 로봇을 만드는 메이커는 자신이 만든 로봇의 기구학적인 특징을 자신의 제어기에 심어야 하기 때문이다. 다관절 로봇의 기구학 식은 비선형이 된다. 이에 따라 역기구학도 비선형이 될 뿐만 아니라, 일반적으로 다중해가 존재하고 특이점을 가지게 된다. 연속 궤적 추종 제어의 경우에는 제어기는 이러한 역기구학을 실시간으로 연산할 수 있거나, 샘플링 주기보다 짧은 시간에 계산 가능하도록 하여 모션 명령 버퍼에 계속 채워질 수 있어야 한다.

라) 보간 모듈

보간 모듈에서는 로봇이 원하는 제어 궤적을 원활하고 정확히 움직일 수 있도록 모터의 회전

속도 및 가감속 연산을 하게 된다. 제어기는 보간 연산의 실시간 부담을 덜고, 연속되는 이동모션을 부드럽게 연결하기 위해서 메모리를 이용한 보간 연산 버퍼를 운영하게 되는 것이 보통이다. 로봇을 연속궤적 추종제어를 하는 경우에는 보간 성능이 로봇제어기 성능의 60% 이상을 결정한다 할 수 있을 만큼 중요한 부분이다.

유연성이 있는 엔드이펙트를 가진 로봇에서는 낮은 주파수의 진동이 문제될 수 있지만 적절한 가감속 방법으로 진동억제를 할 수 있다. 가감속을 하는 시점에 따라서 보간전 가감속과 보간후 가감속으로 구분할 수 있는데, 보간전 가감속은 원하는 궤적 평면상에서 직접 가감속을 한 후 역기구학을 풀어 각축으로 이동명령을 분배하는 방식이며, 보간후 가감속은 먼저 역기구학을 연산한 후 각축으로 분배된 축별 독립 궤적을 가감속하는 방법을 말한다. 보간전 가감속 기법이 궤적오차를 줄일 수는 있으나, 속도나 가속도 제한 등의 고려해야 할 사항이 많게 된다. 특수한 경로 보간 방식으로는 몇 개의 위치 지정으로 유연한 곡선을 생성하는 스프라인 보간, 가속하다가 감속해야 하는 미소한 구간 이동 명령이 연속될 때 속도 감소가 일어나지 않으면서 로봇을 이동하게 하는 Look-ahead 보간 방식 등이 있다.

마) 모션제어 S/W

모션제어 S/W는 보간 모듈에서 생성된 각 관절의 목표치를 가지고 실시간으로 추종제어를 하는 모듈이다. 일반적으로는 주 제어 운용 모듈의 계산 부담을 경감시키고, 다축 모션제어나 보정에 필요한 매우 짧은 실시간 신호를 처리하기 위해 주제어 CPU와 별도의 CPU나 DSP를 사용하는 경우가 많다. PC 기반의 소프트웨어 제어 방식에서는 PC 내부의 CPU 하나가 주제어 및

모션제어까지 모두 담당하게 된다.

서보 모션제어 기법은 보통의 경우는 비례-미분-계환 제어를 사용하거나, 로봇기구의 수직축 무게를 보상하기 위한 중력보상을 사용하는 것이 일반적이다. 다관절로봇은 각관절의 기구학적 위치에 따라 각축의 모터에 인가되는 부하관성이 다른 축의 영향도 포함된 비선형 변화를 하게 된다. 로봇이 선형제어 능력에 비하여 빠른 속도로 움직이는 경우에는 상당히 복잡한 수식의 비선형 다축 동력학제어가 실시간으로 연산될 수 있어야 한다. 그러나 계산의 복잡성 때문에 실시간성을 만족하기가 쉽지 않고, 모델링 오차로 인해 제어 성능향상이 매우 어렵다. 일반적으로 실제 산업용 로봇 제어의 경우에는 서보제어 샘플링 보다 동력학 보상 제어 샘플링을 길게 하는 멀티 샘플링을 채택하고, 매 샘플링 순간 발생하는 추종오차에 대해서는 강인한 고이득 선형제어 (Robust high-gain linear control)를 하게 된다.

바) 모션제어 F/W(Firmware)

모션제어 F/W는 모션제어 S/W와 각축의 서보 드라이브를 연결해 주는 하드웨어 및 소프트웨어를 말한다. 로봇제어기는 일반적으로 로봇기구 메이커에서 세트로 함께 공급하기 때문에 Embedded 형태의 제어기 구조로 설계되어 있어 서보드라이브의 영역 구분이 확실치 않는 경우가 많다. 현재까지는 대부분 주제어보드와 다축서보 제어보드 사이를 PC의 ISA 버스와 같은 컴퓨터 병렬버스를 사용하며 다축서보 제어보드와 서보앰프 사이는 PWM 신호에 의해 연결되는 방식을 사용하는 경우가 주종으로, 다축 동시 데이터 운용 및 원가적인 측면에서 매우 유리한 방식이다.

그러나 최근 자동화 제어기의 개방화 추세에 따라 다양한 형태의 로봇 기구 구조의 제어장치 개발을 신속히 대응하고, 주변장치의 제어축 및 입출력도 함께 제어할 수 있는 실시간 서보제어 직렬통신 방식을 채택하는 메이커들이 늘어나고 있다. 이 방식의 대표적인 것으로 IEC 표준화 규격인 SERCOS 로 국내의 삼성전자 및 외국의 Rockwell, PMAC등이 채택하고 있으며, Adept은 IEEE-1394 규격인 FireWire를, FANUC은 자체 통신규격으로 FSSB를 채택하고 있다. 향후 전체적인 추세는 Ethernet 기반의 실시간 통신방식으로 표준화될 것으로 예상되고 있다.

사) I/O 제어 F/W

일반적으로 산업용 로봇은 자체적으로는 약 100개 이하의 I/O 점수만 있으면 충분하나, 시스템의 주변 디바이스들을 로봇이 제어를 한다면 더욱 많은 점수가 필요하게 된다. 또한 많은 I/O 점수의 시퀀스제어 프로그램을 지원하기 위해서 로봇언어는 각 I/O의 명칭을 지정하여 프로그램 할 수 있는 named I/O 기능 등을 지원하거나, IEC-61131 표준을 지원하기도 한다. 최근에는 시스템의 주변장치 디바이스들이 필드버스 연결방식을 가진 제품이 많아 제어기는 이러한 필드버스를 지원하는 것이 필요할 경우가 늘어나고 있다. 주로 DeviceNet, Profibus가 주종을 이루며, 최근 일본으로부터 수입하는 반도체/LCD 핵심 공정장비에 미쓰비시 PLC가 설치되어 미쓰비시 고유의 필드버스인 CC Link 연결을 로봇제어기가 지원해야 하는 경우도 생기고 있다. 그 외 제어기는 고속 I/O라는 특수한 I/O가 필요하게 되는데, 일반적으로 로봇 한 대에 32점 이하가 필요하며, 로봇의 이동위치를 센서 입력시 즉각 보정하기 위한 센서 입출력으로 사

용하기도 한다.

아) 모터/서보드라이브

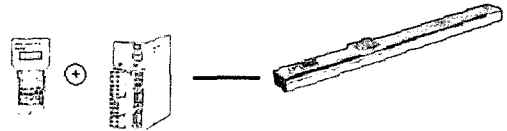
로봇제어에 사용되는 모터는 주로 AC서보모터, 리니어모터 등이 있다. 모터 설계기술의 발전에 따라 소형화되면서도 고토오크를 얻을 수가 있어 고속 동작이 가능해졌고, 코깁토크를 줄이고 고해상도의 엔코더를 장착함에 따라 더욱 정밀한 제어도 가능하게 되었다. 서보드라이브 또한 고속 DSP 및 제어 ASIC을 채택하여 500Hz 이상의 속도제어 대역폭을 달성함으로써 고속/고정밀 제어기술을 뒷받침해 주고 있다. 더욱이 모터 엔코더가 17bit 에서 24bit 까지 지원되는 고해상도 추세에 따라 서보드라이브도 모션제어 모듈과의 실시간 고해상도 위치데이터 전송을 위해 컴퓨터 병렬버스에 의한 방식이나 실시간 필드버스를 지원해야 하는 것이 필수이다.

3. 로봇 제어장치의 형태별 분류

가) 단축로봇제어기

로봇제어기중 가장 간단하여 염가이며, 콤팩트한 형태의 모션제어기라 할 수 있다. 실제 로봇을 3축 이상으로 정의한다면 로봇제어기가 아닌 형태지만, 비동기 다축 확장을 할 수 있는 형태도 있으며 간단한 자동화에 많이 적용되고 있다. 제어기구조는 단축 모션컨트롤러와 서보드라이브가 한 모듈로 구성되어 있다. 서보드라이브의 고속 DSP 적용에 의한 완전 디지털화에 따라 하드웨어의 변경이 별로 없이 소프트웨어의 추가로 탄생한 것이 단축서보라 할 수 있다. 즉, 간이형 모션 인터프리터, 보간기능, I/O 기능 외에도 기억 위치포인트 저장, 사용자 프로그램의 작성 등을 지원하는 구조의 제어기 형태이다. 최

근에는 DeviceNet등의 Fieldbus에 의한 상위제어기(PC 혹은 PLC등) 인터페이스를 구비한 단축 제어기들이 출시되고 있다.



〈그림 7〉 단축로봇 제어기

나) 다축 로봇제어기

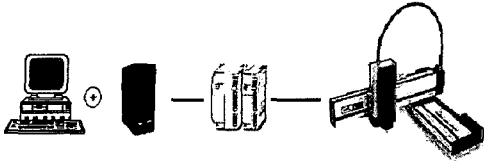
① 독립형 제어기

독립형 다축제어기는 로봇제어기의 주제어부만을 별도 모듈로 만든 것으로, 자체적으로 통신기능, 로봇운용 언어, 보간 및 제어기능 등을 보유하고 있다. 일반적으로 모니터링 및 설치운용을 담당하는 상위 PC와는 RS-232나 Ethernet으로 연결되고, 로봇 및 장비의 축제어 서보드라이브와는 실시간 필드버스로 연결된다. 주변장치의 I/O 또한 이 실시간 필드버스의 노드에 연결될 수도 있으며, 별도의 일반 필드버스를 옵션으로 지원하는 경우도 있다.

독립형 다축제어기 하나는 일반적으로 2축에서 24축 정도까지 제어 가능하며, 상위 PC의 가동 여부에 상관없이 독립적으로 동작할 수 있는 구조이다. 간이형 MMI로 티칭펜던트를 지원하게 되며, 사용자 프로그램의 외부 기억장치 저장과 다운로드를 위해 일반적으로 USB를 지원하게 된다. 대응모델로는 삼성전자의 NRC, Adept의 Smart Controller, FANUC의 15i 등이 있다.

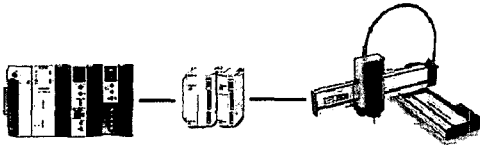
② PLC에 의한 위치제어

PLC는 기본적으로 디지털 입출력 시퀀스제어



〈그림 8〉 독립형 다축 모션컨트롤러

장치이나, 최근 특수모듈의 기능을 매우 다양화하여 공정 프로세서제어 뿐만 아니라 모션제어 기능도 보유하고 있다. PLC의 모션 모듈은 PLC를 기본적으로 사용하는 장비셀에서 서보 모션제어가 필요한 경우 경제적으로 사용할 수 있다. PLC 모션제어 모듈은 내부적으로 CPU와 메모리가 있어 로봇 Kinematic 연산 및 교시점, 로봇 파라미터 등의 정보를 저장할 수 있다. 서보드라이브와는 위치펄스 방식이나 펄드버스 등으로 연결하게 된다.

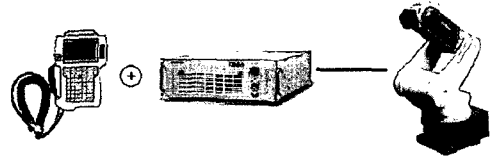


〈그림 9〉 PLC에 의한 로봇제어

다) Embedded 로봇제어기

일반적인 로봇제어기는 메이커에서 로봇과 함께 공급하기 때문에, 앞에서 설명한 독립형 제어기와 서보드라이브 및 전장배선 등을 하나의 제어박스에 내장한 형태의 제어기라 볼 수 있다. 로봇은 한 모델이 개발되고 나면 다양한 자동화 분야에 적용할 수가 있어 메카트로닉스 제품 중에 지속적인 양산성을 가지는 제품 중의 하나이다. 메이커에서는 제어모듈 전용화로 개발기간을 줄이고, 재료비절감 및 컴팩트화 등을 목적으

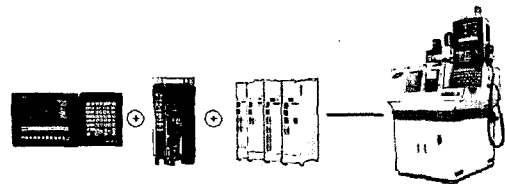
로 설계하게 된다. 최근 로봇산업이 다품종 소량 산업특징으로 변화됨에 따라, 선진 메이커들도 오랜 개발기간이 소요되는 제어기개발의 효율화를 위해 모듈의 표준화 및 개방화를 모색하는 노력을 많이 하고 있다.



〈그림 10〉 Embedded 로봇제어기

라) CNC

CNC 제어장치는 기본적으로는 부품 형상 가공 공정의 자동화에 적용된다고 볼 수 있으며, 광의의 개념으로는 사용자 프로그램의 지시에 따라 메카니즘의 모션컨트롤을 행하는 제어장치를 총칭한다고 볼 수 있다. CNC가 응용되는 분야는 개략적으로 톨링시스템에 의해 분류할 수 있다. 주축이 스피indle 모터이면 형상가공 동작기계, 레이저 발진기가 장착되면 레이저절단기 그리고 조립 그리퍼가 장착되면 부품조립장비 등으로 분류할 수 있다. 부품 형상가공의 정밀성, 생산성 및 신뢰성등 여러가지 조건을 맞추기 위해서는 위치결정 제어뿐만 아니라, 고속이면서 정밀한 모션 궤적계획, 다양한 형상가공 모션제어를 위한 복합기능 등의 부가적인 기능들이 필요하다.



〈그림 11〉 CNC 수치제어장치

마) PC 기반 제어기

PC 기반 제어기는 로봇 모션 제어보드를 PC 버스슬롯에 장착하는 구성의 제어기로, PC에서 사용자가 제어보드 운용 프로그램을 작성할 수 있도록 C언어 라이브러리를 제공한다. 또한 MMI, 주변장치 시퀀스제어, 통신 등의 기능도 PC에서 사용자가 응용 프로그램을 개발하여 사용하게 된다.



〈그림 12〉 PC 기반 제어기

III. 산업용 로봇 제어기술 현황

1. 국내

산업용 로봇 제어기술은 전기전자, 통신, 컴퓨터, 센서, 기계/모터제어 분야 등의 복합기술 분야이다. 우리나라는 90년대부터 기업과 학교에서 메카트로닉스 제어기술 개발에 많은 관심을 가진 결과, 현재 나름대로 인력 풀이 형성되었고 많은 기술발전을 이루어 선진국과의 기술격차가 1-2년 정도로 좁혀졌으며, 일부 분야에서는 앞선 분야도 있을 정도로 발전했다. 대표적으로는 삼성전자의 LCD 핸들링 로봇의 경우로 7세대의 LCD 자동화라인에 투입되는 새로운 대형로봇의 개발을 선진사보다 조기에 우수한 성능으로 개발하여, 산업용 로봇분야에서 선진사와 필적할 수 있음을 보여주었다. 또한 이러한 대형 로봇의 양산 성공은 국내의 산업용 로봇의 신뢰성 확보 기술도 괄목할 만한 성장을 했다는 입증이라

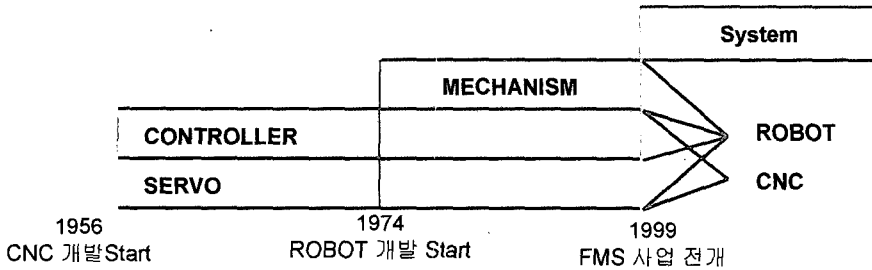
고 볼 수 있다. 그 외 대기업으로는 현대중공업과 두산메카텍의 용접로봇, 국내 몇몇 중소기업에서 조립용 로봇 제어기술을 보유하고 있다¹⁾.

산업용 제어기만을 사업영역으로 하는 곳은 선진국과는 달리 국내에서는 중소기업 밖에 없는 실정이다. 국내의 산업용 제어기시장이 상대적으로 작고, 특히 자동화 시스템의 수입비율이 높아 산업용 제어기 업체의 취약한 내수 사업기반이 주원인이라 할 수 있다. 국내의 대표적인 기업으로는 미국의 Rockwell과 삼성전자가 합작한 로크웰 삼성 오토메이션을 들 수 있으며, 그 외 많은 기술력 있는 중소기업들이 나름대로의 기술력을 제품화하여 독자사업 추진을 하고 있다. 또한 최근 로봇 핵심부품의 하나인 서보모터의 국산화 성공 보급은 국내의 산업용 로봇제어 기술의 차별화에 많은 기여를 할 수 있으리라 생각한다.

2. 해외

산업용 로봇 제어기술의 세계적인 선두주자는 일본의 FANUC이라고 할 수 있다²⁾. FANUC은 <그림 13>에서 보듯이 CNC 제어장치 기술의 근간위에 메커니즘을 더하여 로봇을 개발하고 이러한 핵심기술 확보를 바탕으로 자동화시스템을 이룬다는 방식으로 기술개발 및 사업전개를 하고 있다. 또한 개발된 기술은 자사 내부에서 먼저 실증적용으로 신뢰성 검증을 하고 대외 사업전개를 하는 것으로 알려져 있다.

그 외 국내 산업용 로봇시장을 장악하고 있는 외국 업체로는 일본의 Nachi 및 Yaskawa를 들 수 있으며, Nachi는 Embedded 제어기 하드웨어 구조 기반에 Windows NT 및 실시간 OS를 사용하는 방식을 채택했으며, 또한 로봇 제어기술로 자사내 초정밀 사업부의 장비 제어기술을 지원하고 있다.



〈그림 13〉 FANUC 제어기술 구조

Yaskawa는 자체 제어기 사업의 핵심 모듈들을 근간으로 로봇제어기를 Embedded 구조로 구성하고 있으며, 로봇의 사용 및 시뮬레이션에 필요한 다양한 PC용 소프트웨어를 제공하고 있다.

IV. 산업용 로봇제어기술 발전추세

최근 소위 산업용 로봇의 고전적인 기술이 성숙단계에 접어들면서 새로운 사업 분야 개척이 절실한 시점이다. 국내업체의 안방인 내수시장을 외국 업체들에게 계속 내어준다는 것은 첨단산업의 후방효과인 범국가적인 경기활성화에 도움이 되지 못할 뿐더러 신흥 아시아국들의 추격에 발목을 잡힐 것이 명약관화하기 때문이다. 세계 산업용 제어기술 추세로는 고속/고정밀화, 개방화, 복합화 및 지능화를 들 수 있으며, 이러한 메가트렌드를 선도할 수 있어야 향후 거대한 시장으로 확장될 메카트로닉스산업에의 성공적인 시장진입이 가능할 것이다.

1. 고속/고정밀화

최근 생산성을 향상하기 위한 고속화, 부가가치 제품을 생산할 수 있는 고정밀화 기술이 핵심적인 제어기술의 하나로 되고 있다. 고속/고정밀

기술은 로봇 메커니즘 기술과 제어기술의 조화가 절대적으로 필요한 기술로 관련 산업에 대한 파급효과가 매우 크다고 할 수 있다.

제어 성능의 향상을 위해 고속연산 CPU에 의한 고이득 제어 및 기구 동력학 보상제어가 필수적이다. 또한 마찰, 기구의 유연성이나 열변위 등에 의해 발생하는 작업영역에서의 추종오차에 대해서도 고해상도 센서를 이용한 실시간 측정 및 보정이 가능해야 하며, 진동모드의 효과적인 인식 및 보상이 요구되고 있다. 보간 방식에 있어서도 최소의 지령데이터로 자유곡면을 표현하는 기법과 연속이동 코너에서의 궤적오차 감소기법, 그리고 나노급의 세밀한 보간을 고속으로 할 수 있는 기술 등이 핵심이라 할 수 있다.

2. 개방화

생산자동화의 유연성에 단답기로 대응하고 생산시스템의 통합서비스를 지원하기 위해서는 제어기는 표준과 개방구조를 조합하는 형태로 구성이 되어야한다. 먼저 개방구조를 정의하면 다음의 네 가지의 특징을 가진 제어기라고 할 수 있다.

① Interoperability (상호운용성)

: 이기종간 데이터의 상호교환을 위한 표준

프로토콜 통신 시스템

② Portability (이식성)

: 모든 Platform에 동일한 응용 API 가능

③ Scalability (비율성)

: 제어시스템 기능/성능의 확장/축소 용이성

④ Interchangeability (상호교환성)

: 적용성, 신뢰성, 성능에 따라 구성요소를
타기종에 대체 가능

이러한 개방구조 개념을 바탕으로 세계적으로
추진되고 있는 대표적인 표준화 컨소시엄 활동
으로는 다음의 세 그룹을 들 수 있다.

- ① 미국의 OMAC (Open Modular Architecture
Controller)
- ② 일본의 OSEC (Open System Environment
for Controller Architecture)
- ③ 유럽의 OSACA (Open System Architecture
for Control within Automation System)

앞에서 언급한 소프트웨어 제어기나 Embedded
제어기는 그 구조의 명칭만으로는 개방형 여부
를 판단할 수 없으며, 로봇 언어의 유연성, 축과
I/O의 확장성, 표준통신에 의한 상위 컴퓨터와
의 정보전달의 용이성이 개방형의 기본기술이
라 볼 수 있다. 즉 이러한 개방기술은 IT 기술을
제어기술에 접목함으로써 많은 부분을 달성할
수 있기 때문에 IT 기술의 새로운 사업모델이 될
수도 있을 것이다.

3. 복합화

생산효율을 향상하기 위한 생산설비의 변화추
세는 고속화외에도 2개 이상의 공정을 단일 장

비에 내재화하는 복합화 설계가 이루어지고 있
다. 이러한 생산설비의 시스템화는 제어기의 확
장성 및 통합제어 측면에서 제어기의 개방화도
요구하게 된다. 제어기 개발 당초부터 복합기능
을 전제로 개발한다는 것이 용이하지 않기 때문
에 일반적으로 개발 후 기능을 추가하는 방식으
로 이루어지는 경우가 많다. 이러한 경우를 대비
하여 제어기 설계시 개방적인 모듈 설계를 할 필
요가 있다.

4. 지능화

로봇이란 용어의 탄생은 인간과 같은 지능을
기계가 가진다는 논리에서 시작했다는 것이 주
지의 사실이다. 그러나 로봇이 상용화 된 후에도
가장 미흡한 부분이 지능화라 할 수 있다. 실제
로 산업용 로봇의 작업환경은 공정이 잘 정의되
어 있는 작업에 사용되었으므로 지능화의 필요
성이 많이 대두되지 않았다. 그러나 고도의 숙련
된 작업 Know-How를 자동화할 필요성이 대두
되고 있고, 신호처리 기술과 센서의 발전으로
센서융합 기술이 산업용 로봇의 지능형 부가가
치의 핵심 요소로 되고 있다. 특히 산업용 센서
융합기술은 일반 환경에 비해 매우 정의되어 있
는 환경에서 응용되기 때문에 조기에 확보할 수
있는 기술이다. 최근에는 검사기술과 시각기반
주행 로봇, 데이터베이스에 의한 진단기술등에
지능기술이 이용되고 있다.

V. 마치면서

산업용 로봇에서 제어기술은 매우 중요한 핵
심기술이며 파급효과가 큰 기술이나 국내 로봇
시장규모가 아직 작고, 개발 투자비가 많이 들어

가는 이유로 기업들이 활발히 투자하고 있지 못한 실정이다. 국내의 산업용 로봇기술(기구 및 제어기)은 전반적으로 선진수준 대비 20% 정도의 기술격차를 나타낸다고 보고되고 있다^[1]. 반면에 LCD나 반도체등의 국내 기업이 선택 집중하는 로봇기술 분야는 선진국 수준과 동등하거나 앞서 있는 분야라고 볼 수 있다. 즉, 로봇은 LCD나 반도체 생산자동화에의 핵심기술이라는 인식을 가지고 기업자체적으로 연구개발 투자가 충실히 했던 것이 성공의 요인이라 할 수 있다. 즉, 우리나라 산업용 로봇의 발전 전략도 산업 수요에 부응하는 연구개발을 해야 선진국과의 격차를 줄일 수 있고 시장 확보가 가능하다고 볼 수 있다. 또한 기술 패러다임(Paradigm)의 변화에 맞는 연구개발로 미래를 함께 준비해야 경쟁력을 지속할 수 있을 것이다.

로봇 제어기술은 IT 기술 융합으로 산업용 로봇을 새로운 사업모델로 거듭날 수 있도록 발전해야 하고, 정밀기술을 확보함으로써 부가가치를 창출하는 핵심기술로 발전해야 할 것이다. 산업용 로봇 제어기술에 의한 메카트로닉스 혁명을 기대해 본다.

==== 참고문헌 =====

- [1] 한국과학기술정보연구원, 핵심정보분석을 통한 국가전략 산업 고도화 지원체계 구축사업 <기술명: 로봇>, 권영일의 3인, 2002.12
- [2] Automation Research Corporation, Worldwide CNC Outlook : Market Analysis and Forecast, 1997.

저자소개



김 호 규

1979년-1983년 부산대학교 전기공학과 학사
 1983년-1985년 서울대학교 전기공학과 석사
 1991년-1995년 포항공과대학교 전기전자공학과 박사
 1984년-현 재 삼성전자 기술총괄 메카트로닉스센터 수석연구원
 주관심분야 로봇, 메카트로닉스, 비선형제어, 신경회로망, 지능제어