

## 메카트로닉스와 로봇기술

金 成 權

三星電子(株) 自動化 研究所

### I. 개요

#### 1. 메카트로닉스의 개념

메카트로닉스(mechatronics)란 용어는 70년대 후반부터 사용되기 시작하였으며 처음에는 기계공학(mechanics)와 전자공학(electronics)의 결합을 의미하는 단어로 사용되었다. 그 이전부터 기계공학과 전자공학 기술의 결합에 의한 제품이 전혀 없었던 것은 아니었지만 전자기술의 급속한 발전으로 인해 과거에는 주로 기계기술의 응용결과로서 제작되던 제품에 새로이 전자기술이 가미되면서 기존의 제품의 기능을 한단계 더 높은 차원으로 이끌어 올리면서 기계기술과 전자기술간의 결합에 대한 관심이 모아졌다고 볼 수 있다. 최근에는 이 메카트로닉스라는 용어를 기계와 전자의 결합을 의미할 뿐만 아니라 정보에 관한 의미를 더하여 정의하고 있다. 즉 메카트로닉스란 기계공학기술, 전자공학기술과 정보처리기술이 종합된 시스템 기술이며, 메카트로닉스 기술이 적용된 제품들로 VTR, Camcorder, CD player, Cassett player 등의 가전제품등과 복사기, 팩스기, 컴퓨터등의 OA 제품들을 예로 들 수 있다.

산업계에서는 로봇, 공작기계, 무인차, 자동창고 등의 메카트로닉스기술이 적용된 자동화 설비들을 메카트로닉스 기술이 본격적으로 적용된 제품이라 할 수 있다. 자동화장비의 기계부분은 사람의 팔다리와 몸체에 기계부분에 해당되고 제어기는 머리에 해당된다. 사람의 머리에는 뇌가있고 뇌속에 들어 있는 지능에 의해 몸체를 움직이듯이 제어기에서도 제어기내부의 소프트웨어에 의하여 기계가 움직인다. 그리고 기계의 각부분에 설치되어 있는 센서들은 사람의 신체 각부위의 감각기능과 같다. 따라서 자동화된 기기

나 장비를 만들기 위해서는 기계및 전자공학과 정보처리기술의 총합체인 메카트로닉스를 이해하는 것이 매우 중요하다.

#### 2. 메카트로닉스의 중요성

모든제품들이 복잡화, 소형화되고 제품의 라이프 사이클도 급격히 단축되고 있는 최근의 환경에서는 기업이나 국가가 국제경쟁력을 향상시키기 위해서는 기술력을 바탕으로 소비자들이 만족하는 상품을 개발하여 공급하여야 한다. 뿐만아니라 다양한 기호를 가진 소비자들의 욕구를 충족시켜주기 위하여 끊임없이 새로운 상품을 제공하여 주어야한다. 이런상황에서 최근 소비자의 관심 대상인 멀티미디어 제품은 컴퓨터, 팩스, 전화기, TV등과 같은 각종기능을 보유한 것으로 메카트로닉스 기술에 의해 개발 되어진다. 또한 노동인구의 감소, 고임금화, 3D직종의 기피현상 등으로 인하여 자동화를 통해서 제품의 품질향상과 생산성을 향상하여 경쟁력을 유지하려고 한다. 이에 따라 메카트로닉스의 기술발전과 함께 자동화 기술은 급속히 확산되어 무인화 공장으로 까지 발전하게 되었다. 따라서 메카트로닉스 기술 확보가 앞으로의 제조업의 경쟁력 확보의 중요한 요소가 될것이다.

#### 3. 메카트로닉스기기

일반적인 메카트로닉스 기기는 기본적으로 그림 1과 같이 기계 몸체, 구동부(액추레이터), 제어기, 그리고 센서들로 구성되어있다. 센서는 온도나 힘등의 물리적 화학적 양을 전기신호로 변환하며 액츄에이터는 전기신호의 변화를 기계적인 운동으로 변환한다. 제어기는 센서로부터 기계몸체의 상태에 대한 정보를 읽어내어 그 정보로부터 기계몸체를 원하는 대로 움

직이기 위한 적절한 신호를 만들어 액츄에이터로 전송한다. 센서를 통하여 검출된 각종 신호들을 제어기로 보내져 기계의 최적의 조건을 유지하기 위한 조건들과 비교되고, 그결과 들로부터 최적의 상태로 만들기 위해 액츄에이터에 지시를 보내 기계를 구동한다. 이와같이 구동되는 메카트로닉스기기는 산업용 기기에서 민생용기기에 이르기까지 거의 전산업에 광범위하게 사용되고 있다.

본 글에서는 이러한 메카트로닉스기기를 이해하는데 가장적합한 로봇에 관해서 중점적으로 설명하기로 한다.

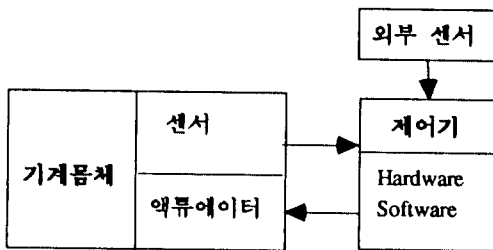


그림 1. 메카트로닉스 기기의 구성

## Ⅱ. 로봇 시스템

로봇은 기계, 전기, 전자, 제어와 전산기술들이 종합적으로 집약되어 구성되는 전형적인 메카트로닉스 기기라고 할수있다. 로봇은 기본적으로 몸체, 액츄에이터, 제어기와 센서로 구성되어 있고 실제 작업은 로봇 몸체에 의해 이루어지고, 이 몸체를 움직이게 하는 것은 액츄에이터인 모터이다. 센서는 몸체의 위치를(모터의 위치) 감지하여 제어기에 그정보를 전송하고 제어기는 이정보로부터 현재 몸체의 위치를 감지한 후 모터에 적절한 지령을 내려서 몸체를 원하는 위치로 움직이게 한다.

이와같이 동작하는 전형적인 메카트로닉스기인 로봇의 세부적인 구성은 다음과 같다.

### 1. 로봇 몸체

실제로 작업을 수행하는 부분인 로봇의 몸체는 여러가지 종류와 형태가 있지만 산업 현장에서 사용

되고 있는 종류는 다관절로 구성되는 사람의 팔의 형태를 가진 로봇이다. 본고에서는 이러한 형태의 로봇을 중심으로 설명 하고자 한다.

일반적으로 로봇 몸체는 직렬로 연결된 링크들로 한쪽 끝은 지지대에 고정되어 있고 다른 한쪽 끝은 자유로이 움직일 수 있는 엔드-이펙터(end-effector) 부분으로 구성되어 있다. 각 링크사이를 관절이라 부르며, 각 관절은 모터에 의하여 구동된다. 로봇 몸체를 구성할 때 여러가지 사양은 용도에 적절한 몸체가 되도록 하여야 하며, 설계시 고려해야 할 주요 사항은 다음과 같다.

몸체는 어떤작업을 하느냐에 따라 그형상과 모양이 결정된다. 일반적으로 로봇의 링크들을 움직여 주는 축의 숫자 즉 구동 모터의 수량은 로봇을 4축 또는 6축 로봇으로 구분하는 기준이 된다. 6개의 구동 모터에 의해서 움직이는 로봇은 6축로봇가 되며, 6축로봇은 엔드 에펙트를 삼차원 공간상에서 원하는 위치와 방향에서 작업을 할수있는 구조상의 특징을 가지고 있다.

그러나 평면상에서 작업하는 로봇들은 주로 4축인 수평다관절(스카라타입 이라고도함) 형태와 직교좌표형태가 현장에서 많이 사용되고 있다. 기타 이동로봇과 원격조정로봇 등 사용목적에 따라 여러 형태의 로봇을 만들수 있다. 그러나 모든 로봇은 링크와 링크사이를 연결하는 축을 구동하는 모터, 그리고 손목과 손가락 역할을 하는 엔드 에펙트를 가지는 점에서는 기본적으로 동일하다.

이러한 로봇의 몸체는 구조상의 특징만 정의하면 개념상으로 쉽게 설계할 수 있다고 생각할 수있다. 그러나 아직까지 우리나라에서 6축로봇 몸체를 자체적으로 설계, 제작 상용화하여 실제 현장에서 사용하는 예가 없다는 사실을 고려할때, 필자는 로봇 몸체 설계가 실제로는 가장 취약한 기술이며, 아직 그 중요성이 인식되지 않은것으로 판단된다. 사람의 육체도 건강해야 무슨 일든 할수있는것 처럼 로봇도 몸체가 제대로 되었을때 각종 제어기술을 적용할 수 있고 더 나아가 지능 로봇까지 발전시킬 수있다. 로봇의 개발에서 생산까지를 총체적으로 생각할때 로봇 몸체 설계시 중요고려 사항은 다음과 같이 정리할 수 있다.

첫째 로봇 몸체의 신뢰성 이다. 로봇의 몸체에서 각축의 연결 부위들의 마모나 플림등으로 인한 유격(백레쉬) 은 로봇의 정밀도를 저하시킨다. 또

한 로봇의 몸체에 장착된 각종센서와 모터 전원선들의 단선은 사람의 신경이나 근육의 마비에 해당하는 현상을 로봇 몸체에 야기시킨다.

이문제들을 해결하기 위한 노하우가 있어야 로봇 몸체의 신뢰성에 관련된 기술을 확보할 수있다.

둘째는 로봇 자체중량에 대한 가반중량의 비율을 크게하는 것이다. 이 비율을 크게 하기 위해서는 로봇 몸체의 기구에 대한 끊임없는 연구가 되어야 한다.

셋째는 로봇의 제어를 쉽게 하기위한 계산부하가 적은 로봇의 동역학과 정역학의 해를 구하는 것이다. 즉 적은 계산으로 엔드 에펙트의 위치를 원하는 공간상의 위치와 방향으로 보내는 알고리즘을 개발하여야 한다.

실제 로봇 몸체 설계시 작업조건이나 영역에따라 로봇을 기구적인 측면에서 설계하고, 각 링크, 관절 그리고 모터의 크기와 모터 관절의 이동기구 등을 구체적으로 설계하게 된다.

로봇 몸체의 무게는 가볍고 강성이 크도록 설계하여야 한다. 사람은 자기 몸무게 정도는 들수있지만 현재까지 개발된 로봇은 보통 자체 무게의 10분의1 정도 밖에 들수없는 상황이다. 앞서 설명한것과 같이 로봇 자체의 무게가 적으면서 가반중량이 크도록해야만 구동 에너지를 절감 할뿐만아니라 로봇의 크기도 축소할수있다. 이를위해 기구에서 중력의 영향을 최소화하고 강성을 높일수 있는 구조를 채택하여 팔의 휘어짐을 최소화 하고, 자연진동수를 높도록 설계하여야 한다. 로봇은 보통 자연 진동수의 2분의 1 정도의 제어사이클 내에서 효과적으로 제어된다. 이러한점들을 종합하여 로봇에 사용되는 재질의 선택과 단면의 형상, 기구의 형상에 대한 깊이있는 고려가 필요하다.

각 축부위의 설계는 백래쉬와 마찰을 최소화 할수 있는 구조로 설계하고 가공, 조립, 분해등을 고려하여 구체적인 설계를 해야 한다. 특히 축부위 에서 유격과 누적공차등을 고려하여 설계해야만 실제 사용시 백래쉬나 마찰, 소음등의 문제를 방지할 수 있다.

또한 로봇에서 사용되는 감속기는 백래쉬, 마찰력, 및 로봇의 속도와 가속등을 고려하여 적절한 감속비와 강도를 가진것을 선택하여야 한다. 그리고 로봇의 작업수행속도와 가반중량을 만족시키면서 몸체의 각 링크와 모터사이애 효과적으로 동력을 전달하기위하여 몸체의 각 링크의 동적 특성을(질량, 무게중심, moment of inertia 등) 고려하여 각 관

절에서 필요로 하는 토크를 계산해야 한다. 그리고나서 계산된 토크를 만족시키기 위해서 적절한 모터와 감속기를 선정해야한다. 감속기는 하모닉드라이브(harmonic drive)와 벨트등을 가장 많이 사용하고 있으며, 선정시 기동부하, 평균입력회전수, 평균부하 토크, 강성, 진동 특성, 효율 등을 고려해야 한다.

## 2. 로봇 액츄에이터

메카트로닉스 기기에서 기계몸체는 액츄에이터에 의해 작동된다. 로봇 시스템에서도 로봇 동작은 액츄에이터에 의해 움직인다. 액츄에이터의 종류는 전기식, 유압식, 공압식으로 크게 대별된다. 공압이나 유압 액츄에이터는 상대적으로 제어에 반응이 느려서 정밀제어에는 전기식 모터가 주로 사용되고 있다.

대부분의 유압이나 공압은 전기에너지에 의해 구동되는 전기기계인 콤프레사로 부터 얻어진후 기계 몸체에 전달되기 때문에 에너지 손실이 크며, 이와 더불어 소음등 여러문제가 수반된다. 따라서 최근에는 종래의 공압식이나 유압식에서 전기식으로 점차적으로 바뀌어가고 있다. 전기식 액츄에이터인 모터는 모태무게에 대한 파워밀도를 나타내는 토크상수, 제어의응답성, 저속에서의 운전성, 위치센서의 분해능력 보호기능등을 고려하여 선정하여야 한다.

### 1) 전기식

#### (1) 스텝모터

스텝모터는 주어진 펄스지령에 따라 정해진 각도를 이산적(discrete)으로 움직이는 간단한 제어방식이 요구되는 전기적인 모터로써, 최근까지 널리 사용되고 있는 대표적인 전기식 액츄에이터중의 하나이다. 스텝모터는 단순한 펄스 입력만으로 개루프제어가 가능한 구조상의 특징을 가지고 있어, 간단한 제어 시스템의 설계로 인한 동특성을 얻을 수 있다. 그리고 모터의 회전당 증분각도는 스테이터의 치차수에 의해 결정되며, 탈조가 일어 나지 않는 한 구동시 위치오차가 누적되지 않는다. 또한 모터의 회전속도가 입력 펄스신호의 주파수에 비례하여, 광범위한 범위에서 개루프제어로도 정확한 속도를 얻을 수 있다. 그러나 실제로 작용시 개루프제어에 의해 모터가 구동되므로, 외란토크나 장애불등으로 인해 모터의 위치제어에 문제가 발생해도 이의 감지가 어려우며, 급속한 모터의 가속이 요구될 경우, 탈조가 발생하여 위치오차가 발생할 수 있고, 공진현상도 발생될수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 정교한 마이크

로스테핑을 가능하게 하는 페루프제어기로 구성해야 한다. 이 경우 스텝모터 사용시 얻을 수 있는 장점에 비해 제어기의 가격이 상승하므로 큰 이점이 없게 된다. 또한 대용량 스텝모터의 경우 설계 자체가 힘들며, DC나 AC 써보모터에 비해 가격이나 효율적인 면에서 이점이 없다. 따라서 이러한 특성으로 말미암아 산업용로봇이나 CNC공작기계등의 대형기계보다는 소형의 정교한 기계등에 널리 사용되고 있다.

(2) DC써보모터와 AC써보모터

DC써보모터는 영구자석으로 구성되는 회전자가 가지는 기자력과 브러시와 정류자를 통해 공급되는 직류전원에 의해 여기되는 전기자에서 발생하는 기자력의 상호 작용에 의해서 토오크를 발생하는 간단한 구조를 가지고 있다. 또한 DC써보모터는 직류전원에 의해서 구동되기 때문에 제어시 토오크리플이 거의 없어 정교한 속도제어를 할 수 있다.

따라서 산업계에서는 스텝모터와 더불어, 최근까지 구조적인 이점과 제어 방법에 있어서의 경제성 때문에 DC써보모터가 널리 사용되어 왔다. 그러나, DC 써보모터는 정기적으로 정류자의 보수가 필요하고 방폭성 환경에서의 사용에 문제점이 있기 때문에 그 수요는 점차 감소추세에 있다.

한편 AC써보모터는 위상검파를 이용한 상전류제어나 벡터제어 방법에 의해 DC써보모터와 똑같은 제어 성능을 낼 수 있음이 증명되고 나서 급격히 실용화되어, 산업계에서 특히 다음과 같은 분야에 광범위하게 사용되고 있다. 써보모터가 기계내에 장착이 요구되고, 외부에서 쉽게 유지보수할 수 없는 산업용 로봇, 공작기계에 사용되고, 또한 브러시분말이 영향을 주는 환경분야와 열악한 환경에서 사용되는 반도체 제조설비, 웨이퍼 핸들링 로봇등에서 많이 사용되고 있다.

AC써보모터는 크게 동기형 AC써보모터(DC brushless motor), 유도형 AC써보모터로 구분되며, 낮은 관성, 높은 토오크, 고속운전이 요구되는 경우 동기형 써보모터가 많이 사용되나, 유도형 AC 써보모터의 경우는 동기형 AC써보모터 보다는 잔비용이 요구되고 상대적으로 정밀제어가 요구되지 않는 분야, 예를 들면 산업용 재봉틀과 같은 분야의 제어모타로써 많이 사용된다.

표1은 DC써보모터와 AC써보모터사이의 주요 사양과 특징을 비교한 것이다.

표 2. DC써보모터와 AC써보모터의 비교

항목	DC써보모터	동기형AC써보모터
적용용량	수 W - 수 kW	수십 W - 수 kW
구동전류파형	직류	사다리꼴 파형전파
회전자 위치센서	불필요	홀소자, 엔코더 리플러
수명	브러시수명	베어링수명 고압저전류가 가능
모터경수	브러시전압으로 제약	모터구조에 의해 저속 대토크가 가능
고속회전	부적당	적용가능
비상제동	다이나믹브레이크 토크大	다이나믹브레이크 토크中
내환경성	나쁘다	좋다
영구자석	있음	있음

2) 유압식

유압식 액츄에이터는 최근까지도 공작기계, 프레스 기계, 사출성형기등과 같은 산업용 기계에 널리 사용되고 있다. 유압식 액츄에이터는 대형 자동화기계, 머시닝센터, 사출기등에 많이 사용되고 있으며, 앞으로도 지속적으로 이용될 것으로 전망된다. 예전에는 이러한 유압식 액츄에이터의 구동에 on-off제어, 매뉴얼제어방식을 많이 사용되었으나, 최근들어 복잡하고 정교한 구동에 대한 필요성이 대두됨에 따라, 전자적인 제어방식이 많이 사용되고 있다.

근래에 공작기계, 사출성형기등에서 유압식 액츄에이터가 전기적 액츄에이터인 모터로 대체되는 경향이 있지만, 유압식 액츄에이터는 향상된 제어방식과 더불어, 크기에 비해 높은 파워밀도, 우수한 내환경 및 내구성 때문에 앞으로도 산업계에서 일정한 역할을 담당할 것으로 예상된다.

향후 유압시스템이 자동화 시장에 더욱 폭넓게 대응하기 위해서는 전기적인 제어방법, 충격에 대한 더욱 효과적인 보상방법, 구동비용을 절감할 수 있는 방법 및 자기고장 진단이 가능한 고신뢰성 고정밀도 고응답성을 얻기 위한 방법등에 대한 연구가 이루어져야 한다.

3) 공압식

공압식액츄에이터는 유압식 액츄에이터 와 그원리가 같으나 고밀도로 압축가능한 물질(일반적으로 비

연소성인 공기사용)을 사용하고 있다. 유압식 액츄에이터는 밀폐된 공간에 기름을 사용하기 때문에 누출시 재충전 해야 하며, 화재의 위험성이 높고, 고압의 유압호스에서 아주 작은 구멍은 잘 검지되지 않아 큰 위험을 초래 할수있는 단점을 가지고 있다. 이에비해 공압식 액츄에이터는 정교한 구멍을 통해 공기가 매 작업완료시 마다 대기에서 교체되고, 상대적으로 낮은 압력에서 동작하기 때문에 안정성에 있어 큰 장점을 가진다.

또한 공압시스템은 유압시스템의 과감세 특성과는 달리 경감특성을 나타낸다. 그러나 반면에 공기의 압축성때문에 컴플라이언스가 유압시스템에 비해 매우 높아서 정밀 위치 제어를 수행하기가 어렵다. 실제 공압식 액츄에이터를 이용한 로봇트는 가벼운 부하를 단순 반복 동작으로 옮기는 소형에 국한되어 사용되고 있다.

### 3. 로봇트 제어기

로봇트 제어기의 일반적인 구조는 그림 2와 같이 계층적 구조를(hierarchical structure) 갖고 있으며 주시스템(main system), 위치제어기, 모터제어기 세가지 부분으로 구분할 수 있다. 주시스템은 마이크로프로세서를 사용한 디지털 하드웨어로 구성되며, 사용자의 명령을 받아들이고 로봇트작업을 수행하기 위해 위치제어기로 적절한 명령을 보내는 작업을 담당한다.

현재 국내의 주시스템 하드웨어 개발기술은 32bit 마이크로 프로세서를 이용한 시스템의 상용화까지 도달해 있으며 빠르게 발전하는 추세에 있다. 주시스템과 사용자간을 연결하는 기기로는 로봇트의 동작을 교시(teaching)하는 교시상자(teaching box)와 로봇트 명령을 내릴 수 있는 제어기 앞면의 판넬 보드(panel board), 사용자가, 제어기로 명령을 내리거나 프로그램을 작성할 수 있는 터미날(terminal), 제어기와 외부기와 필요한 제어신호의 교환을 위해 사용되는 I/O 보드(I/O board)가 있다. 위치제어기는 주시스템으로부터 로봇트 몸체에 대한 동작명령을 받아 이 명령과 로봇트 몸체의 실제 위치 즉 모터의 실제 위치와의 차이에 대해서 PID(Proportional Integral Derivative)제어를 수행하고 그 결과를 모터제어기에 입력하는 기능을 한다. 이 위치제어기 하드웨어는 주시스템에서와 같이 마이크로프로세서를 기본으로 한 디지털 하드웨어로 구성되며 현 국내 기술

수준은 32bit DSP(Digital Signal Processor) Chip을 이용한 위치제어기를 상용화하는 수준까지 도달해 있다. 모터제어기는 위치제어기로 부터 속도(또는 토크)명령을 받아 로봇트 관절을 구동하는 모터의 속도(또는 토크)를 제어하는 역할을 담당한다.

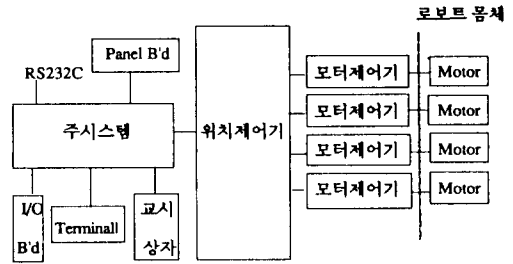


그림 2. 로봇트 제어기 구조

#### 1) 제어기술응용

로봇트를 제어하는 목적은 로봇트를 원하는 경로로 따라 움직이게 하는 것이다. 앞에서 서술한 바와 같이 이를 위해서는 각 관절에 부착된 모터를 제어해야 한다. 현재 산업용 로봇트에서는 대부분 각 관절을 분리 독립된 시스템으로 가정하여, 각관절의 동작을 제어하고 있다. 따라서 원하는 로봇트 끝단의 경로가 주어지면 이에 대응되는 관절 동작이 결정되므로, 이 관절 동작에 대응하는 모터제어를 개별적으로 수행하고 있다. 모터동작은 그림 3에 나타난 것처럼 위치제어기와 모터제어기에 의해 운용되며 주로 PID제어기법을 사용하며 부가적으로 피드포워드(feedforward) 제어를 병행하고 있다.

그러나 실제 로봇트에서 각 관절의 동작은 서로 영향을 주게 되므로 초정밀, 초고속 로봇트의 구현을 위해서는 로봇트 전체를 제어하는 방법이 필요하게 된다. 이의 구현을 위해서 크게 로봇트 몸체의 동역학 모델을 사용하는 방법과 학습제어를 사용하는 방법이 사용되고 있다.

첫번째 방법은 로봇트 몸체의 정교한 동역학모델(dynamic model)을 이용하여 로봇트의 동적효과및 표현 할 수 있으므로 전체 동작에 의한 효과를 고려하며 제어한다. 이 방법은 로봇트 몸체의 정교한 모델링을 필요로한다. 그러나 로봇트 몸체의 정교한 모델은 복잡한 과정을 거쳐야 되고, 모델이 구해졌다 하더라도, 이를 이용한 실제 제어는 계산상의 부하가

크기 때문에 병렬처리가 가능한 특별한 컴퓨터 구조가 필요하게 된다.

두번째 방법은 최근에 활발히 진행되고 있는 학습 기능을 보유하는 제어기를 이용하여 제어한다. 몸체가 움직일 때 동적효과를 학습하여 추후 제어시 이를 이용하는 이방법은 앞의 방법에 비해 계산량이 작은 장점이 있지만, 상용화되기 위해서는 아직 많은 연구가 필요한 실정이다. 이미 국내에서도 초고속, 초정밀 로봇 구현을 위해 위 두가지 방법에 대한 연구가 진행중이나 아직 상용화된 것은 없다.

따라서 당분간은 산업용 로봇제어기에서는 오래 전부터 사용해오던 PID제어방법을 주 방법으로 채용하되 이로 인한 단점은 여러가지 방법을 이용하여 보완된 변형된 형태의 PID제어방법이 널리 사용되리라 판단된다.

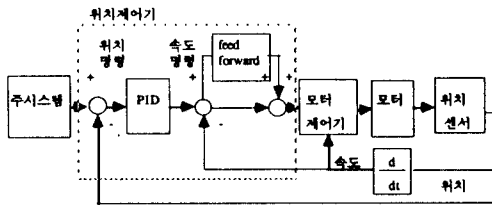


그림 3. 각 관절에서의 제어선도

2) 로봇 언어

로봇에게 원하는 동작을 시키기 위해서는 궁극적으로는 모터의 동작을 제어하여야 한다. 그러나 일반 사용자들은 로봇의 실제 동작을 위해 모터제어를 하기에는 어려움이 크다. 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.

즉 어떤 작업이 주어지면 이를 로봇 언어로 표현하여 그 작업을 수행하는 것이다. 현재까지 대부분의 상용화된 로봇 언어는 교시를 기본으로 하는 온-라인(on-line) 프로그래밍 방식으로서 단순 반복 작업에는 유용하게 사용되나 생산 라인이 바뀔 때마다 장시간의 재교시가 필요하고, 센서정보의 반영이 곤란하여 복잡한 작업에 응용하기가 어렵다는 등의 단점을 가지고 있었다. 이와 같은 단점을 극복하기 위해서 textual language를 이용하는 오프-라인(off-line)

프로그래밍 시스템의 활용이 요구된다. 그러나 이들 언어들은 프로그래밍에 관한 전문지식을 요구하기 때문에 다양하고 완벽한 기능을 구현하는 언어일 수록 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 있다. 작업단계 언어는 로봇에 부여할 작업을 로봇의 동작을 위주로 기술하기 보다는 로봇의 동작이 작업공간 내의 물체에 미치는 효과로 기술 하므로 사용자가 물체 중심으로 작업을 계획하고 명령할 수 있다는 장점을 취한 언어이다. 이러한 작업단계 언어의 완전한 실현을 위한 연구가 활발하게 진행중에 있으나 국내의 로봇 언어에 대한 수준은 최근에 들어 작업단계 언어에 대한 기초적인 연구가 시작되고 있는 실정이다.

3) 모터제어기

로봇 제어에서 기본이 되는 기술은 모터와 모터제어기기술로서 가장 하위단계의 메카트로닉스라고 볼 수 있다. 따라서 기본적으로 모터제어기가 안정되어야만 로봇제어기 전체가 안정되는 가장 핵심적인 제어기이다. 모터제어기는 위치제어기로부터 속도명령, 또는 토크명령을 받아 로봇 관절을 구동하는 역할을 담당한다. 앞에서 서술한 바와 같이 AC써보모터는 그구조적인 장점때문에 최근들어 대부분의 산업용로봇의 액츄에이터로 사용되고 있다.

로봇의 고정도, 고성능 특성을 얻기 위해 사용되는 AC써보모터를 제어하기 위해서는 정교한 높은수준 제어방법이 요구된다. 국내 기술 수준은 아날로그 AC 써보모터제어기를 개발하여 시판중에 있는 실정이나, 최근에 반도체 기술의 발전에 힘입어 디지털 AC 써보모터제어기도 출현하고 있다. 디지털AC써보모터제어기는 모든 제어변수 값들을 소프트웨어에 의해 지정할 수 있기 때문에 온도변화등의 외부환경에 거의 영향을 받지 않아 높은 신뢰성을 가진다. 디지털 AC 써보모터제어기의 전형적인 구조는 그림 4.와 같이구성된다. 디지털 AC 써보모터제어기는 동일한 하드웨어구성으로 여러가지 현대제어 이론들을 실현할 수 있으며, 로봇 몸체에서의 동력학적인 외란 토크나 간섭토크의 보상과 속도 및 위치 검출기의 검출리플(Ripple)의 저감, 파워앰프에서의 데드타임(Dead Time)보상을 용이하게 실현할 수 있다.

로봇의 고성능 동특성과 고정밀 제어 구현을 위해 디지털 AC써보모터제어기는 필수적으로 백래쉬보상기능, 고해상도엔코더 사용시 미소위치중분 검출법, 속도루프이득조정기능, 가속도피드백기능, 과도편차보상기능, 속도제어루프이득의 자기동조기능, 전류의 불감대보상기능, 엔코더펄스분주기능, 기계속도피드백기능을 보유 해야한다.

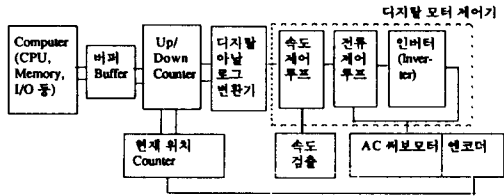


그림 4. 속도제어형 디지털 AC써보모터제어기

4. 센서

로봇에서는 기본적으로 사용되는 센서들로서, 로봇 몸체의 영점 복귀 및 작업내에서의 동작확보를 위한 리미트 센서와 가속도, 속도, 위치, 토오크(모타전류)를 측정하기위한 센서들을 들 수 있다. 이러한 센서들은 로봇의 각부분에 부착되어 로봇트가 동작범위내에서 안정하게 움직일수 있게 한다. 그외에도 더욱 복잡하고 정교한 작업을 하는 지능화된 로봇트들에는 사람의 감각기능과 유사한 센서들인 시각인식, 거리측정, 힘측정, 접촉센서들이 사용 되어지고 있다. 센서의 기본적인 작용은 그림 5에서와 같다.

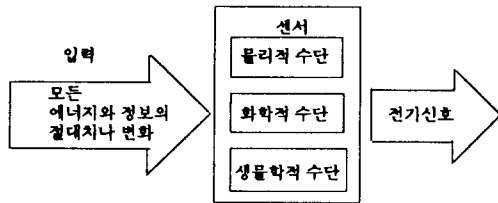


그림 5. 센서의 작용

1) 위치 검출용 센서

로봇트에서 써보모터의 속도및 위치를 검출하기 위해서 주로 사용되고 있는 센서는 엔코더, 리졸버, 타코미터 등이있다.

(1) 엔코더

엔코더는 구성재질에 따라 광학식과 자기식 두가지

종류가 있다. 광학식에서는 기능별로 절대위치 방식, 인크리멘탈방식, 이 두가지를 하나로 합친 하이브리드방식이 있다. 절대위치방식은 회전각의 절대값을 검출하여 그레이코드, 2진 및 2진화 10진 등의 부호로 변환하여 출력한다. 절대위치 방식은 구조가 상대적으로 복잡하고, 가격이 비싼 단점이 있으나, 최근에 이러한 단점이 보완된 중분형 절대위치 방식이 개발되어 사용되고 있다. 인크리멘탈방식은 이동각의 증대 감소를 검출하여 회전 속도와 위치를 동시에 검출할 수 있으며, 구조가 간단하기 때문에 널리 사용되고 있다. 광학식 엔코더에서는 발광소자로 적외선발광다이오드, 수광소자로 포토다이오드(또는 포토트랜지스터)를 사용하여 회전디스크의 회전신호를 검출한다. 자기식 엔코더에서는 모터축의 회전에 의해 자기 센서부에 생기는 자속의 변화량을 검출하여 구형과 출력신호로 변환하는 방식이며, NS의 자극을 착자한 자기드럼형과 자성체의 기어와 자기센서축에 설치한 자석에 의한 자속의 변화를 검출하는 릴렉턴스형의 두가지 종류가 있다.

(2) 리졸버

리졸버는 모터의 회전자의 회전속도와 위치(회전각도)를 검출한다. 그 구조는 2상의 여자권선이 고정자 철심에 따라서 배치된 형태로 되어 있다. 검출권선은 회전자 철심에 배치되고 회전트랜스를 통해 외부로 노출되어 있다. 모터회전자의 위치, 모터의 회전속도 및 회전각도는 리졸버의 출력을 PPL(Phase Locked Loop) 위상검파 하는 R/D(Resolver to Digital) 변환기에 의해 검출된다. 실제 사용시 리졸버의 위치 오차를 줄이기 위해서는 T자 모양 권선배치, 회전자와 고정자의 동심도등에 관한 고려가 있어야 한다. 리졸버의 위치 분해능은 R/D 변환기의 분해능에 의하여 결정된다. 즉, 동일한 리졸버에 R/D 변환기의 분해능에 따라 리졸버의 분해능이 결정된다. 전자기술의 발전에 따라 싼 가격으로 고 신뢰성을 가지고 있는 리졸버의 사용은 증가될것으로 예상된다.

(3) 타코미터

타코미터는 모타의 속도를 검출하는 센서로서 속도를 제어하는 모터에 오래전부터 사용되고 있다. 타코미터는 직류발전기의 일종며 속도에 비례하는 전압을 출력한다. 타코미터의 성능은 회전속도에 대한 출력전압의 직선성, 출력전압의 리플, 출력전압의 방향편차성, 온도드리프트에 의해 좌우된다.

## 2) 기타 센서


로봇의 운동영역 제한이나 환경, 작업대상을 점검 또는 측정 하기 위한 센서들이 필요하다. 특히 지능형의 로봇에서는 여러종류의 센서들로 부터 정보를 받아 조합 분석하고, 그결과에 의해 로봇가 자체적으로 판단할 수 있는 기능을 가지게된다. 이런 센서들중 개발되어 사용 중인것들은 카메라를 사용한 시각인식 센서와, 트레인게지 (Strain gages), 피에조일렉트릭 센서를 이용한 힘, 토크, 압력, 접촉힘 측정용 비시각 센서들이 있다. 또한 작업물이나 장애물의 거리측정 을 위한 레이저 센서, 근접센서(Proximity devices), 초음파센서, 전자석센서, 용접센서 등이 있다. 앞으로 지능로봇의 발전은 센서의 기술에 따라 좌우될 것이다.

## Ⅲ. 결론

모든 제품들이 복합화, 소형화되고 제품의 라이프 사이클도 급격히 단축되고 있고, 소비자들의 다양한 기호를 충족 시켜주기 위하여 끊임없이 새로운 상품을 제공하여 주어야한다. 이런 상황에서 멀티미디어와 같이 각종 기술의 종합에 의한 제품은 메카트로닉스 기술에 의해 개발 되어진다. 본 기고에서 메카트로닉스기기를 이해하기 위해 메카트로닉스 기기중 가장 대표적인 로봇트 시스템에 관해 중점적으로 알아 보았다. 로봇트의 기술은 기계, 전기, 전자, 제어, 전산등의 모든 분야가 종합된 시스템기술 이다. 이와 같이 로봇트 시스템에는 메카트로닉스의 모든 기술이 종합되어 있으므로, 로봇트 시스템 기술의 발전은 곧 메카트로닉 기술의 발전이라 말할 수 있다. 따라서 로봇트 시스템 기술의 확보를 통하여 메카트로닉스 기술을 이용한 새로운 상품개발을 촉진하여야 할 것이다. 현재 로봇트 시스템과 관련된 기술은 제어기를 중심으로 한 일부 분야에서 우리나라가 선진국과 대등한 수준이나 아직도 많은 분야에서 뒤떨어져 있는

것이 사실이다. 이러한 기술 분야에서 하루 빨리 기술의 격차를 줄이기 위해 대학에서는 메카트로닉스 기술과 시스템 구성기술의 체계적인 교육이 이루어져야 한다. 그리고 효율적인 연구를 위해 산업체와 연구소 그리고 대학간의 협력이 필요하고 이를 위해 정부의 체계적인 노력이 요구된다.

## 參 考 文 獻

- [1] K. S. Fu, R. C. Gonzalez, and C. S. G. Lee, Robotics: Control, Sensing, Vision and Intelligence, McGraw-Hill, 1987.
- [2] J. Y. S. Luh, "Conventional Controller Design for Industrial Robots - A Tutorial," *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybern.*, vol SMC-13, no. 3, pp. 298-316, May/June 1983.
- [3] R. D. Klafter, T. A. Chmielewski, and M. Negin, Robotic Engineering: An Integrated Approach, Prentice-Hall, 1989.
- [4] B. C. Kuo, Automatic Control Systems, Prentice-Hall, 1982.
- [5] 김성권, "로봇제어기 개발 기술", 대한기계학회지, 제31권 제7호, pp. 604-614, 1991.
- [6] 김동일, "산업용로봇트와 CNC 공작기계용 디지털 AC 서보모타제어기 개발사례", 대한전기공학회지, 1994년 (예정).
- [7] 월간자동화기술, 첨단, 1992년 9월, 1993년 3월, 1993년 5월 - 10월.
- [8] 메카트로닉스 산업, 첨단기술산업발전심의회, 산업연구원, 1989.
- [9] American National Standards Institute, American National Standard for Industrial Robots - Performances Evaluation, 1987. 



## 筆者紹介



金 成 權

1949年 8月 1日生

1988年 8月 미국 미네소타 대학 기계공학과 로보트 전공 (박사)

1988年 10月 ~ 현재 삼성전자 자동화 연구소장 (상무)

주관심 분야 : 자동화 분야 (제어기술 DCS, 로보트, 자동화 시스템)