

산업용 로봇을 위한 센서

姜榮國*, 徐一弘**

大宇重工業(株) 技術研究所

常務理事(工博)*, 先任研究員(工博)**

I. 센서의 필요성

1960년대에 들어 등장한 산업용 로봇은 오늘날 생산현장에서 단조(forging), 주조(casting), 기계가공, 운반, 용접, 조립, 도장(painting), 검사 등의 작업에 광범위하게 응용되고 있다. 이들 산업용 로봇의 성능은 일반적으로 위치 반복정밀도, 작업속도, 작업범위, 취급중량 등에 의하여 규정되는데, 특히 위치 정밀도는 작업대상물과 로봇과의 상대적 위치가 정확히 유지되어야만 로봇이 그 성능을 충분히 발휘할 수 있게 된다.

따라서 로봇을 생산현장에서 실제로 사용하기 위해서는 로봇 자체에 대한 투자뿐만 아니라, 작업대상물의 상대적 위치, 형상, 치수 등이 정밀하게 반복될 수 있도록 하기 위하여 별도로 치공구등에 상당한 액수의 설비투자가 필요하게 된다. 이러한 주변설비에 대한 투자가 때로는 로봇 자체가격의 수십배가 되는 수도 있는데, 오늘날 센서를 부착한 지능로봇의 발달로 이러한 주변설비에 대한 불필요한 투자를 크게 줄일 수 있게 되어 가고 있다.

한편, 로봇이 생산현장을 자동화시키고 무인화시키기 위하여서는 작업 대상물의 상태를 구별 파악해야 할 뿐만 아니라, 작업과정을 감시 조정하고 작업결과를 검사 판정할 수 있는 기능을 갖추어야 하는데 이러한 기능을 수행하기 위하여 시각(vision), 촉각(tactile), 근접각(proximity) 등의 여러가지 센서들이 오늘날 산업용 로봇에 널리 쓰여지고 있는 것이다(그림 1 및 2 참조). 참고로 아크 용접용 로봇의 가격이 현재 대당 약 3천만원 정도인데 반해, 용접선 추적용 근접 센서 시스템의 값은 약 2천만원 정도이고 2차원 형상을 구별할 수 있을 정도의 초보적인 시각 센서의 값은 4천만원을 상회하는 것을 보아도 현대 산업용 로봇에서 센서가 차지하는 비중을 쉽게 짐작

할 수 있을 것이다.

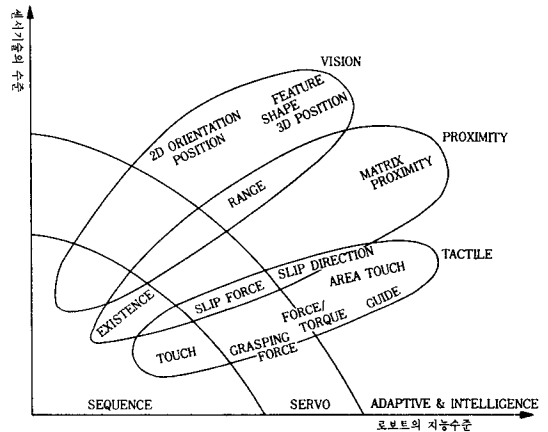


그림 1. 산업용 로봇 센서의 분류

II. 접촉식 센서(Tactile Sensor)

접촉식 센서라 함은 센서가 감지대상물체에 접촉을 하여야만 그 기능을 발휘할 수 있는 것으로서, 현재 로봇용으로 개발되거나 연구중인 것을 그 용도별로 열거하여 보면, 점접촉센서(point touch sensor), 면접촉 센서(area touch sensor), 미끄러짐거리 센서(slip displacement sensor), 쥐는힘 센서(grasping force sensor), 힘과 토크 센서(force/torque sensor), 궤적안내 센서(path guide sensor) 등이 있다.

1. 점접촉 센서^[1]

마이크로 스위치와 같은 소자를 이용하여 대상물과의 접촉여부를 알아내는 것으로서 모든 센서중 가장 간단한 방법이나 그 정보량이 너무 적은 단점이 있다. 이러한 단순 접촉 스위치들은 보통 로봇의 원점검출 또는 리미트 스위치로서 동작범위의 설정에 많이

제조회사	대표기종	접촉	근접	시각
ARC	Cyro 750, 2000		●	
Air Tech	Electrobot	●	●	
	Roboarm, X9	●	●	
Anorad	Anorobot	●	●	●
ASEA	IR b 6/2 & 60/2	●	●	●
Automatix	Robovision II	●	●	●
Bendix	MA 503, 510	●	●	●
Cincinnati Milacron	T3-726, 746, 776	●	●	●
Control Automation	CAR-1000, 2000	●	●	●
Cybotech	G80, H80	●	●	●
De Vibiss	TR-3500s, W	●	●	●
KUKA	IR 200, 601/60	●	●	●
GCA	DKB 1400, 2600	●	●	●
GE	A12, AW-7	●	●	●
GMF	A-0, 1, M2, 3	●	●	●
Hitachi	Mr. Aros		●	
IBM	7565	●	●	
Machine Intelligence Corp.	Model 3030			●
Prab	Probot, Model E, FA	●	●	●
Seiko USA	RT 2000, 3000		●	●
Shinmeiwa	PW150 Series		●	
Toshiba Seiki	T5R 500V	●	●	●
Unimation	Unimate 4000			
	Puma 260			●
United Tech/Steelweld	Model 25, 50, 150	●	●	●
Westing house	Series 5000	●	●	
	Series 7000		●	
Yaskawa	Motoman		●	

그림 2. 산업용 로봇에서의 센서 사용 현황

응용된다.

2. 면접촉 센서

점접촉 센서를 이차원적인 배열로 구성하여 로봇이 접촉위치 및 면적을 통하여 그의 모양을 시각 센서를 쓰지 않고 인식할 수 있도록 하는 목적으로 요즘 인공피부(artificial skin)라는 이름으로 개발되고 있는 센서이다. 그림 3에서 보듯이 로봇의 손부위에 터치 센서 어레이를 구성하여 만들 수도 있고, 그림 4에서와 같이 압력 센서 어레이를 구성하여 만들 수도 있다. 압력 센서로 쓰이는 소자들은 크게 resistive type, 반도체 type, 그리고 piezoelectric type

으로 구분할 수 있다. Resistive type은 압력에 의한 저항체의 길이 및 두께의 변형이 결국 저항치의 변화가 되는 것을 이용한 것이며, 반도체 type은 germanium이나 silicon등 단일 결정체의 carrier mobility가 압력에 의하여 영향을 받는 것을 이용한 것이다. 또 piezo electric type은 압전효과(piezo effect)를 나타내는 물질을 이용한 것이다.¹¹⁾ 면접촉 센서는 시각 센서에 비하여 비교적 낮은 가격으로 형상을 인식할 수 있으나 항상 대상물체와 접촉하여야만 하고, 제작이나 신호처리에 어려움이 있어 개발의 여지가 많이 남아 있는 센서이다.

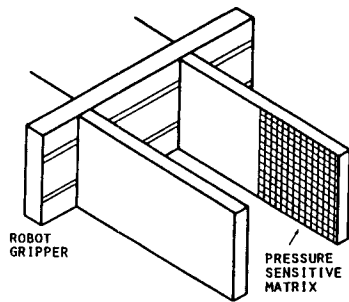


그림 3. 면접촉 센서

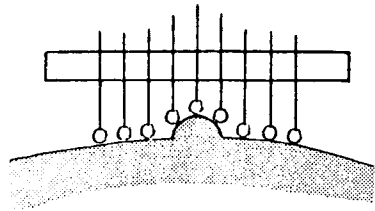


그림 4. 압력센서의 선형 어레이

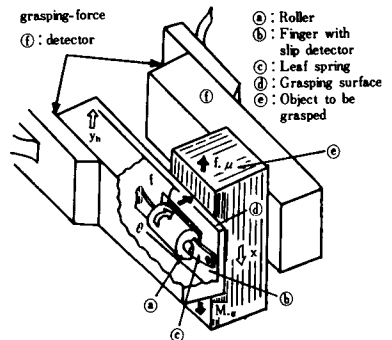


그림 5. 미끌어짐 센서와 잡는 힘 센서

3. 미끄러짐 거리센서^[2]

로봇트의 손부위에서 잡는 힘의 수직방향으로 움직이는 대상물의 상대운동을 측정하는 것으로서 그림 5에서 보듯이 물러와 이에 부착되어 함께 회전할 수 있도록 설치되어 있는 roll angle detector로 구성되어 있다. Roll angle detector는 펄스 인코더를 이용하여 pulse frequency와 펄스수를 측정하므로써 미끌어지는 속도와 미끌어진 거리를 측정할 수 있다.

4. 잡는 힘(Grasping Force) 센서^[2]

Strain gauge를 이용하여 손양단이 포착물에 미치는 힘을 측정하는 것으로서 전술한 미끄러짐 센서와 더불어 깨지기 쉬운 물체를 취급하는 데에 사용한다. 이는 보통 그림 5에서 보듯이 로봇트의 손목부위에 미끌어짐 센서와 함께 부착하여 물건이 미끄러지지 않을 정도의 잡는 힘을 가해주되, 그 잡는 힘을 제한하여 주므로써 물건의 파손을 동시에 방지하여 준다. 이 센서의 문제점으로는 strain gauge의 비선형 특성과 strain gauge의 부착개소 설정으로 인한 난점을 들 수 있다.

5. 힘과 토크 센서^[3]

그림 6의 구멍넣기와 같은 정밀 조립작업을 위하여서는 로봇트의 손이 compliance를 가져야 한다. 이는 로봇트에게 아무리 정확한 positioning 기능을 주더라도 매 작업대상마다 구멍의 위치와 생김새가 완전히 일치된다고 보장할 수 없기 때문에 compliance없는 작업대상물에 무리한 힘을 가하거나 로봇트 자신이 무리한 운동을 할 위험성이 있기 때문이다. 로봇트가 compliance를 갖기 위해서는 force feedback을 사용하여야 하는데 이를 위한 로봇트손에 작용하는 힘의 크기와 방향을 측정하는 데에는 직접 및 간접측정 방법이 있다. 간접측정 방법에서는 각축의 구동모타에 흐르는 전류를 측정하여 로봇트의 손에 작용하는 힘을 구하게 되는데 이경우 보통 각축에는 중력이나 마찰력을 이겨내는데 필요한 전류가 항상 흐르고 있으므로 이를 고려하여 보상이어야 한다. 따라서 실제 감지된 전류치와 현재 운동상태에 따라 결정되는 nominal 전류치와의 차이를 얻어 net force 혹은 torque를 계산하여야 한다. 그렇지만, 로봇트의 현재 위치와 운동상태에 따라 결정되는 전류 명목치를 얻기 위해서는 로봇트의 운동 방정식을 계산하여야 하는데, 실제로 compliance를 위한 force feedback에 사용할 만큼의 정확한 모델링이 아직은 어려운 상태이다. 또한 실제로 필요한 net force는 작업좌표계에서의 값인데 이에

해당하는 힘 및 토크는 로봇트의 kinematic equation으로부터 얻어지는 Jacobian matrix J에 의해 다음식으로부터 구하여야 하는바 매우 복잡하여 실시간 제어가 어렵다.

$$F = (J^T)^{-1} \cdot T;$$

F = 작업좌표계에서의 힘/토크벡터
T = 각축좌표계에서의 힘/토크벡터

이러한 난점으로 인하여 요즈음은 그림 7과 같은 Scheinman wrist force sensor를 이용한 직접측정방법이 개발되고 있다. 이 센서는 각 cross webbing의 16면에 strain gauge를 부착하여 손목좌표계에서의 각축의 힘 및 토크를 성분별로 검출할 수 있게 되어 있다.

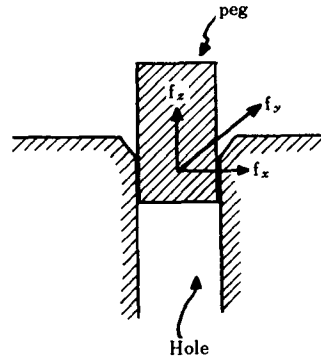


그림 6. 구멍넣기 작업

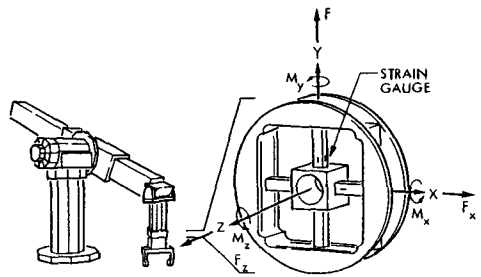


그림 7. Scheinman wrist force sensor

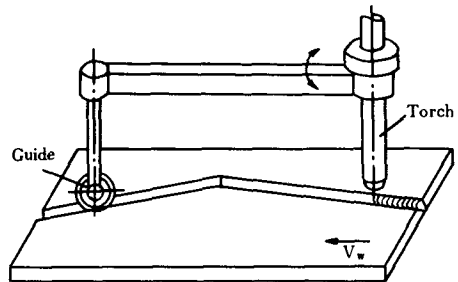


그림 8. 케적안내 센서

6. 궤적안내 센서⁽⁴⁾

궤적안내(path guide) 센서는 아크용접용 로봇에서 일직선이 아닌 홈을 자동으로 따라가면서 용접기 위해 주로 사용되는 것으로서 그림 8에 보인바와 같다. 그림에서와 같이 이 센서는 용접봉보다 감지 지점이 일정거리만큼 앞서 있게 되는데, 이 앞선거리(lead)를 고려하여 보상하는 것과 고려하지 않는 두 가지 형식이 현재 개발되어 있다.

Ⅲ. 근접센서 (Proximity Sensor)

근접센서는 로봇부근에 물체가 있는지 없는지를 감지하고, 물체까지의 거리를 측정하는데에 사용된다.

1. 물체 감지 센서⁽¹⁾

물체의 존재여부를 물체에 닿지않고 감지하는 센서로는 광차단형, 와전류형, 정전용량형, 자기형 등이 있는데, 이들은 일괄적으로 근접 스위치라고도 불리운다.

1) 광차단형 근접 센서

그림 9와 10에서 보는 바와 같이 반사광이나 광신호

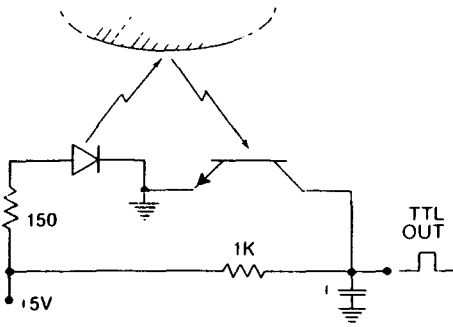


그림 9. 반사형 광스위치

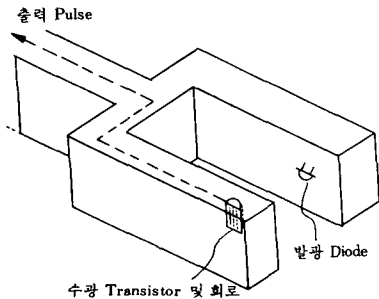


그림 10. 차단형 광스위치

의 차단에 의해서 물체의 있고 없음을 감지하는 것으로서 가장 널리 사용되고 있는 센서중의 하나이다.

2) 와전류형 근접센서

와전류형 근접센서는 일명 고주파형 근접센서라고도 하는 것으로 그림 11에서와 같이 발전회로의 발전코일을 검출단으로 이용한다. 이 검출단 근처에 금속체가 없을 때에는 고주파회로의 발전상태가 유지되지만 금속체가 접근할 경우에는 금속체가 발전코일의 자력선을 받아 유도되어 금속체 내부에 와전류가 발생하게 되므로 이때문에 발전코일의 저항성분이 크게 되어 발전이 정지하게 된다. 이렇게 와전류형 근접센서는 금속체의 유무에 따라 고주파 발전회로의 출력이 변하는 특성을 이용해서 대상물의 유무를 감지한다. 이 센서는 내진성이 우수하고 다습한 장소에서도 쉽게 사용할 수 있는 장점이 있는 반면에, 동작거리가 근접체의 재질과 크기에 따라 다르며 대개 25mm 이내로 제한되어야 하는 단점이 있다.

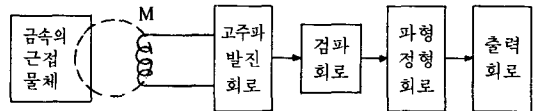


그림 11. 와전류형 근접센서의 블럭선도

3) 정전용량형 근접센서

정전용량형 근접센서는 그림 12에서와 같이 와전류형 근접센서와 같은 구성을 하고 있다. 다만 와전류형은 수십 KHz의 자력선을 이용하는 반면에 정전용량형은 수백 KHz에서 수 MHz의 고주파 전계를 이용함이 다르다. 즉, 전계중에 물체가 접근할 경우 물체표면과 검출전극판사이에서 분극현상이 일어나 정전용량이 증가하고 이 때문에 발전조건이 달라지게 되어 출력진폭에 차이가 나는 것을 이용한다. 이 센서는 분극현상을 이용하므로 검출대상물체가 금속체에 한하지 않고 목재, 종이, 액체등의 유전체 검출에도 사용할 수

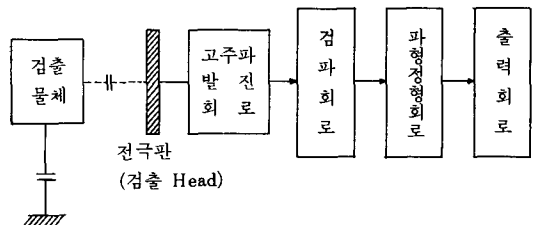


그림 12. 정전용량형 근접센서의 블럭선도

있는 장점이 있다.

4) 자기형 근접센서

이 센서는 자성체 또는 자석등의 물체의 유무감지에 사용하는 것으로 통상 reed스위치가 이에 속한다. Reed 스위치는 그림13과 같이 두개의 자성체로된 reed 판을 유리관등 튜브안에서 맞물려 접점을 형성할 수 있도록 만들어져 있다. 자석이 가까이 올 경우 이 두 reed 판은 N, S극으로 자화되어 이때 발생하는 자기력으로 접점이 붙게 되므로 자성체의 접근을 감지할 수 있게 되는 것이다. Reed 스위치는 크기에 따라 여러 가지가 있으며, 이 가운데에는 수은을 tube내에 삽입하여 동작시 접점의 bounce를 없애도록 damping 효과를 줌과 동시에 접촉저항을 극소화한 reed relay도 있다. 이와 같은 자기형 근접센서는 로봇의 경우 접촉형인 micro switch와 함께 기계적 원점 search에 많이 쓰인다.

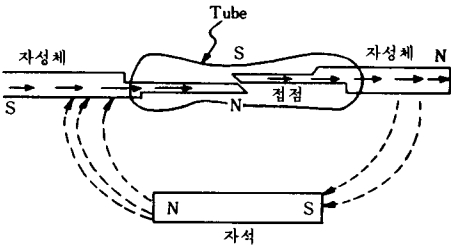


그림13. Reed 스위치 동작원리

2. 근접거리 측정 센서

근접거리를 측정기 위한 센서로는 적외선 수광소자 (IR detector)를 이용한 것, 초음파를 이용한 것등이 있으며 용접선 추적과 같은 특수목적의 경우 hall 효과를 이용한 아크센서도 있다.

1) 적외선을 이용한 근접거리 측정방식 IR detector

IR detector를 이용하는 방식으로는 반사광의 세기 측정, 변조된 반사광의 위상차 측정방식 및 삼각측정 방식등이 있다.

(1) 반사광 세기 측정 방식

그림14와 같이 A 위치에서 발광된 빛이 대상물체에서 반사하여 B점의 수광소자에 검출되는 빛의 세기를 측정하는 간단한 방식으로서 대상물체가 가까울수록 빛의 세기가 커지는 현상을 이용한 것이다. 따라서 미리 반사광 세기와 거리의 관계를 측정하여 놓을 경우 절대거리의 알 수 있다. 그렇지만 이 방식은 noise에 매우 약하여 측정거리 오차가 클 뿐만 아니라 대상물체에 따라 반사율이 다르기 때문에 정확한 거리측정이

어려운 문제점등이 있다.

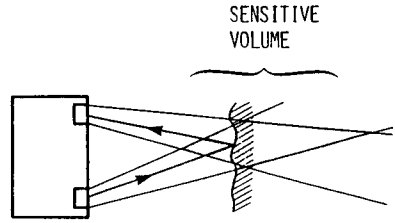


그림14. 반사광 세기 측정 방식

(2) 위상차 측정방식¹⁾

그림15와 같이 비대칭인 거리에 놓여 있는 두개의 LED로부터 발생한 변조광의 반사 합성신호의 위상을 이용하여 거리를 측정하는 방식이다. 이 방식은 두광의 위상차가 빛의 세기에는 무관하며 물체의 반사율에도 무관하므로 측정오차가 비교적 적고, 또한 변조광을 사용하므로 noise에도 매우 강한 장점이 있다. 그림15에서 α 와 β 는 LED이며 각각 $\sin\omega t$ 및 $\cos\omega t$ 로 변조된 신호에 의하여 구동된다. 이때 수신측의 출력 신호는 두개의 서로 다른 light path로부터 반사된 광 신호의 합이므로 출력형태는 $\sin(\omega t + \phi)$ 가 되며 ϕ 는
$$\phi = \tan^{-1}((a^2 + x^2)/(b^2 + x^2))^{1/2}$$
로 주어지게 되어 거리 x 를 구할 수 있다.

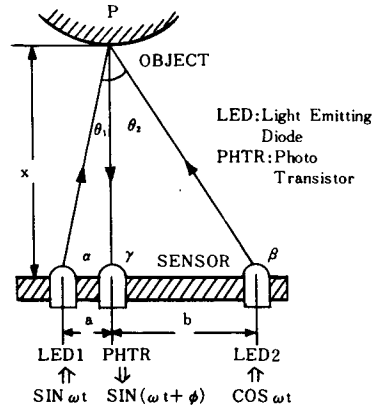


그림15. 위상차 측정방식

(3) 삼각 측정 방식

그림16에서 보는 바와 같이 일정한 곳에서 조사한 빛이 대상물체에서 반사되는 각도는 광원과 대상물체사이의 거리가 가까울수록 커지는 바, 이러한 현상을 이용하여 대상물까지의 거리를 비교적 쉽게 측정할 수 있다. 즉 그림에서 보는 바와 같이 수광 트랜지스터를

선형 어레이로 배열하여 반사광이 검지된 수광 트랜지스터의 위치로부터 반사각도 θ 를 알아내고 이로부터 대상물체와의 거리 x 를

$$x = a / \tan \theta - b$$

에 의하여 구할 수 있다. 이 방법으로 측정할 수 있는 거리의 분해능은 어레이 소자수와 각각의 소자사이의 간격에 따라 결정되므로 필요에 따라 임의로 조정할 수가 있다.

이와 같은 삼각측정방식은 특히 이동 로봇에서 장애물과의 거리를 측정하는 데에 많이 쓰이고 있다.

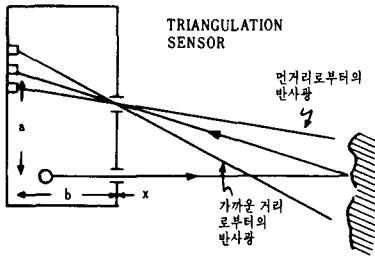


그림 16. 삼각측정방식

2) 초음파를 이용한 근접거리 측정 방식¹⁵⁾

이 방식은 초음파를 발사한 때부터 초음파가 물체에 부딪혀 되돌아 올때까지 걸린시간 (time of flight) 을 측정하여, 이시간에 음파진행속도 (340m/sec) 의 1/2를 곱하는 것이다. 이때 단일주파수의 초음파를 사용하게 되면 발사파와 수신파의 유상이 180° 차이가 나 신호가 없어지는 현상이 발생할 수도 있으며, 이때문에 거리측정이 어려운 단점이 있게 된다. 따라서 플라로이드와 같은 초음파 거리측정 시스템에서는 60, 57, 53 및 50KHz 의 4 가지 주파수로서 주파수변조가 된 1m/sec폭의 pulse 를 사용하여 신호가 없어지는 현상을 최소한으로 줄이고 있다.

초음파 센서의 지향성은 음파의 크기가 줄지않고 진행할 수 있는 성질을 양적으로 정의한 것으로서, 보통 발사파 크기의 0.707배까지의 크기를 포함하는 입체각으로 나타내는데 이 지향성이 나뉘수록 반사되어 오는 초음파의 크기가 작기때문에 noise 에 큰 영향을 받게 되므로 지향성이 좋은 것을 사용해야 한다. 현재 가장 보편적으로 사용하고 있는 초음파센서는 그 지향성이 30° 에서 50° 정도이며, 이동 로봇의 장애물과의 거리 측정에 많이 쓰이고 있다.

3) 아크전류를 이용한 거리측정방식¹⁶⁾

이 방식은 아크용접용 로봇에서 최근 많이 쓰이는 방식으로, 균일하지 않은 용접선을 일정한 거리를

유지하면서 자동으로 추적하는데 사용된다. 이 방식의 기본개념은 전류는 저항에 반비례함을 이용한 것으로서 그림17과 같이 용접봉과 용접물사이의 거리가 가까워 저항이 작을 때에는 아크전류가 커지고, 거리가 멀어 저항이 클때에는 아크전류가 작아지는 현상을 이용한 것이다. 따라서 용접선의 추적은 그림18에서와 같이 용접봉을 좌우로 움직여서 양끝에서의 전류의 차를 얻고, 이를 거리로 환산하여 환산된 거리만큼 용접봉의 위치를 수정하여 주면 된다. 또한 용접봉과 용접물의 거리가 상하방향으로 균일하지 않을 때에는 진동양단사이의 평균전류치를 구하여, 기준 전류치로부터 변화된 양만큼 상하방향 수정을 하면 항상 일정한 거리를 유지할 수가 있다. 여기서 아크전류와 같은 고전류는 그림19와 같이 Hall 효과를 이용하여 쉽게 감지할 수가 있다.

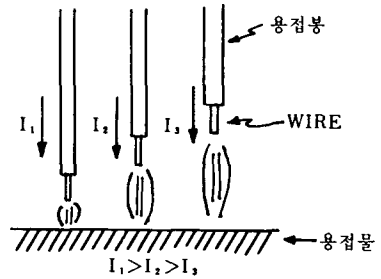
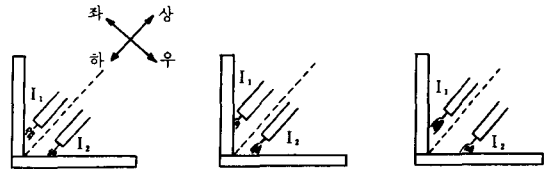


그림 17. Arc 길이와 용접전류



(a) $I_1 = I_2$ (b) $I_1 > I_2$ (c) $I_1 < I_2$

그림 18. 수평 fillet에서의 용접전류

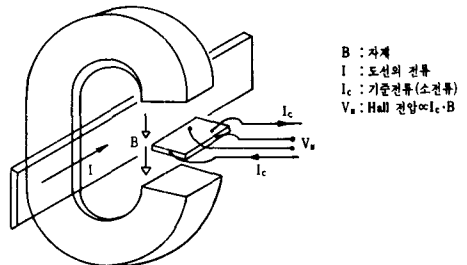


그림 19. Hall 효과를 이용한 전류 검출기

IV. 시각 센서^{[6][7][8]}

로봇이 시각의 기능을 갖기 위해서는 그림20에서 보는 바와 같이 영상감지를 위한 고가의 하드웨어 장비뿐만 아니라, 영상정보처리를 위한 상당한 분량의 고성능 컴퓨터 하드웨어와 소프트웨어가 동시에 필요하다. 따라서 시각센서는 로봇용 센서중 가장 기술수준이 높고 어려운 분야중의 하나로서 현재 세계적으로 연구개발활동이 가장 활발한 로봇 기술분야중의 하나이다.

현재 개발되고 있는 산업용 시각센서 시스템은 그림20과 같이 구성되어져 있다. 여기서 영상 입력 센서(image sensor)로는 vidicon camera나 CCD camera가 쓰여지고 있으며, camera로부터 얻은 영상신호는 video digitizer를 통하여 컴퓨터에 입력시키게 된다. 컴퓨터에 입력된 영상정보는 image processing 소프트웨어에 의하여 edge 검출등의 특수처리를 받게 되는데, 그 결과 컴퓨터가 물체의 형상과 특징을 인식할 수 있게 되는 것이다. 로봇용 시각시스템중 주요한 몇가지 부분에 관하여 아래에서 좀더 상세히 살펴보기로 한다.

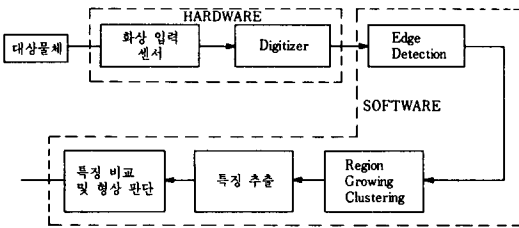


그림20. 로봇용 시각 시스템

1. 영상신호 발생에 사용되는 센서

물체의 형상을 감지하여 그에 해당하는 전기적 영상신호를 발생하는 센서로서는 vidicon tube와 CCD camera가 현재 쓰이고 있다.

1) Vidicon Tube

Vidicon tube는 현재 TV camera에 널리 쓰여지는 영상신호 발생장치로서 raster scan 방식에 의해서 초당 30frame에 해당하는 video 신호를 발생한다. vidicon tube는 가격은 비교적 싸지만 그 크기가 크고 drift, 충격 및 전자기 간섭에 민감한 점등 때문에 공장 환경 아래서는 이에 대한 대책을 고려하여서 사용하여야 된다.

2) CCD Camera

CCD camera는 그림21에서와 같이 CCD 광적분

cell들을 2차원으로 배열한 CCD imaging array들을 센서로 사용하는데, 각 CCD소자(화소, 즉 pixel이라고 함)에 저장된 광의 세기에 관한 정보는 CCD 어레이 한 줄씩에 해당하는 정보를 일단 shift register로 옮긴후, shift register로 옮겨진 정보를 다시 pixel별로 pixel clock pulse에 따라 하나씩 읽어내게 된다. CCD 어레이 한줄을 전부 읽어낸 후에는 row shift pulse에 따라 다음줄에 해당하는 CCD 어레이에 저장된 정보를 읽어내게 된다.

흔히 쓰이는 CCD 카메라는 보통 480×256개의 화소(pixel)로 구성되는데 35mm 필름이 보통 2000×2000개의 감광소자로 구성될 것을 생각하면 CCD 카메라의 분해능은 아직 개선의 여지가 많음을 알 수 있다.

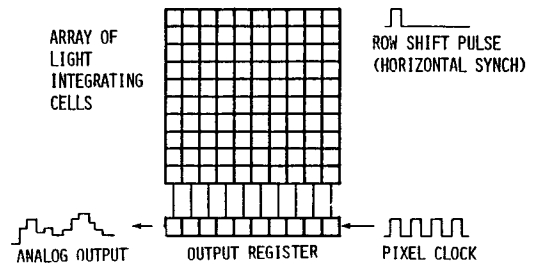


그림21. 화소 매트릭스

2. Video Digitizer

CCD camera 등에 의하여 얻어진 아나로그 영상신호는 일단 A/D변환을 거쳐서 컴퓨터에 입력시키게 되는데, 이때 각 pixel에 해당하는 아나로그 신호는 2 bit 혹은 8 bit의 디지털 정보로 변환시키는 것이 보통이다. 그러나, 영상신호를 컴퓨터에 입력시키는 데에 있어서는 A/D변환에 엄청난 시간이 소요되고, 또한 A/D변환된 영상정보를 저장하는데 엄청난 컴퓨터 메모리가 필요케 되어 아직도 기술적으로 어려운 과제로 남아있다. 예로서 480×256개의 pixel로 구성된 영상 frame을 한 field에서 한 column 씩 A/D 변환시키고자 할 때 매 pixel당 A/D 변환시간이 63μsec 이하이어야 하며, 이 경우 한 frame을 전부 A/D 변환시키는데에는 8초라는 긴 시간이 걸리게 된다. 뿐만 아니라, 매 pixel의 신호를 8 bit의 digital 정보로 A/D 변환시킬경우 한 frame의 영상 정보를 컴퓨터에 입력시키는 데만도 128 Kbyte라는 엄청난 메모리가 필요하게 되는 것이다. 때문에 영상신호를 입력시키는데는 여러 가지 data compression 방법이 고안되어 사용되고 있다.

3. Edge 및 형상의 검출

영상신호가 일단 컴퓨터에 입력되면, 입력된 영상정보를 가지고 형상의 edge를 검출하고 noise 등에 의해 불완전해진 형상을 보완하는 clustering 작업등을 소프트웨어에 의하여 행하게 된다. 이와같은 일련의 과정을 거쳐서 입력된 영상정보는 컴퓨터가 형상인식에 사용하기 편하도록 재 표현되는 것이다.

1) Edge 검출

영상의 edge를 검출하는 방법으로 널리 쓰이는 것은 광도의 gradient를 구하여 이의 값이 큰경우 edge로 판별하는 것을 들수 있다(그림 22 참조). Gradient의 계산을 위해 수평 window, complex window 및 sobel window 등이 사용되는데, 가장 많이 쓰이는 것이 sobel방식이다. Edge검출이 아직 완전치 못한 부분은 corner, 각이 진 edge등이고 영상의 texture 및 noise 등을 올바르게 처리할 수 있는 알고리즘의 개발도 아직 과제로 남아있다.

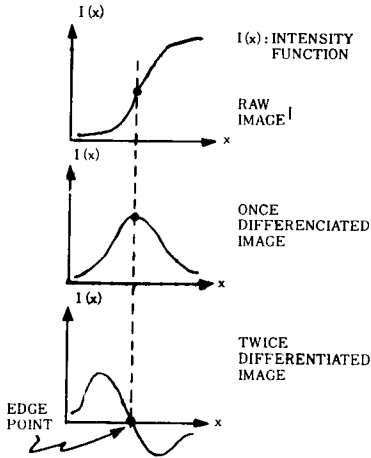


그림22. 광도의 gradient를 이용한 edge 판별

2) Clustering

Edge 검출이 끝나면 각 edge들의 상호관계, 유사성 및 근접성등을 통하여 하나의 형상에 속하는 edge들은 그들끼리 모아 보다 완전한 영상정보로 만들어 주어야 한다. 각 edge 조각들의 소속 형상이 같은 것에 속하는지를 알아보는 방법으로 흔히 쓰이는 것이 Hough 변환이다. 이는 그림23에서와 같이 영상화면상에서 여러 edge 조각으로 나타난 것이, 하나의 직선으로부터 나온 것인가를 알기 위하여 Hough 변환한 일례이다.

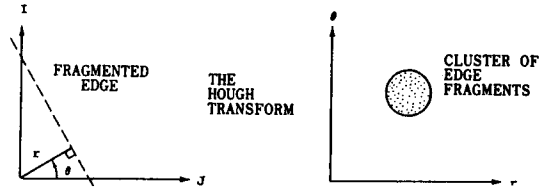


그림23. Hough 변환의 일례

3) 형상의 재표현

컴퓨터 메모리에 들어 있는 디지털 영상신호나 edge를 형상인식에 사용하기 좋도록 표현하면서 동시에 기억용량도 줄이기 위하여 여러가지 방법이 쓰이고 있다. 예로서, edge를 표현하는데는 그림24에서 보듯이 미리 규정된 벡터에 해당하는 코드들의 조합으로 edge를 나타내는 "chain code" 방식과 그림25와 같이 어떤 형상의 경계점들을 찾아 화상정보를 압축된 형태로 나타내는 "run coding" 방식을 들 수 있다.

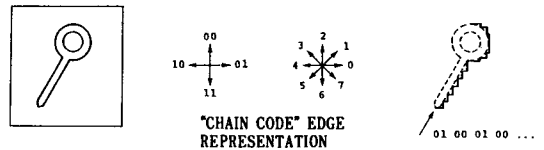


그림24. Edge의 chain code에 의한 표현

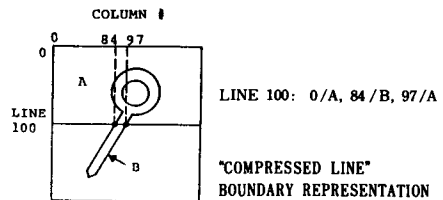


그림25. Edge의 run code에 의한 표현

4. 2 차원 영상의 인식

영상신호로부터 edge를 추출한 후에는 이를 이용하여 컴퓨터가 물체의 형상을 알아야 하는데 여기에는 template matching 방법, 형상특징 비교 방법등이 사용되고 있다.

1) Template Matching 방법

Template matching은 영상신호로부터 추출된 edge 형상을 미리 기억시켜 놓은 기준 edge 형상과 비교하는 방법으로서 IC mask나 PCB 검사에 많이 응용되는 방법이다. 이를 구현하는 가장 쉬운기술은 상호관

제를 이용하는 것으로서, 두개의 형상중 한쪽을 기준으로 하여 다른쪽 화상을 상하 좌우로 옮겨가면서 가장 상호관계가 높을때의 이동량을 알아내어 이 이동량만큼 형상을 옮겨 비교를 행하는 것이다.

Template matching은 여러가지 문제점이 있는데, 그중 물체가 회전되거나, 화상의 크기가 거리감으로 인하여 확대내지 축소가 될 경우의 처리로서 이론적으로는 소프트웨어적으로 화상을 회전시키거나 확대 및 축소시키면서 template와 비교함이 가능하나 실제 사용하는데에는 메모리 용량이 너무 커지는 것과 시간이 걸리는 단점이 있다.

2) 형상의 특징비교

이 방법에서는 대상물체의 크기 및 형상등에 관한 특징들과 위치 및 방향에 관한 특징을 추출하여 미리 기억시켜 놓은 물체들의 특징들과 비교하여 가장 근사한 것을 찾는다. 물체의 특징으로는 크기와 형상에 관련된 것으로서, 면적, 주변 길이, 면적당 주변길이,

관성모멘트, 기준치 이상의 크기를 갖는 구멍의 갯수, 구멍들의 면적합, 형상을 직선으로 추정할 때 필요한 직선의 갯수등이 있으며, 위치 및 방향에 관한 특징으로서는, 무게 중심, 형상을 둘러싸는 최소 직사각형의 중심, 무게중심으로부터 주위까지의 최대 및 최소 거리벡터의 각도등이 있다. 실제 이들 특징들의 추출에 의하여 형상인식을 하는 시스템으로는 미국의 Stanford Research Institute에서 개발한 Vision Module과 Machine Intelligence사의 VS-100 등이 있는데, 이들이 채택하는 인식 알고리즘은 nearest neighbor 방식과 binary decision 방식등이 있다(그림 26 및 27 참조).

5. 3차원 시각 센서

이상에서 설명한 2차원 인식기술은 대상물체의 특성을 추출하여 대상물체가 무엇인가를 판단하는 목적으로 사용되는 것으로서, 로봇트가 대상물체의 인식과 더불어 대상물체의 공간위치를 찾아 작업을 행하는데에는 적합치 못하다. 이것은 2차원 인식기술로는 대상물체와의 거리를 측정할 수 없기 때문이다. 3차원에서의 거리측정은 인간에게 있어서는 조직의 방향(texture gradient), 원근감(size perspective) 운동시차(motion parallax), 겹침효과(cocclusion effect), 및 입체감(stereo disparity) 등에 의해서 가능하다. 실제 이와같은 모든 현상을 이용하여 3차원 거리측정 시스템을 구현하기에는 아직 어렵다. 따라서 이들 현상중 대표적으로 거리에 대한 정보를 쉽게 얻을 수 있는 것을 채택하여야 하는데, 입체감이 다른 현상에 비해 거리에 관한 정보에 모호성이 작기 때문에 가장 이용하기 좋은 현상이다.

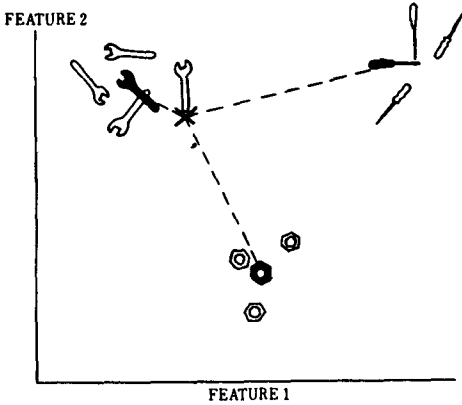


그림26. Nearest neighbor 방식

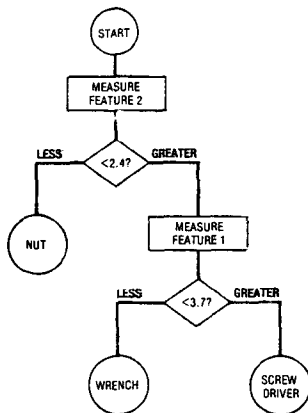


그림27. Binary decision tree 방식

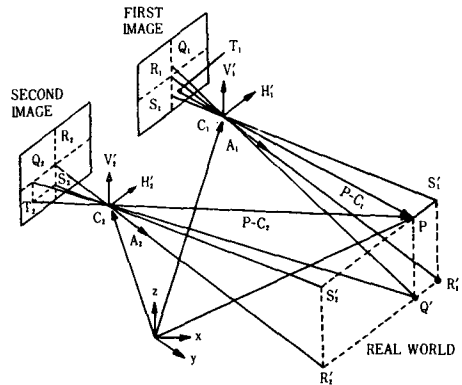


그림28. 스테레오 비전에서의 기하학적 관계

입체감을 이용한 3차원 위치 측정기술로서는 2대의 camera를 이용하는 방법이 연구되고 있는데, 이 방법에서는 서로 다른 위치에 설치된 2대의 camera로부터 각각 2차원 영상을 얻은 후, 두 2차원 영상으로부터 대상물체의 한점에 해당하는 두개의 pixel을 찾아내고, 알고 있는 두대의 camera 공간좌표 및 각 camera의 촛점거리와 두개의 pixel의 화상면에서의 위치들의 기하학적 관계를 이용하여 대상물체의 공간좌표를 계산해 내는 것이다(그림 28 참조).

V. 結 論

로봇이 산업현장에서 그 임무를 충실히 수행하기 위해서는 촉각, 근접각, 시각 등의 기능을 갖추어야 하며, 이를 위하여 현재 여러가지 센서들이 개발되어 사용되고 있다.

이들 센서중 특히 시각 센서는 로봇의 지능화를 위하여 가장 중요한 역할을 하게 되는데, 아직은 그 발전이 초보적 단계에 머무르고 있다. 현재 세계의 모든 유수한 로봇 제조업체들은 경제적이고도 신뢰성이 높은 센서의 개발에 주력하고 있는데, 특히 force 센서 및 3차원 센서의 개발이 큰 과제가 되고 있다.

参 考 文 献

[1] やさしいセンサ技術, 日本工業調査会, 4th Ed., 1982.
 [2] R. Masuda et al, *Total Sensory System for Robot Control pup its Design Approach*. Proceedings of 11th ISIR, pp. 159-166, Tokyo, Japan, 1981.
 [3] M. Brady et al, *Robot Motion: Planning and Control*. MIT Press, Cambridge, 1982.
 [4] G.I. Sergatskii, *Welding Robot Guidance Systems*. Proceedings of 11th ISIR, pp. 463-470, Tokyo, Japan, 1981.
 [5] R.A. Jarvis, "A perspective on range finding techniques for computer vision," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mochine Intell.*, vol. PAMI-5, pp. 122-139, 1983.
 [6] G.E. Cook, "Robotic are welding: research in sensory feedback control," *IEEE Trans. Ind. Elec.*, vol. IE-30, pp. 252-269, 1983.
 [7] G.J. Agin, "Computer vision systems for industrial impection and assembly," *IEEE Computer*, vol. 13, pp. 7-20, 1980.
 [8] W.K. Pratt, *Digital Image Processing*. John wiley & Sons, New York, 1978. *

◆ 用 語 解 説 ◆

Data Base의 定義 및 目的

應用 프로그램을 위해 使用되는, 데이터의 不必要한 중복을 피하여 상호연관이 있는 데이터를 모은 것을 말한다.

데이터베이스의 目的은 다음의 두 가지로 要約된다.

- ① 데이터에 中央統制를 가한다.
- ② Data independence를 維持한다.

Data independence에 대해서는 前述하였으므로 여기서는 데이터에 中央統制를 가했을 때 얻는 利點을 고찰해 본다. 이러한 利點은 6가지로 생각된다.

- 저장된 데이터의 중복 정도가 줄어든다.
- 저장된 데이터에 있어서 不一致性を 배제한다.

- 데이터를 공동으로 사용할 수 있다.
- 컴퓨터간에 데이터 표현 方式이 같을 때 데이터 베이스의 표준을 만들 수 있다.
- 데이터를 access 하는데 있어서 保安(security)을 기할 수 있다.
- 使用者間에 충돌되는 요구가 있을 때 이를 조정할 수 있다. 이것을 조정하는 것은 DBA의 책임이다. 즉 DBA가 몇몇 응용 프로그램만이 데이터 베이스를 빨리 access할 수 있도록 조치하는 것 보다는 많은 수의 응용프로그램이 데이터 베이스를 빨리 access할 수 있도록 해주는 것이 바람직한 것이다.