

電氣技術者를 위한

産業用 로봇 技術

(6)

4. 産業用 로봇의 制御技術

가. 머리말

産業用 로봇이 새로운 것이라고는 하지만 그 制御技術은 이제까지의 機械系와 특별히 달라진 것은 아니다. 오히려 이제까지의 제어기술이 集大成된 것이라고 보아도 된다. 즉 産業用 로봇의 특징을 살리는 형태로 目的에 따라서 慣用的 制御手法이 선택, 採用되고 있다.

그러나 여기서 注意해야 할 것은 이제까지의 機械는 자체의 作動에 중점이 있었지만 産業用 로봇은 對象物과의 關連性에 重點이 있다는 것이다. 아무리 高精密度로 팔을 제어하더라도 핸들링하는 物体를 自的位置에 갖고 갈 수 없으면 産業용 로봇으로서 의미가 없다. 이 關連性이 主體라는 것을 잊어서는 안된다.

産業用 로봇이 다른 機械와 다른 위치정착이 된 것은 敎示라고 하는 티칭 手法이 採用된 때문이다. 킷치 레버로 볼 수 있는 팔의 根元을 아무리 高精密度로 움직여도 긴 部材의 先端에

상당하는 손끝部에서의 움직임을 제어할 수는 없다. 이 결점을 제거하기 위해 손끝部를 회망하는 곳으로 움직이고 그 움직이는 量을 기초로 制御하려는 것이 敎示라는 手法이다. 움직이라는 命命을 근본으로 하는 것이 아니라 움직인 結果에서 움직임의 命命을 만들어내는 手法이다.

물론, 한번 가르킨 움직임을 충실히 再現해야 한다. 그것을 위한 制御手段은 첨단기술을 사용, 고정밀도이며 고신뢰도인 것이 제작되고 있다.

制御法을 追求한 결과, 당연히 現代技術이라고 하는 컴퓨터가 導入된 것은 자연스러운 일이다. 다음 章에서 설명할 人工知能化가 이 컴퓨터와의 結合으로 용이해진 것도 近代技術의 結晶이다. 그리고 眞實한 로봇으로 발전하는 시작이 여기에 있다.

産業用 로봇은 그 單位로 있을 수 있는 것이 아니다. 반드시 對象으로 하는 物体가 있고 그것과의 位置的인 關連性, 行動面에서의 情報의 關連性이 필요하다. 즉 시스템의 構成要素로서 이제까지의 기계 이상으로 강하게 위치 정착이 되는 것에 주목해야 한다.

이 章에서는 이러한 背景을 바탕으로 産業用 로봇에 채용되고 있는 制御技術을 개관하기로 한다.

나. 檢出·計測機構

(1) 産業用 로봇의 센서 分類

産業用 로봇의 制御에 있어서 檢出·計測機能은 操作·驅動機能과 比較·判斷機能과 함께 중요한 역할을 가지고 있다. 檢出·計測機構로서의 센서는 그 목적에 따라서 다음 2종류로 분류할 수가 있다.

(가) 內界 計測 센서

산업용 로봇 構成部內의 상태 검출을 위한 센서로서, 서보인 動作制御에 불가결한 것이다. 예를 들면 팔의 위치, 속도 등이 計測되고 피드백 信號, 또는 시퀀스 情報로서 이용된다.

(나) 外界 檢知 센서

산업용 로봇과 對象物이나 外界와의 관계를 검출하기 위한 센서로서, 狀況에 대응한 適應動作을 시키는 등 動作의 高度化에 사용된다. 예를 들면 핸드部에서의 把握力을 제측하여 物體의 性質에 대응한 把握力의 제어를 하는 것이나 ITV에 의한 外界認識은 좋은 예가 될 것이다.

(2) 內界 計測用 센서

산업용 로봇의 內界 計測機構로서 사용되는 센서에는 다음과 같은 特性·性能이 요구된다.

가) 信賴度가 높을 것 (나쁜 환경에서 장시간 연속적으로 사용되는 일이 많다).

나) 密度가 높을 것 (산업용 로봇의 정밀도는 센서의 分解能으로 결정되는 일이 많다).

다) 高出力으로 安定度가 높을 것 (노이즈가 많고 온도변화가 심한 환경에서의 利用이 많다).

라) 經濟的인 것

다음에 대표적인 內界 計測用 센서의 원리, 신호형태 등의 개요에 대해 설명한다.

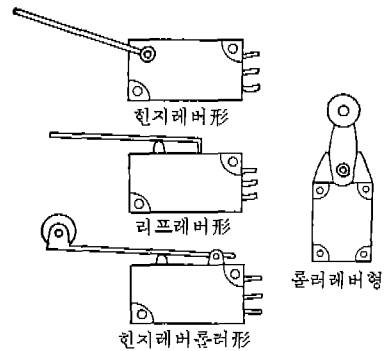
(가) 位置의 檢出(2值 出力·시퀀스 制御用)

(a) 리미트 스위치 (마이크로 스위치)

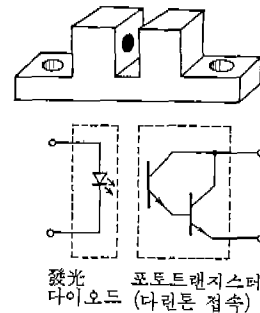
리미트 스위치는 機械的인 스위치 接點을 移動部에 장착한 도그板, 캠, 슬라이드板 등으로 온 오프하여 位置信號를 얻는 것으로서, 간단하고 확실한 檢出 센서이다. 接點을 구동하는 部材에는 그림 4·1에 든 각종 形式의 것이 있다.

(b) 포토 인터럽터

대형 물체의 위치나 통과 검출에는 無接觸 光電 스위치로서 光電管 등이 사용되고 있다. 소형의 光電素子로서는 포토 인터럽터가 있다. 이것은 그림 4·2와 같이 發光 다이오드와 포토 트랜지스터를 어떤 간격을 두고 서로 마주 보게 한 것이다. 빛을 차단하는 物體의 有無로 受光素子로부터 信號를 얻어 리미트 스위치 대신에 사



〈그림 4·1〉 리미트스위치의 액츄에이터



〈그림 4·2〉 포토인터럽터의 구조

용된다.

(c) 마그네 센서와 마그네 스위치

無接觸의 磁氣形 微小位置 檢出器 및 스위치로, 磁束應答形 헤드(마그네 스케일의 항 참조)에 대해 NS 또는 SNS로 着磁한 微小 磁石片을 접근시킴으로써 그림 4·3과 같은 출력을 얻을 수 있다.

(d) 近接 스위치

近接體와 檢出 코일 사이의 電磁誘導 作用을 이용해서 위치관계를 검출하는 것으로서 高周波 發信形, 差動 코일形이 있다. 또 發磁體가 근접하면 릴레이가 動作하는 리드 릴레이를 내장한 磁氣形 近접 스위치가 있다.

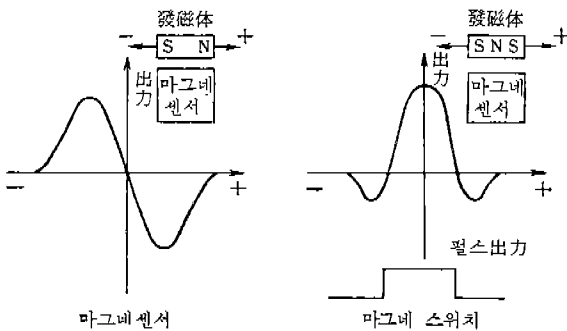
(나) 位置, 角度的 計測(연속출력·위치결정 및 經路 피드백 제어용)

(a) 포텐서 미터

그림 4·4처럼 저항선을 棒狀 또는 링狀의 절연체에 감고 브러시가 이동하는 구조의 變化 檢出器이다. 브러시의 이동량과 저항값의 관계에는 線形, 非線形, 正弦余弦形이 있다. 이동형태에는 직선형, 1회전 또는 多回轉의 회전형이 있다. 저항선이 捲線形인 포텐서 미터는 그 출력이 계단형상이 되는데, 이에 대해 導電性 플라스틱을 사용한 高分解能, 장수명의 콘덕티브 플라스틱形이 있다.

(b) 리플버

교류 여자형의 각도 검출기로서, 直交하는 2

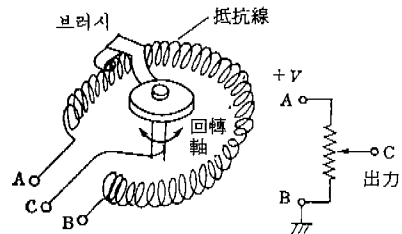


〈그림 4·3〉 마그네 센서·마그네스위치의 특성

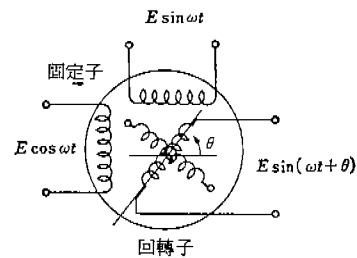
개의 권선으로 된 회전자와 고정자를 가진다(그림 4·5). 이것들의 磁氣의 결합은 서로 평행인 경우는 최대가 되고 直交하면 제로가 된다. 하나의 捲線을 $E \sin \omega t$ 인 전압으로 勵磁하면 회전각도 θ 에 따라서 $E \sin \omega t \cdot \cos \theta$ 인 전압이 다른 쪽 捲線에 발생, 진폭 변조형의 신호가 얻어진다. 또 2개의 고정자 권선에 $E \sin \omega t$ 와 $E \cos \omega t$ 인 전압을 주면 θ 만큼 회전한 회전자 권선에는 $E \sin(\omega t + \theta)$ 인 전압이 발생, 位相變調形 신호가 얻어진다.

(c) 인코더와 펄스 제너레이터

회전각도를 符號化信號로서 검출하는 것으로서, 브러시式과 光電式이 있다. 光電式의 것은 그림 4·6과 같이 각종 形式의 슬릿 원판의 양측에 發光素子와 受光素子를 놓고 빛의 변화에 따라 회전을 검출한다. 이 회전 원판에는 일정 간격마다 슬릿을 가진 인크리멘탈형(일반적으로 펄스 제너레이터라고 한다)과 어떤 각도 위치



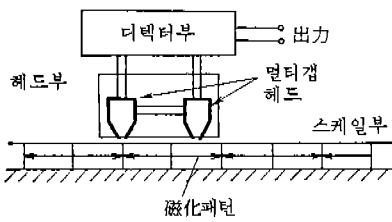
〈그림 4·4〉 포텐서미터의 構造와 接續



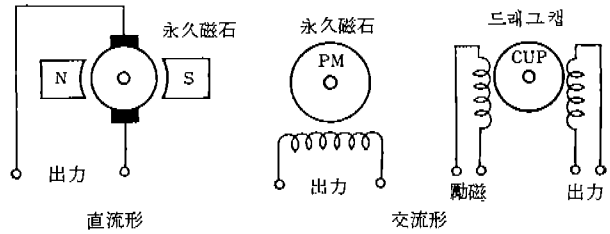
〈그림 4·5〉 리플버의 構造와 位相變調



〈그림 4·6〉 인코더의 構造



〈그림 4·7〉 마그네 스케일의 構造



〈그림 4·8〉 타코 제너레이터의 構造

고유의 2進化 符號·슬릿을 가진 어브솔류트形이 있다. 인크리멘탈형에서는 90° 위상으로 어긋난 2열의 슬릿이 있고 회전 방향이 구별된다. 어브솔류트形은 純2進形, 그레이 2進形, 2進化 10進形 등의 출력형태가 얻어진다.

(d) 마그네 스케일

磁氣式 變化檢出器이며, 스케일部는 일정 方位의 正弦波를 기록해서 格子狀인 磁化 패턴을 만든 것으로서, 이 스케일部를 磁石應答形 헤드로 검출한다(그림 4·7). 이 헤드는 一體의 헤드에 다수의 갭을 가지게 한 것으로서 정지상태에서 檢出할 수 있고 高感度로 눈금 信號만을 검출할 수 있는 특징을 가진다. 直動形과 回轉形이 있고 檢出量의 出力은 方向信號를 포함하는 펄스 信號 또는 正弦波信號이다.

(다) 速度의 計測(연속출력·속도 피드 백용 또는 應答補償用)

(a) 타코 제너레이터

그림 4·8의 직류형에서는 永久磁石으로 만들어진 一定磁界內를 권선이 회전함으로써 회전

속도에 비례한 출력이 얻어진다. 또 회전자에 永久磁石을 사용한 交流形과 交流勵磁形의 타코 제너레이터가 있다.

(b) 펄스 제너레이터

펄스 제너레이터는 펄스 出力의 주파수를 檢出함으로써 速度檢出器로서 이용할 수 있다.

(라) 加速度의 計測(연속출력·가속도 제어용)

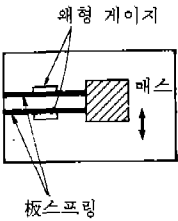
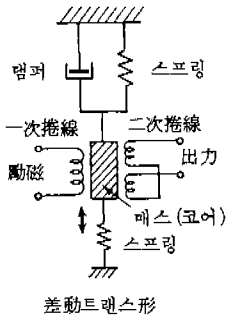
(a) 加速度檢出器

가속도검출기는 매스軸이 스프링으로 지지된 構造의 것으로서, 가속도가 가해지면 慣性力에 의해 매스軸이 변위한다. 이 변위를 여자용 1차 권선과 2개의 檢出用 2차 권선으로 구성되는 差動 트랜스로 검출한다. 또 왜형 게이지를 사용한 加速度檢出器는 매스와 板스프링으로 구성되어 있다. 이 方式으로는 2軸 또는 3軸 方向의 가속도 검출기가 된다(그림 4·9 참조).

(마) 힘, 토크의 計測(연속출력·힘 제어용)

(a) 힘, 壓力, 토크 검출기

왜형 게이지를 이용한 應力檢出器, 壓出檢出



왜형 게이지形

〈그림 4·9〉 加速度檢出器의 構造

器, 토크 檢出器가 있다. 또 直接 被測定部分에 왜형 게이지를 붙여서 檢출하는 方法이 있다. 왜형 게이지에는 線 게이지, 箔 게이지, 半導體 게이지 등이 있고 多方向의 檢出을 할 수 있는 것, 溫度補償된 것 등이 있다.

이밖에 모터의 轉流 또는 流體의 壓力를 檢출하여 힘을 측정하는 方法도 있다.

(b) 其他 情報檢出

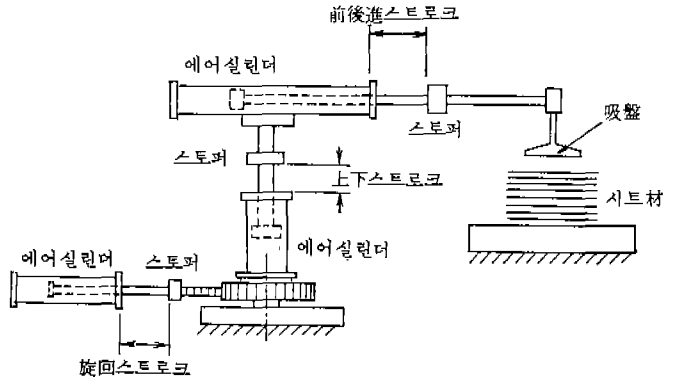
기타 온도檢출, 진동檢출 등의 센서가 사용되고 있다.

(3) 外界計測用 센서

外界計測用 센서에는 다음 종류가 있다.

(가) 觸覺 센서

外界나 대상물과 産業用 로봇의 力學的인 관계, 예를 들면 핸드部에서의 힘이나 슬립을 檢출하는 것으로서 왜형 게이지, 펄스 발생기 등이



〈그림 4·10〉 接觸정지식 産業用 로봇 (프레스에 시트材의 공급을 하는 예)

있다.

(나) 視覺 센서

환경이나 대상물의 상태, 예를 들면 위치 등의 공간 패러미터나 특징 등을 計測·檢出하는 것으로서 ITV, 이미지 센서 등이 있다.

(다) 其他 外界計測 센서

聽覺, 味覺, 嗅覺 등에 대응하는 센서가 있다. 외계 제측 센서에 대해서는 5章에서 상세히 설명한다.

다. 驅動機構

(1) 位置決定方式

産業用 로봇에 사용되고 있는 위치결정 서보制御의 方式에는 다음 3종류가 있다.

(가) 스토퍼 접촉정지方式

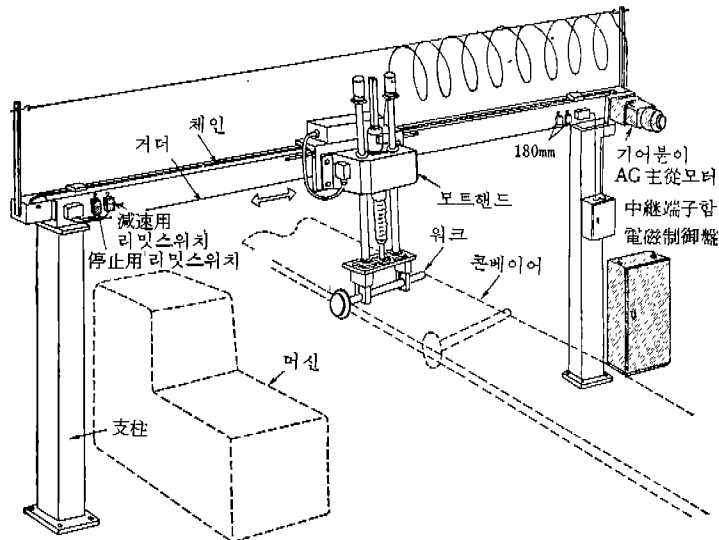
單純往復運動으로 구성되는 産業用 로봇, 예를 들면

○프레스 材料 裝入 引出用

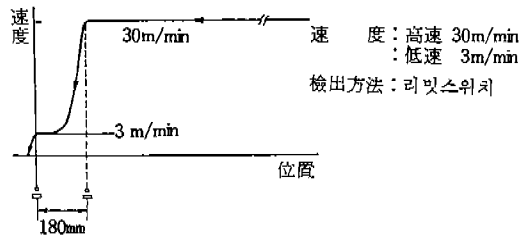
○射出成形機의 材料 引出用

○자동조립기 중에 사용되는 部品 供給用

등에서는 왕복의 兩極限에 포지티브 스토퍼를 장착한 접촉정지방식의 위치결정이 사용되고 있다. 驅動 액츄에이터로서는 空氣壓 실린더를 사



位置決定動作차트



(그림 4·11) 리미트스위치에 의한 PTP位置決定式 오토로더

용하는 일이 많다. 油壓 실린더로도 전기 토크 모터로도 할 수가 있다. 이 방식에서는 동작위치의 설정은 스톱퍼의 위치를 産業用 로봇의 동작 위치에 맞추어서 나사 체결하는 방식을 취하기 때문에 시간이 걸리고 그 작업이 불완전할 때는 동작중의 반복에 의한 쇼크로 위치가 벗어나는 우려도 있어서 충분한 대책을 취해야 한다(그림 4·10).

(나) 리미트 스위치에 의한 위치결정

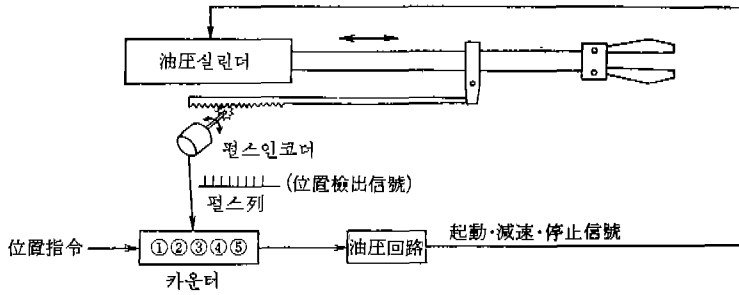
접촉정지방식에 의하면 충격이 너무 크거나 위치결정의 포인트를 얼마만큼 가지려는 用途, 예를 들면 오토 로더의 昇降, 走行과 같은 위치결정 동작에 사용되는 방식이다(그림 4·11). 停止할 위치의 바로 앞에 減速開始를 지시하는 리미트 스위치를 설치하여 低速走行에 옮긴 후에 정

지하기 때문에 精密度도 높고 충격도 적다. 리미트 스위치로는 통상, 接觸式의 것이 사용되고 있지만 고빈도의 위치결정에 대해서는 無接觸形 리미트 스위치가 사용된다.

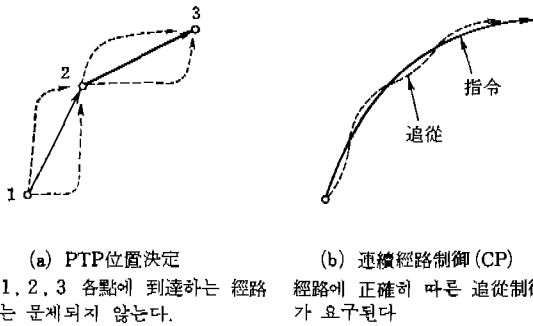
(다) 位置檢出器를 사용한 위치결정

리미트 스위치 방식으로는 설정할 수 있는 위치에 限界가 있다. 예를 들면 팔레타이징, 선반쌓기 등처럼 多點 位置決定이 필요한 경우에는 사용할 수 없다. 이와 같이 多點이고 또한 그 위치가 항상 設定변경이 필요한 用途에 대해서는 産業用 로봇의 동작을 검출하는 위치 검출기를 달고 위치 피드백을 한 위치결정방식이 사용된다(그림 4·12).

위치결정기로는 포텐서 미터, 리졸버, 펄스 인코더 등이 사용된다. 이 경우, 目的하는 위치



(그림 4·12) 펄스 인코더를 사용한 PTP 위치 결정 방식



(그림 4·13) PTP/CP의 차이

에 정확히 위치결정하는 것에 제어의 목적이 있고 위치결정 이동중의 경로는 문제로 하지 않는다. 목표에 정확히 도달하는 것만이라도 위치指令과 위치검출의 신호값이 최종적으로 일치하는 것을 확인하는 기능(예를 들면 減算 카운터)만을 가지는 간단한 제어 방식을 취하는 일이 많다.

(라) 連續經路 制御方式

아크 鎔接, 塗裝, 接着材 塗布, 研磨, 自動組立作業, 掃除作業 등의 용도에 사용되는 산업용 로봇은 동작의 궤적, 속도, 가속속 특성이 문제된다. 이러한 위치결정을 연속경로제어(Continuous Path Control: 약해서 CP)라고 한다. 이에 대해 리미트 스위치나 檢出器를 사용한 점에서 점에의 위치결정을 포인트 투 포인트(Point to Point: 약해서 PTP)제어라고 한다.

CP에서는 PTP에 대해 위치지령이 연속해서

주어지는 軌蹟指令이고 이 궤적지령에 여하히 서보계가 바르게 추종하는가가 문제가 된다(그림 4·13). 이 CP의 경우, 위치指令의 부여방법에는 다음의 두 가지가 있고 이에 따라서 제어회로의 구성이 크게 변화한다.

(a) 터치인플레이백

이 동작은 産業用 로봇을 핸들(Joy Stick)로 실제로 움직이면서 통과할 점의 좌표를 계속 기억시켜, 이 점을 통과하도록 連續적으로 위치결정을 하는 것으로 동작을 再現시키는 것이다.各點에서의 停止 또는 通過하는 것만으로 멈추지 않는다거나 통과 스피드 등의 조건도 디칭할 수 있다. 이 指令方式에서는 다수의 點座標를 기억하고 그 기억을 재현시키는 것이며, 記憶回路플러스 위치결정으로 구성된다.

(b) 프로그램 인풋

産業用 로봇의 동작先端의 움직임을 數值化하고 數值指令에 의해 指令을 하는 방식이다. 동작先端으로 円弧나 타원의 도형을 그리게 한다거나 정확한 위치에 드릴 가공을 시키는 등의 고정밀도의 作業에 사용되는 방식이다.

이 방식에서는 經路가 直線인가, 圓弧인가 하는 指定을 하고 前後進, 昇降, 旋回 등의 각軸에의 位置指令도 직선이나 원호와 같은 經路指令에 맞춘 分配를 하게 된다(이 機能을 통상 補間機能이라 한다). 즉 이 방식은 進行할 經路를 계산하는 回路를 내장하여 보다 적은 指令으로 보다 복잡한 동작을 하는 機能을 갖게 한 것이