

電氣技術者를 위한

# 産業用 로봇 技術

(14)

## 마. 集積化 시스템

### (1) 핸드 아이 시스템

머니플레이터로 대표되는 外界에 作用을 미치는 조작기능과 촉각, 시각 등 外界로부터의 情報를 수집 분석하는 感覺機能을 조합하는 것으로 머니플레이터만으로는 할 수 없는 高度하고 복잡한 作業을 수행시킬 수 있다. 또, 로봇에 여러가지 機能을 갖게 하는 것은 사람에게 가까운 제어 對象을 준비하는 것이 되며 시스템 工學이나 情報工學에 있어서의 새로운 研究對象이 탄생되게 된다. 이 目的으로 시도된 것이 머니플레이터와 컴퓨터 비전을 조합한 핸드 아이 시스템이라고 하는 시스템이다.

핸드 아이 시스템은 1) 單純 핸드 아이 시스템, 2) 비전 협조형 핸드 아이 시스템, 그리고 3) 핸들링 협조형 핸드 아이 시스템의 세 가지로 대별할 수 있다. 이것은 어디까지나 여기서의 편의적인 분류방식이다.

이것들의 특징은 다음과 같다.

### (가) 單純 핸드 아이 시스템

핸드 아이 시스템 중에서도 가장 單純한 것으로서, 비전(視覺) 시스템으로 對象물이나 환경의 현상, 위치, 상호관계 등을 조사, 그 情報에 입각해서 머니플레이터 시스템이 분류·구분 등의 作業을 하는 것이다. 이 경우, 눈은 作業의 前處理(準備)에 사용된다.

### (나) 비전 協助形 핸드 아이 시스템

비전 시스템만으로는 對象물이나 환경의 計測·認識이 不可能하고 머니플레이터 시스템을 통한 도움이 필요한 作業에 사용되는 핸드 아이 시스템이다. 걸쳐진 機械部品을 머니플레이터로 보기 쉽게 조작하거나 카메라 위치를 이동시켜서 多面的인 視覺情報를 얻을 필요가 있을 때 등에 사용된다. 비전 시스템으로부터의 情報에 입각해서 目的하는 作業을 하는 핸들링의 프로세스는 (1)과 同一한데, 認識 프로세스로 눈과 손의 피드백 결합이 있는 점이 다르다.

(다) 핸들링 協助形 핸드 아이 시스템

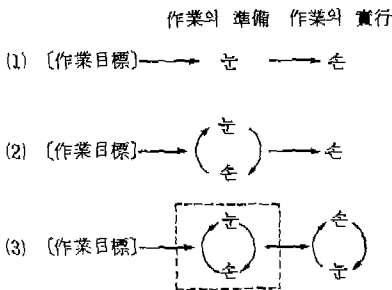
정밀도나 환경에의 변동에 대한 適應性이 요되는 作業에 사용되는 것으로, 가장 高度한 핸드 아이 시스템이라 할 수 있다. 手動에 의한 조작결과를 눈으로 조사하여 作業目標과의 차이등을 손에게 알려 修正動作을 반복하면서 作業을 수행한다.

일반적으로 손에 의한 作業을 시작하기 전에 (1) 또는 (2)의 前處理를 필요로 한다. 위치 맞춤 作業이나 機械의 조립작업 등에서 이용되는 시스템이다. 이 타입의 핸드 아이 시스템에서의 눈의 역할, 손에 의한 作業結果를 조사하여 손에 수정동작을 시킨다는 의미로 비주얼 피드백이라고 부를 때가 많다.

(1), (2), (3)의 각 시스템을 圖式的으로 표현하면 그림 5·30처럼 된다. 그림 중 (3)의 점선 내부는 눈 만으로도 된다.

물론, 上記한 (1), (2), (3)에 있어서도 눈에 어느 정도의 能力이 있는가(分解能, 레벨 수, 處理內容 등), 손에 觸覺, 壓覺, 力感覺 등의 센서에 의한 適應機能에 있는가의 여부에 따라서 그 能力에 큰 차이가 있다.

研究室 레벨에서는 一般性を 追求하기 위해 비전 시스템이나 머니플레이터 시스템에는 범용성을 갖게 하는 것이 보통이지만 실용적으로는 目的이 한정되어 있기 때문에 눈이나 손으로서는 각각 간단하고 특수한 것을 채용하는 경우가 많다.



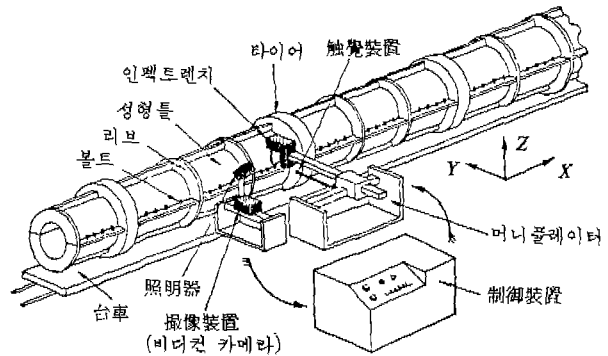
〈그림 5·30〉 핸드 아이 시스템의 分類

눈과 손의 조합에 限하지 않고 눈과 발(車輪), 손과 발, 눈과 손과 발의 결합 시스템도 생각할 수 있다. 현재로 연구실 단계에서는 여러가지가 시도되고 있다. 그러나 실용을 지향한 것 또는 실용단계에 달한 것은 거의 없다.

머니플레이터나 눈을 로봇의 하드웨어로 보면 그것들을 조합하여 作業目的을 효율적으로 실행시키기 위한 소프트웨어의 문제도 극히 중요하다. 總合化, 集積化된 適應形 로봇 시스템에서는 버스트런, 유니메이트 등에 볼 수 있는 티칭 手法는 이용할 수 없고 계산기에 의한 프로그램이 필수적이 된다. 오퍼레이터에게 쉽게 프로그래밍할 수 있도록 연구된 로봇용 고급언어에 대한 연구가 진행되고 있으며, 實用言語도 시중에 나와 있다.

(2) 總合化 시스템의 實例

손과 눈을 主体로 한 感覺機能에 의해 성립되는 總合化 시스템에 관해서는 적용형 로봇의 실현을 지향해서 연구가 진행되고 있으며, 初期의 실험 테스트 단계를 걸쳐서 서서히 실용화되기 시작했다. 여기서는 대표적인 몇 가지 예에 대해서 간단히 설명한다. 그리고 (1), (2)는 실제로 가동하고 있는 實用 시스템, (3), (4), (5)는 실용을 저장한 모델 시스템, (6), (7)는 研究室에서의 실험 테스트로서 각각 구분할 수 있다.



〈그림 5·31〉 볼트 締緩 로봇의 構成圖

(가) 콘크리트 형틀 볼트 縮緩 로봇

콘크리트를 흘려 넣기 전에 형틀의 플랜지부에 배열된 볼트를 죄고, 固化後에는 翹의 해체를 위해 볼트를 풀어야 한다. 콘크리트 틀 볼트 縮緩 로봇은 이 작업을 自動化하기 위해 개발된 것으로서 視覺과 觸覺을 갖춘 産業用 로봇이다. 全体의 構成圖를 그림 5·31에 든다.

이 시스템은 적절한 閾値에 의한 信號의 2 値化와 대상물의 특징에 대응한 裝置의 設定으로 5m/분에 이동하는 콘크리트 틀 성형틀의 볼트와 리브의 認別을 하는 視覺과 임팩트 렌치와 觸覺 불이 머니플레이터로 구성되어 있다. 리브에 대해서는 후퇴(대피) 동작, 볼트에 대해서는 觸覺에 의한 확인동작과 임팩트 렌치에 의한 縮緩動作이 행해진다. 이 장치에 의해 1개당 2.5초의 고속 볼트 縮緩作業의 완전 무인화가 실현됐다.

(나) 트랜지스터 自動 본딩 시스템

이 시스템은 트랜지스터의 電極位置를 찾아내어 이것과 外部 리드 端子 사이에 배선을 하는 작업의 自動化를 목적으로 해서 개발된 것이다. 高信賴性을 유지하기 위해 複合型 部分 매칭法이라 하는 여러 개의 표준 패턴 중 2개가 정상으로 구해지면 全体 매칭이 완성되었다고 보고

본딩 위치를 결정하는 認識方式이 채용되고 있다.

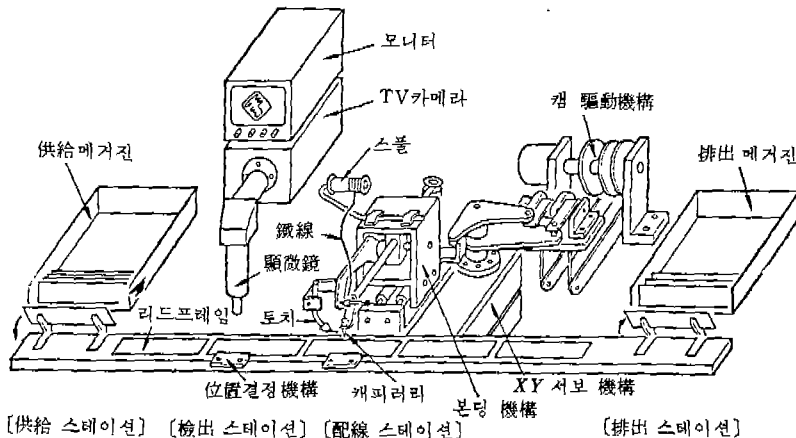
또, 작업을 高速化하기 위해 계산기가  $M$ 계열  $\times N$ 대의 자동기계를 群制御하고, 각 계열에서는 1대의 視覺裝置가  $N$ 대의 조립기를 時分割로 서비스하고 있다(실제로는  $M=5, N=10$ ). 즉 認識(패딩 매칭)과 작업위치의 계산을 視覺裝置와 계산기로 각각 병렬처리와 時系列處理를 분담하는 형태로 진행하는 方式으로 되어 있다. 自動組立機의 구성을 그림 5·32에 든다.

또한 트랜지스터나 IC 등의 반도체 제조공정의 自動化에 관해서는 개발이 추진되어 實用 시스템으로서 가동하고 있다.

(다) 파이프 플랜지 銲接 로봇

미리 임시 부착된 파이프와 플랜지의 本銲接作業의 自動化를 목적으로 한 용접용 로봇이다. 視覺은 2 値化 信號處理이고, 작업은 다음 스텝에 따라서 진행된다.

- (i) 워크(플랜지가 임시 부착된 파이프)를 소정의 위치에 세트하기 위해 비주얼 피드백에 의한 파이프 서포터의 走行制御.
- (ii) 視覺裝置에 의한 작업을 완전히 수행할 수 있는가의 여부의 확인 검사.
- (iii) 머니플레이터 및 파이프 서포터와 시각



〈그림 5·32〉 트랜지스터 自動組立 시스템의 構成圖

● 소형 圧力 스위치 ●

무게가 210g밖에 되지 않는 압력스위치를 한 영국회사가 개발했다. 케임브리지 인스트루먼트사가 개발한 "슈퍼민(Supermin)"은 나일론과 철니트릴 고무로 만든 등근 칸막이 형태의 압력감응기와 연결되어 움직이는 부분들의 마찰을 줄여주고 고반복(高反復) 정확도와 긴 수명을 보장해 준다. 길이 72mm, 지름 36mm의 원통형 스위치는, 비바람에 강하고 IP67에 환경 방호(防護)를 갖고 있다. 이 제품은 양극 알루미늄 커버와 금속 압력입구가 있어 6mm의 구리와 나일론 튜브

인 압축기를 쫓는다.

이 압력스위치의 압축범위는 0.1~1.0, 0.4~2.5, 1.0~10.0, 4.0~25.0, -0.01~1.0 바이고, 최대 복귀압력은 0.05, 0.12, 0.5, 1.0 바까지 가능하다. 경제적으로 값싼 이 스위치의 응용분야는 많고 다양하여, 의학 계이지, 고압솥, 인쇄기, 작은 압축기에 사용할 수 있고, 공기나 산소, 니트로젠, 물과 기름 등의 비부식성 액체나 가스에도 사용이 적합하다.

장치에 의한 비주얼 피드백에 입각하는 용접 토치의 설정.

(iv) 圓周 2층의 全姿勢 銲接

모델 라인에 있어서의 실험에서는 파이프 스톱커 위에 놓여진 지름이나 플랜지 단면 위치가 不規則하게 변화하는 워크에 대해서도 자동적으로 아크 용접에 의한 本銲接을 할 수 있었다. 용접 로봇 시스템의 구성도를 그림 5·33에 든다.

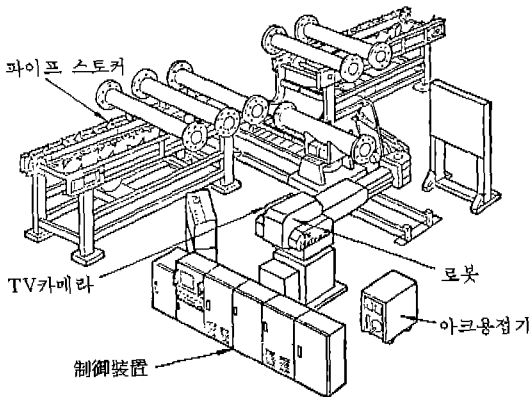
(라) 視覺 불이 어셈블리 로봇

物体의 위치·방향 추정과 지정되어 있는 방향으로부터의 핸들링 실험을 위해 개발된 시스템이다. 部品供給裝置로부터 순차 이동되는 소

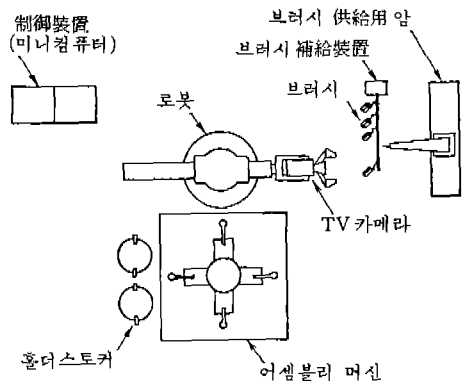
형 모터의 브러시를 브러시 홀더에 삽입하는 作業이 데몬스트레이션으로 행하여지고 있다. 시스템의 구성도를 그림 5·34에 든다.

실험 대상은 크기 既知의 直方体로서 TV 카메라를 내장한 7自由度の 머니플레이터를 사용, TV 카메라의 위치와 方向을 제어하면서 目的하는 測定을 하는 것으로서 進歩한 認識(計測) 레벨에서의 비주얼 피드백이 존재하는 핸드 아이 시스템의 일종이라고 생각된다. 비전 시스템에서는 96×96의 繪素로 분할된 2值化 信號를 기초로 처리하고 있다.

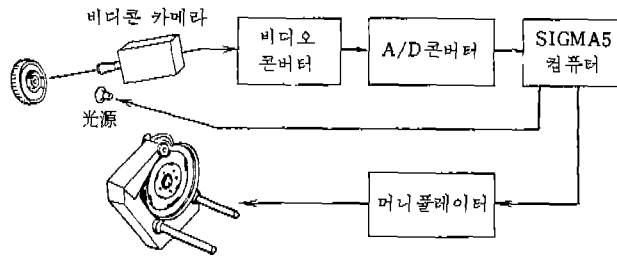
(마) 自動車用 호일을 허브에 삽입하는 作業의 自動化 시스템



〈그림 5·33〉 파이프 플랜지 銲接 로봇 시스템의 構成圖



〈그림 5·34〉 어셈블리 로봇의 構成圖



〈그림 5·35〉 호일마운팅 시스템의 基本構成圖

그림 5·35에 이 시스템의 基本構成을 든다.

또한 비전 시스템에서는  $256 \times 256 \times 8$  비트의 濃淡情報가 이용되고 있다.

조합할 허브와 호일을 선출하여 각각을 스핀들 어댑터와 머니플레이터에 세트가 끝나면 計算機는 자동설치 사이클에 들어가며 다음 操作을 하게 된다.

(i) 계산기가 빛을 적당한 세기로 바꾸고 카메라를 적당히 세트하여 허브 領域을 스캔하고 데이터를 취한다. 머니플레이터는 호일이 TV 카메라 視野 내에 들어가도록 動作하고 이와 동시에

(ii) 허브의 중심위치와 방향을 결정하고 이어서 호일이 스캔되면서 데이터가 도입되고 허브 데이터와 교환된다.

(iii) 호일의 구멍과 허브 상의 스타트 사이의 變位가 계산된다.

(iv) 호일을 머니플레이터로 움직이고 허브에 설치한다. 단, 비뮈얼 피드백은 하지 않는다.

이 作業의 총소요 시간은 60초로서 그중 비전 관계의 처리시간이 45초였다. 실용적으로는 비전 處理를 3~4초에 하여야 할 필요가 있지만 먼지나 그리스 등의 노이즈가 있는 경우에도 충분히 목적을 달성할 수 있었다.

#### (바) 펌프 組立 로봇

스텐포드 대학 人工知能研究所에서 개발된 工業用 소형 펌프의 自動組立 데몬스트레이션을

하는 고도의 視覺과 핸들링 機能을 갖는 로봇으로서, 펌프 베이스, 가스켓, 펌프 상부, 6개의 나사를 部品으로 해서 組立한다. 주된 動作 시스템으로는 다음과 같은 것이 있다.

(i) 펌프 베이스를 작업위치에 둔다.

(ii) 2개의 핀을 세운다.

(iii) 가스켓을 핀에 끼운다.

(iv) 펌프 상부를 놓는다.

(v) 나사를 2개 쥘다.

(vi) 2개의 핀을 뽑는다.

(vii) 나머지 나사 4개를 죄고 펌프 상부를 고정한다.

이 (i)~(vii)의 과정에서 視覺, 觸覺, 力感覺이 이용되며 作業의 원활화가 도모되고 있다. 또한 비전 시스템에서는  $256 \times 333 \times 4$  비트의 濃淡情報가 사용되고 머니플레이터는 6自由度로서 위치, 속도, 토크 제어를 한다.

作業을 끝내는 데 상당한 時間(약 5분30초)이 소요되며, 아직 實用 레벨에 달했다고는 할 수 없지만 總合化 로봇 시스템으로서는 대단히 우수한 것이다.

(사) 積木(블록스월드)을 대상으로 한 總合 시스템

주로 大學, 研究所 등에서 간단한 積木의 세계를 대상으로 해서 視覺, 觸覺, 力感覺 붙이 머니플레이터를 사용한 핸드 아이 시스템의 실험이 실시되고 進술한 여러가지 형태의 시스템이 개발되어 데모스트레이트되었다.

〈連載 끝〉