

로봇 제어기술의 지능화



정 광 조

(KIMM 자동제어실장)

- '73-'77 연세대학교 공과대학 전기공학과(학사)
- '81-'83 연세대학교 공과대학 전기공학과(석사)
- '79-'83 한국과학기술원 연구원
- '83-현재 한국기계연구원 선임연구원



임 선 종

(KIMM 자동제어실)

- '82-'88 건국대학교 공과대학 전기공학과(학사)
- '88-'90 건국대학교 공과대학 전기공학과(석사)
- '91-현재 한국기계연구원 연구원

1. 서 론

Robotics Industries Association에 따르면 robot란 다양한 임무를 수행하기 위하여 다양하게 프로그래밍된 motion을 통하여 material, part, tools이나 특별한 장치를 움직이기 위하여 설계된 reprogrammable, multifunctional manipulator를 로봇이라 부른다.

따라서 로봇은 다른 전용 기계와는 달리 넓은 범위를 여러가지 형태를 취하면서 유연하게 움직이는 것이 가능하여 인력 부족, 생산성 향상 그리고 품질 향상을 위해 산업계에 도입되었다.

그러나 현재 산업계에서 요구되는 로봇은 인력 부족이 심각한 숙련 작업자의 기능을 대체하며, 환경 변화에 스스로 대처할 수 있는 기능이 요구되어 지능화 로봇이라 불리는 로봇이 등장하게 되었다. 이런점을 고려하면, 지능화 로봇이란 기능면에서 인간과 유사한 기계이며, 이는 다음과 같은 특징을 갖게 된다.

①손의 기능

지능 로봇이 간단히 전용자동기계가 되어, 동작의 다양성, 작업의 범용성과 예민성을 가지고 있음을 의미한다.

②발의 기능

지능 로봇이 환경에 독립성을 가지고, 이동할 수 있는 것을 가리킨다.

즉 지능 로봇은 지상에 고정된 식물적인 장치 가 아니라, 환경내를 능동적으로 움직이는 동물적인 기계를 의미한다.

③감각기능

지능 로봇이 환경과 물체를 인식하고 이 정

보를 이용해 적응력을 발휘 행동할 수 있는 능력을 가짐을 의미한다.

④ 기억기능

로봇에 작업과 동작을 훈련시킬 수 있다. 즉 작업과 동작을 기억했던 대로 재실행할 수 있음을 의미한다.

⑤ 사고 및 판단

로봇이 상황의 변화에 대응해 행동을 스스로 사고하여 발휘할 수 있음을 의미한다.

이러한 기능을 갖는 로봇의 기능 구성이 그림

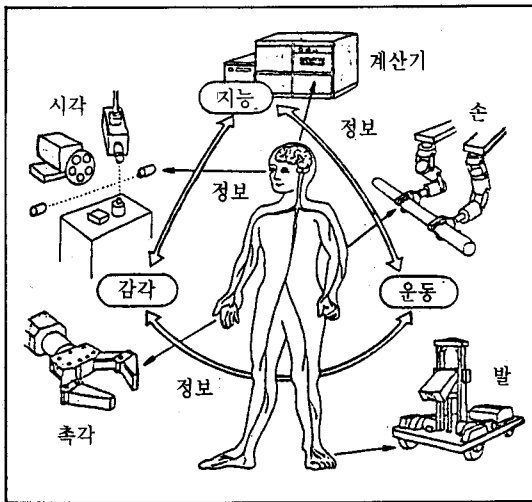


그림 1. 지능 로봇 기능 구성

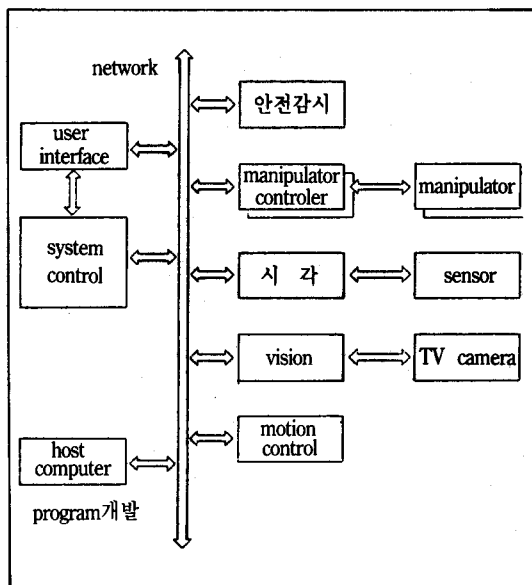


그림 2. 지능 로봇의 시스템

1에 있다.

지능 로봇을 구현하기 위해서 system은 복잡한 multitasking 기능을 쉽게 처리할 수 있는 OS, 시각 기능, 촉각 기능 그리고 역각 기능등 각종 센서의 처리 기능을 가지고 있어야 하며, 그림 2는 이러한 기능을 갖춘 로봇의 hardware 구성을 보이며, 다음 장에서는 각 구성에 대해서 구체적으로 기술하고자 한다.

2. 지능 로봇의 요소기능

2.1 Manipulator

2.1.1 manipulator의 종류

작업을 실제로 행하게 되는 manipulator는 인간의 손과 같이 다관절이며 신축성이 요구된다. manipulator의 자유도를 실현하는 기구로 운동기구가 사용된다.

Manipulator는 그 자유도, 즉 운동기구를 어떻게 배열하는가에 따라 직렬형과 병렬형으로 나뉜다. 그림 3(a)에서와 같이 직렬형은 base에서 운동기

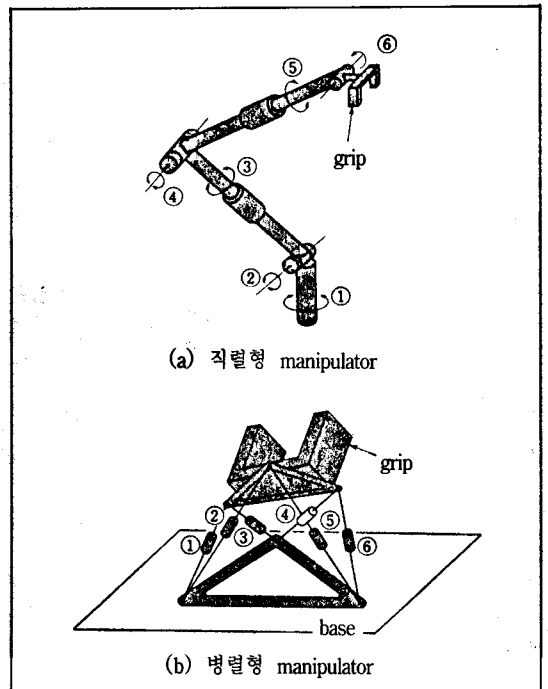


그림 3. 자유도 배분에 의한 manipulator의 분류

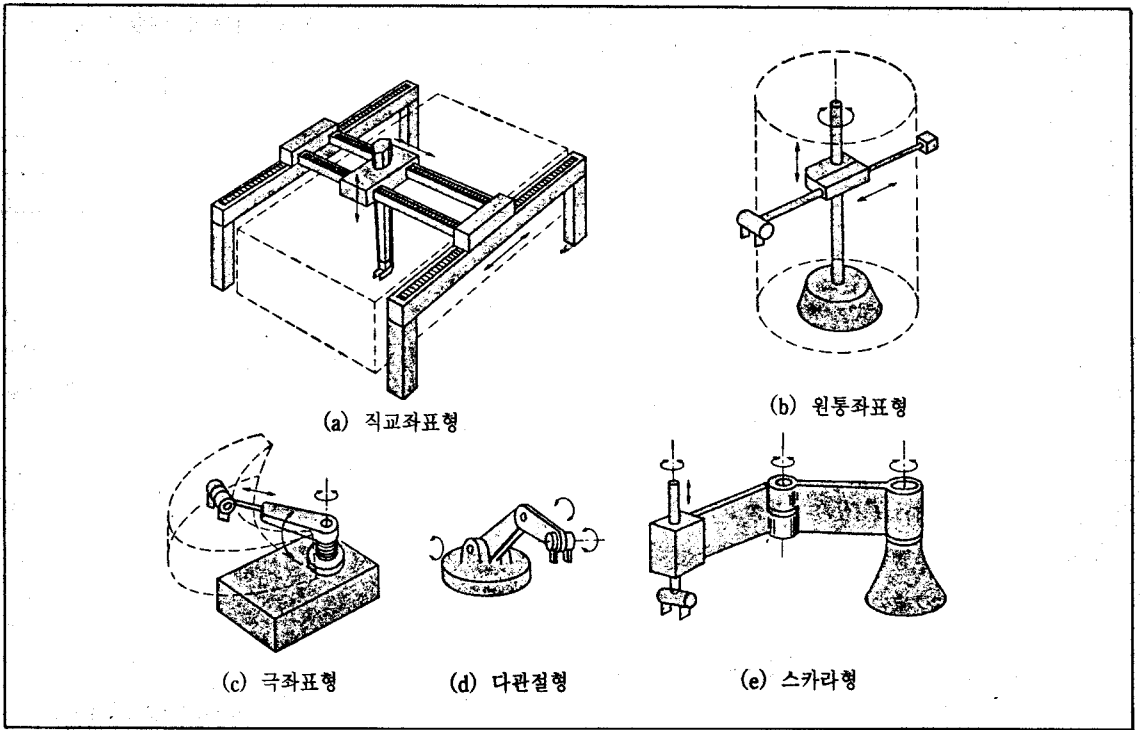


그림 4. 실제 사용되고 있는 manipulator

구가 직렬로 배열되어 끝에 물건을 집을 수 있는 gripper가 배치되어 있다. 통상 manipulator는 직렬형으로 되어 있다. 병렬형은 그림 3(b)와 같이 base에서 운동기구가 병렬로 연결되어 있다. 이런 경우 운동기구의 길이가 변함에 따라 gripper의 위치와 자세가 변화된다.

그림 4는 3자유도를 실현하는 여러가지 직렬형 manipulator를 보이고 있다.

2.1.2 힘제어가 가능한 manipulator

구동 torque를 직접 제어가능한 manipulator의 특징은 모타와 관절부간의 힘전달 기구중에 입출력축의 회전수에 구애받지 않고 입력 전류에 비례한 torque를 출력하는 동작특성을 가지는 자기성분 클러치를 삽입함으로써 관절부 토오크를 computer로 직접제어할 수 있게 하였다.

그림 5는 자기분체 클러치의 구조로 이는 코일을 여자시키면 투자율이 높은 재료로 되어 있는 분말이 반경 방향으로 연결되어 이 연결력이 분말과 원통면과의 마찰력에 의해 여자코일에 가해진

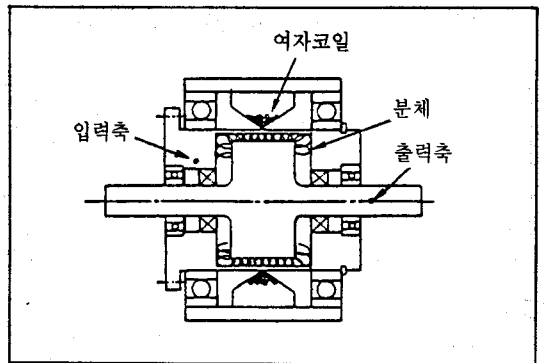


그림 5. 자기 분체 클러치

전압에 비례한 torque가 전달된다.

힘제어가 가능한 manipulator는 구동 토오크를 직접 제어하는 것이기 때문에 팔의 중량을 가능한 작게하는 것이 바람직하다. 그래서 그림 6과 같이 drive를 발판 본체의 한 곳에 모아 설치하고, 팔의 각 자유도까지, 케이블로 토오크를 전달하는 방식을 채용함으로써 팔구조를 단순화하고 경량화한다.

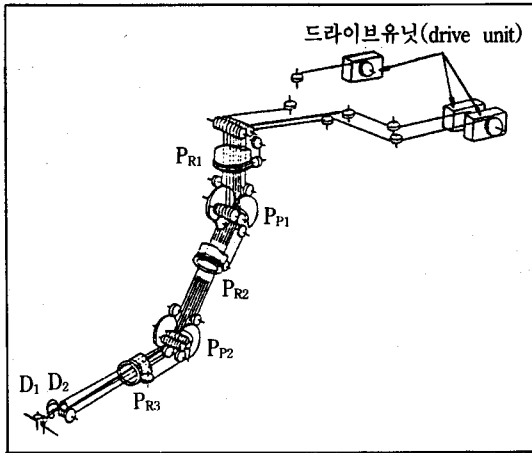


그림 6. 커플링 모식도

2.2. 로봇의 이동

로봇의 이동 기구는 크게 차륜 기구와 보행 기구로 나눌 수 있으며, 그 적용분야는 표 1과 같다.

표 1. 이동 기구의 분류

적용영역	이동기구
육상	차륜, 다족, 흡반
해상	다족, 스크류, 분류
공중우주	프로펠라, 비행선, 로켓

2.2.1 차륜에 의한 이동

공장과 office 등 평탄한 장소에서 가장 적합하다고 생각되는 이동기구는 차륜을 이용한 방법이다. 차륜의 구동원으로 직류 모타가 주로 사용되고 있다.

그림 7(a)는 2개의 차륜을 각각 독립된 모타에 의해 구동하고 이 회전 방향을 제어해 전진, 후진 그리고 방향 회전을 행하는 방법을 나타내고 있다. 이 방법은 방향 회전시 동반한 로봇이 안정된 자세를 유지하면서 모든 방향으로 이동할 수 있는 메카니즘이 요구된다. 그림 7(b)는 이런 점을 고려하여 개발된 전방향 이동차량으로, 이동을 위

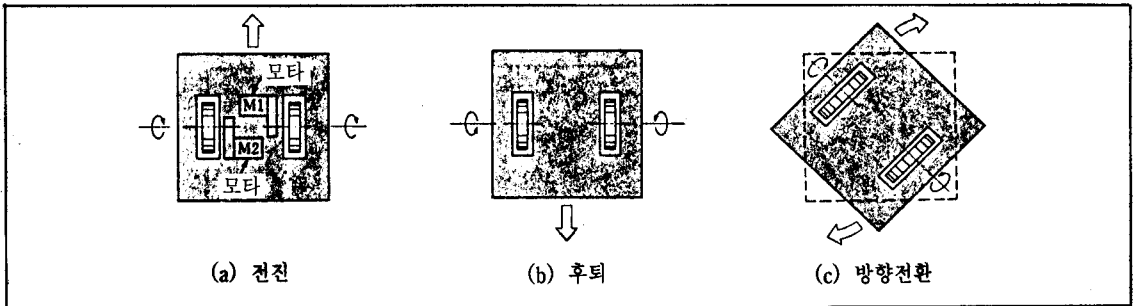


그림 7(a). 독립 2축구동에 의한 이동

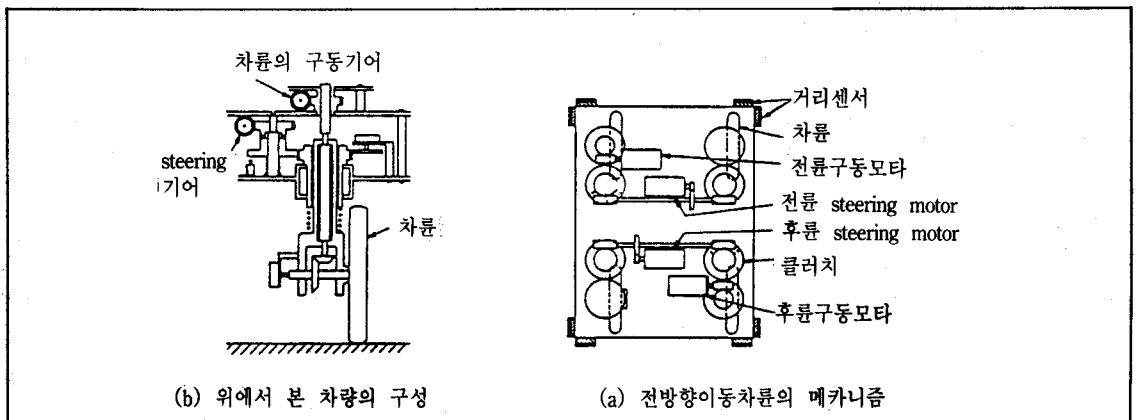


그림 7(b). 전방향 이동 차량

해서 차륜을 구동하는 모터와 별도로 steering용의 모터를 가지고 있다. 그림 8은 전방향 이동차량의 이동 모드를 보인다.

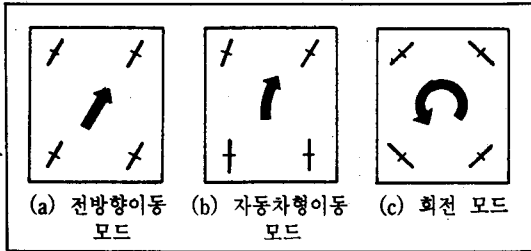


그림 8. 전방향 이동차량의 이동 모드

2.2.2 다족에 의한 이동

계단을 오르거나 장애물을 넘어야 되는 경우 다족 보행 방식이 사용되고 있으며 그림 9는 본 기계연구원, KIST와 ETRI가 공동 개발한 다각 보행 로봇이다. 보행 로봇은 일반적으로 기구가 복잡해 차륜형에 비해 에너지 소비량이 크며, 제어기가 용이하지 않아 실용성이 문제시 되고 있다.

그러나 표 1에서 보는 바와 같이 다족 로봇은 해저에서 사용되는 예가 있는데 이는 수중에서는 부력의 효과로 전체가 가볍게 되어 소비에너지가

적어도 되므로 보행이라는 이동형태가 큰 결점이 되지 않기 때문이다.

2.2.3 이동 로봇의 유도

유도 시스템의 목적은 알려진 환경하에 있는 지점으로 로봇을 이동시키는 경우이다.

로봇의 command는

goto 목적지

의 형태이다.

목적지로 이동 중인 로봇은 상기 command에서는 명시되지 않은 여러가지 상황을 만날 수 있게 되며, 이때 로봇은 자율적으로 적절한 행동을 취하지 않으면 안된다. 적절한 행동이라고 말하는 것은 로봇에 이용할 수 있는 용도에 맞게 여러가지로 해석할 수 있으며, 다음은 일례이다.

적절한 행동

- 벽이나 장애물에 충돌하지 않게 이동한다.
- 자기의 위치를 항상 계산한다.
- 목적지까지는 최단거리를 취한다.
- 길을 잃은 경우는 이동을 중지하고 조작원에게 알린다.

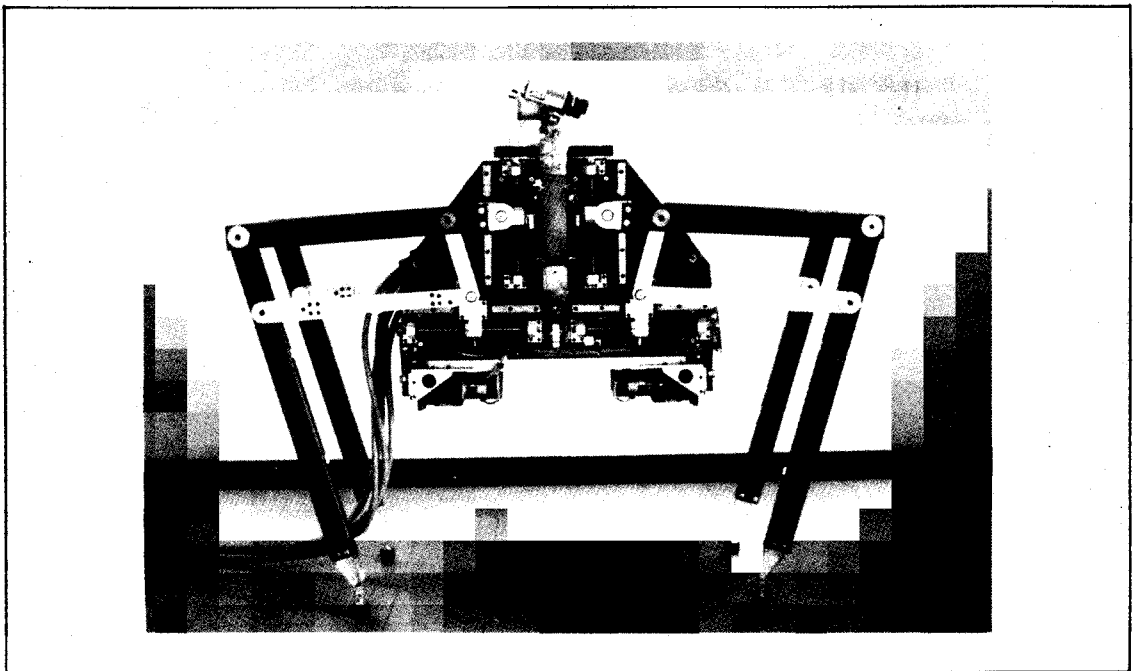


그림 9. 다족 보행 로봇

로봇이 어떤 환경하에서 이동하기 위해서는 그 환경을 알 필요가 있으며, 어떤 경로를 어떤 모델을 통해서 표현하는가는 연구테마가 되고 있다.

2.2.4 이동 로봇용 센서

이동 로봇은 지능을 가지는 이동 기계이다. 이 지능 이동기계에 그것이 가지고 있는 지능의 위력을 발휘하여 원하는 동작이나 작업을 행하기 위해서는 여러가지 센서를 갖추므로써 로봇이 외부환경이나 주위상황을 인식판단 하기 위한 수단을 갖추도록 할 필요가 있으며, 센서는 다음과 같이 나눌 수 있다.

- (1) 경로유도센서: 자기센서, 광학센서, 레이저 가이드 센서
- (2) 자기 위치점 방향인식 센서: 자이로, 거리 센서, 위치측정센서
- (3) 환경점 대상물 인식 센서: 시각, 청각, 촉각
- (4) 자기 상태의 인식센서: 다리의 관절각도 센서, 차륜의 회전각도센서, 스티어링 각도센서

그림 10과 그림 11은 이동 로봇 경로 유도에 주로 사용되는 센서를 보여주고 있다.

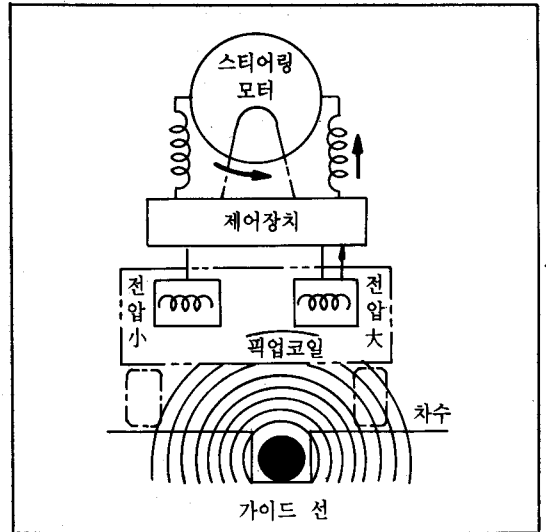


그림 10. 자기식 경로 유도 센서

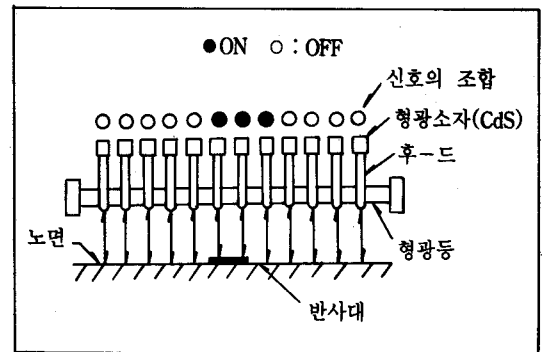


그림 11. 광학식 경로 유도 센서

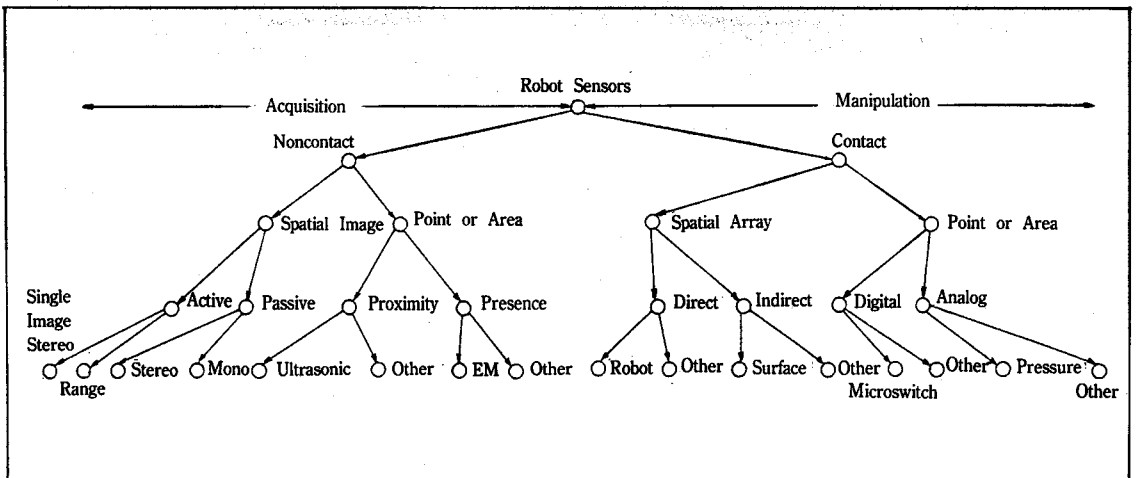


그림 12. Intelligent robot에 이용되고 있는 sensor의 분류

2.3. 센서

로봇의 지능화를 추구하는 제 일보는 주어진 환경으로 부터 필요한 정보를 유효 적절한 방법으로 취득, 처리하는데 있다. 로봇의 센서는 바로 이러한 data 취득의 목적으로 사용되는 지능 로봇의 필수요건 중의 하나이다. 센서는 internal, external 센서 또는 기능 등으로 분류될 수 있으며, 그림 12는 기능에 의한 분류이다.

지능 로봇의 센서는 인간의 오감에 해당되는 감각 기능을 대신할 수 있는 인공적인 감지 장치라고 할 수 있는데 오감중 후각과 미각, 청각은 그 필요성이 미약한 단계에 있다.

현재까지 주로 사용되는 센서는 주로 시각과 촉각 센서로서 camera에 의한 vision 센서와 힘 제어용으로 사용되는 force/torque 센서가 대표적인데 이들 2가지 센서의 응용예를 간단히 소개한다.

2.3.1 CCD Camera를 이용한 bin-picking

bin-picking은 정렬되지 않은 부품들이 산재해

있는 3차원 공간으로부터 필요한 작업 대상 부품을 찾아내는 일련의 작업을 말한다. 여기서 필요한 시각 기능은 일반적으로 그림 13과 같은 화상처리 시스템으로 구성되는데 그 내부적인 처리 및 인식 기법으로는 3차원 공간을 2차원 화상으로 사상시켜 처리하는 2차원 시각인식 방법과 laser 등을 이용한 3차원 시각인식 방법이 있다.

그림 13은 화상처리 시스템의 개념을 나타낸다. 다음은 시각인식 방법의 예이다.

① 2차원 시각인식 방법

· The feature-based approach

상업적으로 가장 많이 이용되는 방법으로서 대상 물체가 binary나 silhouette으로 표현될 수 있어야 한다는 것을 전제로 하고 있다. 물체의 표면에 관한 정보를 표현할 수는 있지만 명암이 균일하며 그림자의 영향이 없어야 하며 다른 물체들과 서로 겹치지 않아야 한다는 제약조건이 따른다. 반면에 feature 추출은 지름, 면적, 무게 중심점에서 경계선까지의 최소 및 최대 반지름, compactness 같이 rotation과 translation에서도 변

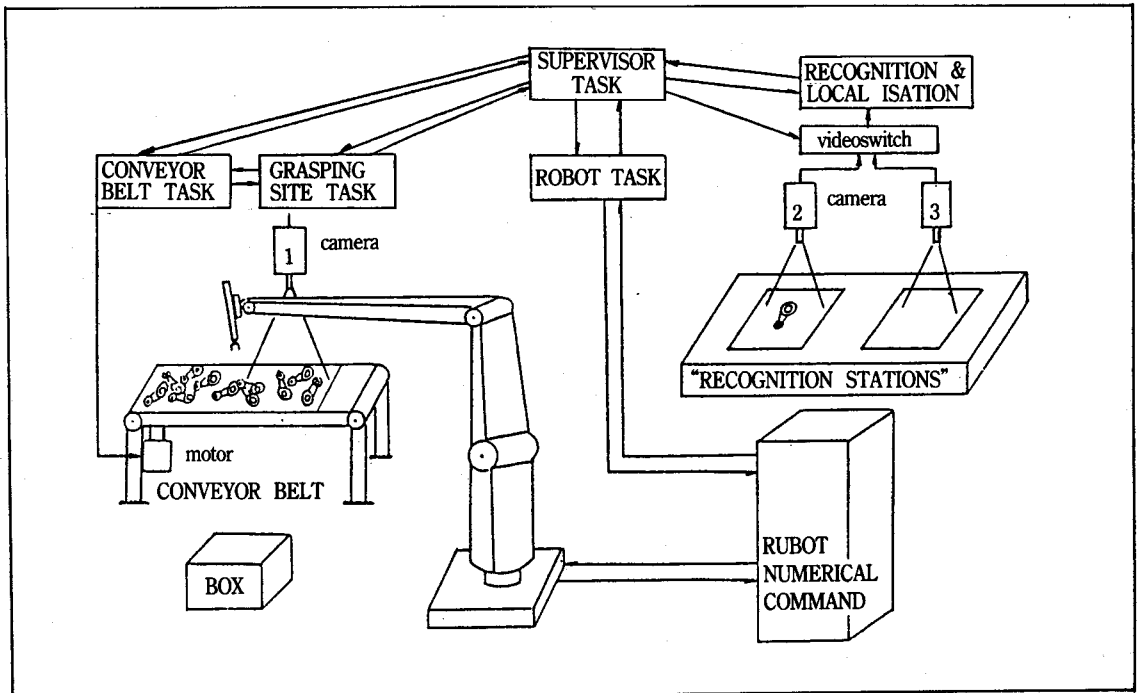


그림 13. system block diagram

하지 않는 성질을 알 수 있다는 장점도 있다.

· Matched filter

가장 일반성을 가지고 있는 방법이다. original image에 찾고자 하는 pattern(입의의 holdsite)을 matching 시켜 가장 유사성, 즉 cross-correlation이 가장 큰 부분을 찾아서 그 부분을 holdsite로 표시하고 gripper가 그 부분을 잡게하는 방법이다.

② 3차원 인식 방법

· Geometry theory

differential geometry 이론에 근거한 gaussian sphere와 extended gaussian sphere(EGI)에 의한 방법이다. EGI는 수직성분에 해당하는 orientation histogram과 같으나 조명의 영향을 크게 받는 약점이 있다. 그래서 물체의 고유특성을 밝기 대신에 range의 개념을 도입하면은 보다 더 효과적이게 되나 EGI 그 자체를 modeling하는 것 또한 매우 어렵다.

· Graphics Primitives or CAD approach

computer graphic는 computer vision의 역의 경우라고 생각할 수 있으므로 graphics의 기본적인 이론들을 이용하여 표면에 관한 정보들을 무시하고 edge를 바탕으로 modeling한다. 그리고 나서 조명을 변화시킨 후 다시 또 modelling을 여러번 반복한 후 modelling된 것들을 합성하여 부피적인 정보를 얻는 방법이다.

2.3.2. force/torque sensor

Manipulator의 end-effector와 주변환경이 접촉할 때 생기는 힘을 측정하기 위해 많은 센서들이 개발되었는데 이중 반도체 또는 금속 박판을 이용한 스트레인 게이지가 가장 많이 쓰여지고 있다. 이러한 스트레인 게이지는 금속에 부착되어 금속속에서 발생하는 변형에 비례하는 출력을 발생한다.

일반적으로 robot의 몸체에 부착되는 센서는 3가지이다.

① Joint actuator sensor

manipulator의 link를 연결시키는 actuator 자체의 torque와 force의 출력을 측정한다.

② wrist joint sensor

end-effector에 작용하는 force와 torque를 측

정할 수 있도록 strain gauges를 부착시킨 기계적인 측정 장치이다.

③ end-effector의 fingertip

내장형 strain gauge에 의해 각 손가락에 작용하는 힘을 측정한다.

그림 14은 Scheinman에 의하여 설계되고 많이 사용되고 있는 force sensor이다. 십자로 된 구조에 반도체로 된 strain gauges 8쌍이 부착되어 있고, 각 쌍은 voltage divider 방법으로 연결되어 있으며, 감지 요구가 있을 때 여덟 개의 전압은 digital화 하여 computer에 입력된다.

그림 15는 이러한 force나 torque 센서에 의한 robot의 지능화 작업중 가장 대표적인 peg-in-hole 작업의 4가지 시퀀스를 보여주고 있다.

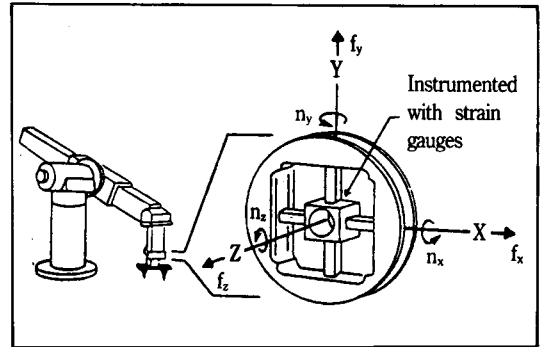


그림 14. force-sensor wrist의 내부 구조

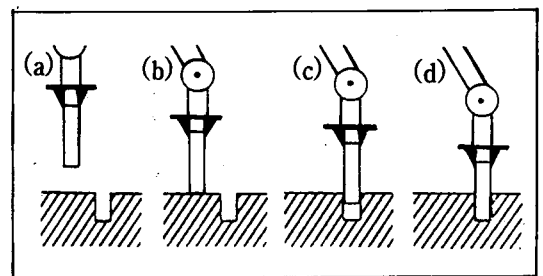


그림 15. peg를 끼우기를 위한 네가지 접촉 시퀀스

2.4 인공지능

2.4.1 지적기능의 기본요소

차세대 로봇은 센서에 의해 외계의 인식기능을 가지고 그 결과에 의거하여 작업계획을 입안하고

행동하는 로봇으로 AI(Artificial Intelligent) 로봇이라 한다.

그래서 AI 로봇은 필연적으로 자율 시스템으로 되지 않을 수 없다. 표 2는 인공지능 프로그램의 특징과 종래의 계산기용 프로그램의 특징을 비교한 것이다.

표 2. 인공지능 program과 종래의 program의 비교

구분	인공지능 프로그램	종래의 프로그램
언어	기호 처리	수치 처리
검색방법	발견적 탐색법	알고리즘에 의한 탐색
정보와 제어	분리	혼재
확장, 수정	수정, 변경, 확장 용이	수정 곤란
해법	만족할 해가 있으면 좋음	최적해를 구함

자율시스템으로 이루어진 인간을 로봇에 상정한 경우 그림 16에서와 같은 구성을 보일 수 있다.

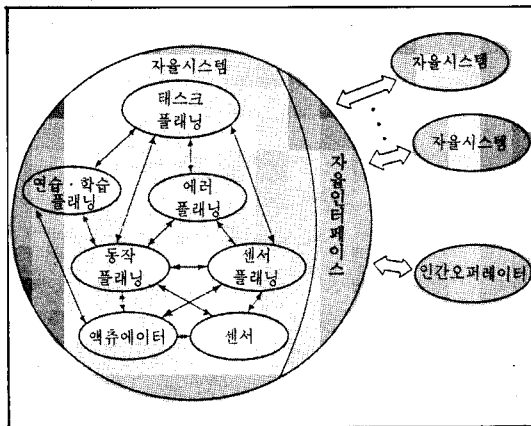


그림 16. 자율 system으로서의 로봇

현재 이런 완벽한 시스템은 존재하지 않으며, 극히 일부분의 최하위 level에서 연구가 진행되고 있다. 인공지능 로봇의 자율 system을 구성하는 각 planning은 다음과 같다.

① Tasking planning

벨트의 핸들을 이탈시키는 작업을 가정하자. 이와같이 어떤 작업을 하기 위해서는 개별적인 요소작업을 어떤 순서로 어떤 도구와 보조장치를 사용할 것인지를 결정해야 하는데 이러한 일련의 과정을 task planning이라 한다.

② Action planning

태스크 planning이 된후 그들의 개별동작을 실현하기 위하여 manipulator나 손가락을 어떻게 제어하여 움직이게 할지를 결정하여야 한다. 이러한 과정은 실제로 주어진 제어 환경에서 motor나 공압에 의한 actuator의 구동방법과 시퀀스를 정하는 과정이다.

③ Error planning

Error recovery를 위한 planning이다. 각종 planning 기능에 의해 행할 수 있는 작업 program이 되었다 해도 실상황에 적용하게 되면, 어떤 이유로든 error가 발생하게 된다. 인간에 의한 작업시 이러한 error가 발생할 때 인간은 error가 발생한 원인을 찾아 제거하여 정규의 상태로 복귀시킨다. 지능 로봇에서의 이러한 연구는 아직 실현되지 않고 있는데 AI 로봇의 미래상을 고려하면 필수적으로 중요한 기술이다.

④ 연습·학습 planning

인간이 같은 작업을 수차 반복하여 실행하면, 점차로 작업의 질이 향상되게 된다. 그러나 일반적인 단순 반복작업을 주로하는 로봇은 같은 작업을 반복하여도 처음에 실행한 작업과 같은 수준의 작업을 할 뿐이고 그 이상으로는 질이 향상되지 않는다. 로봇에 있어서 사람과 같이 반복 작업에서의 질적 향상을 반드시 필요한 것은 아니지만 작업의 질적 향상을 기대하는 경우에는 중요하다. 최근 신경회로망기술 등의 개발로 자기학습(self-heuristic) 기능의 실현이 가능해져 지능 로봇에서도 이러한 학습, 훈련에 의한 작업 수준향상이 가능하게 되었다.

2.4.2. AI 프로그램 언어의 조건

인공지능은 추론하는 computer를 실현하는 것이고, 인공지능 프로그램의 추론을 효율적으로

실행하는 프로그램의 기술이라는 것이 된다. 추론이란 문제의 기술과 이것에 operator를 적용한 상태공간을 탐색하고 초기조건과 목표 조건을 발견하는 것, 즉 문제해결이다. 따라서, 인공지능 프로그램의 조건은 이와같은 것이 효율적으로 실행되므로 다음과 같은 특징을 갖게 된다.

- (1) 문제, operator, 지식 기술의 용이성
인공지능에서는 탐색 공간은 리스트 표현으로 나타난다. Lisp는 리스트 처리 언어이고 prolog는 술어논리의 리스트 구조의 프로그램 언어라고 말할 수 있고 이 조건을 만족시키고 있다.
- (2) 연역을 실행하기도 하고 연역의 기능이 되는 언명을 지식 베이스에 축적하는 기능
인공지능의 추론은, 명제를 기호로 표현하고 이것에 삼단논법의 연역연산을 행하여 추론한다. 이 때문에 연역 기능의 정의와 명제의 표현, 기억의 용이한 언어가 요구된다.
- (3) 패턴매칭의 기능
기억하고 있는 data를 인식한다든가 제어를 결정한다든가 하기 위한 패턴매칭 기능은 대규모인 지식베이스를 이용하기 위한 불가결한 기능이다.
- (4) 재규적 처리의 기술 능력 등의 융통성이 있는 제어구조
재규적 처리는 재규적으로 자기자신을 호출하여 탐색을 반복하는 것이다. 이러한 제어구조가 용이하게 기술되고 효율적인 발견적 탐색을 하는 추론효율의 향상에 불가결하다.
- (5) 관련된 정보를 그룹화하여 하나로 검색할 수 있는 프레임과 같은 복잡한 지식 구조를 기술하는 기능
- (6) 특정의 문제해결에 있어서는 수속형과 선언형의 지식 구조를 혼재시켜 기술하는 능력이 필요하게 되는 수가 있다.

현재까지의 인공지능 언어는 대부분 LISP를 중심으로 거기에 목적마다 여러가지 기능을 추가하는 형으로 새로운 언어가 만들어져 있다. 이후

Prolog가 보급되면 Prolog의 개량형 언어가 많이 출현할 것이다.

3. 산업에서의 활용예

3.1 실린더 헤드 로딩 로봇

시각 센서를 사용하여 팻릿에 불규칙하게 놓인 주물소재의 위치를 감지하는, 로봇으로 위치를 보정, 핸들링하는 system이다. 그림 17은 cylinder head를 핸들링하는 robot system의 구성도이다.

3.1.1 system 구성

Cylinder head를 구성하고 있는 robot system의 구성 요소는 다음과 같다.

HR-8608 AP(6축 다관절 로봇)

시각 센서(BLOB-21b)

CCD camera(CS-3310BFL)

light conterller(HLS-4100R : spot light)

3.1.2 system 구성기술

(1) 화상처리기술

Gray search를 이용하여 기준 패턴을 등록하고, 기준 패턴과 비교, 조합하여 가장 유사한 패턴을 찾아 위크의 위치와 각도를 계산하여 위치 편차를 계산한다.

· 화상의 노이즈 제거

카메라를 통하여 입력을 받을 경우에는 충분한 조도가 없는 경우 화상 신호의 레벨이 낮아 noise 성분이 나타난다. 이때 noise는 random한 위치에서 랜덤한 세기로 발생하므로 동일한 화상을 n회 받아들여 평균화 하면 noise 성분의 세기를 n분의 1로 낮춘다.

(2) Gray Search 화상 처리

Gray search는 gray 화상 데이터 중에서 미리 등록해 놓은 search 패턴을 찾아 유사성을 계측하는 것이다. search 처리 방식은 gray 레벨에서 농도를 정규화한 패턴 매칭을 하고 있기 때문에 다음과 같은 점에서 영향을 적게 받고 2진화 화상에서는 인식할 수 없는 복잡한 구조를 가진 패턴을 찾을 수 있다.

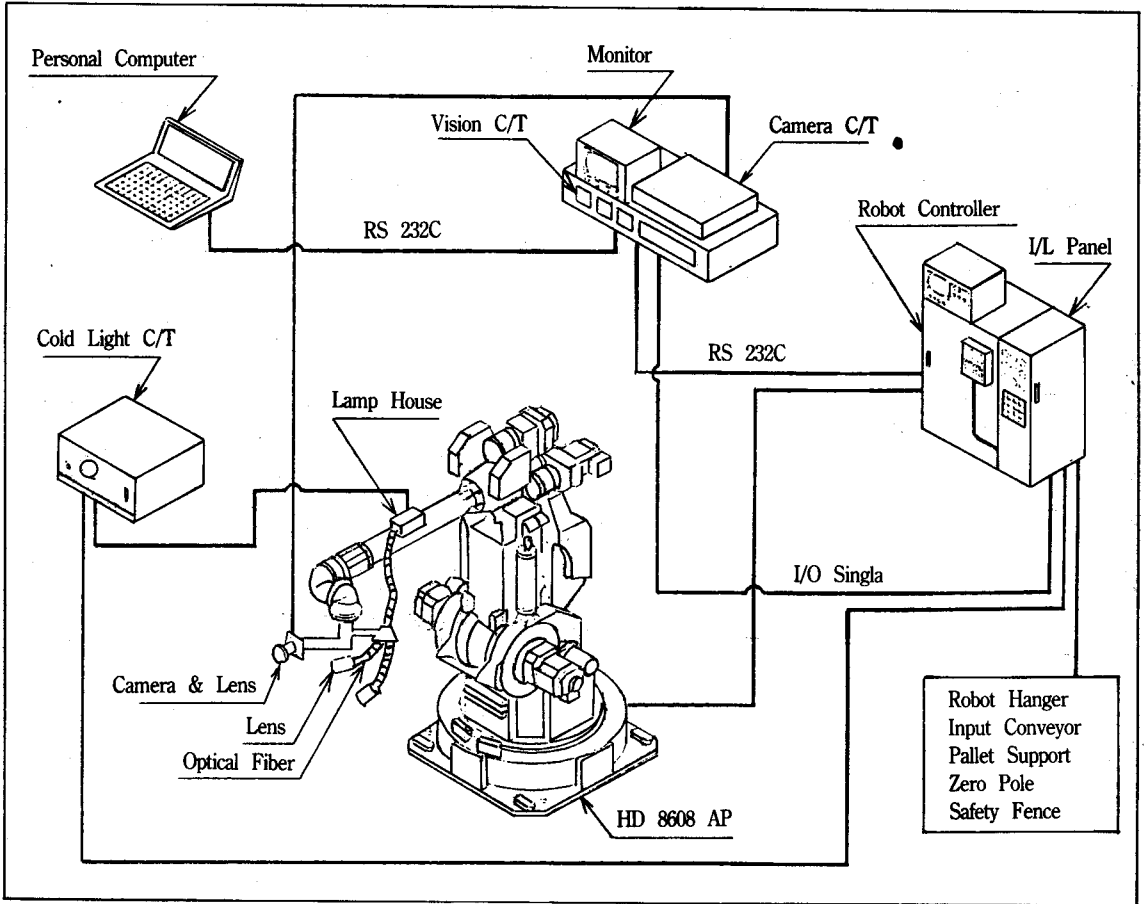


그림 17. Cylinder head를 handling하는 robot system구성도

- 외관광 및 조명장치의 열화 등에 따른 조도의 변화
- IVT 카메라의 포커스의 틀어짐
- search 하는 패턴의 변화

search에 필요한 시간은 search 패턴의 size, search 하는 area의 크기와 search 정도, search 방식에 따라 좌우된다. gray search 처리는 인간이 패턴을 search 하는 경우에 사용하는 것과 비슷한 방법을 사용하고 있으므로 search 패턴의 size, search area 범위의 크기 등에 별로 영향을 받지 않고 있다.

3.1.3 로봇 동작제어 소프트웨어

팔렛에 적재된 워크의 위치 편차량을 감지, 이를 보정하고, 워크를 핸들링하여, 가공 기계에 로딩

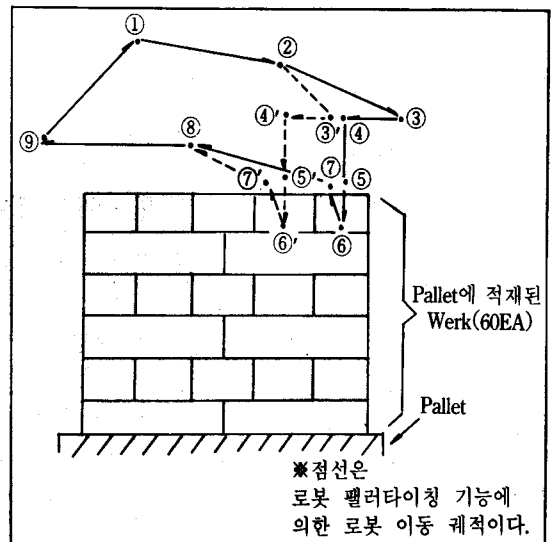


그림 18. 로봇 운동 궤적

하는 로봇의 운동 궤적은 그림 18과 같다.

로봇이 기능하여 1에서 9까지 작업궤적을 소개하면 먼저 1의 위치에서 로봇이 출발하여 2의 위치에서 펠러타이징 기능이 on으로 되면 로봇은

펠릿에 적재된 개개의 워크가 카메라의 시야에 들어오는 위치로 이동한다. 3의 위치에서 카메라에 화상신호가 입력되어 시각장치로 보내지고 시각장치에서 화상 처리하여 워크의 위치와 자세를

표 3. 비제조업 분야에서 개발·실용화된 로봇

직 종	용 도	
농 업	과실 수확, 잔디깎기 등	
광 업	장공(長孔)의 천공, 석탄 채굴 등	
건 설	A1 구체(철골용접, 철근가공, 철골건립, 철골배근, 철골 내화재피복, 콘크리트 매립, 콘크리트 바닥 다듬질, 콘크리트 조도 검사 등) A2 다듬질(천장작업, 스프레이·도장, 리폼 등) A3 검사(외관 박리검사, 클린 룸 검사, 설비 배관검사 등) A4 해체·보수(구조물 절단, 외벽 도막 박리 등)	
	B1 터널(암석 제거, 세그먼트 조립, 콘크리트 스프레이, 검사·계측, 리폼 등) B2 교량(교량, 도장 등) B3 조성(석재 적층 등) B4 항만·해양(사석 고르기 등)	
진 기	A1 보수·점검(격납용기 점검, 냉각 용해수관내 점검 등) A2 검사(탱크 벽면 검사, 소구역 배관내 검사, 증기발생기, 전열관 검사, 원자로 용기내 검사 등) A3 제염(벽 세정, 드럼관 세척 등) A4 연료교체(원자로 연료 교체 등) A5 제어봉 교환(CRD 교환 등) A6 도장(밀면도장 등) A7 해체(원자로 생체 차폐벽 해체 등) A8 재처리(원격보수 등)	
	B1 점검·검사(주중기관내 점검, 과·재열관 검사, 취수로·방수로 점검, 터빈날개 검사 등) B2 굴뚝시공(굴뚝통신의 용접 등)	
	C1 점검·검사(터빈날개 검사, 탬 점검, 펜 스톱 검사, 관로내 통선, 점검 등) C2 청소(레이턴스 청소, 저수지 유면의 청소 등)	
	D1 변전소(감시) D2 송전선(철탑점검, 글라스 세정, 활선 등)	
	통 신	해저 케이블 조사, 매설·점검
	가 스	검사, 가스 홀더내 검사, 탱크·배관내 검사 등)
	수 도	하수도관내 검사, 광 파이버 케이블 부설 등
	의 료	신체장애자 간호 등
조사·연구	수중점검·조사 등	
서 비 스	A 청소(바닥 청소, 덕트 청소, 창문닦기, 석유 탱크내 청소, 항공기 세정 등) B 교육 C 기타(자동 조리 기구 반송, 책상외자 배열 등)	

검출하여 그 위치 편차량을 로봇 제어기로 전송한다. 이 데이터를 기준으로 위치를 보정하여 로봇에 의하여 정확한 핸들링 작업을 위해 4의 위치로 이동한다. 여기서 로봇은 워크에 수직하강하여 6의 위치에서 워크를 크램프한 후 8의 위치를 거쳐 컨베이어로 이동하여 워크를 공급하고 다음 워크를 계속 반복적으로 찾아서 가공라인에 투입하도록 되어 있다.

4. 비제조업분야에서의 활용예

한편 비제조업분야에서 로봇의 연구, 개발, 실용화가 활발하게 진행되고 있으며 최근의 실용화된 예는 다음과 같다.

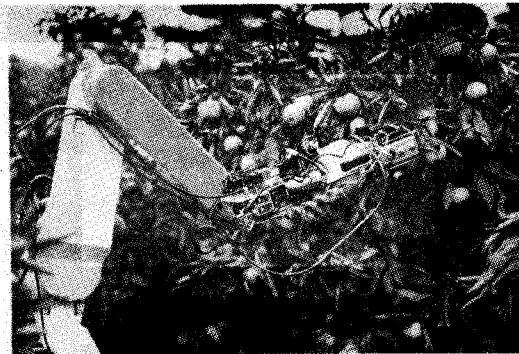


그림 19. 밀감 수확 로봇

표 3은 비제조업 분야에서 개발, 실용화된 지능 로봇의 예이다.

비제조업용 로봇은 아직 매우 적지만 요구가 매우 강해 급속히 신장될 것으로 보이며, 그림 19, 그림 20, 그림 21 그리고 그림 22는 실용화 되어 사용중인 지능 로봇이다.

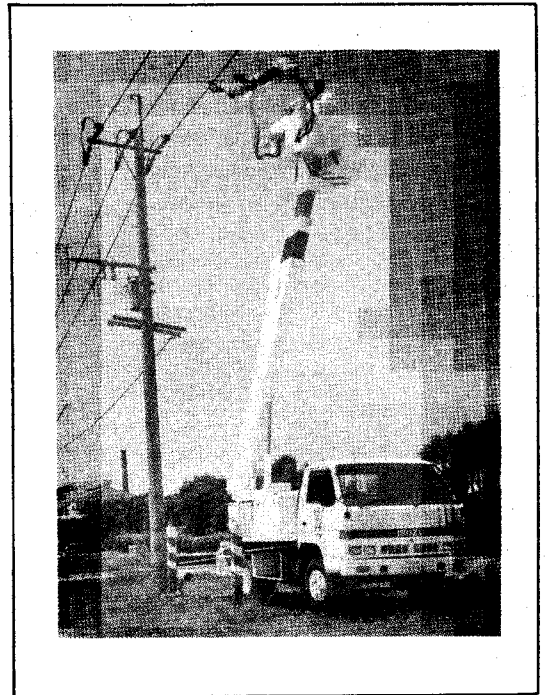


그림 21. 배관공사용 활선 작업 로봇

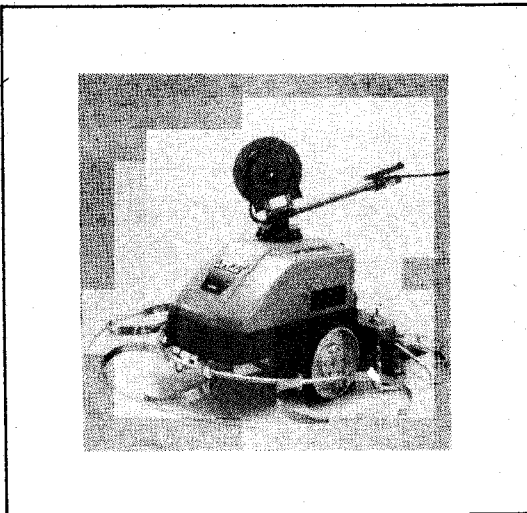


그림 20. 콘크리트 바닥 다듬질 로봇

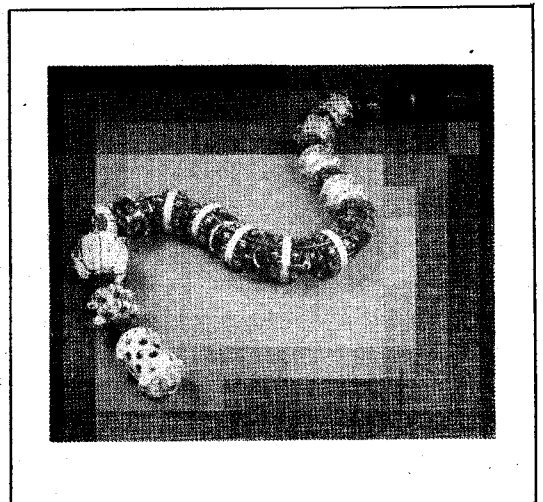


그림 22. 가스관내 검사 로봇

5. 결 론

지금까지 로봇은 대부분 자동차산업, 전자기기 산업 등을 비롯한 제조분야에서 사용되어 왔다. 그러나 지능화 로봇에 필요한 기술 즉 이동기술, 매뉴플레이션 기술, 센싱 기술, 에너지원을 포함한 몸체기술, 정보처리 기술 그리고 맨머신커뮤니케이션 기술 등의 발달을 통해 이제까지 자동화가 불가능하거나 매우 어렵다고 보여진 농업, 토목 건축업, 채탄업, 의류 산업 등에도 인간의 작업을 대신할 수 있는 기대를 갖게 해 주었으며, 따라서 앞으로는 로봇트가 단순히 인간의 작업을 대신 하는 것을 넘어 인간의 작업 영역에서 인간의 보조자로 등장할 날도 멀지 않으리라 본다.

참 고 문 헌

- [1] 자동화 기술 1991년 8월호, 1993년 5월호, 1993년 6월호
- [2] 자동화 기술 1992년 1월호(Japan)
- [3] 박민용, "로봇 공학", 대영사
- [4] Ernest L. Hall, Bettie C. Hall, "Robotics a user-introduction", University of Cincinnati.
- [5] John J. Craig, "Robotics", Stanford University
- [6] 戸貝方規, "지능 로봇 시스템", Mc Graw Hill
- [7] 福田敏男, "극한 작업용 지능로봇", Mc Graw Hill
- [8] 若松清司, "지능 로봇", 오름사
- [9] 若松清司, "지능 로봇 독본", 日刊工業新聞社
- [10] 정환목, "해설중심 인공지능", 통일 출판사