知能型 移動로봇의 開發現況과 그 課題

李宗元・洪大善・申東牧
<韓國科學技術院 CAD/CAM 研究室>

1. 머릿말

정해진 경로만을 따라가는 무인차의 형태에서 발전된 소형 컴퓨터를 싣고 자체적으로 경로를 찾아가는 지능형 이동 로봇에 관한 연구가 활발해지고 있다.

과거에는 이동 로봇이라 하면 공장에서 유도 레일을 따라 움직이는 무인차나 해저, 원자력 산업등 악조건에서 이용되는 원격조정형 로봇을 연상하게 했다. 그러나 앞으로는 지능을 갖춘 즉, 자체센서로부터 얻은 정보에서 스스로 판단을 하여 행동하는 지능형 이동 로봇이 실용화 될 것이다. 본 문에서는 주로 바퀴로 이동하는 이동 로봇에 대해 기술현황, 활용분야, 전망등을 논하려 한다.

2. 이동 로봇의 관련기술

이동 로봇의 개발시 고려사항으로는 다음과 같은 것들이 있다.

(1) 로봇과 주위물체들간의 상호보호
(2) 로봇의 위치, 방향 판단 방법
(3) 로봇의 경로 결정 방법
(4) 통신(로봇과 기계, 다른 로봇, 인간과의 통신)
(5) 목적지에서의 정확한 위치설정 및 인식 방법
(6) 구동부 제어와 운전방향 조정

2.1. 로봇과의 주위물체와의 상호보호

이동 로봇에는 충돌방지 기구가 필수적이다. 충돌을 방지하기 위해서는 센서에서 고정 또는 이동 장애물을 인식해야 한다. 가능한 센서 시스템으로는

(가) 초음파 거리 측정기
(나) 광센서, 레이저
(다) T.V. 카메라

등이 있다.

캘리포니아 공과대학의 JPL의 경우 T.V. 카메라와 LRF(Laser Range Finder)를 이용했으나 데이터 처리속도가 느려 실시간 수행에 문제가 있다[4~7].

2.2. 로봇의 위치 방향 판단

지능형 로봇이 목표물을 찾아가려면 현위치와 자신의 방향을 알아야 한다. 위치와 방향을 아는 방법으로는 다음과 같은 것들이 있다.

(가) 주행계

바퀴의 회전수를 세어서 이동거리, 방향을 측정한다. 따라서 미끄름이 있으면 오차가 누적되므로 절대좌표 판단용으로는 부적합하다.

(나) 관성장치

가속도계(accelerometer)나 자이로스코프(Gyroscope) 등은 고가이며 오차가 누적되는 특성이 있다. 따라서 국지적인 좌표계에 쓰일 수 있다.

(다) 표식이용

로봇의 활동지역에 표식을 설치하여 표식까지 거리, 각도 등을 인식하여 삼각법을 이용하여 현위치를 계산한다.

(라) 마크이용

중요한 위치에 페인트 등으로 표시를 하여 입력된 마크위치와 인식한 마크위치를 비교하여 현위치를 인식한다.

(마) 지도이용

사전에 로봇이 활동할 지역의 지도를 입력 기킨 후 이동시 인식된 물체와 지도상의 물체를 비교하여 좌표를 설정한다. 따라서 T.V. 카메라 등의 형상인식 장치가 필요하다.

상술한 장치들은 외부잡음에 영향을 받는 경우도 있고 오차가 누적되는 특성을 갖는 경우도 있으므로 두 세 개의 장치를 같이 이용해야 한다. 즉, 전체적인 좌표계를 잡는 장치와 국지적인 좌표계를 잡는 장치를 같이 이용해야 한다.

2.3. 로봇의 경로 결정 방법

(가) 고정 경로 방식

- 전용궤도
- 유도레일
- 유도케이블
- 반사테이프(광 반사 유도 방식)
- 레이저 유도

(나) 반 고정경로 방식

곳곳에 마크를 설치하여 마크 사이를 무경로 방식으로 이동한다. 또는, 고정경로상을 움직이다가 장애물에 막히면 우회해서 고정경로로 복귀하는 방법도 연구되고 있다.

(다) 무경로 방식

현재의 위치와 외부인식을 통해 경로를 결정해서 쫓아감.

이상의 경로결정 방법은 로봇의 용도에 따라 다르게 된다. 예를 들어 공장에서 작업장과 작업장, 창고 등 고정된 경로상을 움직이는 로봇은 (가), (나)가 적당하며 해저, 혹성탐사 등에 쓰일 로봇은 궁극적으로 (다)의 방법을 써야 할 것이다.

2.4. 통 신

(가) 로봇과 기계, 다른 로봇과의 통신방법

- UHF-VHF
- 마이크로 웨이브
- 광소자 이용
- 음향기기 이용

(나) 인간과 로봇사이 통신

- 기구를 이용한 원격조정
- 언어이용

2.5. 목적지에서 정확한 위치선정 및 인식방법

로봇이 작업장소에 도착해서 일을 수행하려면 정확한 위치선정이 필요하다. 따라서 마크를 이용하거나 근접센서를 이용한 폐회로 제어가 필요하다.

2.6. 구동부 제어 및 운전방향 적용

이동 로봇의 운동방정식은 간단하지만 대개변수가 부하에 따라 변하므로 로봇이 지속적으로 매개변수를 추정하는 것이 필요하다. 평면상에서의 운전방향 결정은 다음 두가지 방법이 많이 쓰인다.

(가) 두개의 바퀴를 각각 구동시켜 두 바퀴의 속도차로 직진, 회전등을 하는 방법

(나) 한개의 바퀴에 구동모우터와 방향제어용 모우터를 달아 직진회전을 하는 방법

결정된 경로를 쫓아가는 데 오차를 보정하기 위해 폐회로 제어가 필요하다. MELDOG[2]과 같은 경우 위치와 방향을 귀환제어하고 있다.

이외에 3차원 이동에 관한 연구도 활발하다. 동경대의 TO-ROVER[3]의 경우 계단을 오르내리는 기능은 갖추었으나 부하가 커지면 전원부가 커져서 싣고 다니는 데 문제가 있었다.

3. 이동 로봇의 응용분야

3.1. 응용분야

일반적으로 산업용 로봇은 주로 생산 현장에서 도장, 용접, 물건운반, 조립 등의 작업을 하는 반면에, 이동로봇은 그 적용대상분야가 넓게

퍼져 있다. 이를 각기 세분하면 다음과 같다.

(가) 산업현장

(ㄱ) 무인 운반차 : —무인화 공장에서 필수적으로 사용되는 로봇으로서 각 공정간의 작업물의 운반 및 자재창고와 현장간의 자재 및 제품 운반.

—자동 창고에서의 제품 및 자재의 운반, 하역, 적재작업

(ㄴ) 원자력 관계 : 사람이 다루기에 위험한 핵을 원료로 하는 공장 및 발전소에서, 주변장비의 검사 및 보수유지

(ㄷ) 위험작업 : 소방진화작업, 채탄작업, 빌딩의 외장공사 등의 위험한 장소에서의 작업

(ㄹ) 해저작업 : 해저탐사, 해양석유개발 설비에서의 보수, 점검, 수리작업

(ㅁ) 우주산업 : 혹성 및 행성에서의 무인 탐사 및 개발

(나) 상업용

(ㄱ) 사무실 : 실내에서의 서류운반 및 심부름 청소 등의 작업

(ㄴ) 병원 : 환자의 간호 및 의사의 보조용으로서의 역할

(다) 일반, 교육용

(ㄱ) 장애자용 : —맹인에게 길을 안내해 주거나, 맹인이 지시한 길을 찾아가는 역할을 하는 로봇

—갈다리가 불편한 사람들의 수족을 대신해주는 역할 등

(ㄴ) 가사용 : 주거내에서의 주부의 역할을 대신해 주거나(예를 들어 설것이, 청소, 빨래 등) 집안을 감시한다든지 혹은 심부름을 하는 역할

(ㄷ) 취미용 : 장난감 이동로봇, 교육용 이동로봇 등

(라) 군사목적용 기타 : 초소에서의 경비, 전투, 정찰 등의 역할

이상에 열거한 외에도 다른 목적으로 사용가능한 이동로봇도 있으리라 기대되며, 위에서 언급한 것 중에 그 예를 다음 그림에 나타낸다(그림 1~4).

이상과 같이 이동 로봇의 적용 대상분야는 다양하지만, 현재까지 개발되어 실제 사용되는것들은 많지않다. 거의 모든 분야에서 앞으로 새로운 이동로봇의 탄생을 기다린다고 하겠다. 다음에는 현재 개발되었거나 개발을 진행하고있는 이동 로봇을 소개한다.

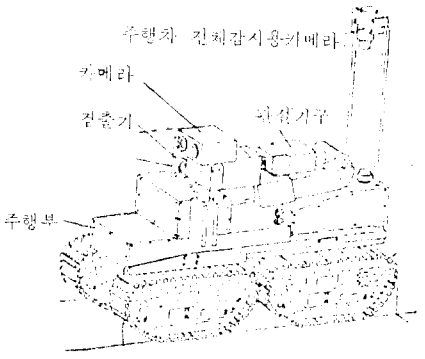


그림 1 무인 감시차

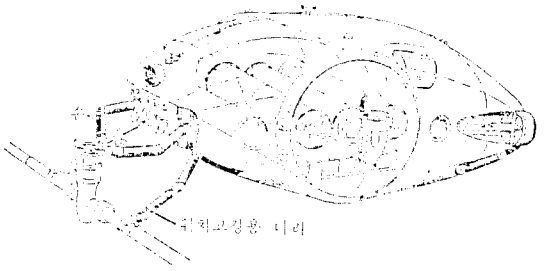


그림 2 해양석유개발 지원 로봇(M & E)

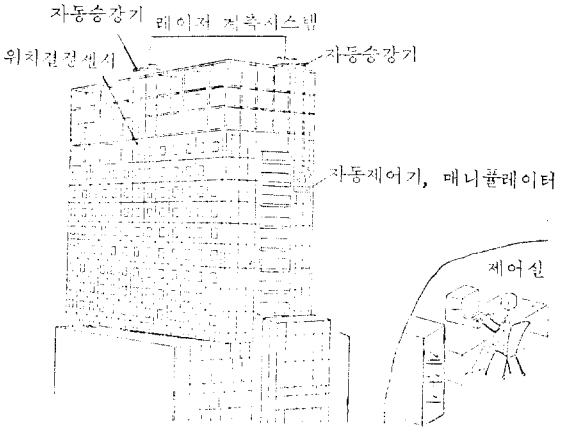


그림 3 빌딩외장 보수공사용 로봇 개념도(M & E)

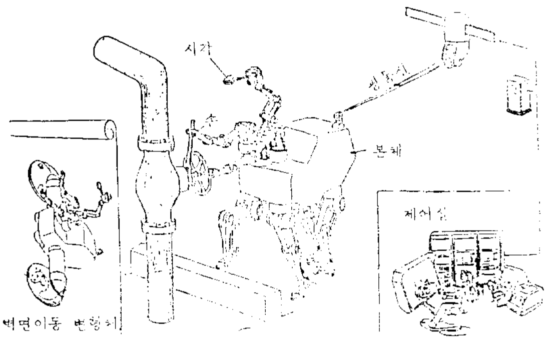


그림 4 원자력 관련 작업용 로봇 시스템(M & E)

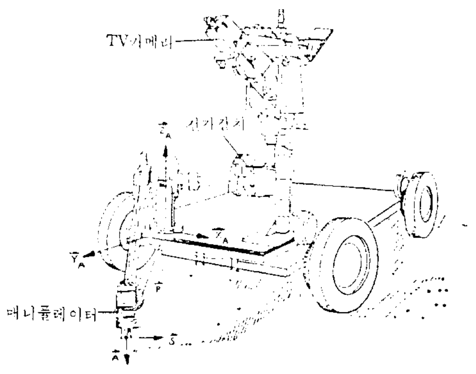


그림 5 JPL 로봇

3.2. 이동로봇의 개발 예

(가) JPL 로봇

캘리포니아 공과대학내의 JPL(Jet Propulsion Laboratory)에서, 1972년경에 시작하여 1977년경 대형의 이동형 지능로봇을 개발하였는데, 이는 원래 혹성에 보내어 무인 우주탐사를 할 목적으로 개발되었고 그 기구학적 모델은 그림 5와 같다.

여기에 관계되는 개발분야를 보면 로봇의 영상 시스템, 소프트웨어 프로그램, 하드웨어 설계 및 전체 시스템의 구조설계, 매니퓰레이터 및 이동체의 구동계 제어, 주변환경의 인식 및 이를 이용한 로봇 주행경로의 설정등이 중요한 과제가 된다. JPL 로봇은 3대의 컴퓨터를 가지며, 각 컴퓨터에 분담된 과제를 순서있게 체계적으로 수행하고 있다.

이 로봇의 기능을 보면, 주어진 환경내에 존재하는 여러장애물들 (바위, 벽, 기타)을 인식하여, 컴퓨터에 의해 이 장애물을 피해나가기 위한 계산과정을 수행한 후 로봇이 가야할 경로를 찾은 다음에, 그 경로로 로봇이 좇아 가게끔 구동장치를 제어한다. 이와 같이 각종 센서에서 신호를 받아 전혀 모르는 환경하에서, 부과된 과제를 수행하는 것이다.

JPL 로봇을 구성하는 중요부분은 2대의 T.V. 카메라, LRF(Laser Range Finder), 로봇 암, 그리고 이들을 지휘 통제하고 제어하는 3대의 컴퓨와 차체(즉 로봇 본체) 구동장치로 되어 있다.

(나) 이동로봇 TO-ROVER

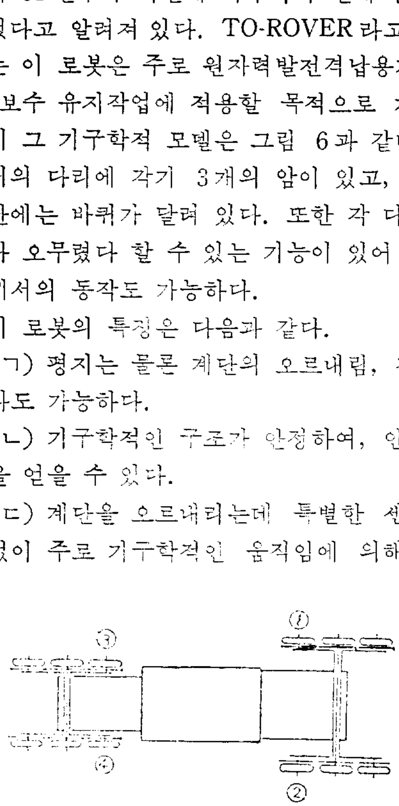
보통의 차륜구동방식의 이동 로봇은 평지에서의 통작은 우수하지만, 평지가 아닌 장소나 계단상을 여직이기에는 부적합하다. 이를 극복하여 새로운 형태의 이동 로봇이, 일본 동경대학에서 81년부터 개발에 착수하여 현재 실험에 성공했다고 알려져 있다. TO-ROVER라고 불리어지는 이 로봇은 주로 원자력발전격납용기내에서의 보수 유지작업에 적용할 목적으로 개발되었는데 그 기구학적 모델은 그림 6과 같다. 이는 앞뒤의 다리에 각기 3개의 암이 있고, 각 암의 종단에는 바퀴가 달려 있다. 또한 각 다리는 펼쳤다 오무렸다 할 수 있는 기능이 있어 좁은 공간에서의 동작도 가능하다.

이 로봇의 특징은 다음과 같다.

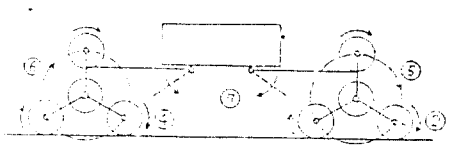
(ㄱ) 평지는 물론 계단의 오르내림, 장애물의 통과도 가능하다.

(ㄴ) 기구학적인 구조가 안정하여, 안정된 동작을 얻을 수 있다.

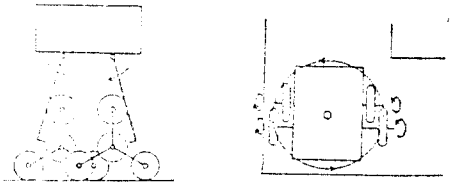
(ㄷ) 계단을 오르내리는데 특별한 센서가 필요없이 주로 기구학적인 움직임에 의해 동작을



(a) 위에서 본 모양



(b) 옆에서 본 기구학적 모델



(c) 좁은지역에서 다리를 접어 도는 메카니즘

그림 6 TO-ROVRE의 메카니즘

함으로써, 관련 소프트웨어가 보다 간단해진다는 장점이 있다.

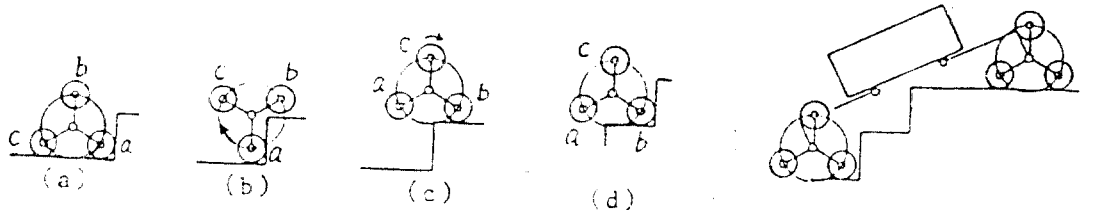
그림 7은 이 로봇이 계단을 오르내리는 모양과 그때의 제어 순서도를 나타낸다.

(다) 맹인용 로봇 MELDOG

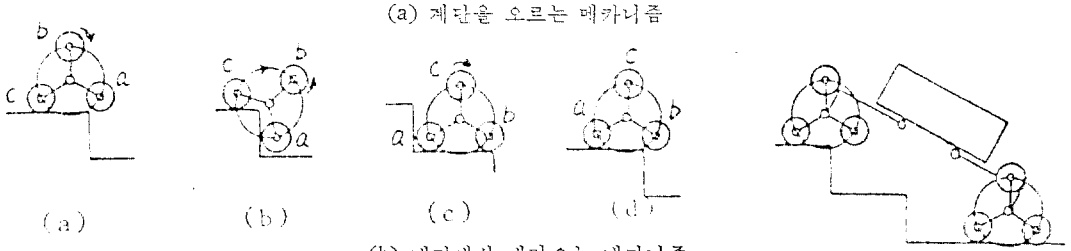
맹인의 도로보행을 보조하기 위해 일본의 기계기술연구소에서 1978년도부터 개발을 시작하여 현재까지 모델—1, 2, 3까지 개발했다(그림 8).

이 로봇의 기능은 맹인의 지령에 따라 맹인을 유도하면서, 보행상의 장애물이 있을 때에는 이를 맹인에게 전기 자극 신호를 주어, 안전하게 맹인을 보조하는 기능을 한다.

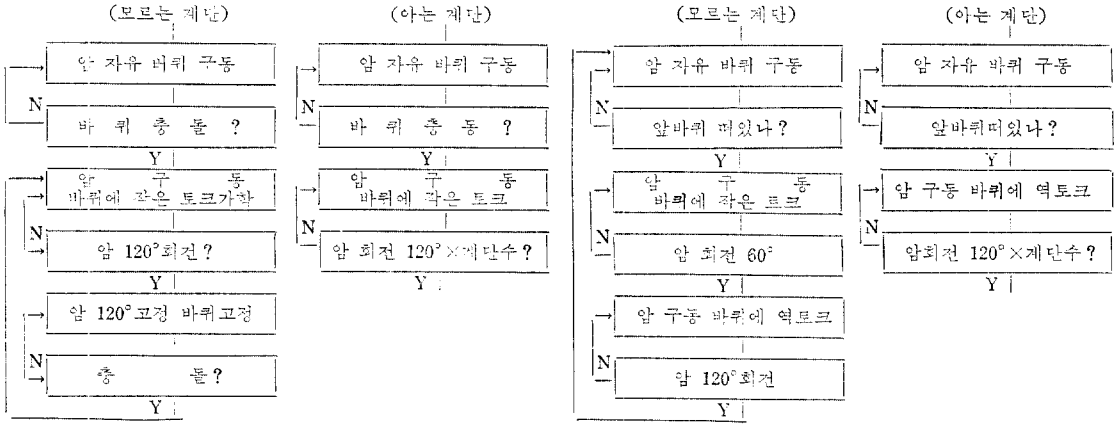
이 기능을 발휘하기 위한 기술적인 과제를 보



(a) 계단을 오르는 메카니즘



(b) 계단에서 내려오는 메카니즘



(c) 계단을 올라가는 제어순서도 (d) 계단을 내려갈 때의 제어순서도

그림 7 계단을 오르내리는 메카니즘 및 순서도

면 다음과 같다.

(ㄱ) 로봇이 움직이면서, 그때의 자신의 위치 및 방향을 알아야 한다.

(ㄴ) 맹인과 로봇간에 통신 기능을 부여해야 한다.

(ㄷ) 주변 환경에 밀려 있는 장애물이나 위험한 상황을 감지해야 한다.

로봇을 안내하는 기준으로 흰색의 접착제로된 표점(Landmark)을 도로의 곳곳에 부착하였다.

맹인은 로봇과 연결된 통신선을 통해 스위치 조작에 의해 서로 통신하고 로봇은 표점이 검출되면 그 자리에 서서 주인(맹인)의 다음 명령(오른쪽, 왼쪽 또는 정지 등)을 기다리고 다음 명령에 따라 동작한다. 로봇은 기본적으로 각 표점간을 주행하고, 다음에 표점에 도달하면 표점과 자신의 상대위치를 검출한 후 자세교정을 하여, 누적오차가 없도록 되어 있다.

로봇은 주인의 전방에서 동작하며 속도는 주인의 속도와 일치하여 주행한다. 만일 주인이 허용구역 이외로 벗어나면 전기자극에 의해 주인에게 경고신호를 보내어, 항상 안전영역에서 맹인이 움직이도록 한다.

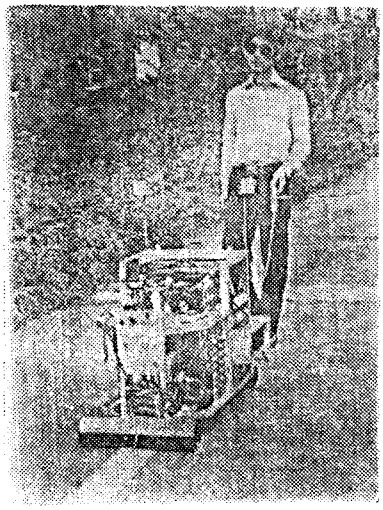


그림 8 MELDOG-Ⅱ 실험

4. 장래전망

기술적인 면으로 보면 이등로봇을 포함한 전로봇은 인공지능을 갖는 방향으로 나아가고 있다. 그 경향을 보면

(1) 손 기구의 다기능화

(2) 병렬처리에 의한 복합제어

(3) 무인화 공장에의 적용

(4) 보행기구의 개발 등을 들 수 있다.

손(hand)을 보면 현재 1자유도만의 집게손(gripper)이나 진공흡착기구의 것이 대부분이지만, 다관절의 손가락이 있는 손 및 여러 기능을 갖는 손의 개발이 기대된다.

제어장치의 경우, 앞으로는 컴퓨터의 소형화 및 고속화, 센서의 다기능화, 정밀화가 기대되기 때문에 성능/비용의 비가 높은 제어기의 출현이 기대된다. 로봇의 자율성을 높이기 위해 지금까지의 정적인 제어에서 벗어나, 시각, 청각 또는 피부감각에서 귀환되는 정보에 의해, 시스템의 동특성에 따라 제어를 행하면서, 제어기의 기능을 분산화시키고 또 이 각 부분을 재결합하는 방식을 생각할 수 있다. 이와 같이 각 감각에서 오는 정보들을 병렬처리 방식에 의해 로봇의 지능을 크게 향상시킬 수 있게 될 것이다.

무인화공장에서의 이동지능 로봇의 출현은 필수불가결한 것으로, 점차 공장에서의 생산방식이 다종품 소량생산으로 옮겨짐에 따라 이 생산체제에 부합되어 생산성 향상을 도모하는 로봇시스템이 등장할 것이다.

한편 보행기능을 살펴보면 사용하는 곳에 따라 다음의 범주에 속한다.

(1) 행성 및 혹성탐사에서의 이동기능

(2) 군사용으로서의 이동기능

(3) 다리장애자를 위한 의족의 개량

(4) 산업용 로봇의 주행기능

이중 (1),(2)의 경우는 특히 산악지역과 같은 불평지에서의 적응성이 문제가 된다. 예를 들면 달표면에서 차륜형에 의한 이동기구만으로는 적용이 불가능하여 그 대신 8개 혹은 6개의 다리를 갖는 이동 보행기구가 개발되었다. 그러나 아직 개념적인 범주에서 크게 벗어나지 못하고 있고, 앞으로는 보다 고속화되고 성능이 좋은

이동보행기구로의 발전이 있을 것으로 본다.

산업용 로봇은 본래 이동기능을 갖추질 않았으나, 여기에 이동 기능이 추가되면 공간활용도가 커지게 되고, 범용성도 크게 된다. 이 경우 차륜형태보다는 관절형태의 이동기능, 즉 인간과 비슷한 기능을 갖는 산업용 로봇이 나오게 될 것이다.

앞으로 인공지능의 발전 및 이동기구의 발전에 힘입어 지능을 갖는 이동로봇, 즉 지능이동로봇의 응용분야는 앞에서 소개한 각 분야에서 구체적으로 실현이 될 것으로 보인다. 특히 해저탐사 및 우주개발용으로서의 이동지능로봇의 연구개발은 미국 및 일본등지에서 의욕적으로 행해지고 있다. SF 소설이나 공상과학만화에서 출현하는, 인간과 거의 같은 지능과 로봇 고유의 강한 힘을 갖는 로봇이 실제로 등장하지는 않더라도, 분명 장래의 이동지능로봇은 사회각 분야에서 많은 역할을 해낼 것임에 틀림없을 것이다.

5. 결 론

지금까지 이동로봇의 개념 및 이동지능로봇의 개념, 현재의 현황, 여기에 요구되는 제반기술, 적용분야, 또한 현재 미국 및 일본에서 개발된 이동로봇의 예 그리고 앞으로의 전망에 대해 기술하였다.

현재 지능을 갖는 이동로봇의 연구자들이 목표했던 것을 개발한 후, 이를 장기간 동안 실제로 사용되었던 것은 거의 없다고해도 과언은 아니다. 이의 가장 큰 이유는 여기에 요구되는 기술분야가 제어공학, 기계공학, 인공지능, 전산, 전자공학 등 여러 전문지식을 포함하기 때문에, 전체적인 시스템을 목표에 맞춰 도달하기까지에는 각 전문가간의 유기적인 협력 및 보충이 이루어져야 하는데, 이것이 그만큼 힘들기 때문이다. 아직도 각 전문분야에서 풀어나갈 과제도 많거니와, 좋은 작품을 위해서는 각 분야간의 협력이 필수불가결하다고 보며, 앞으로의 지능이동로봇은 산업계 및 우주·해양산업에서도 큰 역할이 기대되며 또한 병원 및 사회복지분야, 서어비스산업에도 이바지할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

(1) M.H.E. Larcombe, "Mobile for Industrial use", The Industrial Robot, June, 1979

(2) Susumu Tachi 외 4인, "Guided Dog Robot-Feasibility Experiments with MELDOG-MARK Ⅲ", 11th ISIR

(3) Masaharu Takano, Gotaro Odawara, "Development of New Type of Mobile Robot TO-ROVER", 13th ISIR

(4) Boris Dobrotin, Richard Lewis, "A Practical Manipulator System", Robotics-1

(5) Alan M. Thompson, "The Navigation System of the JPL Robot", Robotics-2

(6) J.A. Miller, "Autonomous Guidance and Control of a Roving Robot", Robotics-2

(7) R.A. Lewis, A.R. Johnson, "A Scanning Laser Rangefinder for a Robotic Vehicle", Robitics-3

(8) 津村俊弘, "車を利用した移動ロボットの現状と展望," ロボット, No,44, 1984

(9) 白岩孝則, 岡野秀晴, "半月形ワローラを持つ移動ロボト," ロボット No,44, 1984

(10) 田中 幹, "小形搬送無人車," 機械設計, 第27卷 第3號, 1983