

공장자동화를 위한 지능 로봇 시스템

성학경, 김진오, 김성권

삼성전자 주식회사 자동화연구소

1. 서 론

인간이 시키는 일을 스스로 알아서 판단하여 해 낼 수 있는 자동기계를 만드는 것은 역사 이래 인류의 커다란 꿈이었다. 금세기초 Karel Capek(1890-1938)의 희곡 Rossum's Universal Robots에서 로봇이라는 단어가 처음 등장한 이래 우리가 기대해온 만능자동기계의 대명사처럼 쓰여 왔다. 현재는 세계도처에서 만능자동기계를 실현하려는 연구가 진행되고 있으며 나아가서는 연구결과가 산업계에까지 적용되는 시점에 까지 이르게 되었다. 이미 학계에서는 악보를 보고 피아노를 치는 로봇이나 스스로 꽃꽂이를 하는 로봇에 대한 연구가 발표되어 세간의 화제가 되기도 하였다.

우리들은 어릴 때부터 이미 만화나 TV 등을 통해서 인간과 동일한 또는 더 뛰어난 판단력과 힘을 가진 로봇을 보아 오면서 우리의 미래를 상상하곤 하였다. 그러나 현재 사용되고 있는 로봇은 아직 TV에 나오는 로봇과는 커다란 차이가 있다. 우리가 TV에 나오는 로봇에 관심을 갖는 것은 비단 인간보다 뛰어난 힘만이 아니라 인간과 같은 생각을 하고 판단을 할 수 있다는 데 있을 것이다. 오늘날의 인간사회는 이러한 인간의 사고에 의해 발달을 거듭하여 지금의 사회를 이룩하였으며 인간을 다른 동물과 구별되게하는 중요한 요소이기도하다.

인간은 첫째 언어를 사용하여 표현을 하며, 서로간의 대화와 토론을 통해 지식을 축적하고, 논리적 사고도 할 수 있다. 또한 창조성이나 윤리, 도덕과 같은 관념적 사고도 할 수 있다. 둘째로 손을 사용하여 인간은 온갖 도구를 만들어 인간의 욕구를 충족시켜왔다. 손을 사용하여 도구를 만드는 것은 인간이 지능을 가졌다는 것을 나타내며 역으로 손을 사용함으로써 인간의 지능이 발달하는 계기가 되기도 하였

다. 그러나, 많은 연구가의 관심을 불러 모았던 인공지능(AI)에서는 전자만이 지능에 대한 연구의 대상이었다. AI에서는 기계도 인간과 동일한 판단과 사고를 할 수 있을 것으로 믿고 연구가 활발히 진행되었으나 아직까지 그런 기계가 출현하지는 않았다. 하지만 기계의 지능을 올바르게 연구하기 위해서는 논리적인 사고나 창조성보다는 주어진 목적을 수행하는 데 필요한 기능을 기계를 통해 기능화하여 목적을 달성한다는 면으로 시각이 맞추어져야한다. 즉 인공지능이 다루어온 측면 이외의 부분에 초점을 이동할 때 비로서 기계의 지능에 대해 바로 판단할 수 있으며, 구체적으로 구현할 수 있는 방법을 찾아볼 수 있는 것이다. 상가에서 기술한 인공지능이 다루어온 부분 이외의 지능을 여기서는 「기계적 지능」이라고 정의하고 기계적지능에 초점을 두어 지능화 로봇에 대하여 기술하기로한다.

그러면 지능화기계 또는 지능화 로봇은 어떻게 정의할 수 있는가? 다음과 같이 정의하여보자. 주어진 환경속에서 작업 목표와 사양이 주어질 경우, 여러 가지의 작업환경의 변동과 주변의 변화에도 불구하고 유연히 대응하면서 사양을 만족하는 성능을 발휘하며 자율적으로 작업목적을 달성할 수 있는 기계로 정의한다. 여기서 자율적이란 것은 인간이 개입하지 않고 기계가 단독으로 대응할 수 있는 능력을 말한다. 그러나 자율적이란 단어에서 어디까지를 자율로 보아야 할 것인가는 관점에 따라서 그 범위가 다를 수 있다. 여기서는 자율의 범위를 다음과 같이 정의하기로한다. 지능화 기계가 작업대상과 환경 및 이들과의 상호작용에 의하여 얻어진 자료로 자신의 Database를 구축하고 이를 토대로 주어진 작업을 스스로 수행한다는 의미로서의 자율로 정의하기로한다. 이는 인간과 같이 모든 경우에 대해 자율적으로 판단한다는 의미와는 다른 것으로서 이런 제한된 자율을 가능

케하는 수단이 앞서 정의한 기계적 지능에 속한다. 이때 수집되어진 Data 및 Data를 구조화한 Database를 기계의 지식이라 정의한다.

기계는 이미 오래전부터 인간의 힘을 덜어주고 행동반경을 넓혀주는 등 인간의 생활과 밀접한 관계를 맺어왔다. 로봇이 만들어진 초기에는 그 형상이 지금 TV나 만화에서 보는 로봇과 같지는 않았지만 역시 인간의 힘과 역할을 일부 대신하였다. 1980년에 들어 전자공학과 컴퓨터등의 비약적인 발전으로 인하여 논리적인 연산을 비롯한 복잡한 계산을 할 수 있는 프로그램이 개발됨에 따라 이제는 물리적인 힘만이 아니고 인간의 사고와 판단도 일부 대신할 수 있는 로봇의 출현을 기대하게 되었다. 이렇게 로봇은 초기에는 인간과 로봇이 역할을 분담해서 양자간의 Interface를 통한 작업이 이루어졌으나 점점 로봇이 자신이 판단하여 일을 처리하는 요구가 늘어가고 있다.

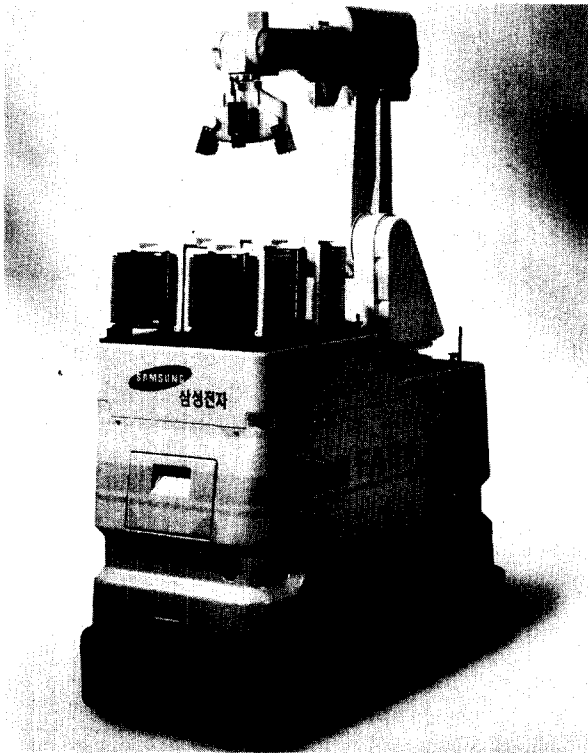


그림 1. Intelligent Clean Mobile Robot.

이제 위에서 기술한 의미의 기계적 지능을 가진 로봇, 즉 주어진 작업을 비전이나 센서등을 통하여 얻어진 Database를 통하여 스스로의 판단에 의하여 달성하는 지능 로봇에 대하여 소개하기로 한다. 소개하고자하는 로봇은 그림 1과 같은 자율주행의 무인차와 6축다관절 Manipulator로 이루어진 ICMR(Intelligent Clean Mobile Robot)로 반도체제조공정간의 Wafer Magazine의 자동반송을 위해 개발되었다.

반도체산업의 급속한 발전과 막대한 투자가 반도체산업공

정에서 단순조립 로봇뿐만아니라 자율판단능력을 가진 고가의 고성능 로봇을 사용하는 계기가 되었다. 이미 선진각국에서는 공장전체를 하나의 자동화 시스템으로 묶어서 관리하는 공장자동화 프로그램이 개발 적용중이지만 이를 실현하기위하여는 각 서브 시스템이 제 기능을 발휘하도록 보다 지능화되고 고성능화된 서브시스템을 필요로하게 되었다. 특히 물류반송자동화 시스템에서는 이제까지의 고정형의 자동화시스템에서 이동형으로 확장되면서 이에 따른 고도의 부가기능을 실현하도록 요구되어 왔다. 주변환경내의 자기 위치를 인식하는 기능과 이동시의 안전성을 고려해야하는 등의 각종 부가기능을 요구하게 되었다. 따라서 이러한 고기능의 목표를 달성하기위하여 시각, 평형감각, 방향감각을 가진 센서개발 및 이동경로를 관리하는 기술등이 필요하게 되었다.

이동형 자동화시스템의 완전한 자율화를 이룩하는 데에는 어떤 기술개발이 필요한 것일까? 실제 이동 자율화 로봇을 실용화하기위해서는 이동 로봇 자신 뿐만 아니라 주변환경의 모델화 및 주변환경을 컴퓨터가 인식할 수 있도록 하는 Mapping 기술, Camera등에 의한 화상처리기술, 자기위치 인식, 환경과의 상호인식, 주행계획, 안전에 대한 배려등의 많은 과제가 관련되어진다. 이 기술들은 지능화기계가 가져야하는 기계지능 및 지식을 사용하여 시스템을 구현하는 기술로서 앞에서 정의한 기계적 지능의 관점에서부터 볼 때 소개하고자하는 ICMR은 지능 로봇의 각 요소를 골고루 갖춘 대표적인 지능화 기계라고 할 수 있다.

특히 이동 로봇의 기계적 지능과 안전성과의 연관성을 고려하지 않을 수 없다. 최근에는 새로운 연구분야로서 Reliable Control이 대두되고 있는데 이 연구는 학교나 연구기관에서 개발한 것을 산업계에서 신뢰성을 확립한다는 기존의 개념을 바꾸어 놓을 전망이다. 산업현장에 투입되는 모든 기계가 가져야할 중요한 요소가 신뢰성이므로 학계에서부터 신뢰성확보를 체계화하는 것은 획기적인 일이 될 것이다. 예를 들어서 센서가 하나 고장이 났을 경우에는 어떻게 시스템을 제어할 것인가에 대한 기술이 좋은 예이다. 이미 Integrity란 개념으로 학계에서 연구되어 왔지만 이제는 Reliability 전반에 걸쳐서 연구가 진행되어 산업계로 확대될 전망이다.

지능화 로봇의 가져야할 기계의 지식에는 어떤 것이 있을까? 지능화기계가 가져야할 지식에는 인간사회와 마찬가지로 자신에 대한 정보뿐 아니라 주변환경 Data 및 주변환경과의 상호작용과 이들의 변화에 대한 대처 방법등 환경에 대한 적용에 관련된 Data가 중요한 지식으로 대두된다. 예로서 이동 로봇의 이동에 필요한 환경의 구성 및 배치에 대한 정보 및 복수대가 이동시에 발생할 상황을 판단할 정보가 필요하다. 예를 들어 공장내에 복수대의 물류자동 반송용 이동 로봇제어에서는 실제 다음의 문제를 고려하여야 한다.

여러대의 이동로봇이 작업을 할 경우에 이동중 다른 이동로봇을 만나면 작업의 중요도와 긴급도등을 고려하여 누가 길을 양보하여야할 것인가를 판단할 기준이 필요하다. 이런 기준이 Database로서 구축되어 지능 로봇의 지식으로서 활용된다.

이상의 이동 지능 로봇이 하는 작업은 인간으로서는 지극히 간단한 수준의 일이지만 이동 로봇에 실현하는 것은 작업내용을 수식이나 언어를 사용하여 표현하고 로봇이 인식하도록 Database화하는 것이 필요할 뿐만아니라 주어진 명령과 Database를 토대로 행동에 옮기는 계획과 실행이 뒤따라야한다. 또 주어진 작업을 실현하기위한 소프트웨어 및 하드웨어의 요소기술의 개발과 이를 통합하는 Integration 기술에 의해 자율화된 지능 로봇을 개발할 수 있는 것이다.

선진각국에서는 여러분야에서 지능화 로봇이 연구되고있다. 이동 로봇분야에서는 청소용 로봇, 경비용 로봇, 안내용 로봇등을 개발하여 실용화 및 기업의 이미지 홍보를 위하여 사용하고 있으며 보다 지능화된 로봇을 구현하기위해 Mapping 기술과 같은 요소기술에도 많은 연구가 이루어지고있다. 더우기 작업조건이 어렵거나 특수한 환경, 예로서 고층빌딩, 건설현장 및 고온, 다습, 유독유해한 환경에서도 인간을 대신하여 작업을 수행할 수 있는 지능화 로봇의 연구도 활발히 진행되고 있다.

여기서는 이상에서 서술된 관점에서 ICMR에 대하여 설명한다.

2. Intelligent Clean Mobile Robot (ICMR)

ICMR은 반도체제조공정간의 물류 Item인 Wafer Magazine을 제조설비간에 자동반송하는 이동 로봇이다.

최근 반도체 산업은 막대한 자본과 기술투자에 의해 급성장해왔다. 또한 이제까지 외산에 의존해온 제조설비 및 관련설비도 국산화정책에 의해 설비의 상당수를 개발하고 일부는 이미 적용중에 있다. 그러나 작업환경은 아직도 초기와 크게 달라진것이 없는 실정이다. 청정복을 입고 마스크와 모자를 쓴 상태로 하루 8시간씩 근무를 해야하는 조건으로 일반공장에 비하여서는 매우 제한되고 힘든 환경이다. 또 반도체 제조공정은 수십, 수백회의 공정을 반복하여 장기간에 걸쳐 제품이 완성되는 공정으로 각 공정간의 정확한 시기에의 이동이 중요한 요소이다. 이러한 공정을 개선, 자동화하기 위하여 개발된 것이 ICMR 이다.

선진각국에서는 여러종류의 ICMR이 개발되어 적용중이지만 국내에서는 아직 이렇다할 제품이 출시되어있지 않다. 일본의 M사에서는 비전을 사용하여 이동 로봇의 주행경로 제어 및 주행계획까지 중앙에서 제어하는 방식을 택하여 신뢰성과 주행의 자유도를 최대한으로 이용하고 있으며 일본내의 반도체 공장에 공급하고 있다. S, D사에서도 각기

Guide에 의한 주행방식을 사용하여 시스템을 구성하였다.

현재 개발된 ICMR은 다음의 특징을 가지고있다.

(1) 무인차와 Manipulator의 기술의 접목 - 그림 1에서 보듯이 무인차위에 Manipulator가 올려져있는 로봇으로 상반된 동작특성을 동시에 만족시켜야한다. 즉 Manipulator는 작업시 밑부분이 고정되어있어야하는 반면 무인차는 지면과의 완충을 통해 바퀴의 접지가 이루어져서 주행이 가능토록하여야하기 때문이다.

(2) 상위 제어기에 의한 Slave방식으로 상위제어기의 명령에 따라 이적재작업을 수행하는 방식이다.

(3) 전방향주행방식 - 본체의 회전없이 전후좌우이동이 가능한 구조로 좁은 작업환경에도 적용이 가능하다.

(4) 초음파 센서를 사용한 Wall - Following 무궤도 주행방식으로 시스템의 설치를 위해 가동중인 공정을 중단하지않고도 적용이 가능하다.

(5) 무궤도주행에 의한 이동 로봇의 정지정밀도를 보정하기 위해 비전을 사용한 작업위치 보정기능을 가진다.

(6) 고속자동충전에 의한 24시간 연속가동 - 직류 24V Battery 전원을 사용하며 전압감하감지회로로 Battery의 소모량을 측정하여 필요시 고속충전을 실시함으로써 24시간 연속가동이 가능하다.

(7) Clean 대응 설계

반도체 제조공정의 Clean Class 1의 작업조건을 만족하도록 설계되었다.

ICMR의 시스템구성은 그림 2와 같다. 지능화를 추구하는 로봇의 주요 특징을 살펴보면 인간과 흡사한 기능을 구현하고 있다. ICMR은 주어진 기능을 실현하기 위하여 인간의 뇌, 발, 손과 팔, 입, 눈등의 기능을 대신할 수 있는 장치를 갖추고 있다. ICMR은 외부와의 의사소통을 담당하는 Device Controller(DC)와 이동 로봇으로 구성되어있는데 이동 로봇은 그외의 모든부분 (인간의 뇌, 발, 손과 팔, 입

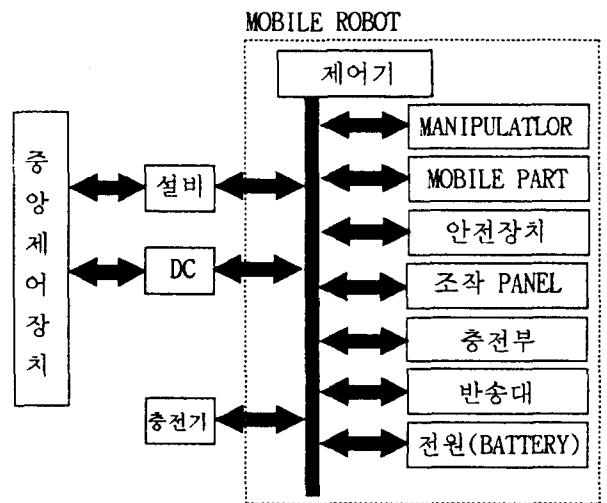


그림 2. 시스템 구성.

그리고 눈)의 역할을 담당한다. 이해를 돕기위해 비교해보면 다음과 같다.

(1) 뇌: 머리부분은 둘로 나뉘어 있다. 우선 이동 로봇의 행동을 결정하는 부분인 DC는 본체와는 분리되어 있으며 인간의 대화 및 의사소통능력을 구현하고 있다. 주어진 행동을 판단, 수행, 조치하는 부분인 이동 로봇은 Multi-Tasking방식을 통하여 인간의 사고구조를 구현하고 있다. 또한 상호간은 무선통신에 의해 정보를 교환한다. 이를 통해서 외부의 상황을 Database화하여 주변상황의 변동에 대처 및 목적달성에 주요한 역할을 수행한다.

(2) 발: 구동 모터와 조향모터를 사용하여 평면상에서 어느 방향으로도 이동이 가능하다.

(3) 손과 팔: 6축 다관절 Manipulator와 Gripper를 사용하여 인간의 손과 같은 역할을 한다.

(4) 눈: 비전을 이용하여 작업할 위치를 보정하며 초음파 센서로 거리를 측정한다.

(5) 입: Battery의 자동고속충전에 의한 24시간 연속가동이 가능하다.

(6) 의사소통 수단: 광통신 및 무선 통신에 의해 외부와 의사를 소통할 수 있다.

(7) 옷: 먼지에 의한 외부환경의 오염을 방지하기위한 밀폐장치가 되어있다.

이상과 같이 인간의 기능을 기계가 대신하도록 각 부분이 구성되어 있으며 이 외에도 기계적 지능을 소프트웨어로 구현하여 지능화 로봇의 역할을 한다.

전체적인 작업환경은 그림 3과 같다. 중앙제어기가 설비 및 DC를 일괄제어하며 DC가 중앙제어기로부터 수신한 명령을 가공, 이동 로봇으로 재 송신하여 할당된 설비로의 반송작업을 수행하게된다.

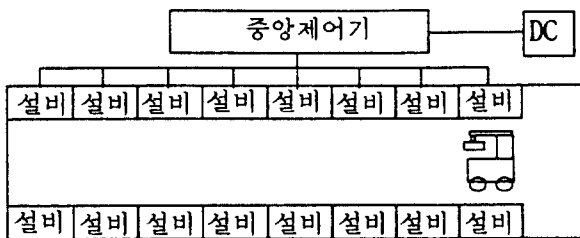


그림 3. 제어구조.

각 항목을 구체적으로 살펴보기로 한다.

2.1 DC (DEVICE CONTROLLER)

DC는 Windows NT를 OS로 한 486 컴퓨터와 복수의 통신 모듈로 구성된다. 이동 로봇과는 무선통신으로, 상위제어기와는 직렬 유선 통신을 사용한다. 주요기능은 다음과 같다.

(1) 상위제어기로부터 수신한 명령을 가공하여 이동 로봇에게 송신, 작업을 지시한다. 또한 이동 로봇의 상태를 항상 감시하여 환경의 변화에 대해 적절히 대처할 수 있도록 조치한다.

(2) 복수의 이동 로봇을 운용가능하며 이 경우 최적화된 경로를 선택하여 작업의 효율화를 추구한다.

(3) 각종작업의 수행에 필요한 자료 및 이력을 관리한다.

2.2 이동로봇

이동로봇은 자율주행형의 무인차기술과 Manipulator 기술이 접목되어 구성되었으며 표 1에 주요 사양을 나타내었다.

표 1. ICMR의 주요 사양.

외관크기	1200×600×1700 (mm)
중량	350kg (Arm 85 kg)
최대주행속도	60m/min
이동 로봇 정지정도	± 10mm
비전 보정정도	± 0.5mm
구동전원	직류 24V

2.2.1 제어기

제어기는 32 BIT RISC CPU인 I80960을 사용하여 Multi-Tasking을 구현하였다. 특히 기존의 선진사의 전용제어기와는 달리 범용제어기로 구성하였다.

2.2.2 Wheel 구조

Wheel은 그림 4에서 보는 바와 같이 구동모터와 조향모터로 구성되어 있으며 밑면에 대각선으로 배치되어있다. 나머지 대각선방향에는 Caster로 지지되어있다. ICMR은 어느 방향으로도 주행이 가능하도록 조향모터를 사용, 구동모터를 회전시킴으로 본체를 회전하지 않고도 전후좌우로의 주행이 가능하다.

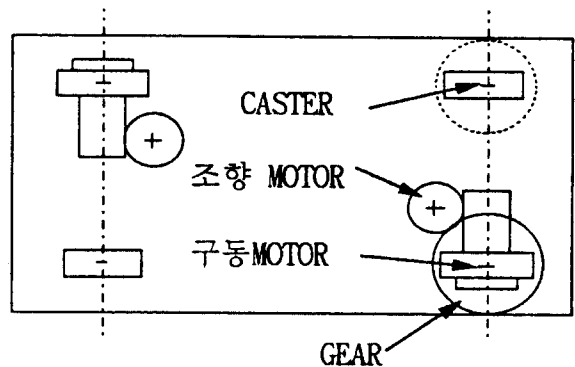


그림 4. Wheel의 구조.

2.2.3 주행 알고리즘

설비간이동은 초음파를 사용하여 Wall-Following을 통해 이동한다. 대각선 Wheel구조를 가지고 있는 ICMR은 자체 중량이 무겁고 특히 청정환경에서는 바닥과의 마찰이 크고 주행속도에 의해서 마찰계수의 변화도 크므로 제어하기가 쉽지 않다. 전후진시의 Wall-Following은 주행속도, 초음파 센서에 의해 측정된 벽면과의 거리, 구동바퀴의 위치에 따라 Fuzzy 이론의 Membership 함수개념을 이용하여 구현하였다.

설비의 인식은 전후진시 설비앞에 설치된 광전송장치 및 정지용 마크를 사용한다. 전후진주행시는 목표속도를 Dynamic Scheduling Tracking 방식에 의해 제어하는 Open-Loop제어 방식으로 제어량은 이동 로봇의 목표속도이며 제어입력은 구동륜의 회전속도이다. 목표속도는 잔여주행거리, 환경(광전송장치 및 정지용 마크)으로부터의 정보를 사용하여 Dynamic Scheduling 방식에 의해 설정되어 목표위치에 도달하게 된다. 좌우주행시는 조향 모터를 사용, 구동 모터를 90도회전시켜서 이동하며 총주행거리를 제어량으로 하는 Feedback 제어계를 통하여 제어된다.

2.2.4 6축 다관절 Manipulator

Manipulator는 5-Bar Link 형의 6축 다관절형으로 선단에 Wafer Magazine을 이식재 할 수 있는 Gripper가 부착되어 있다. 특히 Battery의 한정된 전원을 사용하는 ICMR은 전류소모를 최소화하기위하여 (1) 5-BAR 구조를 통하여 Manipulator의 밸런시호과를 극대화하고 (2) Gripper는 링크구조를 사용하여 일단 작업물을 잡으면 외력이나 작업물의 중량에 의하여 풀리는 것을 기구적으로 방지하는 구조로 설계되어있다. Arm의 주요사양은 표 2와 같다.

표 2. Arm의 주요 사양.

축수	6Axis + 1 Hand
최대가반중량	8kg (Hand 포함)
반복정밀도	±0.05mm
중량	85kg

2.2.5 비전

작업위치보정용인 비전은 2차원 보정용의 CCD Camera가 Gripper에 부착되어 있으며 그림 5와 같은 위치 보정용의 Landmark를 사용하여 작업위치를 보정한다. Landmark는 신뢰성 향상을 위하여 7개의 원을 사용하며 7개의 원중 3개를 인식하면 보정이 가능하다.

2.2.6 충전

이동 로봇을 구동하기 위해 사용되는 전원은 직류(24 V)

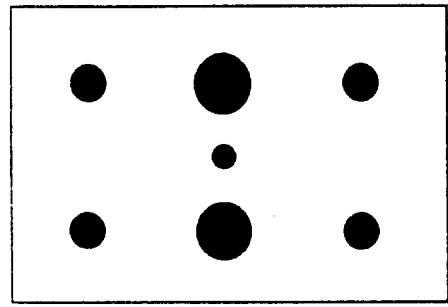


그림 5. LANDMARK.

전원으로 충전용 Ni-Cd Battery를 사용한다. 충전방식은 전압강하를 자동감지하여 고속충전하는 방식을 채택하고 이동 로봇의 밑면에서 충전을 하는 방식을 사용하여 안전성을 향상하였다.

2.2.7 통신

외부와 통신하는 방법은 다음의 두가지가 존재한다. (1) 설비와는 8 Bit 광통신을 사용하며 (2) DC는 직렬 통신을 사용하여 상위와 통신한다.

DC와 이동 로봇 간에는 무선통신을 통하여 상호간의 정보를 교환한다.

2.2.8 Clean 대응 사양

청정환경에의 작업에 대비하여 이동 로봇의 외부와는 생성유체 및 실리콘패킹등을 사용하여 밀폐를 하였고 이동 로봇의 밑면은 밀폐되지 않으므로 Fan을 통해 공기의 흐름을 제어하여 Clean사양에 만족하도록 설계하였다.

2.2.9 안전장치

ICMR의 안전장치로서는 이동 로봇에 초음파센서, 장애물 센서, 범퍼, 긴급정지버튼이 설치되어있으며 반송대에는 Wafer Magazine의 재하유무를 감지하는 센서가 부착되어 있다. 경고장치로는 경고등과 경고음을 발생하는 스피커가 장착되어있다. DC에는 원격 긴급정지버튼이 장착되어 있어서 작업자로부터 떨어진 곳에서 작업하는 이동 로봇의 긴급상황에도 대처가 가능하다.

3. 지능화 로봇의 구현

이절에서는 지능화로봇으로서의 구현방법에 대하여 설명한다. ICMR이 실제 하는 작업은 Wafer Magazine을 반송하는 작업으로 작업자가 버퍼용설비에 Wafer Magazine을 올려놓으면 ICMR이 이를 목표설비로 반송하여 공정이 끝나면 다시 버퍼로 반송해오는 작업이다. 전절에서 하드웨어 구성에 대해 설명하였지만 지능화로봇은 여기에 주변환경과

의 접목 및 환경 변화에 대한 대처기능을 구현하여야 진정한 지능화 로봇으로서의 구실을 하게 된다.

3.1 환경의 모델화 및 인식

지능화 로봇은 주변환경의 변화에 민감하고 이에 대한 대처 능력이 있어야한다. 따라서 주변환경을 어떻게 기계인 로봇에게 인식시키려는가는 매우 중요한 작업이다.

그림 2와 같은 ICMR의 작업환경을 그림 6와 같이 모델화하였다. 작업환경의 중요한 요소인 설비가 좌우에 정렬되어 있으므로 본체의 회전없이 좌우 주행능력을 가진 이동 로봇을 사용하여 설비간의 이동을 가능하도록 하였다. 상호간의 물리적인 Interface로서는 각 설비전면에 광전송장치를 부착하여 설비의 고유 ID를 송출하거나 정지용 마크를 부착하여 이동 로봇이 설비 및 좌우이동 지점을 인식토록하며 정지용마크를 설치하여 작업위치를 인식토록하였다. 주변환경을 ICMR이 인식하는 방법으로는 각 설비 및 좌우이동이 가능한 곳을 노드(Node)로하는 사다리형태의 가상주행로를 설정하여 각 노드간의 거리 및 주행벽면, 설비의 종류등을 구조로하는 Map data를 작성하여 이동 로봇 및 DC가 Map data를 이용하여 명령을 수행하는 Database로 사용하였다.

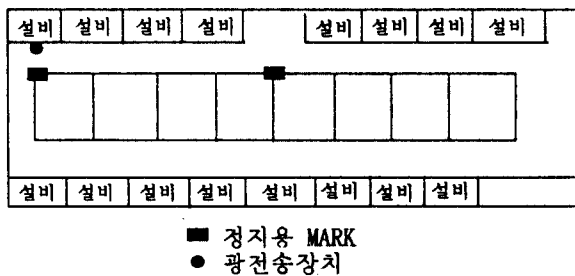


그림 6. MAP.

3.2 자기위치 인식 기능

환경을 인식, 작업을 수행하려면 우선 전원 투입시 이동 로봇이 작업환경내의 자기위치를 인식하는 과정이 반드시 선행되어야한다. 작업환경내의 자신의 위치를 인식하기 위하여 Map과 환경과의 Interface역할을 하는 센서를 통하여 Map상의 한 노드를 먼저 인식하는 작업이 필요하다. 초기 위치를 인식하기 위하여 (1)초음파센서를 사용, 벽면과의 거리를 측정하여 벽면과 평행하게 이동한다. (2)초음파를 사용한 Wall-Following을 통하여 가장 근접한 설비에 부착되어있는 광전송장치(설비의 ID를 송출함)와 정지용 마크를 검출함으로써 초기위치를 인식한다. 일단 초기위치를 인식하면 Map data를 통하여 자신이 어디에 위치하였는가를 판단한 후 DC의 명령에 의하여 이동을 하며 이동시는 항상 Encoder와 환경 Interface를 통하여 자신의 위치를 갱신한

다.

3.3 작업교시(Teaching)

작업교시는 이동 로봇에게 이적재작업환경, 특히 작업물의 정확한 위치를 직접 학습시키는 작업이다. 일반적으로 로봇은 1대가 1개의 설비와 작업하는 경우가 대부분이나 이동 로봇의 경우 이동하여 여러 설비에 이적재작업을 하여야하므로 1대의 이동 로봇이 복수의 설비에 대하여 작업 교시가 이루어져야한다. 즉 인간이 여러사람과의 의사소통을 해야하는 것과 같으므로 각각의 특성에 맞게 인식하기위하여는 각각의 정보를 인식하는 Database를 구축하여 관리한다.

3.4 화상처리 기술

ICMR은 이동 로봇이 할당된 작업 설비로 이동하여 Wafer Magazine을 이적재하는 작업이 중요한 역할이다. Manipulator가 이러한 작업을 수행하기 위하여서는 Arm Base로부터 Wafer Magazine의 위치가 항상 동일한 위치에 존재하여야한다. 그러나 이동 로봇은 이동을 통하여 설비앞에 정지하는 경우 관성 및 이동 로봇의 틀림각등에 의하여 그림 7과 같이 위치 편차가 발생하게 된다. 비전의 보정정도는 $\pm 0.5mm$ 이며 이동 로봇의 정지정밀도는 $\pm 10mm$ 이다. 따라서 이동 정지후 반드시 2차원보정을 실시하여 x, y 및 비틀림각의 보정량을 계산하여 Manipulator가 이를 보정하여 작업을 한다.

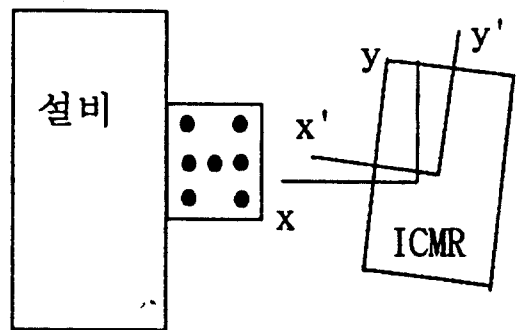


그림 7. 이동 로봇의 정지위치의 보상.

보정방법은 비전을 사용한다. 우선 작업 교시시에 설비의 이적재용 작업교시점(Teaching Location)을 교시하고 차후 작업시의 위치편차를 보정하기위한 기준값을 설정하기위해 비전 보정용 Landmark의 위치인식 교시가 병행되어야한다. 비전마크 교시시 각 원의 크기 및 중심위치를 기억한다. 실 작업시는 작업전 비전 Landmark를 읽어서 원의 크기 및 중심점을 읽어서 최초의 기억값과의 차이를 통하여 틀어진 2차원 보정값을 계산하여 Manipulator로 Feedback한다. 보정시 필요한 원의 수는 2개로 충분하지만 렌즈의

굴곡 특성 보정 및 신뢰성 향상을 위하여 7개를 사용하였다. 따라서 각각의 보정치의 평균을 취하여서 편차가 큰 경우에도 최소한의 오차를 줄이도록 하였다.

3.4 주행 계획

주행계획은 DC가 관리한다. DC는 중앙제어장치로부터 반송명령을 수신하면 이를 분석, 최적의 주행계획을 수립한다. 특히 복수대가 주행시에는 작업을 최적으로 배분하여 주행 및 이적재시키도록한다. ICMR에서는 DC가 다음원칙에 의해 주행계획을 세운다.

(1) 최단거리 주행 우선원칙

(2) 목적지까지의 계획을 주행초기에 하달 - 복수대주행시는 효율화를 위하여 환경이 변화하는 시점에서 다시 최적의 주행계획을 하달하는 방법과 초기에 주행할 계획을 하달하는 방법이 있는데 여기서는 안전상 후자의 방법을 사용한다.

(3) 주행계획중 상호간의 이동 로봇이 주행경로를 방해하여 이동이 이루어지지않을 경우(Deadlock이라함)는 가장 빨리 수신한 명령을 수행할 이동 로봇을 우선적으로 이동시키고 다른 이동 로봇을 처리한다.

3.6 안전

ICMR은 반송물이 고가의 Wafer로 안전사고는 다른 일반 반송물의 작업과 비교하여 상대적으로 큰 경제적 손실과 직결된다. 극도의 신뢰성을 요구하는 ICMR에는 특별히 다중의 안전장치가 장착되어있다.

ICMR은 안전장치를 이용하여 주행시의 속도조절과 정지를 통하여 안전을 확보하도록한다. 특히 반송물을 올려놓는 반송대에는 Wafer Magazine의 유무를 감지하는 센서가 설치되어 정상적인 이적재명령을 통하지 않은 어떠한 재하의 변동도 허락하지 않으므로 공정이동간 및 이적재작업시 반송물이 바뀌는 것을 사전에 방지한다.

또한 위험방지를 위한 경고음 및 경고등이 설치되어있으며 에러발생시 경고음과 경고등을 사용하여 작업자에게 알린다. DC의 원격 긴급정지버튼을 사용하면 이동 로봇이 작업자와 이격된 곳에서 작업을 하는 경우에도 긴급정지조작이 가능하도록하여 안전에 대비하고있다. 최근의 Reliable Control에서도 언급되고 있지만 각종 센서 및 제어기등의 고장에 의한 이상동작을 방지하기위하여 다중의 센서 및 제어기 감시기능등을 가지고 있다.

3.7 환경변화에 대한 자율적 대처기능

DC로부터 수령한 명령에 대해서 이동 로봇이 수행하는 도중 문제가 발생하여도 주변 상황을 판단하여 작업을 처리하기위하여서는 작업에 관한 Data와 환경과의 통신을 통하여 Database를 구축하고 문제발생시의 처리를 판단할 수

있는 기준을 가져야한다. ICMR에서는 이동 로봇의 위치 및 Manipulator의 작업위치와 반송해야할 Wafer Magazine의 위치 및 상태, 설비의 작업관련 신호를 항상 감시하여 문제가 발생할 경우에는 Database를 검색하고 최적의 조치를 자율적으로 판단하여 이동 로봇의 문제를 처리함으로써 작업을 완료한다.

3.8 작업의 이력관리

반도체와 같이 여러 가지 다른 공정을 통하여 제품이 생산되는 경우에는 작업이력의 관리가 중요하다. 일반적으로 제조공정은 Conveyor등을 통하여 일정한 경로를 통하여 조립이 이루어지는 경우가 많다. 그러나 다음공정의 설비가 반드시 옆설비에서 이루어지는 것이 아닌 공정에서는 공정에 투입되는 작업물의 ID 관리 및 이력관리를 작업자가 일일이 확인해야하는데 작업자에게는 대단히 지루하고 신중을 기해야하는 작업이다. 따라서 반송시에 작업물이 올바르게 반송되는가와 작업의 이력관리, 에러의 이력관리등은 지능화 로봇이 처리하여야할 또 하나의 Database이다. 따라서 ICMR은 DC와 이동 로봇이 이러한 이력자료를 각각 관리함으로써 제품의 신뢰성향상에 역점을 두고있다. 일반적으로 지능화 로봇이 가져야하는 Database는 변화에 자율적으로 대응하기위한 추론 및 판단의 자료 및 처리방안이 주내용을 차지하고있는데 그 외에도 상기에서 기술한 이력관리와 같은 항목은 산업계에서의 신뢰성확보에 큰 영향을 미칠 중요한 Database이다.

4. 개발 효과 및 문제점

이상에서 설명한 ICMR을 개발함으로써 다음의 몇 가지의 중요한 효과를 얻을 수 있다.

(1) 인력난해소 및 작업환경개선

반도체특유의 작업환경과 인간비의 상승, 3D 업종의 기피에 의한 인력자원확보가 점점 어려워짐에 따라 이를 대체하기위한 수단이 될 수 있다. 현재의 인건비는 아직도 선진각국에 비하면 싼 편이며 반도체산업에서의 국내의 노동의 질 또한 높은 편이므로 아직은 ICMR을 사용하는 데 절대적 필요성이 요구되지는 않는 시점이나 이미 외산설비에 의한 생산의 의존도를 고려하여볼 때 이러한 작업환경의 개선에 대한 국내 기술의 확보는 장차 초고임금시대에 대한 대비로 필요한 시점이다.

(2) 품질의 균질화

청정환경의 관리에 의한 공정에서 항상 동일한 조건으로 작업을 실시함에 의해 품질을 확보하고 또한 작업자를 대신하므로 실수의 확률도 적다. 인간이 이동하는 경우에 발생할 분진의 확률은 작업자의 정신상태, 성격 및 습관(걷는 습관등)에 따라서 다르다. 반면에 기계가 이동하는 경우에

는 확률상 일정하며 개선의 여지와 함께 발생원의 지상에서의 높이도 조절이 가능하므로 이에 따른 품질의 향상이 기대된다. 아울러 이동 로봇의 작업이력관리에 의한 작업공정의 관리에 의한 품질 향상의 효과도 얻을 수 있다.

(3) 국산화에 의한 수입 대체 효과

ICMR과 같은 고부가가치의 장비를 개발함으로써 기존 외산의 가격을 저하시킴과 동시에 가격경쟁력까지 확보함으로써 수입대체효과를 가져온다.

이상과 같은 효과를 가진 ICMR을 개발함에 의해서 인간의 역할은 대신하고 인간이 부족한 부분을 적절히 보완, 산업계현장에 적용할 수 있는 기틀을 만들었다. 이는 국내에서 처음 개발된 것으로 향후 여러면의 지능화 로봇을 개발할 수 있는 가능성을 보여준 것이라고 하겠다. 또한 지능화 로봇의 관점에서 볼 때 ICMR은 서론에서 기술한 기계적 지능의 충실한 기능을 가진 이동 로봇으로 이미 선진사에서 개발하여 적용을 시도하고 있는 다양한 지능화 로봇의 기반 기술을 제공할 수 있다.

이상의 중요한 기여를 함에도 불구하고 ICMR을 아직 지능화 로봇으로 대중화시키기에는 해결해야 할 문제가 몇 가지 존재한다.

(1) 전원공급문제

ICMR에 공급하는 전원은 Battery 직류전원이다. 그러나 국내의 기술력으로는 고속충전이 가능한 소형 Battery가 개발되어있지 못한 상태이며 특히 이는 선진각국에서도 전기자동차와 관련 보안이 철저한 품목으로 기술상의 문제로 남아있다.

(2) 주행 Mechanism

주행 Mechanism에도 여러종류의 방법이 존재한다. Direct Drive Motor를 사용하면 경량화를 꾀할 수도 있으며 메커니즘을 사용하면 간단한 기구학적인 방법으로 전방향의 주행이 가능하기도하다. 그러나 직류전원을 사용하면서 경량화를 추구해야하는 제한조건에서 볼때 이들의 Trade-off를 적절히 취하여야하며 국내 기반산업이 취약한 현실에서는 가격상의 문제도 개발에 중요한 요소로 작용하고 있다.

(3) 작업교시

실제 ICMR을 효율적으로 가동하기위해 다음 2가지의 경우를 고려해보자. 물량의 증가에 의해 기존 작업중인 이동 로봇외에 더 투입해야하는 경우와 고장 및 A/S를 위하여 가동중인 ICMR을 중지시켜야하거나, 다른 ICMR로 대체를 해야하는 경우이다. 두 경우 모두 대기중인 이동 로봇이 즉시 현상에 투입이 불가능한데 이는 작업교시가 되어있는 ICMR을 항상 대기시켜놓지 않는 한 수십대의 실비의 작업교시에 시간이 걸리기 때문이다. 일부 Off-line 작업교시에 의해 작업교시시간을 단축하려는 시도도 있으나 근본적으로 인간과는 달리 작업교시라는 학습을 거치지 않고는 작업을 수행할 수 없는 이동 로봇은 지능화 로봇이라는 관점에서

큰 약점을 가지고 있다.

이를 해결하기위해서 Off-line 작업교시 및 자동 작업교시 기술의 연구가 진행중이지만 이를 완전히 해결하기에는 아직 시간이 걸릴 것 같다.

5. 결 론

서론에서 기술하였듯이 기계지능화 로봇의 개발 및 산업현장의 적용에 대하여 기술하였다. 앞으로도 지능화로봇을 더욱 성장시키기 위해서는 주요 기반 기술에 더욱 투자와 연구가 이루어져야한다. 이미 선진사가 경비용 및 안내용, 청소용 등 다양한 분야에 지능화 로봇을 개발 투입하고 있으며 가상현실, 마이크로 로봇 기술 및 각종 첨단 센서등을 통하여 산업계뿐 아니라 의학계 및 사회봉사차원에서의 지능화 로봇 개발에 박차를 가하고 있다.

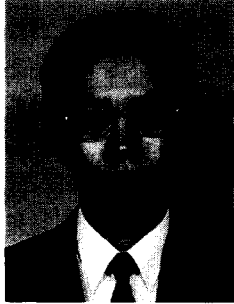
삼성전자에서 개발된 ICMR은 반도체공정간의 자동화를 위하여 투입될 것이며 이는 국내시장의 물류 로봇 시장의 주류를 이루고있는 AGV(Auto Guided Vehicle)시장에 새로운 전환점을 가져다 줄것이다. 향후 로봇에게 요구되는 작업공간이 실내만이 아닌 점을 고려하여 볼 때 실외용 이동로봇에의 확장도 앞으로 연구개발하여야 할 분야중의 하나라고 생각된다.

실제 AI가 한창 연구되던 시기에는 금방이라도 인간과 같은 로봇이 출현할 것으로 생각하였지만 아직도 인간과 같이 사고를 하고 판단에 의해 행동하는 로봇은 금방 출현할 것 같지는 않다. 이런 지능화 로봇에 대한 산업현장에서의 요구에도 불구하고 아직은 제한적인 기능을 가진 지능화 로봇일 수 밖에 없으며 실제로 높은 가격에 의한 일반 소비자의 욕구를 충족시키기에는 거리가 있다. 향후 예측할 수 없는 기술발달과 적절한 지능화에 대한 개념정립을 통하여서 지능화 로봇이 산업계현장에서 적용되어 인간의 손발을 대신할 수 있으리라고 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] D.I.Kim, J.K.Kim, H.K.Sung and S.Kim, "Sensor-Based Navigation Control And Calibration of A Wafer-Handling Mobile Robot", 30th IAS (Industry Applications Society) Annual Meeting, Florida, 1922-1927, 1995
- [2] 성학경, 김동일, 김성권, "반도체 Wafer Cassette Handling용 Mobile Robot System", "94 Korean Automatic Control Conference, 1-6, 1994
- [3] T.Yamashita, M.Murata, M.Onishi and H.Tabata, "Start of autonomous mobile Robots' operation in clean room", IEEE/RSJ Inter. Workshop on Intelli-

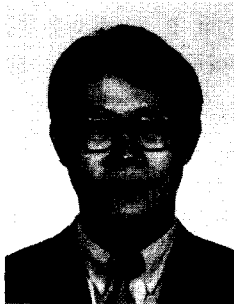
저 자 소 개



성 학 경

1960년 11월 21일 생
1983년 연세대학교 기계공학과 (학사)
1985년 연세대학교 기계공학과 (석사)
1989년 일본 동경공업대학 제어공학과 (석사)
1992년 일본 동경공업대학 제어공학과 (박사)
1993년 일본 성계(成蹊)대학 계측수리공학과 조수
현재 삼성전자 자동화연구소 선임연구원

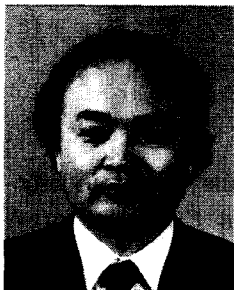
(442-742) 경기도 수원시 팔달구 매탄3동 416
TEL. 0331) 200-2387 / FAX. 0331) 200-2420



김 진 오

1959년 10월 27일 생
1983년 서울대 기계공학과 (학사)
1985년 서울대 기계공학과 (석사)
1987년 KIST, 위촉연구원
1992년 Carnegie-Mellon University, Robotics Ph.D Program (박사)
1994년 일본, SECOM Intelligent Systems Laboratory, 선임연구원
현재 삼성전자 자동화연구소 로봇개발그룹 수석연구원

(442-742) 경기도 수원시 팔달구 매탄3동 416
TEL. 0331) 200-2457 / FAX. 0331) 200-2420



김 성 권

1949년 8월 1일 생
1972년 동아대 공대 기계공학과 졸업
1976년 (주)금성사 근무
1984년 국방과학연구소 선임연구원
1986년 University of Mennesota 기계공학과 졸업 (공학석사)
1988년 University of Mennesota 기계공학과 졸업 (공학박사)
현재 삼성전자 생산기술센터장 겸 자동화연구소장 상무이사

(442-742) 경기도 수원시 팔달구 매탄3동 416
TEL. 0331) 200-2200 / FAX. 0331) 200-2434