

## 지능 로봇 시스템

정 명 진

변 중 남

한국 과학 기술원 전기 및 전자 공학과

## Intelligent Robot System

Myung Jin Chung

Zeungnam Bien

Dept. of Electrical Engineering

Korea Advanced Institute of Science and Technology

## Abstract

An intelligent robot system can be regarded as the most generalized machine system that can perform a variety of tasks under unpredictable and unstructured environment with some intelligence. Robotics research topics related to four functions of the intelligent robot system are discussed. Also current research activities in Japan and Korea are discussed briefly.

Fig. 1에서 보는 바와 같이 지능 로봇의 기능은 운동 기능, 감각 기능, 사고 기능 그리고 인간과의 교신 기능으로 대별할 수 있다. (1) 종래의 로봇, 즉 산업용 로봇에 비하여 특히 사고 기능과 감각 기능이 강화되어 복잡한 작업 환경에서 높은 문제 해결 능력과 판단 능력으로 적절한 동작을 수행할 수 있고 섬세하면서도 빠른 작업을 할 수 있게 되었다. 종래의 로봇의 기능과의 비교를 하면 Table 1 과 같다.

## 1. 서 론

로봇이란 무엇인가에 대해서는 아직도 정확한 정의가 내려지고 있지 않지만 일반적으로 인간을 대신해서 작업을 수행할 수 있는 감지 기능과 운동 기능을 갖춘 인간이나 동물과 유사한 모양을 한 기기라 말할 수 있다. (1,2) 그러나 실제 사용되고 있는 로봇의 능력은 흔히 상상하거나 기대하는 로봇의 기능 즉 인간 정도나 그 이상의 지적인 기능과 강력한 힘 그리고 섬세한 운동 기능을 갖는 로봇과는 큰 차이가 있다. 위와 같은 강력한 기능을 갖는 로봇에 대한 염원은 실로 오래된 것이며 로봇의 고유 특성의 하나인 유연성을 고려한다면 이러한 기능을 갖는 로봇 즉 지능 로봇에 대한 연구와 개발은 당연하다고 말할 수 있다.

지능 로봇이란 전혀 새로운 개념은 아니며 1968년대 초반부터 연구가 시작되어 지금까지 활발히 진행되고 있는 분야이며 최근 들어서는 인공 지능의 제동장과 5세대 컴퓨터의 개발등으로 더욱 각광을 받고 있는 분야이다. (3,4,5)

먼저 지능 로봇의 기능별 분류 선도를 살펴 보면 Fig.1과 같다.

## 2. 지능 로봇의 기능과 문제점

지능 로봇이 사용되는 영역은 작업이 복잡하면서도 섬세함이 요구되는 환경이나 접근이 어렵거나 통제가 어려운 환경이므로 이러한 조건에서 작업을 원활히 수행하기 위해서는 기동성과 유연성 그리고 독자적으로 스스로를 제어하는 자율성이 필요하다. 이를 위해서는 앞 절에서 언급된 네 가지 기능 즉 운동 기능, 감각 기능, 사고 기능, 그리고 교신 기능을 가져야 하며 또한 상호간에 조화가 이루어져야 한다. 이절에서는 이와 같은 네 가지 기능에 대해 간단히 살펴보기로 한다.

## (1) 운동 기능

지능 로봇은 주위의 모든 환경에 대한 사전 정보없이 작업을 수행하여야 하기 때문에 예상치 않았던 장애물이나 작업 환경의 변화에 신속하게 대응을 하여야 한다. 지금과 같이 한 곳에 고정된 채 주위의 정보를 모두 알고 있는 상황에서 일하는 로봇과는 크게 다르다. 이러한 기능을 위해서는 로봇의 운동 기능이 더욱 필요하게 되며 이 기능은 다시 머니플레이터 기능(handling)과 이동 기능(walking)기능으로 나눌 수 있다.

## a) 머니플레이션 기능

머니플레이션 기능은 특히 유연성과 신속성 그리고 정확성을 수반하여야 한다. 이는 종래의 로봇 특히

산업용 로봇트와는 달리 조립 작업과 같은 고도의 정밀도와 섬세함이 요구되는 작업을 수행할 필요가 있기 때문이다.

이를 위해서는 지금까지의 제어 방식과는 다른 sensor-based 제어 방식이 요구 된다.[7] 즉 로봇트 손 부분의 force 센서나 touch 센서 그리고 시각 센서등 각종 센서로 부터 얻어진 정보를 제어 알고리즘에 결부시키는 기술이 필요 하게 된다. 또한 보다 정확하게 trajectory를 추적할 수 있고 안정된 실시간 제어가 가능한 적응 제어 방식이 요구 된다.

다음으로 요구되는 것은 유연성이다.

이는 로봇트의 작업 영역을 확장시키는 것으로 이를 위해서는 로봇트의 베이스를 이동 시키는 방법과 머니플래이터의 자유도에 redundancy를 부여하는 방법이 있다. 전자의 방법은 이동 기능에서 살펴 보기로 하며 여기에서는 머니플래이터의 자유도의 redundancy에 대해서 살펴본다. 조립 작업의 경우 로봇트의 손이 어느 시간에 어느 특정한 위치에 특정한 방향으로 접근할 필요가 있다.

일반적으로 자유도 6의 로봇트는 이론적으로 이러한 자유도가 있으나 로봇트의 구조에 따라 많은 제약을 받고 있다. 이러한 경우 자유도 6 이상의 로봇트를 이용하면 더 다양한 방향(orientation)으로 특정한 위치에 접근할 수 있게 된다. 더더욱 이러한 redundancy는 장애물과의 충돌을 회피하는데 자유도를 부여한다.

그러나 이러한 redundancy를 갖는 로봇트는 구조상 복잡하여 종래의 구동장치나 힘의 전달 장치의 이용에는 문제점이 있으며 inverse kinematics의 해를 구하는 문제와 다관절 로봇트의 실시간 제어 문제가 해결되어야 한다.[8,9] 또한 작업시 자유도를 높이기 위해서는 두개의 로봇트의 손을 동시에 이용하는 방법이 있다. 이 경우 물체의 무게를 분담하거나 한 손으로는 불가능한 일이 수행될 수 있다.

이러한 multi-arm의 이용을 위해서는 두 손의 coordination과 제어 그리고 trajectory 계획방법이 문제점이 되고 있다.[8,9]

다음으로 정교한 작업 즉 섬세함이 요구되는 작업을 수행하기 위해서는 현재 흔히 볼 수 있는 on-off 방식의 gripper는 많은 문제점이 있으므로 새로운 로봇트 손의 설계가 요구된다. 물체의 경도(elasticity)나 모양(shape)을 알아 내고 쉽게 움켜 쥐 수 있는 형태의 multi-jointed 로봇트 손이 설계되어야 한다. 이를 위해서는 임의 형태에 적합한 로봇트 손의 설계와 각종 센서를 종합한 로봇트 손의 제어 또한 적합한 구동 장치들의 개발과 소형화가 해결되어야 한다. [10]

## b) 이동 기능

지능 로봇트의 중요한 기능중 하나는 스스로를 움직이므로써 장애물을 피하고 원하는 곳에 접근할 수 있는 이동 기능이다.[8,9] 지금까지의 로봇트는 고정되어 있거나 바뀌 형태 혹은 무한 궤도 형태였으나 흔히 볼 수 있는 힘든 지형 지물, 즉 복잡하거나 좁거나 경사진 곳을 통과하여 목적지에도달 할 경우 종래의 방법에는 제한점이 많다. 이를 위해서는 multi-ped 혹은 bi-ped 형태의 로봇트가 필요하다.

이를 위해서는 multi-ped의 구조 설계와 기계적 안정성 그리고 주행 방식에 따른 coordination 그리고 각종 센서로 부터의 정보와 intelligent data-base를 이용한 trajectory 계획이 문제가 되고 있다.

다음으로 운동 기능에서 간과할 수 없는 문제는 구동 장치라 할 수 있다.

앞에서 언급된 기능을 충실하게 수행할 수 있기 위해서는 구동 장치의 소형화와 구동 장치의 high torque와 그리고 특히 주행 기능을 극대화 하기 위해서는 효율적인 에너지 사용을 위한 high efficiency화가 요구된다.

## (2) 감각 기능

Table 1. 에서 볼 수 있는 바와 같이 중요한 기능중 하나는 각종 센서의 이용에서 비롯된다.[11] 지적 기능을 충분히 발휘하기 위해서는 새로운 정보가 필요하게 되며 이러한 외부 환경으로 부터의 정보는 각종센서를 통해서이다.

로봇트의 감각 기능은 크게 내부 센서와 외부 센서로 나뉘어지며 외부 센서는 비 접촉 센서와 접촉 센서로 나누어 진다. 여기에서는 외부 센서중 시각, 촉각 그리고 청각 센서에 대하여 간단히 살펴 보기로 한다.

### a) 시각 센서

인간이 외부로 부터 얻는 대부분의 정보는 눈을 통해서이며 이때 얻어지는 정보의 양은 대단히 많고 다양하다.

로봇트의 시각 센서의 경우도 많은 양의 정보를 갖는 영상을 받아 들이나 필요한 정보를 얻어내는 처리 과정과 인식 과정에 상당한 시간이 필요하게 된다.

그러나 실시간 처리라는 제약성 때문에 일반성이 무시되고 응용 분야에 따라 특수한 형태로 단순화되었다.

지능 로봇트에 경우는 시각 센서로 부터의 입력 정보를 최대한 이용하는 것과 물체의 충돌 회피 또는 움직이는 물체의 추적등의 실시간 처리라는 것이 선결 문제로 되어 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 데이터의 신속한 처리를 위한 새로운 하드웨어가 개발되어야 하며 이동시 문제가 되는 삼차원의 dynamic scene analysis 그리고 gray scale 또는 color 영상의 인식 기술이 해결되어야 한다.

### b) 촉각 센서

촉각 센서는 시각 센서와는 달리 직접 접촉하므로써 물체의 유무와 모양, 정도, force와 torque등의 정보를 얻어 낸다.

이러한 촉각 센서에는 압력에 따라 저항값이 변하는 것을 이용하는 것, piezoelectricity를 이용하는 것 그리고 캐패시턴스 변화를 이용하는 것과 반도체 기술을 이용하는 것등이 있으나 이러한 센서들에 대한 개발 상태와 이용도는 아직 초보단계이다.

촉각 센서는 man-machine의 제어 특히 쌍방향 제어(Bilateral control) 방식이 요구시 master 와 slave 와의 상호 정보를 알아 냄으로써 섬세한 작업을 할수 있고 작업 조건을 알아 내는데 사용된다.

촉각 센서는 제조 기술 즉 해상도 sensitivity, dynamic range, response, robustness과 conductive rubber 나 artificial skin 형태의 새로운 재료에 대한 연구가 필요하다.

### c) 청각 센서

청각 센서의 기능은 인간의 음성을 인식하고 나아가서 합성할 수 있는 기능과 초음파와 같은 음파를 이용하여 물체의 유무, 물체와의 거리, 운동 상태를 알아 낼수 있는 기능을 말한다. 현재 초음파를 이용하여 인식하는 근접(proximity)센서가 대표적이며 최근 들어서의 음성 인식을 통한 자연 언어(Natural language)구현이 큰 분야로 등장되고 있다.

그러나 음성의 불규칙성에 따른 난점 즉 조음 결합(Coarticulation), 시간축의 정합 문제 그리고 화자 각각의 음성 구조의 차이에 따른 문제점의 해결이 선결 문제이다.

### (3) 사고 기능

지능 로봇의 기능중 가장 핵심 기능인 사고 기능은 센서로 부터 처리된 정보를 인식하고 이 정보를 지능 데이터 베이스에 있는 각종 world model과 비교하여 가장 적절한 판단하여 plan을 세우며 세워진 plan을 수행하고 로봇의 동작 상태를 monitoring 하며 나아가서는 스스로 새로운 정보를 이용하여 데이터 베이스를 고쳐 나간다.(Fig. 2)

그러나 world model을 정확히 모사하는 과정과 plan generator에 대한 연구는 초기 단계이며 실용화하기 위해 해결되어야하는 많은 문제점이 있다.

### (4) 교신 기능

지능 로봇은 앞의 세가지 기능으로 스스로 작업을 수행할 수도 있다.(Autonomous control)

그러나 복잡한 작업의 효율적인 수행을 위해서는 인간의 도움이 어느 정도 필요하다.[12] 이에 따라 이동 기능이 있는 원격 조정이 되는 로봇의 경우 telepresence의 기술이 필요하게 된다. 가장 중요한

것은 인간과 로봇 시스템과의 교신 방법의 하나인 로봇 언어이다. 로봇 언어는 지금까지 여러 level이 발표되었으나 task를 지정하고 수행하는데 자연 언어에 가까운 언어 즉 task-oriented 언어는 현재는 실용 단계에 있지 않다.

로봇을 위한 언어는 로봇이 갖는 특성에 따른 기하학적인 데이터구조 로봇손의 motion, 비전, 그리고 sensory feedback 에 의한 servoing 그리고 각종 센서 또는 multi-robot 시스템을 위한 multiprocessing 을 할 수 있는 기능을 가져야 한다.

### 3. 지능 로봇의 연구 실태

지능 로봇에 대한 연구는 미국,일본 그리고 유럽 국가에서 활발히 진행되고 있으며 특히 일본이나 유럽의 경우 장기 국책 과제로서 다루어 지고 있다. 앞에 언급한 각 기능에 대한 기본 연구와 시스템 종합 기술 그리고 지능 로봇의 응용 기술이 주류를 이루고 있다. 해외 연구 상황중 일본의 경우 MITI(Ministry of International Trade and Industry)의 장기 연구 topics은 Fig.3와 같으며[13] 산하의 MEL(Mechanical Engineering Lab)의 경우 1983년 부터 1991년 까지의 8년간 계속되는 국책연구 개발 프로그램(Large Scale project)중 Advanced Robot Technology 분야는 아래와 같이 나누어 진다.

- (1) Mechanizm of Advanced Robots
  - Manipulation Technology
  - Locomotion Technology
- (2) Control of Advanced Robots
  - Autonomous Control Technology
  - Tele-Existence Technology

이와 더불어 medical and welfare 분야로 장애자를 위한 powered artificial hand 와 guide dog robot 에 대한 연구과 진행하고 있다.

국내의 개발 현황중 KAIST의 시스템제어 연구실의 지능 로봇 연구 상황에 대해 간단히 살펴본다.(Fig.4 참조)

1979년 산업용 로봇 설계 제작이후 자체 개발한 로봇 비전 시스템을 이용하여 Fig.5와 같이 컨베이어 벨트상의 그림 조각들을 3대의 로봇을 연계 동작시켜 짝 맞추는 puzzle matching을 하였고[14] 자연 언어 인식 능력이 있는 로봇에 대한 연구와 손 끝에 카메라를 부착시킨 로봇을 이용하여 삼차원상의 물체를 집어내는 영상제어 연구를 수행하고 있다. 또한 teleoperator의 관리 제어 방법과 로봇 언어를 포함한 off-line 프로그램 시스템을 개발하고 있다. 앞으로의 방향은 고신되 지능 로봇 시스템의 개발이며 이를 위해 영상 및 각종 센서로 부터의 정보의 고속 처리와 인식 기술을 토대로한 실시간 영상 제어 시스템 개발과 반복 학습

제어와 적응 제어 그리고 인공 지능을 이용한 장애물 회피의 제어 기술이다.

4. 결론

앞으로의 로봇 응용 분야는 지금의 제조업 분야에서 벗어나 서비스업 즉 우주 개발, 원자력 개발, 해저 개발, 건설, 농업, 의료, 가정 그리고 군사분야로 확산될 것이 예상된다. 그러나 이러한 분야의 이용 정도와 기어도는 지금까지 간단히 언급한 기능의 연구개발과 종합 기술 개발에 의해 좌우 될 것이다.

참고 문헌

[1] D. Nitzan, "Development of Intelligent Robots: Achievements and Issues," IEEE Jour. of Robotics and Automation, Vol. RA-1 pp.3-13, March 1985

[2] J.Y.S. Luh, "An Anatomy of Industrial Robots and their Controls," IEEE Trans of Automatic Control, Vol.28, No.2, pp.133-153, Feb. 1983

[3] S.Y. Nof(Ed), "Handbook of Industrial Robotics," John wiley and Sons, Inc., 1985

[4] M. Togai, "Japan's Next Generation of Robotics," IEEE Computer, Vol.17 No.3, pp.19-25, March 1984

[5] W.B. Gervater, "Intelligent Machines-An Introductory Perspective of Artificial Intelligence and Robotics", Prentice-Hall, Inc, 1985

[6] 若松清司, 佐藤知正, "知能ロボット, 次世代のロボット技術," オーム社, 1984

[7] G.J. Gleason and G.J.Agin, "A Modular Vision System for Sensor-Controlled Manipulation and Inspection," Proc. of the 9th ISIR, pp. 57-70, 1979

[8] M. Brady, R.P.Paul(Ed). "Robotics Research-The First International Symposium," MIT press, 1984

[9] H. Hanufusa and H. Inoue(Ed.)."Robotics Research The Second International Symposium," MIT press, 1985

[10] M.T. Mason and J.K.Salisbury Jr, "Robot Hands and the Mechanics of Manipulation," MIT press, 1985

[11] R. Masuda et al., "Total Sensory System for Robot Control and Its Design Approach," Proc. of the 11th ISIR, pp.159-166, 1981

[12] J. Vertut and P Coiffet, " Robot Technology Vol. 3A-Teleoperation and Robotics Evolution and Development", Prentice-Hall, Inc,1986

[13] K. Shimizu, "Outlines of MEL's Activities," MEL, MITI, 1985

[14] S.R.Oh et al, "An Intelligent Robot System with Jigsaw-puzzle Matching Capability," Proc. of the 15th ISIR, Vol.2 pp103-112, 1985

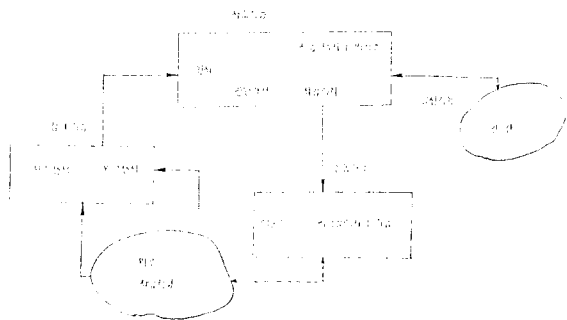


Fig.1 지능로봇의 기능별 분류선도

	FIRST-GENERATION* (1960-1970's)	SECOND-GENERATION* (1980's)	THIRD-GENERATION* (1990's)
Types	Playback robot	Perception, Problem-solving	Learning, Inference
Features	Link and CAM Teaching/Playback	Feedback Sensors (visual, tactile, and ultrasound)	Learning, Inference, Decision-making
Mobility	Conventional mobile systems	Omnidirectional mobile	Walking
Applications	Paint spraying Spot welding Pick-and-place	Arc welding Assembling Medical/nursing Remote operation	Automated assembling Independent operation Advanced inspection Domestic

\*Intelligent robots.

Table 1. 로봇 세대별 기능

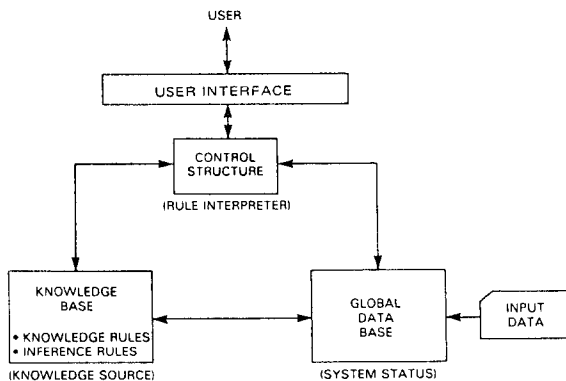


Fig.2 지능로봇의 전문가 시스템

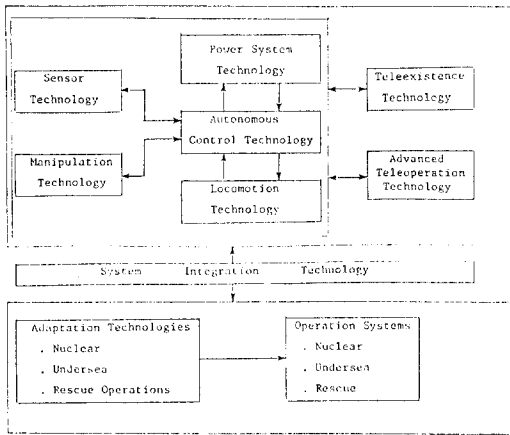


Fig.3 MITI 연구 분야

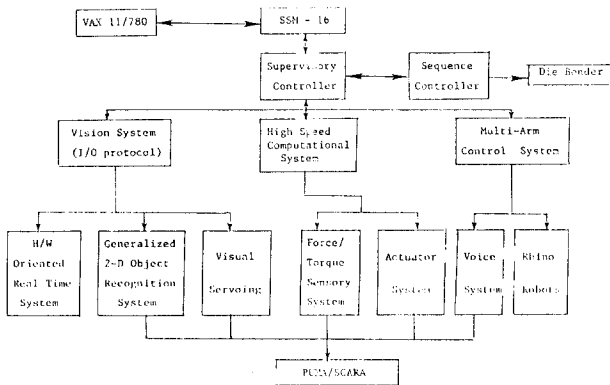


Fig.4 KAIST 로봇 연구 분야

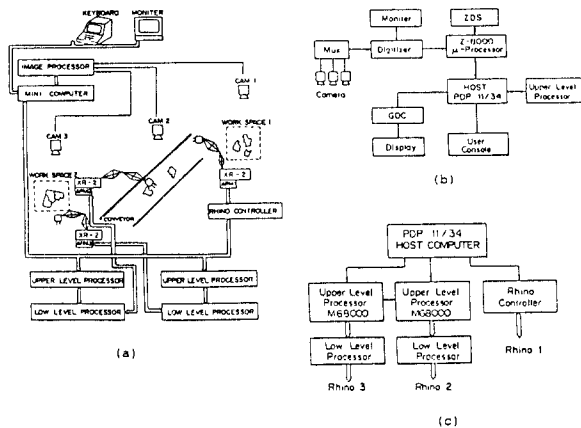


Fig.5 puzzle matching 시스템

- a) Overview
- b) Block Diagram of Vision System
- c) Manipulator Controller