

퍼스널 로봇을 위한 제어 및 인식 기술

■ 이성온, 오상록 / 한국과학기술연구원 지능제어연구센터

퍼스널 로봇

퍼스널 로봇이란 무엇인가?

사전에서는 다음과 같이 정의한다. “공장에서 활동하는 산업용 로봇에 대하여, 일반가정에서 노인이나 환자의 간호·세탁·청소 등의 가사활동을 돕는 로봇을 말한다.

개인이 소유하고 있는 로봇이라는 뜻에서 ‘마이로봇’이라고도 한다. 크기와 모양이 사람과 비슷하고, 사람과 어울려 활동할 수 있고, 2가지 작업을 할 수 있다는 등의 특징을 가진다.”

위의 정의처럼 산업현장과 같은 특정한 환경에서 동일한 작업을 반복하는 것이 아니라 사람과 공유하는 환경에서 인간에게 도움, 즐거움, 정보 등을 주는, 개인적인 목적으로 사용되는 친근한 모양을 가진 로봇이 퍼스널 로봇이다.

로봇과 비교하여 퍼스널 로봇이라고 하는 것은 무엇인가? 그 개념은 퍼스널 컴퓨터의 그것과 같다. 컴퓨터가 처음 발명되었을 때, 그것은 고가이며 일반인이 사용할 수 없을 정도의 숙련된 지식이 필요했으며 게다가 그 크기가 방 하나를 꽉 채울 만큼 컸기 때문에 일반인이 사용한다는 것은 거의 불가능했다. 기술의 발전과 더불어 이제는 컴퓨터는 우리생활 속에 없어서는 안될 존재가 되었고, 이러한 컴퓨터를 예전의 개념과 분리시켜 말할 때, 우리는 퍼스널 컴퓨터, PC라는 명칭을 하

게 되었다. 퍼스널 로봇도 이와 마찬가지로이다. 이제 로봇은 산업현장을 벗어나려 가정 속으로 들어오고 있으며 그러한 의미에서 퍼스널 로봇이라는 용어가 생겨나게 되었다.

물론, 현재의 PC 만큼 우리는 로봇에 익숙지 않다. 로봇이라 하면 아이들은 로봇태권브이 아니 에반젤리온을 떠올릴 테고 어른들은 자동차 용접이나 페인팅을 하는 로봇 팔을 떠올릴 테니 말이다. 반면 많은 이들은 로봇하면 이제는 미로를 찾는 마우스 로봇이나 축구하는 축구로봇을 생각하는 것을 볼 때, 그만큼 로봇은 현실적인 모습으로 우리에게 다가오고 있음을 느끼게 된다.

퍼스널 로봇의 역할

퍼스널 로봇은 각종 서류 배달(delivering), 청소(cleaning), 안내(guiding), 순찰(patrolling), 아기보기(baby-sitting), 정보제공(information service) 등의 역할을 할 것이다. 현재 각 분야에 대해서 시범적으로 사용되는 로봇들이 개발되었다. 그림 1은 CMU에서 개발한 박물관 안내로봇, 미네르바(Minerva)로 실제 미국의 스미스소니언 국립 역사 박물관(Smithsonian's National Museum of American History)에서 사용되었다. 미네르바는 박물관에서 사람들에게 다가가 전시물들을 설명해주거나 관람을 유도해주는 말하는 로봇이다.

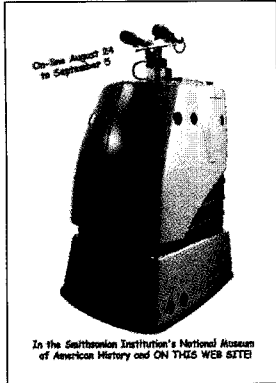


그림 1 Minerva

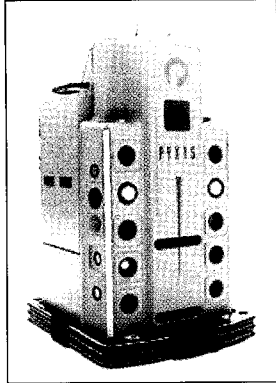


그림 2 HelpMate

그림 2는 미국의 Helpmate사(<http://www.pyxis.com>)에서 개발되어 병원에서 음식(식판) 및 약품을 운송, 배달하고 서류 등의 우편물을 배달하는 이동로봇 시스템이다. 이 시스템은 병원에서 사용되는 로봇으로 안전한 운전을 위하여 자율주행 기능보다 벽과 바닥에 로봇을 안내할 수 있는 표시를 붙여서 로봇이 움직일 수 있도록 하였다.

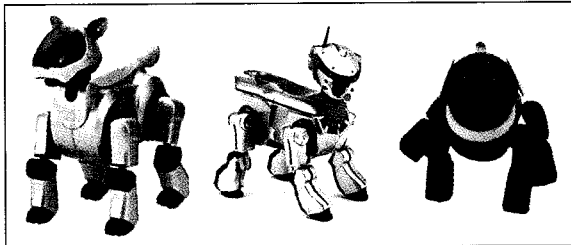
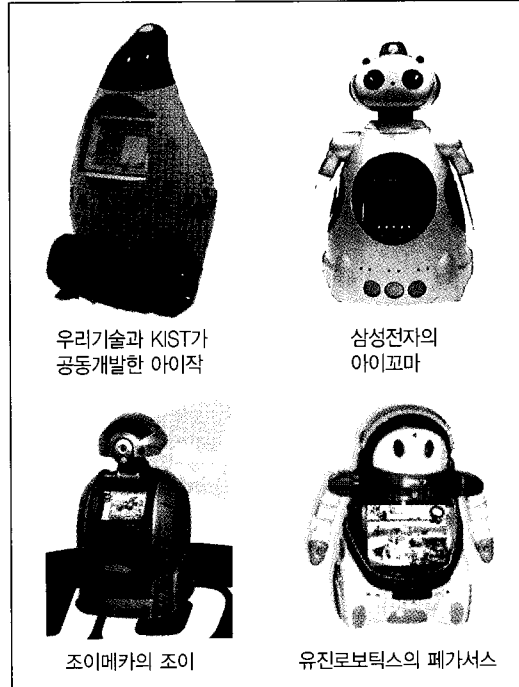


그림 3 sony사에서 개발한 AIBO 시리즈

이와 같이 사무실이나 공공장소에 사용되는 로봇보다 좀더 개인적인 목적으로 가정에서 사용되도록 제작된 로봇들이 있다. 그림 3은 sony사에서 개발한 애완견 로봇인 AIBO 시리즈이다. 11만대이상 팔린 이 로봇은 감정, 본능, 학습, 성장 기능을 갖춘 '자율적으로 행동하는 로봇'이다. 네 개의 다리로 보행하고 인간과 의사소통을 하면서 학습에 의해 자신의 행동 패턴을 변화시켜 나가는 특징을 갖는다. 또 자율모드 외에 퍼포먼스 모드, 게임모드 등의 추가적인 행동패턴도 미리 프로그래밍 되어있어 다양한 재주를 부릴 수 있다. 그림 4은



우리기술과 KIST가 공동개발한 아이작

삼성전자의 아이코마

조이메카의 조이

유진로보틱스의 페가서스

그림 4 국내에서 개발된 홀로봇

최근 국내에서 개발된 가정용 퍼스널 로봇들이다. 정보 제공이 주요 목적이며, 그밖에 보안, 청소, 교육, 오락의 기능 등이 추가되어있다.

퍼스널 로봇을 위한 기반 기술

자 그렇다면, 이러한 퍼스널 로봇을 만들기 위한 기반 기술에는 어떤 것들이 있을지 살펴보자. 로봇은 기계 및 전기요소로 구성된 종합 시스템으로서 여기에는 기계설계, 제어계측, 전자, 전산 등에 사용되는 다양한 기술이 필요하다. 퍼스널 로봇도 마찬가지이다. 다만, 퍼스널 로봇은 인간과 같은 환경을 공유하며 공존한다는 면에서 감성 공학적인 측면을 상당히 고려해야 한다는 측면이 있고, 로봇을 위한 환경이 아니기 때문에 주위환경에 적응할 줄도 알아야 한다. 또한 사람과 함께 생활해야하므로 무엇보다도 안전성이 요구된다.

이에 필요한 기술을 구체적으로 살펴보면, 기구부 제작을 위한 로봇 설계기술, 로봇의 조작, 이동을 위한 제어기술, 주변 환경을 감지하기 위한 인식기술, 전체적

인 상황 판단과 적응을 위한 인공지능기술, 인간과 상호작용을 위한 인터페이스기술 등이 퍼스널 로봇 개발을 위한 핵심기술이라고 할 수 있다.

퍼스널 로봇의 제어 및 인식 기술

- 제어기술

앞장에서 열거한 역할을 수행하기 위해서는 로봇의 동작을 만들어 내고 이를 신뢰성 있게 수행하도록 제어할 필요가 있다. 이러한 일련의 과정을 퍼스널 로봇의 제어라고 한다. 퍼스널 로봇은 그 용도의 성질을 볼 때 대부분 자체의 이동성을 가진 이동로봇이다. 따라서, 이동로봇의 연구분야인 경로 생성 및 계획(path generation or planning), 경로 추적 제어기 설계(path tracking control), 자세제어기법(posture stabilization control), 충돌회피(collision avoidance), 논홀로노믹 시스템 제어기법(nonholonomic system control) 등이 퍼스널 로봇의 제어 분야에 중요한 부분을 차지하고 있다. 로봇팔이 장착된 퍼스널 로봇의 경우, 전통적인 로봇연구분야인 팔 조작 제어(robot arm manipulation) 역시 퍼스널 로봇의 제어의 분야가 된다. 이외에도 퍼스널 로봇을 위한 제어기술은 시각기반제어(visual servoing), 원거리제어(telecontrol), 보행제어(walking control) 등과 순수제어분야인 지능제어(intelligent control), 적응제어(adaptive control), 강인제어(robust control) 등을 모두 포함한다고 할 수 있다.

- 인식기술

로봇은 동작을 수행하기 앞서 현재의 상태를 알아야

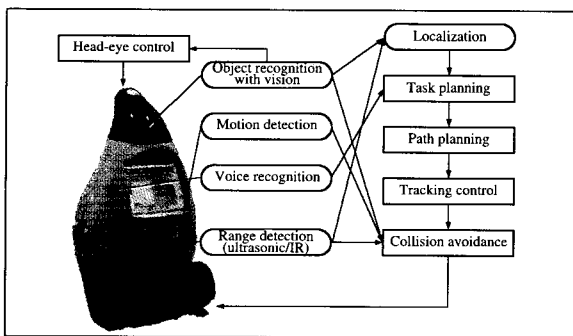


그림 5 퍼스널 로봇의 제어 및 인식 구성도

만 한다. 현재의 상태에 비추어볼 때 어떤 동작을 취해야 하는가를 결정할 수 있는 것이다. 이처럼 현재의 상태를 정확하게 추론하기 위해서는 주위의 환경을 감지(sensing)하고 이를 처리(processing)하여 판단을 할 수 있는 조건을 끌어내는 것을 인식 기술이라고 한다. 로봇에 쓰이는 센서는 시각센서(vision sensor), 초음파센서(ultrasonic sensor), 레이저 거리 측정기(laser range finder), 적외선 센서(infrared sensor), 가속도 센서(accelerometer), 각속도 센서(gyroscope), 디지털 나침반(digital compass), 향기 센서(odour sensor), 음성 인식 센서(voice recognition sensor) 등 거의 모든 종류의 센서를 포함한다. 센서의 자체의 정확도 및 신뢰성을 높이는 것도 중요하고 다양한 센서를 개발하는 것도 중요하지만, 그보다 더 어렵고 핵심적인 기술은 센서로부터 얻은 각종 정보를 로봇이 환경을 판단하는 데 유용하게 쓰일 수 있도록 처리(processing)하는 과정이다. 예를 들어, 시각센서의 경우 CCD 카메라를 이용하여 이미지를 얻는 것은 현재 상당히 높은 해상도와 큰 메모리를 이용하여 실시간으로 받아들일 수 있다. 하지만 이러한 가공되지 않은 데이터(raw data)를 이용하여 물체를 인식하는 과정은 상당히 어려운 분야 중에 하나이다. 인간의 경우, 우리 눈의 시(視)세포는 1억 개가 넘는데, 이 많은 시세포들이 조명이나 그림자 등의 영향을 없애주는 등의 역할을 하므로 물체를 파악할 수 있는 것이다. 현재의 영상처리 기술로는 로봇의 눈을 사람처럼 만들 수는 없다. 눈의 부분적인 기능을 구현하는 것은 가능하나 사람의 눈과 같이 실시간으로 많은 데이터를 처리하는 것은 무리가 있다. 이처럼, 인식기술의 핵심은 센서로부터 얻은 데이터를 효과적이고 빠르게 처리할 수 있는 알고리즘 및 하드웨어를 개발하는 것이라 할 수 있다.

이제 구체적인 예를 들면서 퍼스널 로봇을 살펴본 후 이에 필요한 중요 제어 및 인식기술을 하나씩 살펴보기로 하자. 사무실 환경에서 배달업무(delivering service)를 하는 로봇을 예로 들어보자. 사용자 또는 로봇이 자체로 우편물을 보고 가야할 사무실의 방번호를 여러 개 입력시켰다고 보자. 로봇은 이미 가지고 있던 사무실 지도로부터 가야할 사무실들을 찾아낸다. 이제 경로계획을 해야 하는데, 경로계획에 앞서 우선은 자신

의 위치를 파악해야 한다. 자신의 위치가 파악되면 자신의 위치로부터 어떤 방을 먼저 가고 그 후에 어떤 방을 가야 하는지 등을 결정해야 한다. 물론 가장 짧은 거리 즉 최적코스를 선택해야 하는 것이다. 가야할 방의 순서가 결정되면 처음 방으로 가기 위해서 구체적으로 어떤 경로를 따라야 하는지를 정해야 한다. 복도의 중간을 따라가다가 방 앞에서 90도 회전에서 들어갈지, 아니면 좀더 유연한 경로를 만들 것인지, 아니면 경로 계획 없이 목적지의 위치만을 안 상태에서 행위기반제어(behavior-based control)로 갈 것인지를 정해야 한다. 경로를 추종하다가 지도에 없는 새로운 장애물, 예를 들어 새로 들어온 가구나, 지나가는 사람이 있다면 이를 피해가거나 잠시 멈춰야 한다. 장애물이 움직이는 것이 아니라 새로 놓인 자판기와 같이 환경변화라고 판단된다면 지도를 다시 고쳐야 하는 것도 로봇이 할 일이다. 자 이제 로봇이 가고자 하는 방에 도달했다고 하자. 무사히 첫 배달을 마쳤다. 이제 두 번째 방으로 가면 된다. 그런데, 사무실에 있던 사람이 새로운 배달 서류를 로봇에게 준다. 로봇은 최적코스에 대한 계산을 다시 하고 위의 과정을 반복하면서 배달업무를 계속 실행하게 된다.

여기에 사용되는 제어 및 인식 기술 중 핵심적인 것들을 살펴보자.

- 주행(Navigation)

로봇이 주변 환경을 파악한 뒤 도착점까지 가야 할 경로를 만들어 이동하는 것을 주행(navigation)이라고 한다. 주행을 수행하기 위해서는 기본적으로 자기위치 파악(localization), 경로계획(path-planning), 경로추적 제어(path tracking control), 지도 생성 또는 해석(map-buiding and interpretation)등이 필요하다. 주행은 단순히 이동메커니즘을 구동하는 것뿐만 아니라 다양한 센서로부터의 정보를 이용하여 어디로 갈지를 결정하는 것이다.

- 자신의 위치 파악(localization)

자신의 위치를 알아내는 것은 이동로봇에 있어서 상당히 어려운 문제가 된다. 사람의 경우 시각을 통해서 현재의 위치를 쉽게 판단해 낼 수 있지만, 현재의 영상

처리기술로는 어려움이 많다. 따라서 현재는 초음파센서 등과 같은 거리센서(적외선 센서, 레이저 스캐너 등이 사용된다)와 바퀴에 부착되어 있는 엔코더센서를 이용하여 위치를 파악하는 방법을 사용한다. 이것은 마치 눈을 감고 주위를 더듬어서 가는 것과 같다. 자신이 몇 걸음을 걸었는지를 기억하고 벽의 위치 등을 손으로 감지하면서 가는 것이다. 한번 눈을 감고 복도를 걸어나면서 자신의 위치를 파악한다고 생각해보라. 상당히 어려움이 있을 것이라는 것을 알 수 있을 것이다. 어떤 이들은 복도 중간에 표식(landmark)를 이용하여 자신의 위치를 파악하는 방법을 쓰기도 한다. 이때 위치파악을 위한 영상처리는 항상 작동하는 것이 아니라, 표식이 있을 만한 위치에서만 사용하여 영상처리 시 걸리는 시간 문제를 해결하고, 표식도 시각센서로 쉽게 감지가 가능한 것을 사용하여 영상처리의 어려움을 더는 방법을 쓴다.

- 경로 계획 및 생성(path planning & generation)

다양한 경로 중에서 최적 경로(shortest or optimal path)를 찾거나, 원활한 경로(continuos path)를 생성하는 것이 이의 목적이다. 현재의 기술로는 이동부가 바퀴로 되어있는 경우가 많은데, 바퀴의 경우 논홀로노믹 제약조건(nonholonomic constraints)를 가진다. 쉽게 말해, 자동차를 운전 시 평행한 상태에서 전후의 움직임 없이 좌우로 움직이는 것이 불가능하다는 것을 말한다. 하지만, 전진과 후진을 반복하면 결국에 좌우로 움직인 효과를 가질 수 있는데, 이 경우가 우리가 경험을 통해 익숙해져 있어 인식을 하진 않지만 결국 논홀로노믹 시스템의 경로 계획을 한 것이라고 할 수 있다.

- 경로 추적 제어(path tracking control)

주어진 경로를 추적하도록 로봇을 제어하는 것을 말한다. 이를 위해서는 전술한 자기위치파악(localization)이 필요한 것은 당연하다. 왜냐하면, 자신의 현재 위치를 알아야 경로와의 오차를 알아내어 되먹임제어(feedback control)가 가능하기 때문이다. 하지만, 위의 설명과 같이 항상 자신의 위치를 정확히 파악하는 것은 어려운 일이다. 자신의 위치를 안다고 가정할 경

우의 안정한 경로 추적 제어기 설계 방법은 많은 이들에 의해 제안, 증명되었다.

- 자세 제어(posture stabilization control)

로봇의 위치는 cartesian 좌표계에서 (x, y)뿐만 아니라, 자신의 정면방향(heading angle)을 포함한 자세(x, y, θ , 이상을 posture라 한다)로 표현된다. 로봇의 현재 자세(current posture)에서 목적자세(desired posture)가 주어진 경우, 목적자세로 가는 방법에는 두 가지가 있다. 첫 번째는 위에서 설명했던 경로 계획을 한 후, 경로 추적제어 방법을 써서 가는 방법이 있고, 두 번째는 경로 계획 없이 자세제어방법을 써서 이를 수행하는 방법이다. 두 방법이 장단점이 있는데, 주로 먼거리를 이동하는 경우 경로 계획 후 경로 추적제어기를 사용하고, 가까운 거리를 이동하는 경우, 자세제어기를 사용하는 것이 효과적이라고 할 수 있다.

- 충돌 회피 제어(collision avoidance control)

로봇의 주위에 부착된 거리센서나 시각센서로부터 충돌할 가능성을 인식하면 이에 대응해야 하는데 이것을 충돌 회피 제어라 한다. 충돌 회피는 두 가지 경우로 나눌 수 있다. 물체를 단순히 피하는 동작을 하는 것과 가야할 목적지가 있는 경우, 물체를 피하면서 목적지로 가는 것이다. 전자의 경우는 쉽지만, 후자의 경우는 어려움이 있다. 즉, 목적지가 없이 단순히 피하기 위해서는 충돌 예상 방향으로부터 반대로 가는 가상의 힘(virtual force)을 만들어 멀어지도록 로봇을 제어해주기만 하면 되는 것이다. 하지만, 목적지가 있는 경우, 목적지로 가려는 힘과 피하려는 힘이 zero-sum이 되어 로봇이 움직이지 않는 상태(local minimum point라 한다)에 빠질 가능성이 높으므로 이를 고려하는 것이 필요하다.

- 시각센서를 이용한 물체 인식(object recognition with vision)

사람에게 있어서 눈은 오감 중에서 무엇보다도 가장 많은 정보를 주는 기관이다. 따라서, vision을 이용한 영상처리 기술은 점점 더 로봇의 인식기술에 매우 중요한 부분을 차지하게 될 것이다. vision으로 물체를 인식

하기 위해서 우선 카메라로부터 영상을 받아들이고 영상처리 알고리즘을 적용하여 특정 Object를 인식하는 것이다. 여기서 사용되는 영상처리 알고리즘의 종류는 다양하지만 크게 Color 인식과 Edge Detection을 들 수 있다.

Color 인식은 Color 정보를 이용하여 특정 Object를 인식하는 방법이다. 현재 로봇 연구의 방향이 산업용 로봇에서 휴먼 로봇으로 전이되고 있다는 점을 감안하여 Vision 분야에서도 Skin Color를 이용해 사람을 인식하는 연구가 많이 행해지고 있다.

Edge Detection은 말 그대로 특정 Object의 Edge를 계산해 내는 방법이다. 이 Edge라는 것은 입력 영상의 밝기 정보에 대한 미분값이므로, 엄밀히 말해 앞에서 설명한 Color 인식의 한 부분이라 생각할 수 있다. 밝기 정보 역시 영상에서는 Color로부터 계산되기 때문이다.

- 음성 인식(voice recognition)

음성 인식은 사람의 음성을 알아들어 음성으로써 로봇과 의사소통을 할 수 있도록 하는 기술이다. 소리의 음향학적인 구조를 정확히 파악, 그 특징을 추출하며 음성 DB와 비교하여 인식한 단어를 출력하고 이에 따라서 작업을 수행하는 것이다. 현재, 실시간 음성 인식 및 합성 기술은 상용화 단계에 있다. 따라서, 음성은 로봇과 인간의 상호작용(man-robot interface)을 위한 핵심 기술이 될 것이다. 이와 더불어 음성의 근원지의 방향을 파악해내는 것(sound localization)도 음성에 관련된 인식기술 중의 하나이다.

결론

퍼스널 로봇의 매우 광범위한 기술의 집합체이다. 전기, 전자, 컴퓨터, 기계, 재료 등 거의 모든 공학 분야뿐만 아니라 감성공학, 뇌과학의 분야도 포함한다고 할 수 있다. 각 분야에서의 기술들의 발전은 결과적으로 로봇의 발전을 의미한다. 주지하다시피, 각 분야의 기술은 하루가 다르게 발전하고 있다. 퍼스널 로봇이라는 용어가 아직은 많이 생소한 것이 사실이다. 하지만, 머지않아 퍼스널 컴퓨터, PC가 일상용어가 되듯듯이 퍼스널 로봇 PR 역시 일상용어가 될 날이 그리 멀지 않았다.