

지능로봇 기술 : 연구 및 산업화 동향

이석한 (지능시스템연구센터/성균관대학교)

1. 서론

지능로봇 기술은 인간과 공존하면서 육체적, 정신적, 감성적으로 인간을 보조하는 미래형 생활지원 서비스 로봇을 구현하기 위한 핵심기술이며, 나아가 큰 틀에서는 차세대 정보사회 구현을 위한 핵심 요소기술로서의 역할을 수행할 것으로 기대된다.

차세대 정보사회는 정보, 지식, 지능이 밀접하게 결합된 사회로서 첫째, 언제 어디서나 어떤 미디어/네트워크에 상관없이 인간과 인간, 인간과 기계, 기계와 기계를 연결하는 유비쿼터스(Ubiquitous) 컴퓨팅/통신 인프라, 둘째, 유비쿼터스 컴퓨팅/통신 인프라를 통한 콘텐츠와 서비스의 혁신, 셋째, 유비쿼터스 컴퓨팅/통신 인프라와 콘텐츠 및 서비스의 혁신 위에서 인간에 대한 서비스를 극대화하는 생활 및 사무 공간의 지능화(Ambient Intelligence)라는 특징으로서 대변될 수 있을 것이다.

이것은 크게는 정보사회에서 지능사회로 발전하는 큰 줄기의 흐름을 의미한다. 지능형 가정 환경, 지능형 교통시스템, 지능형 빌

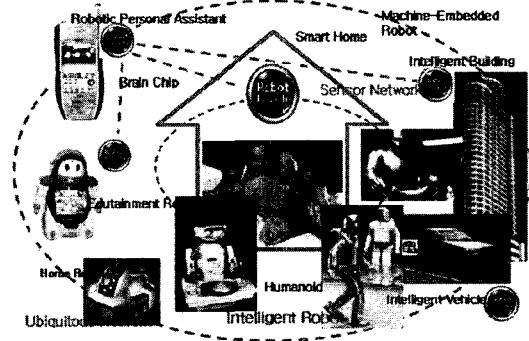


그림 1. 유비쿼터스 환경과 로봇지능 기술

딩, 지능형 의료시스템, 지능형 생산시스템 등은 현재 우리가 목격하는 초기단계의 지능화 사회 구현의 예라 할 수 있다. 지능로봇 기술은 인간의 육체적, 정신적, 감성적 보조자 또는 동반자 역할을 수행하는, 미래 지능사회의 총아로서의 역할을 수행하는, 지능형 서비스 로봇을 구현하는 핵심 기술일 뿐만 아니라, 인간의 생활 주변에 필수적인 요소로써 내재되어 질 지능기능의 구현을 위한 핵심요소기술로서의 역할을 할 전망이다.

특히, 지능로봇 기술은 홈 네트워크, 센서 네트워크, 유비쿼터스 컴퓨팅/통신 환경과 점진적으로 결합되면서 시스템 차원의 새롭

고 다양한 서비스 기능과 비즈니스 모델을 창출할 것으로 기대된다 (그림 1).

II. 정의 및 범위

미래사회의 핵심 기술로써 중요한 의미를 갖는 지능로봇 기술에 대한 정의와 범위를 논의해 보자.

초기 로봇은 컴퓨터와 기계의 결합을 통하여 재프로그래밍(Re-programmability)이 가능한 범용 조작기(Manipulator)의 개념으로 정의되었다. 로봇의 지능기능이 증진되면서 로봇은 감지와 행동이 지능 시스템으로 연결된 지능로봇으로 정의되고, 감지 및 인지 기술, 인간-로봇 상호작용 기술, 자율 주행 및 조작 기술 등이 요소기술로서 부각 되었다. 이러한 지능로봇의 정의는 서비스 로봇과 같은 하나의 개체로서의 로봇을 의미할 뿐만 아니라, 시스템의 요소 기술로서의 임베디드 로봇 및 네트워크와 결합된 네트워크 로봇 등의 개념을 포함하는데 적절하다.

지능로봇 기술은 시각(Robot Vision) 및 촉각(Tactile)을 포함한 감지 기능, 주행 및 조작을 포함한 행동 기능, 그리고 이들을 연결하는 시스템 또는 플랫폼 구성을 통한 지능로봇의 총체적 임무수행 기능 등을 구현하는 핵심 기술 발전에 지난 십 여년 간 점진적인 진보가 있어 왔다. 예를 들면, 자율주행 로봇을 위한 자가 지도작성 및 위치인식 기술, 자가 프로그래밍을 위한 시각 기반 조작(Visual Servoing) 기술, 실시간 행동 생성을 위한 센서 반응 행위기반 제어 기술 등이 있다. 그러나, 인간 생활 환경하에서 인간에게 서비스를 제공하기 위한 지능의 구현을 위해서는

현 지능로봇 기술은 아직 초보단계에 있다고 볼 수 있으며, 따라서 앞으로 많은 기술적인 도전과 돌파(Breakthrough)가 필요할 것으로 예상된다. 기술적인 도전과 돌파가 필요한 분야를 열거하면, 첫째, 복잡하고 동적인 생활 환경에서 자율적으로 임무를 수행할 수 있는 한 차원 높은 자율로봇 기술, 둘째, 육체적, 정신적, 감성적인 면에서 자연스러운 인간-로봇 상호작용 기술, 셋째, 지능로봇 요소기술들을 실시간으로 연결하여 인간과 같은 인지기반 행위를 실현하는 시스템 기술, 넷째, 스스로 자신의 고장 및 결함을 치유하고 환경에 적응하면서 자가성장하는 학습기술, 다섯째, 로봇 기능의 신뢰성과 안정성 확보에 기여하는 지능 기술, 여섯째, 로봇의 지능을 평가하기 위한 지능 평가 척도의 개발 및 이를 통한 정형화된 지능로봇 설계 기술, 일곱째, 지능로봇의 산업화를 위하여 만족해야 할 '비용 < 가격 < 가치' 부등식을 위한 지능 기술의 역할.

III. 로봇의 자율성(AUTONOMY) 증진을 위한 핵심 기술

차세대 자율로봇 기술의 실현을 위해서는 한 차원 높은 감지 및 인지 기술의 발전이 요구된다.

지능로봇을 위한 감지 및 인지 기술의 핵심은 복잡하고 동적인 환경에서 변화에 강인하고 실시간으로 인식/이해할 수 있는 시각 기술, 다양한 물체를 유연하게 조작 하는데 필요한 촉각영상 기술, 여러 모드의 감지 신호를 통합/퓨전하여 불확실성을 제어하고 정보량을 최대화하는 센서퓨전 기술, 로봇의

자가 프로그래밍 기능의 정수인 인지기반 행위생성 기술, 예상하지 못한 상황에서 로봇 스스로 문제를 해결하는 문제해결 기술, 스스로 기능을 확장할 수 있는 자가학습 기술 등이다. 자율주행로봇의 예를 들자면, 그동안 기술적으로 많은 진보를 이룩한 자가 위치인식 및 환경지도 작성의 경우에도, 인간과 같이 실시간으로 공간을 모델링하면서, 다양한 자연적 표식자를 사용하여 위치인식을 실현하는 정도에 이르기까지는 아직도 많은 발전이 요구된다.

III-1. 시각 기술

시각 기술은 지난 수십 년 간 많은 진보를 하였으나, 아직도 다양하게 변화하는 환경에 대한 강인성과 실시간성에서 지능로봇 응용에 대해서는 문제점을 안고 있다. 따라서 강인하고 빠른 3차원 환경 감지, 모델링, 인식 및 이해를 위한 비전 시스템의 개발이 현재 주요 이슈로 대두되어 있고, 활발한 연구가 진행되고 있다. 예를 들면, 텍스처가 존재하지 않은 영역에 대해 거리를 계산할 수 없는 스테레오 비전 시스템의 문제를 보완하기 위한 실시간 능동 3차원 감지 기술의 발전, 비전 프로세싱을 고속으로 처리하기 위한 비전 ASIC/SoC 등 특수 하드웨어의 개발, 가려짐이 많은 복잡하고 변화하는 환경에서 실시간으로 물체를 인식하는 기술, 복잡한 환경에서 가려짐과 배경 움직임이 있음에도 불구하고, 강인하게 다중 물체 및 자세를 실시간으로 추적하는 기술, 영상의 장면으로부터 상황/맥락을 이해하는 기술 등이다.

3차원 감지 기술 : 지능로봇의 3차원 감지에는 비접촉으로 고해상도 거리영상을 획득할 수 있는 광학적 방식이 주로 사용된다. 그림 2는 대표적인 3차원 감지기를 나타낸 것이다. 구조 광(structured light) 기법과 같은 능동적 방식은 스테레오 비전과 같은 수동적 방식과는 달리, 텍스처가 존재하지 않는 물체에 대해서도 3차원 형상을 복원할 수 있다는 장점 때문에 역 공학(Reverse Engineering), 디자인 등의 산업 분야에서는 널리 사용되고 있으며, 실시간성, 소형화 등이 이루어지면서 지능 로봇에의 응용이 확대되고 있다 (그림 2). 3차원 감지의 결과를 모델링 및 물체 인식에 응용하기 위해서는 거리영상만이 아니라, 텍스처, 색상 등의 정보를 얻을 수 있는 영상 정보가 동시에 획득되는 것이 매우 중요하다. 따라서 능동 거리영상과 칼라 영상을 실시간으로 획득하고 융합하는 기술이 요구된다.

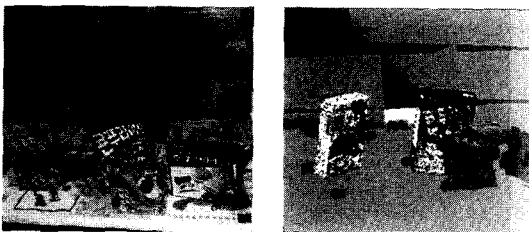
제조회사/ 제품명	Point Grey / Bumblebee	SICK / LMS200	CSEM / SR2	Genex / Rainbow
3D 영상				
원리	triangulation	triangulation	time-of-flight	triangulation
장/단점	저가, 고속, 소형, 근거리 + 칼라영상+거리영상 -점 대응 문제, 조영민감	고가, 저속, 중형, 원거리 + 높은 정확도 -인체 유해성, 속도	고가, 고속, 중형, 원거리 + 정확도 (원거리) -제한성도, 크기	고가, 저속, 중형, 근거리 + 정확도 -사용자개발, 크기

그림 2. 대표적인 3차원 감지 장치

3D 모델링 및 물체인식 : 3차원 모델링 및 물체인식 기술은 다양한 3차원 및 2차원 센서를 통하여 입력되는 자료의 처리 및 인식을 통하여 3차원 공간 정보를 추출하고 이를 이용하여 로봇의 주행 및 조작에 필요한 주

변 환경 및 물체들을 모델링하고 인식하는 기술을 말한다. 그러나, 기존의 3차원 모델링 및 물체인식 기술이 지능로봇에 활용되어 실제 세계의 다양한 환경에서 제약조건 없이 빠르고 안정적으로 모델링과 인식을 수행하기에는 아직 많은 한계에 직면하고 있다. 3차원 모델링 및 물체인식 기술이 지능로봇에 효과적으로 활용되기 위해서는 다양한 물체, 가려짐, 잡음 등에 강인하게 실시간으로 환경과 물체를 모델링 하고 인식할 수 있는 기술의 발전이 요구되며, 환경 모델링과 물체 인식을 로봇의 작업과 연계하여 효율적으로 통합할 수 있는 기술 또한 필수적인 요소기술 중 하나이다. 예를 들면, 물체인식, 환경 모델링, 작업계획 기술을 통합하여 지능로봇의 실시간 작업을 구현하는 기능은 미래 서비스 로봇을 위하여 중요한 역할을 할 것이다(그림 3). 또한 동적으로 변화하는 주변환경 속에서 강건하고 빠르게 3차원의 환경을 모델링하고 물체의 정확한 위치를 인식할 수 있는 기술의 개발이 요구된다.

다중 물체 추적 : 복잡한 환경에서 동작을 인식하고, 물체의 동작을 추적하는 기술은 로봇과 인간이 공존하는 비정형화된 공간에서 필수적인 요소기술로서 단일 물체 추적



(a) 로봇의 작업환경

(b) 환경 및 물체인식의 통합

그림 3. 지능로봇의 작업환경 모델링 및 물체인식

기술에서부터 다중 물체 추적 기술 및 자세 추적 기술로 발전 되고 있다. 배경이 카메라의 상대적인 움직임 하에서 물체의 동작을 추적하는 기술, 2차원 영상으로부터 3차원 동작 및 자세를 추적하는 기술, 추적하고자 하는 대상 물체가 다른 물체나 환경에 의해서 가려지는 경우 혹은 이동 하는 물체들 사이에 겹쳐짐이 나타나는 경우를 고려하는 기술 등이 추가로 연구 되어야 한다. 그림 4는 실험실 환경에서 사람의 형상과 얼굴을 추적하는 예이고, 그림 5는 사람 형상 2차원 이미지에서부터 3차원의 자세를 추적하는 예이다.



얼굴 이미지 위치 획득

그림 4. 실험실 환경에서 사람 추적

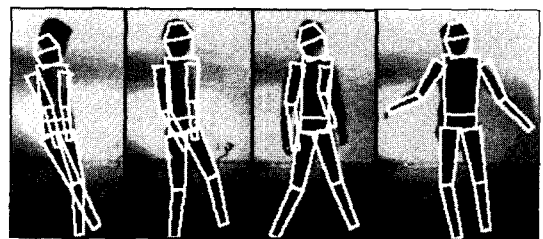


그림 5. 사람의 3차원 자세 추적^[15]

상황/맥락 이해 : 로봇 인지의 중요한 발전 방향의 하나는 물체인식 차원으로부터 상황/맥락 이해의 차원으로 기능이 한 단계 개선 되는 것이다. 장면 이해는 물체인식 이외에 물체간의 기하학적 또는 물리적 관계를 인식 하는 기능으로 지능로봇이 인간 생활환경에

서 인간에게 서비스를 수행하기 위하여 필수적인 기술이다. 로봇이 주어진 입력 정보로부터, 배경의 맥락을 이해하기 위해서는 물체, 환경, 사용자의 특성과 같은 지식을 가용할 수 있는 방식으로 체계화한 지식/정보 시스템의 구현이 선행 되어야 한다. 로봇과 환경 사이의 정보 소통을 용이하게 하기 위한 지식 표현의 표준화 작업이 필요하다. 그림 6은 물리적 감지기들과 로봇 플랫폼 및 상황/맥락 이해를 위한 처리 기능들 사이의 관계를 나타낸 것이다.

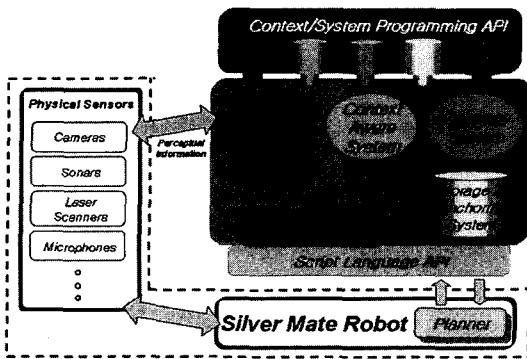


그림 6. 상황/맥락 이해

III-2. 촉각영상 기술

폴리머(Polymer) 또는 압전소자 MEMS 기술을 이용한 마이크로 액츄에이터, 센서 기술의 발전에 의하여 촉각 영상을 측정할 수 있는 대면적 피부 센서의 실용화가 가능하게 될 전망이다. 이러한 대면적 피부 센서에 의해서 생성된 촉각영상은 물체의 미세한 조작에 필수적으로 이용되고 시각영상과 결합된 감지기반 물체 조작 패러다임 하에서 지능로봇이 물체를 신뢰성 있고 안정되게 조작하는데 큰 역할을 할 것으로 기대된다.

III-3. 인지기반 행위생성 기술

기존의 로봇 행위 생성 방식으로는 크게 상위 수준의 인지과정을 강조하는 숙고형(Deliberative)과 하위 수준의 인지과정을 강조하는 반사형(Reactive)으로 구분된다¹⁶⁾. 숙고형 시스템은 센싱-플래닝-행위의 순차적 과정을 통하여 주어진 목적을 달성하는 문제 해결과정을 갖는다. 이러한 접근 방법은 복잡한 행동을 계획하고 수행할 수 있는 가능성을 제시하고 있으나, 정확한 환경모델에 근거해야만 예측 가능한 성능을 얻을 수 있으므로 동적인 요소와 불확실성이 많은 환경에서의 동작에 문제가 있을 수 있다. 이와는 달리, 반사형 접근 방법은 분산된 개별 모듈들이 각자 환경에서 얻어진 정보로부터, 즉각적인 반응을 산출하는 방식에 기초한다. 복잡한 플래닝 없이도 실제 곤충의 움직임과 같은 자연스러운 행위를 보여 줄 수 있다는 점에서, 많은 가능성을 제시하고 있지만, 추론, 판단과 결정, 계획과 같은 좀 더 복잡한 상위 인지과정을 실현하기 곤란하다는 단점을 지닌다. 이 두 가지 방식의 단점을 보완하는 혼합형(Hybrid) 시스템에 대한 연구도 많이 이루어지고 있다.

하지만 지능로봇에게 요구되는 상위 수준의 인지 기반 행위 생성 기능의 실현을 위해서는 인간과의 상호작용 하에 강인하고 상황적응적이며 효율적인 기존의 접근 방식의 한계를 극복할 수 있는 새로운 방식이 필요하다. 즉, 지능로봇에게 사람의 인지를 통한 행위 생성 방식과 유사한 능력을 부여하는 인지 로봇 엔진(Cognitive Robotic Engine)의 개발이 요구된다. 이는 최근에 미국, 유럽 등의

연구기관들에서 연구되기 시작한 분야로서 로봇 지능화 및 요소기술 통합에 필요한 핵심 기술로 평가된다. 인지 로봇 엔진은 다양한 정보처리 모듈들을 활용하여 정보획득을 할 뿐만 아니라 불확실한 센서들의 입력으로부터 자연스러운 행위를 끌어내어 목표달성이 가능하도록 유도한다.

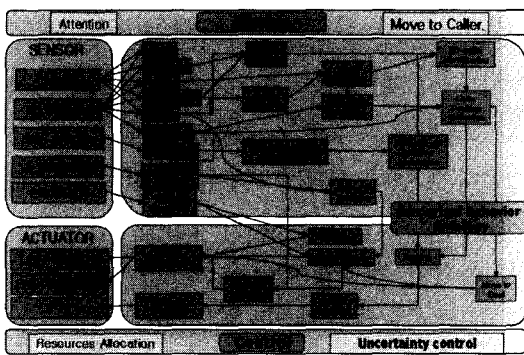


그림 7. 호출자 인식 문제 해결을 위한 인지 로봇 엔진의 블록 다이어그램

그림 7은 로봇 호출자 인식 문제를 로봇 인지 엔진을 통해 해결하는 인지 기반 행위 생성기술의 예제를 보여준다.

III-4. 문제해결 기술

로봇의 자율성을 증가시키는 연구의 또 다른 이슈는 로봇의 문제해결 능력을 한 단계 진보 시키는 것이다. 로봇의 문제해결 능력은 전통적으로는 인공지능에서 추구하는 추론에 의한 작업계획에 의존하여 왔으나, 실제 구현에 있어서는 정확하고 구체적인 상황 인지 및 표현에 전적으로 의존하므로, 이러한 제한점을 극복하는 것이 관건이다. 인간 행위의 기본 원칙인 감지에 의한 행동 도출 개념을 이용하여 실시간으로 문제를 해결하

는 행위 기반 문제해결 접근 방법이 대안으로 제시되었으나, 고차원의 문제를 해결하는 데에는 불충분하다. 따라서, 실시간으로 자연스럽게 감지와 행위를 연결하면서, 추론을 통하여 제공되는 고차원의 문제해결 능력을 구현하는 새로운 기술이 요구된다.

로봇지능의 발전을 위한 문제해결 기술을 개발하기 위해서는 다음과 같은 요소기술에 대한 연구개발이 필요하다.

- 주행 또는 조작 시 외부 돌발상황에 대한 문제 해결 기술
- 문제 해결에 필요한 분야별 지식을 체계적으로 표현하기 위한 온톨로지 기술
- 고장에 대한 자가 치유 및 적응 기술
- 문제 표현 및 지식기반 탐색(search) 기술
- 반응형 행위(reactive behavior)와 숙고형 행위(deliberative behavior)간의 조화 기술
- 시간, 행동, 인식, 에이전트 내적 상태 등의 추론 기술

III-5. 자기학습 및 성장 기술

로봇의 자율성의 확보하기 위해서는, 궁극적으로 로봇이 스스로 학습할 수 있는 기능이 필요하다. 로봇의 학습은 사람 또는 외부에서 지식을 전수 받는 교사학습(supervised learning)과 경험 또는 추론에 의하여 스스로 지식을 창출하는 무교사학습(unsupervised learning)으로 구분된다. 전자의 학습으로는 인간에서 로봇으로의 스킬전이 또는 모방에 의한 학습 등이 있다. 후자의 학습은 자가 적응, 자가 성장의 개념으로 연구되고 있다. 자가 적응 및 성장 개념은 지능로봇이 내부적인 고장을 스스로

치유하고 더 나아가서 최적의 성능을 위해 외부 환경의 변화에 스스로 적응할 수 있도록 설계할 수 있는 기술을 의미한다. 그리고 궁극적으로 외부의 지식과 기능을 로봇 내부로 가져와 스스로를 재구성하고 성장시킴으로써 자신의 기능과 능력을 스스로 향상시킬 수 있는 자가성장 기술로 발전될 전망이다. 이러한 자가성장 기술은 네트워크 및 소프트웨어 공학 기술의 발전에 힘입어 가까운 미래에 실현될 수 있을 것이다(그림 8 참조).

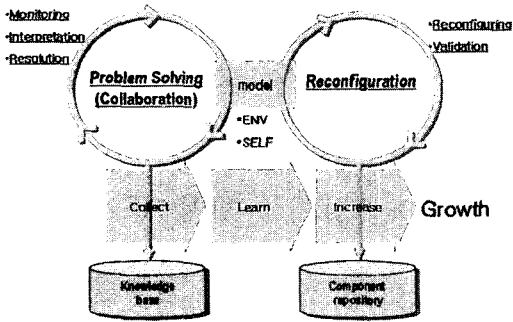


그림 8. 자가치유/적응/성장을 위한 시스템구조

IV. 인간-로봇 상호작용 기술

자연스러운 인간-로봇 상호작용은 사람과 로봇의 육체적, 정신적 또는 감성적인 상호작용을 포함한다. 육체적 상호작용은 사람과 로봇이 동일한 작업공간에서 협력 및 협동 작업을 수행할 경우, 또는 로봇이 육체적으로 인간을 보조하는 경우에 일어난다. 이전의 로봇은 인간의 육체적 기능과 반응을 이해하고 이를 보완하여 공동의 목표를 어떻게 달성하느냐라고 하는 것이 기술적 과제이다. 정신적 상호작용의 경우, 로봇이 인간의 사고를 도와주고 자극할 수 있는, 대화를 통한 또는 저작을 통한 상호작용 기술이 요구된

다. 감성적 상호작용의 경우, 로봇은 인간의 감성을 감지하는 기술과, 인간의 감성을 이해하는 능력이 필수적이다.

현단계의 인간-로봇 상호작용 연구는 시각 정보처리 기술, 음성 정보처리 기술 그리고 감성 및 인지 관련 기술 등의 요소기술에 집중되고 있다. 시각 정보처리 기술에는 얼굴검출 및 인식, 신체 영역 검출 및 추적, 표정인식, 독순(lip reading), 시선 추정, 제스처 인식 등이 포함된다. 이 중에서 얼굴과 신체 영역의 검출은 주로 사용자의 존재나 위치를 파악하기 위해 사용될 수 있다. 얼굴검출 기술은 가장 활용도가 높은 기술 중의 하나로서, 복잡한 배경에서도 사용자의 위치를 비교적 손쉽게 추정할 수 있는 단서로 사용되는데, 원거리의 측면 얼굴까지도 검출하는 기술의 개발이 요구되고 있다. 신체 영역의 검출은 복잡한 배경에서의 영역 분할이라는 매우 어려운 문제와 관련되기 때문에 운동정보나 색상 등의 부가적인 정보에 의존하는 접근 방법이 많이 쓰이고 있다. 복잡한 배경에서 실시간으로 다양한 자세의 신체를 확인하는 기술 개발이 요구된다. 얼굴인식 기술은 사용자 인증이나, 출입 통제 등에 상용화된 기술이다. 그러나 제한된 조명 조건에서 자세나 표정 등이 제한된 상태의 얼굴 인식을 주요 대상으로 하기 때문에, 해결해야 할 과제들이 남아 있다. 조명 등의 환경 변화에 강인하게, 로봇을 직접 바라보지 않고 있는 다양한 자세의 사용자를 인식할 수 있는 기술이 요구된다. 3차원 감지기술의 발전은 3차원 얼굴인식 문제를 보다 쉽게 해결해 줄 것이다.

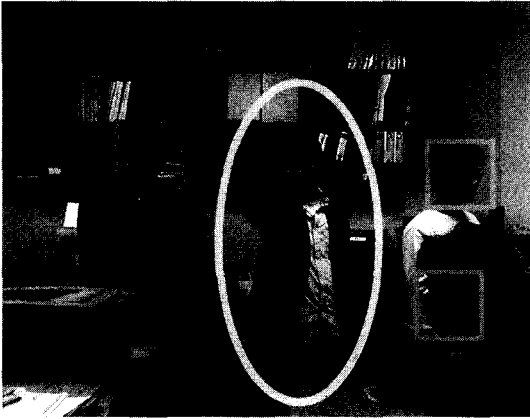


그림 9. 시각 기반의 인간-로봇 상호작용

사용자의 정서 상태나 의도에 대한 이해를 위한 표정인식 및 시선 추정 등은 주요한 요소기술의 하나이다. 얼굴의 개별적인 특징 요소의 추출 혹은 저장된 모형과의 정합은 비교적 높은 해상도의 영상입력을 요구한다. 그러나 통상적인 상호작용은 거리를 두고 이루어지기 때문에 요소 기술에서 요구하는 만큼의 정보를 얻지 못하는 경우가 많게 된다. 따라서 동영상으로부터 높은 해상도의 영상을 얻는 기법 등이 적용될 수 있다. 제스처 인식은 보다 직접적으로 호출, 인사, 지시 등의 행위를 이해하기 위해 사용된다. 제스처 인식 기술은 피부 색상이나 움직임 정보 등의 초보적인 단서를 사용하는 방법에 많이 의존하고 있으며, 윤곽선의 추출 및 추적, 신체 모형과의 정합 등 다양한 접근 방법들이 시도되고 있다. 그러나 가정환경의 지능 로봇에 적합한 제스처 인식 방법은 아직 연구가 많이 필요한 상황이다. 특히, 실시간에 복잡한 배경으로부터 신체 영역을 분할 해 내고, 자세를 추정하는 기술이 핵심적인 과제이다.

음성 정보처리에는 음원 추적, 음성인식 및 합성, 화자 인식 등을 포함한다. 음성 정보처

리는 오랜 역사를 가지고 있는 기술로서, 전화를 이용한 정보검색 서비스, 휴대폰 서비스, 번역기 등 다양한 분야에 상용화되고 있다. 인간-로봇 상호작용 분야에서의 음성 정보는 사용자의 위치 파악 및 명시적인 명령어 입력 수단으로 주로 사용되고 있다. 음성 인식 기술은 소규모, 고립단어, 화자종속에서 대규모, 연속문장, 화자독립 기술로 확장되고 있다. 제한된 전문분야를 영역으로 하여 마이크로폰을 사용하는 경우에는 받아쓰기가 가능한 정도로 인식성능이 향상되었음에도 불구하고, 잡음 환경에서, 원거리 음성 인식은 아직도 과제로 남아있는 상황이다. 소수의 가족만을 대상으로 하는 서비스 로봇의 경우에는 화자적응기술을 사용하는 것이 가능한 반면에, 공공 서비스를 수행하는 안내 로봇과 같은 경우에는 화자 독립 음성인식 기술이 주요한 문제가 된다. 음원의 위치 추정 기술 역시도 실제의 환경에서 요구되는 잡음 환경에서의 복수 음원 위치의 동시 추정은 아직 해결되지 않고 있다. 음성 정보처리와 관련하여 배경 잡음과 음성신호를 실시간으로 분리하는 기술은 환경 잡음의 문제를 해결하는 하나의 중요한 기술이 될 것이다.

감성은 사회적 맥락과 관련된 매우 복잡한 현상으로 인간의 행동, 의사소통 및 상호작용에 핵심적인 요소이다. 예를 들어 휴머노이드 로봇이 음성 합성을 통해 사용자에게 정보를 전달할 때, 음성의 기복과 얼굴 표정의 변화를 적절히 사용한다면 좀더 자연스럽게 느껴질 것이다. 또한 로봇이 사람의 얼굴 표정과 음성에서 감성 정보를 얻을 수 있다면 그 상황에 맞는 서비스를 제공하기에 유리할 것이다. 이렇듯 감성 상호작용 기술은

로봇을 단순한 기능만을 수행하는 기계가 아닌 사람과 공존하는 독립된 사회 구성원으로 느껴지게 하는 데에 없어서는 안 될 요소기술이다.

인간들 사이의 의사소통은 시각 정보와 청각 정보가 동시에 사용되는 경우가 많다. 예를 들어, 사용자가 손으로 특정한 사물을 지시하면서 음성으로 '저 컵을 가져와' 하고 명령을 내리는 경우라면, 로봇은 음성인식과 제스처 인식을 통합하여 상황을 이해해야만 적절한 서비스를 수행할 수 있을 것이다. 이때 시각이나 청각 단서 하나만을 사용해서는 제한적인 정보만을 얻게 된다. 따라서 효율적인 시청각 정보의 융합은 자연스러운 상호작용에 중요한 기술이 될 것이다. 한편, 영상을 이용한 독순(lip reading) 기술은 잡음이 매우 심한 환경에서 급격히 저하되는 음성인식 성능을 보완하는데 사용될 수 있다. 더 나아가 복합적인 입력정보를 상황 이해(context awareness)하고 적응 및 학습을 통해 로봇의 행동을 개선해 나간다면 생활의 동반자에 가까운 로봇이 구현될 것이다. 로봇의 상황 이해 능력을 극대화 하기 위한 유비쿼터스 네트워크 환경 연구나 로봇 기술을 적용한 지능형 빌딩, 지능형 자동차와 같은 임베디드 로봇 연구도 근래 많이 이루어지고 있다.

서비스 로봇의 기능 및 목표가 변화함에 따라서 인간-로봇 상호작용의 요구사항도 발전되어야 한다. 첫째, 명령수행을 목표로 하는 경우 인간-로봇 상호작용 기능은 추상적이고 불완전한 인간의 명령에 대하여 상호작용으로 인간 의도를 분명하게 파악하는 기능이 요구된다. 둘째, 인간과 협동하여 작업을 수행하는 것을 목표로 하는 경우에는 작

업, 임무 및 인간의 능력에 대한 이해가 필요하며, 인간의 현재 상태를 감지 및 이해하여 임무를 공동으로 성공 시킬 수 있는 상호작용이 요구된다. 셋째, 인간을 감성적, 정서적으로 지원하는 목표를 갖는 경우, 로봇은 인간의 감성을 이해하는 기능이 요구되는데, 인간 인지에 대한 모델링을 통해 인간이 자세하게 불평하지 않고 불완전한 표현을 해도 대처할 수 있는 능력과 개인의 특성에 따른 학습 기능이 요구된다. 넷째, 동반자로서의 서비스 목표를 갖는 경우, 앞의 세 가지 기능에 추가하여, 지적, 정서적 조력이 가능한 기능이 요구되며, 한 예로 개인의 특성에 맞는 깊이 있는 대화가 가능해야 한다. 이와 같은 인간-로봇 상호작용의 요구사항의 실현을 위해서는 지각적 수준의 상호작용을 넘어서는 상당한 수준의 로봇 지능이 필요하다.

V. 시스템 및 컴포넌트 기술

지능로봇의 구현을 위한 시스템 구성에 대한 진보도 필요하다. 지능로봇은 다양한 기능 요소들이 결합되기 때문에 이러한 요소들을 유연하게 결합할 수 있는 모듈화된 시스템 구성이 필요하다. 실시간 지능 기능을 구현할 수 있는 시스템 구성 요구사항과 다양한 지능 요소 기능들을 심지어 분산된 컴퓨팅 환경하에서도 유연하게 활용할 수 있는 시스템 구성이 요구된다. 그림10은 로봇 S/W 모듈화의 예를 보여준다.

로봇의 지능은 로봇이 보유하고 있는 기계적 조작성과 밀접한 관계에 있다. 예를 들어, 사람 손과 같은 다관절 다기능 로봇손 또는 팔은 로봇의 서비스 기능을 확대할 수 있는

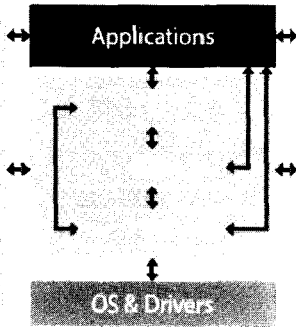


그림 10. 로봇 S/W의 모듈화^[17]

바탕을 제공하면서, 지능 로봇의 기능을 확장 시킨다. 현재 고차원의 조작성을 갖는 로봇 손이나 팔에 대한 개발이 활발히 진행되고 있으나, 아직 로봇자체무게 대비 조작 가능한 물체의 무게의 비를 개선해야 하고, 가격을 감소시키는 노력이 필요하다 (그림 11 참조).

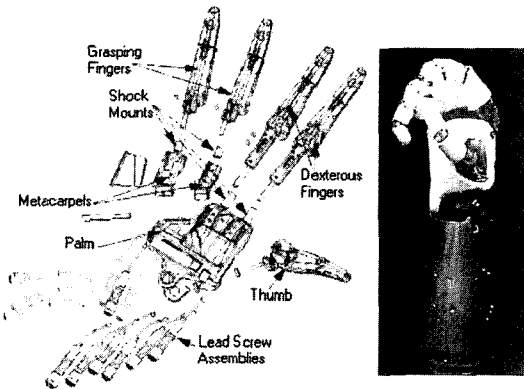


그림 11. 고차원의 조작성을 갖는 로봇 손^[18]

VI. 로봇 지능 척도 및 설계 기술

지능로봇을 설계하는데 있어 어려운 점 중 하나는 설계의 지침서로 사용될 수 있는 시스템의 지능을 정의하기 위한 정형화된 척도가 알려져 있지 않다는 것이다. 그러므로 지

능로봇에 적합한 시스템 지능의 측정의 공식화가 가능해야 하며 이를 통해 '비용 < 가격 < 가치' 부등식을 만족시킬 수 있는 로봇지능 기술의 개발이 가능해지고 상업적 성공을 이룰 수 있을 것이다.

VII. 지능로봇 기술의 산업화

지능로봇의 산업화를 위한 비즈니스 모델은 다음과 같이 세가지로 분류할 수 있다. 첫째, 지능로봇을 하나의 단일 제품으로 상품화할 수 있다. 예를 들면, 청소로봇, 장난감로봇, 교육 로봇, 안내 로봇, 의료 로봇 등이 현재 상품화 되고 있으며 추후로는 가정용 서비스 로봇, 보안 로봇, 교육 및 오락 로봇, 노인 복지 로봇 등의 상품들이 개발될 것으로 예상된다(그림12 참조). 둘째, 로봇기능을 시스템 컴포넌트로 활용하는 임베디드 로봇 제품으로 상품화가 가능하다. 예를 들어, 불변특징 인식, 차선 인식, 자동 충돌 회피, 자가 주차 등의 기술들을 필요로 하는 지능형 교통시스템과 얼굴인식, 동작 추적 등의 기술들을 필요로 하는 지능형 빌딩 시스템 등의 제품들이 여기에 해당한다(그림 13 참조).

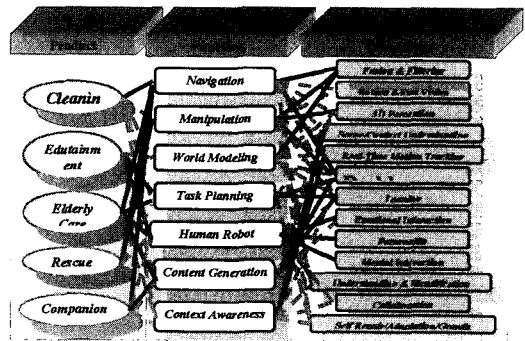


그림 12. 단일제품 로봇 상품과 관련 기술

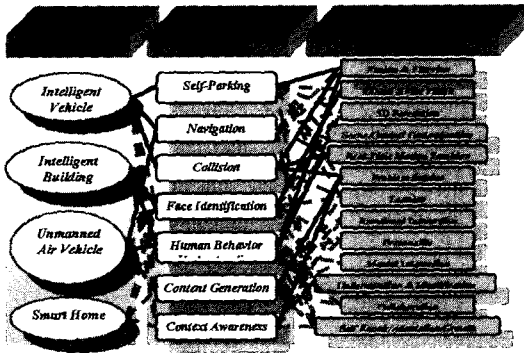


그림 13. 임베디드 로봇 상품과 관련 기술

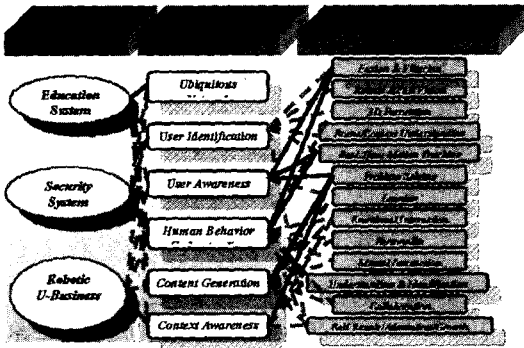


그림 14. 서비스 형태의 로봇 상품과 관련 기술

셋째, 로봇지능 기술을 하나의 서비스 및 솔루션으로 상품화 할 수 있다. 이러한 비즈니스 모델은 교육 시스템, 보안 시스템 등의 형태로 상품화 될 수 있다 (그림 14 참조).

Ⅷ. 결론

지능로봇 산업은 홈서비스 로봇, 안내 로봇, 구조 로봇, 정보오락 서비스 로봇, 개인도우미 로봇 등의 출현으로 가시화되고 있다. 지능로봇 관련 원천 및 실용기술에 대한 관심과 투자는 산업화를 가속화 할 뿐만 아니라, 지능로봇 기술이 서비스 로봇의 차원을 넘어 차세대 정보사회 구현을 위한 핵심

기술로 발전하도록 할 것이다. 지능로봇 기술은 인간의 동반자 역할을 수행하는 서비스 로봇의 구현을 가능하게 할 뿐만 아니라, 인간의 생활 주변에 요소기술로서 광범위하게 내재되어 지능 네트워크의 근간을 이루게 될 것이다. 차세대 정보사회의 주요 특징인 유비쿼터스 컴퓨팅/ 통신에 기반한 생활 및 사무 공간의 지능화 (Ambient Intelligence)는 이와 같은 지능로봇 기술의 기반 위에서 실현 될 것이다.

참고문헌

- [1] S. Se, D. Lowe and J. Little, "Vision-based mapping with backward correction," 2002 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2002
- [2] D. Lowe. "Object recognition from local scale invariant features," In proceedings of the Seventh International Conference on Computer Vision (ICCV'99), pages 1150-1157, Kerkyra, Greece, September 1999.
- [3] P. Besl and N. McKay, "A method for registration of 3D shapes," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligent, vol. 14, pp. 239-256, 1992
- [4] Szymon Rusinkiewicz and Marc Levoy, "Efficient variants of the ICP," The 3rd International Conference on 3D Digital Imaging and Modeling, 2001
- [5] M. A. Garcia and A. Solana, "3D Simultaneous localization and modeling from stereo vision," International Conference on Robotics & Automation (ICRA'04), New Orleans, LA, April 2004
- [6] A. Nüchter, H. Curmann, and J. Hertzberg, "Automatic model refinement for 3D reconstruction

with mobile robots," 3-D Digital Imaging and Modeling, 2003.

[7] M.A. Fischler and R.C. Bolles, "Random sample consensus: a paradigm for model fitting with application to image analysis and automated cartography," Commun. Assoc. Comp. Mach., vol. 24, pp. 381-395, 1981.

[8] Y.Chen and G. Medioni, "Object modeling by registration of multiple range images," In proceedings of the IEEE Conference on Robotics and Automation, 1991.

[9] D. Huber, O. Carmichael and M. Hebert, "3-D Map reconstruction from range data," In proceedings of the IEEE Conference on Robotics and Automation, 2000.

[10] Y. Liu, R. Emery, D. Chakrabarti, W. Burgard, and S. Thrun, "Using EM to learn 3D models of indoor environments with mobile robots," In proceedings of the 18th Conference on Machine Learning, Williams College, July 2001.

[11] H. Surmann, A. N?chter, and J. Hertzberg, "An autonomous mobile robot with a 3D laser range finder for 3D exploration and digitalization of indoor environments," Journal Robotics and Autonomous Systems, vol. 45, no. 3-4, pp. 181-198, December 2003.

[12] D. Hahnel, W.Burgard and S.Thrun, "Learning compact 3D models of indoors and outdoor environments with a mobile robot," Journal Robotics and Autonomous systems, vol. 44, 2003.

[13] S. Thrun, W. Burgard and D. Fox, "A Real-Time algorithm for mobile robot mapping with applications to multi-robot and 3D mapping," IEEE International Conference on Robotics and Automation, San Francisco, April 2000.

[14] A. E. Johnson and M. Hebert, "Using spin

images for efficient object recognition in cluttered 3D scenes," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 21, May 1999.

[15] M.W.Lee, I.Cohen, and S.K.Jung, "Particle filter with analytical inference for human body tracking," Proceedings of the Workshop on Motion and Video Computing(MOTION'02), pp.159-165, 2002.

[16] R. C. Arkin, Behavior-Based Robotics, The MIT Press, 1998.

[17] <http://www.evolution.com/>

[18] http://vesuvius.jsc.nasa.gov/er_er/html/robonaut/robonaut.html

저자소개



이 석 한

1972년 서울대학교 전기공학 학사
 1974년 동대학원 전기공학 석사
 1982년 Purdue University, West Lafayette, Electrical Engineering 박사
 2003년-현재 성균관대학교 정보통신공학부 교수, 성균관대학교 지능시스템연구소 센터장
 1998년-2003년 삼성종합기술원, Chief Research Officer-Microsystems 총괄(전무), 특별연구팀 팀장(겸), System & Control Sector 연구소장(전무), MEMS, Nano, and Mobile Systems Laboratories 연구소장
 1990년-1997년 Jet Propulsion Laboratory/California Institute of Technology(NASA), Senior Member of Technical Staff
 1983년-1997년 Univ. of Southern California 조교수, 부교수(겸직), 정교수(겸직)
 1982년-1983년 Rensselaer Polytechnic Institute, Post Doctoral Fellow
주관심 분야 나노 시스템 분야에서는 Ubiquitous Computing에 필요한 MEMS/NEMS, 광 결정을 포함한 광 집적소자, 생물체의 감지(가운데 점)구동 및 에너지 시스템을 모체로 하는 Nano-Bio Robotics 에 관한 연구를 하고 있음. 지능 시스템 분야는 시각/청각 정보에 의한 실시간 인지 및 이해, 지능구현을 위한 정보처리 엔진, 이동 및 조작을 위한 Sensory-Motor Coordination에 관한 연구를 수행하고 있음.