

# 대화를 기반으로 한 인간-로봇 상호작용

연세대학교 | 임수정\* · 홍진혁\* · 조성배\*\*

## 1. 서론

2035년 로봇은 인간을 위해서 음식을 준비하고 집안을 정리하며, 바쁜 부모를 대신해 아이들을 돌본다. 로봇을 위한 법이 제정되고, 이 법에 따라 로봇은 인간의 명령에 절대 복종하며 인간의 안전과 행복을 최우선으로 하여 동작한다. 로봇은 도우미로서, 친구로서, 나아가 인생의 동반자로서 인간의 삶에 있어 없어서는 안 되는 존재가 된다(I, Robot, 2004).

I, Robot이라는 영화의 한 장면이지만, 최근 로봇산업의 동향에 비추어 볼 때 그리 멀지 않은 미래의 모습일 것이다. 로봇 산업은 그림 1에서와 같이 산업용 로봇이나 무인 정찰 시스템 정도의 제한된 기능을 제공하던 것에서부터 인간의 삶과 밀접한 관련을 갖는 지능형 로봇인 애완/오락형 로봇이나 휴머노이드 로봇에 이르기까지 발전을 거듭하였다[1].

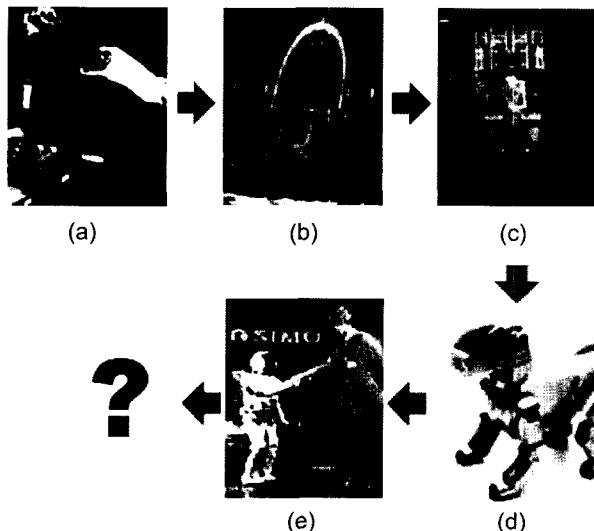


그림 1 (a) 최초의 산업용 로봇 Unimate, (b) 탐사용 로봇 Dante II, (c) 최초의 전신 휴머노이드 로봇 WABOT-1, (d) 애완용 로봇 Aibo, (e) 휴머노이드 로봇 Asimo

\* 학생회원

\*\* 종신회원

표 1 지능형 로봇의 시장규모

(단위: 백만 달러, %)

구분		2005년	2008년	2010년	CAGR
지능형 로봇	세계	1,393	7,919	23,163	75.4
	국 내	180	1,787	4,390	89.4
	URC 로봇	0.09	161.4	1,714.3	615

이러한 로봇의 발전은 점차 가속화되고 있으며, 표 1의 한국 지능로봇산업협회의 2005년 12월 자료에 따르면, 지능형 로봇 시장은 2010년을 기준으로 세계 시장은 23,163백만 달러, 국내 시장은 4,390백만 달러 규모로 2005년 규모에 비해 세계 시장의 경우 16배, 국내의 경우 24배의 확장성을 가지고 형성될 전망으로, 인간의 삶에서 로봇이 차지하는 비중이 점점 커지고 있다[2].

지능형 로봇은 크게 산업용 로봇과 전문가용 로봇, 서비스 로봇으로 구분된다[3]. 산업용 로봇은 인간을 대신하여 단순한 반복 작업이나 열악한 환경에서의 고된 작업을 효율적으로 수행하는 방향으로 발전하였고, 그 대표적인 예로 용접로봇, 도장로봇 등이 있다. 이후 등장한 전문가용 로봇은 공공 서비스를 제공하는 의료로봇, 안내로봇이나, 극한 상황에서 작업을 하는 재난구조로봇, 원전 로봇 등과 같이 단순 반복 작업이 아닌 전문가와의 상호작용을 통해 고난도의 작업을 수행하였다. 최근 들어 인간의 생활을 지원하는 파트너로서 인간과 로봇이 공존하는 방향으로 로봇이 개발되고 있으며, 이러한 서비스 로봇에는 애완용 로봇, 청소로봇, 경비로봇, 교사로봇이 있다. 서비스 로봇은 고령화 사회의 진행과 여성 근로자의 비율이 점차 커지면서 그 필요성 역시 증가하여 가사용 로봇, 생활지원 로봇, 노인복지용 로봇 등으로 발전하고 있다.

그림 2는 2005년 KISTI에서 정의한 2010년을 기점으로 한 상용 가능한 지능형 로봇을 보여준다. 여기에서는 크게 3가지 기준으로 나누어 지능형 로봇을 정의하였는데, 인간과 공존하는 방향으로 발전한 실버로



그림 2 지능형 로봇의 정의

봇, 방법/경비 로봇, 가전/제어 로봇, 청소 로봇을 비롯하여 일상 반복적인 업무 처리를 목적으로 한 오피스 로봇, 오락 로봇과, IT를 기반으로 정보를 활용하여 동작하는 정보 제공 로봇, 교육 로봇, 건강관리 로봇이 포함된다.

그림 3은 산업자원부에서 2004년 4월에 작성한 국내 산업용 로봇 및 서비스 로봇의 시장 규모 비교로, 서비스 로봇의 연평균 성장률(CAGR)이 산업용 로봇의 연평균 성장률보다 3배 이상 클 것으로 기대되고 있다. 이는 실제 가정이나 일상생활에서 로봇이 차지하는 비중이 커짐에 따라 인간과 로봇 간 상호작용의 중요성도 역시 증가할 것임을 보여준다.

과거의 로봇 관련 연구에서는 로봇의 상호작용 능력보다는 자율적인 행동이나 제어 및 조작 등의 동작 성능 자체에 주안점을 두었기 때문에 사람과 로봇의 상호작용은 매우 단순하였다. 하지만 로봇이 복잡한 사회적인 기능을 가지면서 고성능의 로봇이라도 의사소통 문제로 성능이 저하될 수 있기 때문에 감지 능력과 인지 추론 및 인간과 로봇의 의사소통과 관련된

(단위: 억원, %)

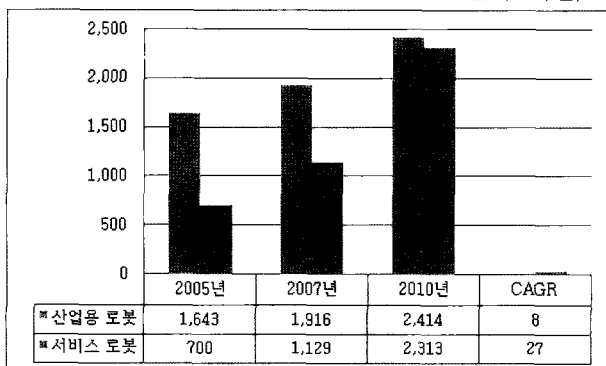


그림 3 국내 산업용 로봇 및 서비스 로봇의 시장규모 비교

연구가 중요해지고 있다[4]. 특히 대화를 통한 의사소통은 최근 주목 받고 있는 방법으로, 산업용 로봇과 달리 비 산업용 로봇은 로봇에 대한 전문 지식이 없는 비전문가에 의해 조작되기 때문이다. 따라서 인간과의 쉬운 인터페이스 환경이 필수적인데[1], Hutter-rauch 등에 의해 조사된 바로는 82%의 사용자가 여러 의사소통 방법 중 ‘말’을 선호하는 것으로 나타났다[5]. 인간-로봇 상호작용은 사용자 인식, 명령 인식, 의도 인식, 음성 인터페이스 등의 기술을 포함하는데 [6], 대화를 통해 문맥 등을 고려하여 오류를 줄일 수 있고, 사용자의 의도 파악이 용이하여 최근 다양한 대화 관련 연구가 로봇 분야에 적용되고 있다.

본고에서는 대화를 기반으로 한 인간-로봇 상호작용의 동향을 살펴보고, 2가지 응용 예를 소개한다. 제 2절에서는 먼저 인간-로봇 상호작용의 기존 연구들을 소개한다. 제 3절에서는 대화 기반 인간-로봇 상호작용의 연구 및 대화 처리 절차에 대해 살펴본다. 제 4절에서는 계층적 베이지안 네트워크를 사용한 인간-로봇의 상호 주도방식 의사소통 방법과, 로봇 분석을 통해 설계된 스크립트를 이용하여 로봇과 대화를 하는 방법에 대해서 소개한다. 제 5절에서는 위의 논의를 기반으로 컴퓨터 분야에서 대화를 기반으로 한 인간-로봇 상호작용의 필요성과 나아가 방향에 대해서 제안함으로써 결론을 맺는다.

## 2. 인간-로봇 상호작용 기술동향

인간과 로봇의 상호작용은 크게 인간의 명령이나 의도를 인식하기 위해 로봇이 처리하는 일종의 입력 절차와, 그에 대한 응답으로 로봇이 인간에게 보이는 출력으로 구분할 수 있다. 입력의 경우에는 시각, 청각, 촉각, 후각, 미각의 오감을 기반으로 연구가 진행중이고, 현재에는 많은 연구들이 시각, 청각, 촉각을 중심으로 진행되고 있다.

표 2는 인간-로봇의 상호작용과 관련된 연구를 입력과 출력에 따라 분류한 것이다.

입력의 대표적 모달리티는 시각기반 인식, 청각기반 인식, 촉각기반 인식으로 구분된다. 초기의 시각기반 연구 쪽에서는 단순한 기호나 영상패턴을 인식하였는데, Dubek 등은 수중이라는 제한적인 환경 내에서 효과적인 로봇 조작을 위해 간단한 시각적 패턴이 표현되어 있는 ARTag를 인식하도록 하였다[7]. 시각기반 연구는 점차 얼굴이나 표정, 동작인식 기술을 통해 신원이나 감정, 동작 등을 인식하여 사용자의 의도를 파악하는 방향으로 발전하였고, 그 대표적인 예로 Breazeal은 얼굴의 표정인식을 통해 인간의 감

표 2 인간-로봇 상호작용

분류	방법	연구자	목적
입력	시각 기반 인식	G. Dudek 등[7]	수중 환경에서의 로봇 조작
		C. Breazeal[8]	얼굴 인식을 통해 추론한 감정으로 로봇 조작
		S. Kang 등[9]	인간 행동에 따른 자동 로봇 조작
		H. Yang[10]	로봇과의 상호작용 시 인식 및 분류 속도 높임
	청각 기반 인식	F. Wang 등[11]	대화 로봇과의 상호작용 시 애매성 및 불확실성 해결
		Y. Nakauchi 등 [12]	대화 이론을 이용한 인간-로봇 대화 시스템 구축
		K. Pulasinghe 등[13]	대화 로봇과의 상호작용 시 모호성 해결
		D. Spiliotopoulos 등[14]	음성 인식 및 응답 생성을 통한 인간-로봇 상호작용
	촉각 기반 인식	P. Schmidt 등[15]	센서데이터를 이용한 로봇 학습
	멀티모달 기반 인식	H. Böhme 등[16]	통합 데이터를 활용한 인식률 높임
J. Steil 등[17]		통합 데이터를 활용한 로봇 조작 및 학습	
출력	질의	T. Fong 등[18]	사용자의 요청에 대해 재질의의를 하여 수행률 높임
	동작	C. Sidner 등[19]	고개를 끄덕임, 사용자의 시선 따라가기 등을 통해 인간과 상호작용 함

정을 추론하고 이를 토대로 로봇을 조작하고자 하였다[8]. Kang 등은 로봇의 동작 오류를 최소화하기 위해 실제 사람이 물체를 잡는 등의 제스처를 수행하게 하고, 이를 인식하여 로봇이 그대로 수행하도록 인간의 제스처와 로봇의 행동을 맵핑하였고[9], Yang 등은 연속적인 인간의 제스처 중에서 핵심 제스처를 추출해 내는 기술을 토대로 로봇과의 상호작용 시 인식과 제스처 분류 속도를 높였다[10].

청각기반 인식 연구의 경우에는 자연어 및 대화 처리에 초점을 맞추고 있는데, Wang 등은 퍼지 이론을 사용하여 로봇과 대화를 통해 상호작용을 할 때, 애매성 및 불확실성을 해결하고자 하였고[11], Nakauchi 등은 사람과 사람 사이의 대화 모델을 토대로 사람과 로봇 사이의 대화 모델을 구현하여 인간과 로봇 간 대화 시스템을 구축하였다[12]. 실세계에서 인간-로봇 간 대화 시 음성에 포함되어 있는 잡음을 해결하고 사용자의 의도를 분명히 하고자 Pulasinghe 등은 음성 인식 기반으로 퍼지-뉴로 컨트롤러를 이용하여 모호

성을 해결하였고[13], Spiliotopoulos 등은 음성 인식으로 사용자를 인식하거나 대화를 관리하고, 생성된 응답을 사용자에게 음성으로 들려주는 인간-로봇 상호작용 시스템을 구축하였다[14]. 대화의 경우, 직관적이고 쉽고 친숙한 상호작용 방법이면서도 문맥 등을 고려하여 다른 입력방식들에 비해 정확한 정보를 입력받을 수 있어, 최근 인간-로봇 상호작용의 많은 연구가 이를 다루고 있다.

그 외에, Schmidt 등은 다양한 촉각 정보를 터치센서를 이용하여 로봇을 조작하는 방법을 연구하기도 하였다[15].

다양한 입력 방법에 대한 연구는 인간-로봇 간 상호작용이 복잡해짐에 따라 점차 멀티모달 입력의 형태로 통합되고 있는 추세이며, Böhme 등은 이러한 통합 데이터를 활용하여 사용자 의도의 인식률을 높이고자 하였고[16], Steil 등 역시 멀티모달 데이터를 활용하여 로봇을 조작하였다[17].

출력의 경우에는 사용자의 명령이나, 입력된 정보를 처리하는 것 외에 Fong 등과 같이 사용자에게 재질의의를 하여 모호한 상황을 처리하게 하거나[18], Sidner 등과 같이 사용자의 시선을 따라 로봇이 움직이거나 사용자의 질의에 대해 고개를 끄덕이는 등의 반응을 보이는 연구가 활발히 진행되고 있다[19].

지능형 로봇의 발전으로 사람은 로봇과 더 많은 정보를 주고받기를 원하기 때문에, 인간-로봇 상호작용과 관련된 연구들의 중요성이 더욱 커지고 있다. Fong 등은 로봇과의 상호작용 시 필요한 연구 분야를 다음과 같이 정리하였는데[20],

- 감정의 표현 또는 감정의 인식
- 상위 수준의 대화를 통한 상호작용
- 다른 로봇 모델의 인식 또는 학습
- 사회적 관계 생성 및 유지
- 시선, 제스처 등의 인식
- 사용자의 서로 다른 개인성과 성격 구분

위에서 살펴 본 각각의 모달리티를 가지는 입·출력 연구들은 사용자의 요구, 상태, 의도를 파악함에 있어 중요한 부분을 차지한다. 특히 사용자의 감정 상태나 의도파악이 용이한 대화기반의 상호작용 연구는, 그 중요성이 점점 커지고 있다[18,21-24].

### 3. 대화기반 인간-로봇 상호작용

대화는 일방적이고 불충분한 정보를 단방향으로 주입하는 것에서 벗어나, 자연어를 기반으로 로봇과 양

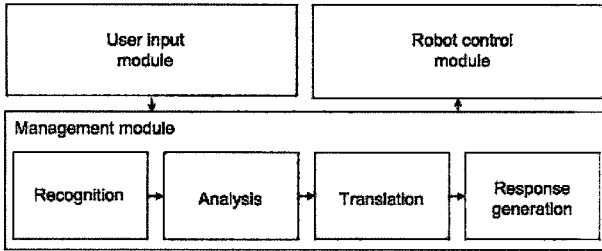


그림 4 대화 처리 절차

방향의 자유로운 상호작용을 가능하게 한다. 이때 로봇은 대화를 통해 사용자의 의도를 이해하고 그에 따라 적절한 행동을 수행해야 하는데, 일반적으로 대화를 처리하는 절차는 그림 4와 같다.

먼저 입력모듈을 통해 사용자로부터 음성 또는 텍스트 형태의 대화를 입력 받으면 관리 모듈에서는 이를 분석하여 실제 로봇에 적용 가능한 명령으로 변환하고, 적절한 응답을 생성하여 로봇 조작모듈에서 실제 로봇을 조작한다. 이러한 대화기반의 상호작용에는 크게 문맥 유지, 중의적 질의처리, 학습, 실제 로봇에의 적용 등이 이슈가 된다. 표 3은 이러한 이슈들을 실제 환경에 적용한 대화 기반의 인간-로봇 상호작용에 관한 연구를 보여준다.

대화는 단방향의 명령과 달리 인간과 로봇간의 쌍방향 통신으로, 적절한 주제유지와 문맥유지가 필요하다. 이를 위해 Sidner 등은 대화상황에 맞는 로봇의 행동 변화를 위해 대화모듈과 실제 센서와 모터 처리모듈의 맵핑을 통해 로봇의 응답을 생성하였다[19]. 대화처리 시 가장 근본적인 문제가 되고 있는 중의적 질의 처리나 단어의 모호성 해결을 위해 Wang 등은 퍼지 이론을 사용하여 대화에서 모호하고 불확실성을 가지는 부분을 제거하여 의도 인식의 정확성을 높이고자 하였다[11]. Lauria 등은 기존 로봇이 가지고 있는 지식들을 트리 형태의 구조로 설계하고, 대화를 통해 기존 트리를 확장하여 로봇을 학습시켰다[25]. 실제 로봇에 적용하기 위해 Spiliotopoulos 등은 기존 연구에서 다루어진 대화 관리 모델들을 분석 및 통합한 대화관리 모델을 제안하고 이를 병원보조 도

표 3 대화 기반 인간-로봇 상호작용

연구자	목적	사용 기술
C. Sidner 등[19]	상황에 맞는 로봇 행동 변화	모듈 간 맵핑
F. Wang 등[11]	대화의 모호성 해결	퍼지 이론
S. Lauria 등[25]	로봇 학습	기존 노드 확장 및 통합
D. Spiliotopoulos 등[14]	병원 도우미 로봇	대화 관리
S. Kim 등[26]	한국어 음성 대화 생성 시스템	HMM

우미 로봇에 적용하여 유용성을 보였으며[14], Kim 등은 한국어 발음상의 모호한 특징들을 HMM으로 인식하여 한국어로 음성대화가 가능한 로봇 시스템을 제안하였다[26].

대화를 기반으로 한 인간-로봇 상호작용은 위의 연구 분류에서도 보이듯이, 그 자체가 가지는 장점으로 다 각도에서 연구가 진행 중이며, 단지 인식에만 그치지 않고 학습이나 추론 등의 응용에도 활용되고 있다.

## 4. 연구 사례

본 절에서는 로봇과의 상호작용 시 필요한 연구 분야 중 상위 수준의 대화를 통한 상호작용을 위해 대화의 모호성을 처리한 사례와, 사회적 관계 생성 및 유지를 위해 대화를 통해 사용자의 피드백을 반영한 상호작용 사례를 소개한다.

### 4.1 상호 주도방식 HRI[27]

실제 사람 간의 대화는 문맥을 통해 그 의미를 이해하는 경우가 많기 때문에 몇 가지 정보가 생략되어도 상대방의 의도를 파악할 수 있다. 따라서 로봇과 인간이 자연스러운 대화를 하기 위해서는 이러한 불확실성과 모호성을 해결해야 한다. 상호 주도 방식 HRI란 대화의 주도권을 로봇 시스템과 사용자 모두가 가질 수 있는 대화 방식을 말하는데, 그 중에서도 계층적 베이지안 네트워크를 사용한 로봇과 인간과의 상호 주도 방식은, 로봇과의 의사소통 시의 불확실성과 모호성을 해결하기 위한 방법으로 서비스 로봇은 그림 5와 같은 구조로 구성되어 있다.

로봇은 음성과 센서를 통해서 입력을 받으며 서비스 추론을 위해 두 가지 종류의 계층적 베이지안 네트워크를 사용한다. 입력으로 들어온 정보는 베이지안

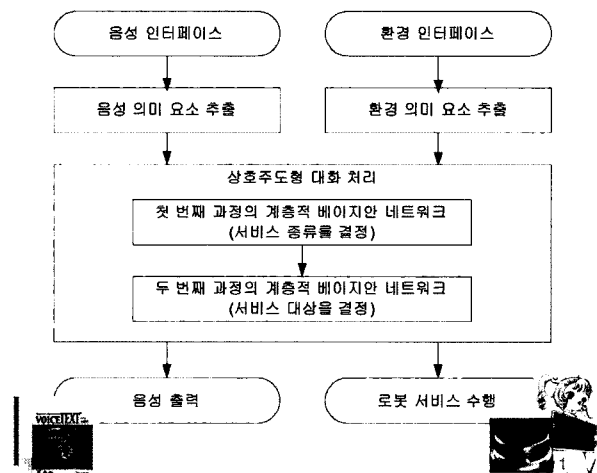


그림 5 서비스 로봇 구조

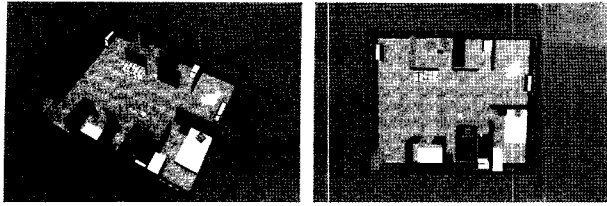


그림 6 실험 대상 환경

네트워크의 의미 요소로 사용되며 크게 서비스 종류와 서비스 대상을 결정하기 위한 두 가지로 나뉜다. 최종적인 서비스는 두 종류의 베이지안 네트워크를 차례로 거쳐서 결정되며 각 과정마다 증거가 불충분할 경우 상호 주도 방식으로 사용자에게 필요한 정보를 요청한다.

실제 실험은 'Cyberbotics'사[28]에서 개발한 'Webots 4' 시뮬레이터를 통해 'VRML'로 그림 6과 같은 실제 홈 서비스 환경을 만들고 로봇을 제어하였다. 서비스 로봇으로는 'K-Team'[29]에서 만든 2개의 바퀴와 8쌍의 빛/거리 감지 센서를 가진 케페라 로봇을 사용하였고, 서비스 로봇의 기능과 서비스 종류를 사전에 정의하였다.

로봇은 사용자의 지시를 받고 그 질의가 명확한 경우에는 기본적인 서비스를 수행하게 된다. 하지만 실제 대화 상황은 대화 1의 스크립트에서와 같이 모호성을 포함하는 경우가 많다.

사용자:	여기 너무 시끄럽지 않아?
로봇:	TV를 끌까요? 오디오를 끌까요? 의미 요소(시끄럽(지), 여기) Context(소음, 바깥, 작다) 서비스 추론(중간 목표:시끄럽다) 상호주도형 대화 내용 결정
사용자:	오디오 때문인 것 같은데
로봇:	방A, C, F 중 어디를 말씀하시는 것입니까? 의미 요소(오디오) 서비스 대상 추론(중간 목표: A or C or F) Context(오디오, 방, 모두 꺼져있지 않다) → 상호주도형 대화 방 C에 있는 것 부탁해. 방 C에 있는 오디오를 끄겠습니다. 이전 의미 요소(시끄럽(지), 여기)
사용자:	의미 요소(오디오, 방 C)
로봇:	서비스 추론(오디오-꺼라) 서비스 대상 추론(방 C) (서비스: 방 C에 있는 오디오 끄기)

대화 1 모호한 상황에서 서비스 추론

사용자로부터 “시끄럽다”라는 모호한 상황에서는 서비스 로봇이 사용자로부터 받은 정보만으로 서비스

종류를 결정하지 못한다. 따라서 중간목표 층으로부터 값을 추론하여 가장 높은 확률 값을 가진 “시끄럽다” 노드를 통해 서비스 목표가 TV를 끄는 것인지 오디오를 끄는 것인지를 묻는다. “시끄럽다” 노드는 “시끄럽다”라는 사용자의 질의와 바깥 소음이 더 작다는 환경 정보로부터 추론되어 환경 정보를 통해 사용자에게 적절한 질문을 한다. 대화 1에서 서비스 로봇은 상호주도 방식으로 사용자로부터 오디오를 꺼야 한다는 정보를 얻고 두 번째 추론 과정을 통해 서비스 대상인 방C를 선택한다. 이 과정에서 로봇은 오디오가 모두 꺼져있지 않다는 환경 정보를 통해 사용자에게 오디오가 존재하는 모든 방의 이름을 제공함으로써 사용자에게 대상에 대한 정보를 요청하고 응답을 통해 최종적으로 서비스를 수행한다.

사용자 평가는 “1. 마루에 있는 TV를 켜라, 2. 큰 아이 방의 오디오를 꺼라, 3. 삼촌 방 창문을 닫아라”의 세 가지 문제에 대해 전문가 집단과 비전문가 집단의 상호작용 횟수를 비교하였다. 그림 7은 사용자 평가 결과 얻어진 상호작용 수를 나타내는데 이는 방법의 효율적인 측면을 보여주는 수치로, 전문가 집단과 비전문가 집단 모두 상호주도형 로봇을 사용한 경우가 평균적으로는 25% 정도의 성능 향상을 보여주었다. 특히 전문가 집단의 경우 3번 문제에서는 71.4% 정도로 큰 성능 향상을 보여주었다.

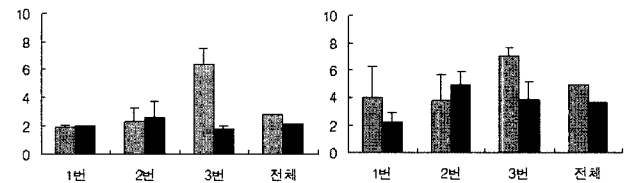


그림 7 상호작용 수

## 4.2 사용자 피드백 방식 HRI

Aibo와 같은 애완 로봇은 사람과의 친밀성을 유지하는 것이 그 목적이므로, 사용자의 의도를 정확히 파악하고 사용자가 원하는 행동을 하는 것이 무엇보다 중요하다. 따라서 사전 로봇 분석을 통해 발생 가능한

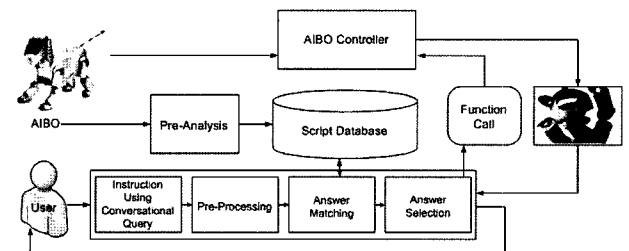


그림 8 로봇 시스템의 동작 과정

상황에 대한 스크립트를 설계하고, 이를 기반으로 사용자와의 대화를 통해 원하는 정보를 얻는 과정이 필요하다. 이와 같은 로봇 시스템은 그림 8과 같이 동작한다.

Sony의 Aibo로봇에서 발생 가능한 행동을 가장 기초가 되는 관절 조작에서부터, 앉기/서기/짓기 등의 기본 동작과 공 쫓기, 춤추기 등의 복잡한 행동으로 계층적으로 분류를 하고, 각각의 조작 가능한 범위를 정의하였다. 앉은 상태에서는 걷기 불가, 배터리 잔량에 따른 반응 속도 변화 등의 행동 제약 조건을 정의하였다. 이러한 도메인 분석은 주어진 환경을 정의하고 보다 다양한 항목의 서비스를 제공하기 위해 선행되어야 한다. 도메인 분석의 결과는 인간이 로봇을 조작하고자 할 때 사용하는 명령과 실제 로봇을 조작함에 있어 사용되어지는 명령을 맵핑할 때 사용되며, 이를 토대로 로봇 조작을 위한 스크립트 데이터베이스를 정의한다.

Aibo 컨트롤러 인터페이스를 통해 사용자로부터 입력된 자연어 질의는 형태소와 패턴을 분석하여 스크립트 데이터베이스로부터 가장 적절한 스크립트를 선택하여 해당 질의와 답변을 매칭한다. 이때 스크립트의 선택은 기본적으로 사용자 입력문과 스크립트의 질의문과의 순차패턴매칭을 통해서 결정된다. 순차 패턴매칭의 평가점수는 문서분류에서 많이 사용되는 성능 평가 기준인 F-measure를 적용한다. Aibo의 응답은 텍스트의 대화 형태로 컨트롤러의 대화창에 출력되거나, 무선으로 연결된 Aibo에서 실제 동작하는 것으로 나타난다. 대화 2는 사용자와 Aibo의 상호작용 예를 보여준다.

	(로봇의 현재 상태 : 앉기)
사용자:	앞으로 걸어서 내 쪽으로 올래? 인식: 앞으로, 걸어 동작: 현재 앉기 상태이므로 걷기 불가 사용자와의 대화 시도
Aibo:	지금 “앉기” 상태입니다. 먼저 “서기” 상태로 전환할까요?
사용자:	그래, 인식: 그래(긍정) 이전 인식: 앞으로, 걸어 동작: 수행 가능
Aibo:	(서기, 앞으로 걷기 동작 수행)
사용자:	왼쪽에 있는 분홍색 공 있는 데로 가 있어. 인식: 왼쪽, 분홍색 공, 가 동작: 수행 가능
Aibo:	(방향 전환, 분홍색 공 추적, 앞으로 걷기 동작 수행)

대화 2 사용자와 Aibo의 상호작용



그림 9 실제 Aibo의 동작 모습

대화 2의 예에서와 같이 사용자의 의도가 불분명하거나 현재 상태에서 동작을 수행할 수 없는 경우, Aibo는 사용자에게 질의를 함으로써 올바른 동작을 수행하게 된다.

그림 9는 대화 2의 사용자의 마지막 명령에 따라 실제 Aibo가 동작하고 있는 스크린 샷으로, Aibo가 사용자 앞에서 대기하는 것에서 시작하여 사용자의 명령에 따라 왼쪽으로 방향을 전환한 후 분홍색 공쪽으로 이동하는 모습을 보여준다.

#### 4. 결론

본고에서는 대화를 기반으로 한 인간-로봇 상호작용의 최근 동향과 대화 기반 인간-로봇 상호작용의 연구에 대해 소개하였다. 또 대화를 기반으로 연구가 진행 중인 계층적 베이지안 네트워크를 사용한 로봇과 인간의 상호 주도방식 의사소통 사례와 로봇 분석을 통해 설계된 스크립트를 이용하여 로봇과 대화로 상호작용하는 사례에 대해서 살펴보았다.

최근 지능형 로봇 연구는 하드웨어, 소프트웨어, 유·무선네트워크, 서비스 등에 대해 종합적으로 접근하고 있고, 그에 따라 경제적, 기술적, 사회적인 파급 효과가 커지고 있다. 특히 로봇에게 명령을 전달하고, 로봇이 서비스를 제공하는 상호작용 과정은 인공 지능 및 인간-컴퓨터 상호작용과도 밀접한 관계가 있는 만큼 앞으로 지속적인 연구 발전이 요구 된다. 대화를 기반으로 한 인간-로봇 상호작용 과정은 쉽고 누구나 이용 및 조작할 수 있다는 장점 외에도, 단순한 명령 형태의 상호작용에서 벗어나 문맥을 통해 사용자의 의도를 파악하여 서비스 수행 성공률을 높일 수 있다는 장점이 있고, 이 같은 점은 향후 로봇 산업의 목표인 인간과 가까운 로봇을 만드는데 크게 일조할 것이다.

#### 참고문헌

- [1] “인공지능 및 지능로봇 기술,” 21C 프론티어 사업 연구 보고서, 2002.
- [2] “지능형 로봇의 국제 표준화 동향,” 전자통신동향분석, 제22권, 제2호, 2007.
- [3] “지능형로봇의 기술 및 산업동향,” 전자부품연구원

전자정보센터(EIC), 2005.

- [4] S. Lauria, et al., "Personal robots using natural language instruction," *IEEE Intelligent Systems*, vol. 16, no. 3, pp.38-45, 2001.
- [5] H. Huttenrauch, et al., "Involving users in the design of a mobile office robot," *IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics-Part C: Applications and Reviews*, vol. 34, no. 2, pp.113-124, 2004.
- [6] "지능형 로봇 표준화 기술 및 연구 동향," 한국생산기술연구원 로봇융합지원센터, 2007.
- [7] G. Dudek, et al., "Sensor-based behavior control for an autonomous underwater vehicle," *Experimental Robotics*, vol. 39, pp. 267-276, 2008.
- [8] C. Breazeal, "Emotion and sociable humanoid robots," *Int. Journal of Human-Computer Studies*, vol. 59, pp.119-155, 2003.
- [9] S. Kang and K. Ikeuchi, "Toward automatic robot instruction from Perception-Mapping Human Grasps to Manipulator Grasps," *IEEE Trans. Robotics and automation*, vol. 13, pp.81-95, 1997.
- [10] H. Yang, et al., "Gesture spotting and recognition for human - robot interaction," *IEEE Trans. Robotics*, vol. 34, pp.256-270, 2007.
- [11] F. Wang, et al., "A collaborative behavior-based approach for handling ambiguity, uncertainty, and vagueness in robot natural language interfaces," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 19, pp.939-951, 2006.
- [12] Y. Nakauchi et al., "Proposal and evaluation of natural language human-robot interface system based on conversation theory," *Proc. of IEEE Int. conf. Robotics and automation*, pp.14-19, 2003.
- [13] K. Pulasinghe, et al., "Modular fuzzy-neuro controller driven by spoken language commands," *IEEE Trans. Systems, Man and Cybernetics*, vol. 34, pp. 293-302, 2004.
- [14] D. Spiliotopoulos, et al., "Human-Robot Interaction Based On Spoken Natural Language Dialogue," *Proc. of the European Workshops Service and Humanoid Robots*, 2001.
- [15] P. Schmidt et al., "A sensor for dynamic tactile information with applications in human-robot interaction and object exploration," *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 54, pp.1005-1014, 2006.
- [16] H. Böhme et al., "An approach to multi-modal human-machine interaction for intelligent service robots," *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 44, pp. 83-96, 2003.
- [17] J. Steil, et al., "Situated robot learning for multi-modal instruction and imitation of grasping," *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 47, pp.129-141, 2004.
- [18] T. Fong, et al., "Robot, asker of questions," *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 42, 2003.
- [19] C. Sidner, et al., "Explorations in engagement for humans and robots," *Artificial Intelligence*, vol. 166, pp.140-164, 2005.
- [20] T. Fong, et al., "A survey of socially interactive robots," *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 42, pp.143-166, 2003.
- [21] A. Green and K. Eklundh, "Designing for learnability in human-robot communication," *IEEE Trans. Industrial Electronics*, vol. 50, no. 4, pp.644-650, 2003.
- [22] V. Zue and J. Glass, "Conversational interfaces: Advances and challenges," *Proc. of the IEEE*, vol. 88, no. 8, pp.1166-1180, 2000.
- [23] H. Prendinger and M. Ishizuka, "Let's talk! Socially intelligent agents for language conversation training," *IEEE Tans. Systems, Man and Cybernetics-Part A*, vol. 31, no. 5, pp.465-471, 2001.
- [24] D. Sanford and J. Roach, "A theory of dialogue structures to help manage human-computer interaction," *IEEE Trans. Systems, Man and Cybernetics*, vol. 18, no. 4, pp.567-574, 1988.
- [25] S. Lauria, et al., "Training personal robots using natural language instruction," *IEEE Intelligent systems*, vol. 16, pp.38-45, 2001.
- [26] S. Kim, et al., "HMM-based Korean speech synthesis system for hand-held devices," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol.52, pp.1384-1390, 2006.
- [27] J.-H. Hong, Y.-S. Song and S.-B. Cho, "Mixed-initiative human-robot interaction using hierarchical Bayesian networks," *IEEE Trans. Systems, Man and Cybernetics*, vol. 37, no. 6, pp.1158-1164, 2007.
- [28] <http://www.cyberbotics.com>
- [29] <http://www.k-team.com>



### 임수정

2007 덕성여자대학교 컴퓨터공학부 인터넷정보  
공학전공 졸업  
2007~현재 연세대학교 컴퓨터과학과 석사과정  
관심분야: 지능형 로봇, 자연어 검색  
E-mail : soojung@sclab.yonsei.ac.kr



### 홍진혁

2002 연세대학교 기계전자공학부 정보산업전공  
졸업  
2002~2004 연세대학교 컴퓨터과학과(석사)  
2004~현재 연세대학교 컴퓨터과학과 박사과정  
관심분야: 지능형 에이전트, 패턴인식, 바이오인  
포매틱스  
E-mail : hjinh@sclab.yonsei.ac.kr



### 조성배

1988 연세대학교 전산학과(학사)  
1990 한국과학기술원 전산학과(석사)  
1993 한국과학기술원 전산학과(박사)  
1993~1995 일본 ATR 인간정보통신연구소 객원  
연구원  
1998 호주 Univ. of New South Wales 초청연구원  
2005~2006 캐나다 Univ. of British Columbia 방문교수  
1995~현재 연세대학교 컴퓨터과학과 정교수  
관심분야: 신경망, 패턴인식, 인공지능  
E-mail : sbcho@yonsei.ac.kr

## <문저해결 기법>교육을 위한 교수 워크숍

- 일 자 : 2008년 4월 18일~19일
- 장 소 : 부산대학교
- 주 관 : 컴퓨터이론연구회
- 문 의 : 연구회위원장 조환규 교수, Tel. 051-510-2283