

언어, 교시 및 학습능력 관점에서 본 퍼스널 로봇의 평가 기준 설정에 대한 연구

김용준, 이건영, 김진오
 광운대학교 전기공학과

A Study on the Evaluation Methods for a Personal Robot from the Viewpoints of Language, Teaching, and Learning Ability

Yong Jun Kim, Keon Young Yi and Jin-Oh Kim
 Dept. of Electrical Engineering, Kwangwoon University.

Abstract - In this paper we present the guideline to evaluate the easiness of using personal robots and their learning abilities based on the analysis of their built-in commands, user interfaces, and intelligences. Recently, we are breathing with robots that can be able to do lots of roles: cleaning, security, pets and education in real life. They can be classified as home robots, guide robots, service robots, robot pets, and so on. There are, however, no standards to evaluate their ability, so it is not easy to select an appropriate robot when a user wants to buy it. Thus, we present, as a guideline that can be a standard for the evaluation of the personal robots, the standards by means of analyzing existing personal robots and results of the recent research works. We will, also, describe how to apply the evaluation method th the personal robot

1. 서 론

로봇은 이미 오래 전부터 산업 전 분야에서 활용되고 있으며, 이제 인간의 생활에 좀더 밀접한 기능을 수행할 수 있는 단계에 도달 하였다.[1][2] 이러한 퍼스널 로봇들은 그들의 기능을 토대로 청소, 보안, 서비스, 교육, 그리고 애완용 로봇 등으로 분류할 수 있다. 이들은 각각의 사용 목적에 맞는 성능, 언어, 지능 그리고 학습능력을 가지고 있으며, 이러한 로봇의 능력은 인간과의 의사소통을 통한 작업의 효율 증대에 크게 기여 하고 있다. 그러나 이러한 로봇의 능력들은 각각의 로봇마다 많은 차이를 보이며, 심지어는 지능이나 학습능력과 같은 기능을 갖지 않는 로봇도 존재한다.[3-6] 한 예로 Stanislaw[3]와 Mallory[4]의 경우 음성용 통하여 사람과 의사소통을 하는 높은 지능을 갖고, Akihiro[5]는 비전 시스템을 통하여 이미지를 인식하는 지능을 갖는다. 그러나 Michael[6]은 장착된 센서를 통해 데이터를 획득, 경로를 선택하는 정도의 높지 않은 지능을 갖는다. 이런 기능의 다양성은 로봇에 대한 깊은 지식을 가지지 못한 일반 사용자에게는 매우 복잡한 부분이며, 이로 인하여 필요한 로봇의 선택에 많은 어려움을 겪게 될 것이다. 산업용 로봇 팔의 경우 ISO9283에 이미 로봇의 특성 및 기능 측정 방법을 명확히 제시 하고 있지만[7], 퍼스널 로봇의 경우 그 특성 및 성능을 평가[8]하기 위한 기준에 관한 연구는 미진한 상태이다.

본 연구에서는 퍼스널 로봇을 그들의 기능에 따라 분류 하였으며, 출시된 로봇과 최근 연구 결과를 분석하여 로봇의 교시, 학습능력 그리고 언어를 정의 하였다. 또한 실제 로봇을 대상으로 하여 본 연구에서 제시한 언어, 교시 및 학습능력의 관점에서 본 퍼스널 로봇 평가 기준의 적용 방법을 설명하였다.

2. 본 론

본 연구를 위해서는 먼저 로봇 각각의 사용 목적에 따라

로봇을 그룹화 하고, 각 그룹에 대하여 로봇의 성능 중에서도 지능이라는 분야와 관련된 내용인 언어, 교시, 학습능력의 3가지 부분으로 구분, 로봇평가 방법을 제시 하였다. 이는 로봇의 성능 및 특성에 관한 평가가 이전 연구에서[8] 이미 진행 하였으며, 이번 연구에서는 로봇의 지능 즉 사람과의 의사소통, 교시, 학습능력 등을 중심으로 로봇을 평가 하기 때문이다

2.1 퍼스널 로봇의 분류

일반가정이나 회사 등에서 세탁·청소·사무보조 업무 등의 인간 활동을 돕는 로봇을 퍼스널 로봇이라 정의 하고, 각 로봇의 사용목적과 작업에 따른 분류를 아래 표 1에서 보 였다.

표1. 퍼스널 로봇 기능별 분류

분류	정의
장난감 로봇	사람이 가지고 볼 수 있도록 단순하고 규칙적인 운동만을 하는 로봇으로, 소량의 모터를 이용한 단순 반복 운동을 하는 구조로, 프로그래밍 동작이나 언어가 있어 완구와 구별 된다.
게임용 로봇	자율적으로 움직이거나 사람이 조종을 하면서 로봇끼리 대결을 하는 경기용 로봇으로 축구, 권투, 레슬링 등의 각종 경기에 적합한 구조로 되어있다. 자율주행 기능이 있어 단순한 무선 조정 장치와는 차별화 된다.
애완용 로봇	애완용 동물을 대신 하는 로봇으로 애완동물과 같이 학습 또는 성장을 하는 기능을 가지고 있으며 애교 있는 행동을 한다거나 주인을 따르는 행동을 한다. 그래픽상의 로봇은 배제한다.
교육용 로봇	사람을 직접적으로 교육하는 로봇으로 사람과 로봇사이의 인터페이스가 교육에 적합한 형태를 가져야 한다. 기본적인 형태는 유아 혹은 초등 교육에 적합한 형태를 가지도록 한다. 상호 의사소통 능력을 갖는 점에서 교육용 완구와 차별성을 갖는다.
정보 서비스 로봇	사람의 개인 비서의 역할을 해주며 여러 가지 정보를 제공 및 사무보조 업무 수행 등을 목적으로 하며, 음성 및 모바일 등의 기능이 필요하다. 이동성 및 자세 변경이 가능한 형태로 지능형 사무기기와는 차별성을 갖는다.
안내용 로봇	전시장이나 공공건물 등에서 관람객이나 방문객의 안내를 목적으로 하는 로봇으로, 안내를 위한 음성 및 모니터 등의 출력 장치가 필요하다. 피 안내자와의 상호 의사소통 능력을 갖고 있어, 단순히 위치로 이동하는 로봇과는 차별성을 갖는다.
보안 / 감시용 로봇	야간 또는 유사시에 건물의 보안이나 감시 작업을 하는 로봇으로 모바일 및 비전 시스템 등의 능력이 요구되기도 한다. 안내용 로봇과 유사하나 사용 목적에서 안내용 로봇과 차별성을 갖는다.
청소용 로봇	사무실이나 공공건물의 청소를 목적으로 하는 로봇으로 청소기가 장착된 로봇이다. 자율주행 능력을 갖는 면에서 일반 청소기와 구별 된다.
개환 복지용 로봇	환자의 재활 도움이나 노인 복지를 위한 로봇으로 보조 장비로서의 역할뿐만 아니라, 치료의 목적으로도 사용된다. 최소한의 자율주행이 있어 전통화된 의료기기와는 차별화 된다.

2.2 퍼스널 로봇평가 분야

본 연구에서는 로봇의 지능과 학습능력을 평가하는 기준을 제시하기 위하여 언어, 교시 방법, 학습능력과 관련된 사항을 주요 평가 분야로 선택 하였다.

2.2.1 퍼스널 로봇 언어

언어의 분류는 교환하는 정보의 내용이나 수단에 따라 기본 언어, 그래픽 언어, 모션 언어, 음성 언어 분류가 가능하다. 기본 언어는 산업용 로봇 등에서 사용 하는 방식으로

프로그램에 의한 명령과 조작기를 통한 명령을 의미하며, 그래픽 언어는 그래픽 툴을 이용하여 로봇에 명령을 전달하거나 혹은 그래픽 디스플레이를 통한 로봇의 상태 파악을 위한 수단을 의미한다. 다음으로 모션 언어는 사람의 행동 즉 손짓, 몸짓 등을 통하여 로봇에게 교육을 시키거나 명령을 전달하는 것이다. 마지막으로 음성 언어는 사람의 음성을 통하여 로봇과 의사소통 하는 언어로서 신호처리 장치 등이 요구 된다.

2.2.2 퍼스널 로봇의 행동과 교시 방법

퍼스널 로봇은 표 1에서의 분류에서 보인 것과 같이 기능에 따라 서로 다른 일을 수행한다. 그러나 각 로봇의 수행 작업은 세부 작업에서만 다를 뿐, 장소 이동이나 명령수신 상태전달 등 기본이 되는 작업을 위한 행동을 공통으로 갖는다. 이러한 로봇 공통 행동 유형을 교시 방법과 연계하여 정리하면 표 2와 같다.

표 2. 로봇의 공통 행동과 교시 방법

로봇의 공통 행동	교시 방법	세부 설명
이동	데이터 입력	위치좌표 및 지도 정보입력
	직접 입력	조작기를 통한 교시
	영상입력	지도 정보를 로봇의 영상 시스템을 통하여 입력
동작	데이터 입력	행동 양식 데이터 입력
	영상입력	사용자의 행동을 영상시스템을 통해 인식
	직접	조작기를 통한 입력
음성	데이터 입력	음성 데이터 입력
	음성	사용자의 음성을 인식
영상(자료)	데이터 입력	영상자료 등의 자료를 입력

2.2.3 퍼스널 로봇의 학습능력

로봇의 학습능력은 로봇의 작업 완성도 및 효율을 개선할 수 있는 능력을 말한다. 여기서는 이러한 학습능력을 두 가지의 관점에서 정의 하였는데, 로봇 스스로의 학습(자율학습)과 추가적인 정보 입력에 의한 학습(지도학습)이 그것이다. 자율학습은 기존의 학습과 동일한 의미를 가지며, 후자는 본 연구에서 새로 정의한 개념으로, 사용자에게 의한 추가적인 정보 입력에 대해 학습능력을 갖는 경우를 의미한다. 예를 들어 애완용 로봇에게 일정 범위를 넘지 못하도록 소리나 가벼운 두드림 등의 체벌을 통한 교시를 하게 되면, 로봇이 정해진 범위 안에서만 움직이게 되는 학습을 의미한다. 이러한 학습 능력의 평가는 작업 시간의 단축과 질의 개선으로 평가 하게 된다.

표 3. 퍼스널 로봇 평가 환경 기준

구분	평가 부분	환경 규칙	
온도	길이, 각도	20±1℃. 변화율(1℃/h)	
	무게, 부피	20±1.5℃. 변화율(1℃/h)	
습도	모두	55% R.H. 이하	
기압	모두	실내기압이 실외기압보다 높을 것	
	길이, 각도, 표면	0.5μm보다 큰 먼지	2×106개/m ³ 이하
		1.0μm보다 큰 먼지	4×105개/m ³ 이하
		50μm보다 큰 먼지	허용하지 않음
	기타	0.5μm보다 큰 먼지	4×107개/m ³ 이하
		1.0μm보다 큰 먼지	7×106개/m ³ 이하
50μm보다 큰 먼지	허용하지 않음		
진동	동작	방진 시설 필요	
소음	음성	55dB(A) 이하	
조명	모두	500lx 이상	
일반 환경	모두	로봇이 실제적으로 활동하게 되는 환경의 여건을 포함함으로써 실제 사용 환경에 대한 실질적인 데이터를 산출할 수 있는 환경	
	모두	로봇이 실제적으로 생활하는데 필요한 제반 여건들과 측정의 정확도를 높이기 위한 환경	

2.3 퍼스널 로봇 평가 환경

로봇을 평가하기 위해서는 작업에 대한 기준이 되는 시간 및 환경 설정이 매우 중요하다. 위의 표 3은 평가의 기본이

되는 테스트 환경을 설정 한 것으로, 산업용 로봇의 기능 측정 기준인 ISO9283[7]을 퍼스널 로봇에 맞게 수정, 인 용하였다. 표 4에는 퍼스널 로봇 평가를 위한 기본이 되는 환경으로 일반 환경에 대한 정의이다. 추가적으로, 로봇의 설치는 제조자의 권장에 따르면 된다.

2.4 퍼스널 로봇의 평가

퍼스널 로봇의 평가를 위해 앞의 2.2절에서 언급된 분야에 대하여 로봇의 언어, 교시 및 학습능력의 관점에서 평가 기준을 제시한다. 그러나 언어와 교시 방법 매우 밀접한 관련을 갖기 때문에 그들을 동일한 방법으로 평가 한다. 따라서 다음의 두 분야로 구분하여 평가 방법을 제시한다.

2.4.1 퍼스널 로봇 언어와 교시 평가

로봇의 언어는 인간과의 의사소통을 목적으로 하기 때문에 얼마나 효율적으로 로봇과의 의사소통을 하느냐가 평가의 핵심이 된다. 아래의 표 4에서는 로봇 언어의 편리성, 정확성 그리고 적절성의 평가 방법을 정의하고 있다.

표 4. 퍼스널 로봇 언어 평가 방법

평가항목	평가 방법
편리성	여러 명의 사용자에게 각각의 언어를 사용 하게 하여, 가장 편리한 방법으로 로봇과 의사소통 할 수 있는 언어에 높은 등급 부여
정확성	각 언어에 대하여 수회에 걸쳐 명령이나 작업지시를 수행 후, 전달된 언어에 대한 정확한 작업 수행을 확인하여 정확도에 따른 등급을 부여
적절성	표 1에서 기능별로 분류된 로봇의 기본 정의에서 언급된 기본적인 언어의 유무를 판별한 후, 추가적인 언어를 가지는 경우 높은 등급을 부여

로봇의 교시라는 것은 그들의 언어를 이용하여 사용자의 의도나 새로운 데이터 등을 전달하는 사람과 로봇의 의사소통의 한 분야이기 때문에 교시에 대한 평가는 언어의 평가방법을 적용하여 실시하면 된다.

2.4.2 퍼스널 로봇의 학습능력 평가

학습 능력의 평가는 앞의 2.2.3에서 언급된 정의를 기준으로 하여 작업의 완성도와 효율을 이용하여 평가 하게 된다.

정의 1. 작업 완성도(AR)

로봇에게 동일한 작업을 여러 차례 시행하도록 했을 때 지정된 시간(t_n) 동안의 작업의 완성 정도 샘플의 변화 추이

정의 2. 작업 효율(ER)

로봇에게 동일한 작업량(a^*)을 여러 차례 시행하도록 했을 때 지정된 작업에 도달하는데 걸리는 경과 시간 샘플의 변동비(R_n)의 변화 추이

$$R_n = \left(\frac{t_n - 1 - t_n}{t_n - 1} \right) \quad (n > 2, t_n : n\text{번째 } a^* \text{ 도달시간}) \quad (1)$$

위의 방법을 이용하여 로봇을 평가하기 위해서는 그림 1에서 보인 것과 같은 특정 작업에 대한 수회 반복한 초기 데이터가 필요하다. 아래의 그림 1은 실제 데이터가 아닌 설명을 위한 가상의 데이터이다.

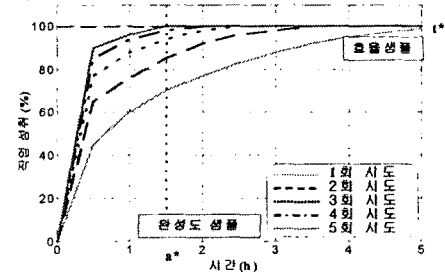


그림 1. 퍼스널 로봇의 작업 수행 곡선

그림 1은 로봇이 작업을 수행할 때 마다 그 시간과 수행

정도를 나타낸 그래프이다. 그림 1의 1시간 30분에 해당되는 수직 점선(*, 이하 샘플링 선)의 각각의 시도횟수 값을 이용하여 AR테이터를 얻을 수 있으며, 이를 이용하여 그림 2(a)와 같은 완성도와 시도 횟수(그림 1에서 돛트 표시 부분)에 대한 AR특성 곡선을 보였다. 여기서 샘플링 선은 두 로봇의 비교를 위해 설정한 것이므로 임의의 시간으로 설정할 수 있다.

첫 번째로 작업 완성도를 이용한 학습능력의 평가는 로봇이 수행해야 할 작업의 최종 목표에 도달하는 반복 수행 횟수와 완성도의 분석을 이용한다. 아래의 그림 2(a)는 그림 1의 데이터를 기초로 하여 단위시간 동안 로봇의 작업 완성도를 나타내는 그래프이다.

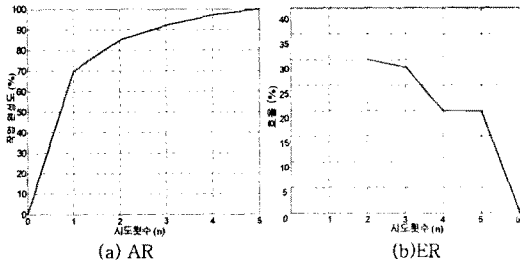


그림 2. 로봇 작업에 대한 학습능력 특성 곡선

그림 2(a)의 X축은 로봇이 수행한 작업 횟수이며, Y축은 작업의 완성도를 나타낸다. 선형 시스템 이론에서 사용된 정의와 같이 응답 시간이 짧을수록 학습능력이 뛰어나다는 것을 의미한다. 또한 정상상태 오프셋이 작을수록 학습의 질이 뛰어나다는 것을 의미한다.

그림 1의 작업 완성도가 99%인 지점의 수평 샘플링 선(a*)의 값을 이용하여 작업 완성도의 정도에 대한 ER을 얻을 수 있다. 그리고 이를 이용하여 그림 2(b)같은 효율과 시도 횟수에 대한 ER특성 곡선을 보였다. 앞에서 언급한 것처럼 샘플링 선은 두 로봇의 비교를 위해 설정한 것이므로 임의의 시간으로 설정할 수 있다.

그림 2(b)의 Y축의 값이 두 개의 연속적인 값에 의해 얻어지는 비율 값이기 때문에 2번째의 시도횟수부터 유효한 값임에 유의한다. 그림 2(b)의 선들에 의해서 나타내어진 지역은 학습의 정도를 의미한다. 즉 선의 비율의 증가가 클수록 적은 시도 횟수 만에 학습의 성취에 빠르게 도달할 수 있는 능력을 나타낸다.

이후의 실험에서는 본 연구에서 제안한 로봇 평가의 기준의 적용방법을 설명하게 된다.

3. 가상 평가

본 논문에서는 실험환경이 주어지지 않아 실제의 실험을 통한 평가가 아닌, 가상 평가를 통하여 임의의 퍼스널 로봇을 평가 한다. 평가를 위한 로봇은 서로 다른 회사의 애완용 로봇과 통합 기능을 갖는 가정용로봇을 사용 하였으며, 평가환경과 방법은 앞의 내용에서 언급한 것과 같이 구성 하였다.

애완용 로봇의 경우 학습능력과 관련된 작업은 소니 AIBO의 기능에서 비롯된 공놀이이다. 본 로봇의 학습능력은 앞에서 정의한 사용자의 추가정보 입력에 의한 학습효과를 나타내는 것이기 때문에 평가 방법은 매 작업시행 마다 추가적인 정보를 입력하고 그에 따른 작업의 결과를 확인하여 분석하는 것이다. 가정용 로봇의 학습능력과 관련된 작업은 소니 QRIO의 기능인 로봇이 공을 인식하고 발로 찰 수 있는 것으로 가정한다.

아래의 그림 3(a)에서 보인 것같이 가정용 로봇과 애완용 로봇의 첫 번째 작업 수행에서의 성취도는 거의 같다. 그러나 가정용 로봇의 학습능력의 경우 애완용 로봇 보다 더 빠르게 주어졌다. 가정용 로봇은 세 번째부터 다섯 번째까지 모두 목표한 결과에 도달 하였지만 애완용 로봇의 경우 몇 번의 시도를 통해 학습하였다. 즉 가정용 로봇이 애완용 로

봇보다 세 번째 시도에서 뛰어난 학습능력을 보였다. 그러나 다섯 번째 시도에서는 애완용 로봇이 더 뛰어난 학습 성취를 이루었다.

두 로봇은 그림 3(a)에서 보는 것과 같이 모두 100%의 AR에 도달 했지만 가정용 로봇의 증가 비율이 애완용 로봇 보다 높다. 이는 가정용 로봇이 공을 다루는 작업에 있어 애완용 로봇보다 학습능력 완성도가 뛰어나다는 것을 의미한다. 그림 3(b)에서 가정용 로봇의 AR곡선의 지역이 애완용 로봇보다 넓은 지역을 갖기 때문에 뛰어난 학습능력을 갖는다.

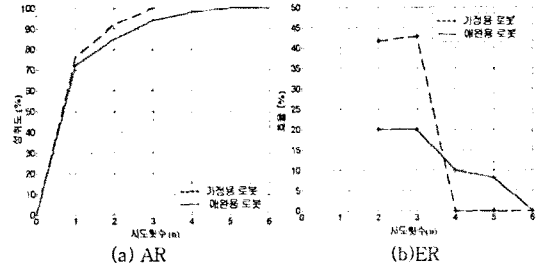


그림 3. 로봇 작업에 대한 학습능력 특성곡선

두 실험의 결과를 통해, 가정용 로봇이 공을 다루는 작업에 있어 애완용 로봇보다 뛰어난 학습능력을 갖는다고 할 수 있다. 그러나 본 논문에서는 다른 분류의 로봇을 이용하여 하나의 명령만을 수행하게 했기 때문에, 이 결과만을 가지고 어떠한 로봇이 더 뛰어나다고는 결론 내릴 수 없다.

4. 결론

본 연구에서는 퍼스널 로봇의 언어, 교시 및 학습능력의 관점에서 로봇을 평가할 수 있는 방법을 제시 하였다. 또한 교시에 의한 학습이라는 새로운 개념을 정의하고 이를 학습능력을 평가할 수 있는 AR과 ER을 이용한 기준을 제시 하였다. 실험실의 환경이 주어지지 않아 실제 로봇이 아닌 가상 로봇을 이용한 실험을 통하여 논문에서 제시한 평가 기준의 적용 방법을 제시하였다.

이후 연구에서는, 다양한 형태의 실제 로봇을 대상으로 하여 학습능력뿐만 아니라 지능을 포함하여, 좀더 세밀한 평가를 내릴 수 있는 기준을 제시할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] W. Burgard et al., "Experiences with an Interactive Museum Tour-Guide Robot," *Artificial Intelligence*, vol. 114, nos. 1-2, pp. 3-55, Oct. 1999
- [2] Yasuyoshi Yokokohji, Yuki Kitaoka and Tsuneo Yoshikawa "Motion Capture from Demonstrator's Viewpoint and Its Application to Robot Teaching", *IEEE International Conference of Robotic & Automation*, vol. 2, pp. 1551-1558, May. 2002
- [3] Stanislaw Lauria, Guido Bugmann, and Theodoris Kyrniacou, "Training Personal Robots Using Natural Language Instruction", *IEEE Intelligent System*, vol.16, Issue.5, pp. 38-45, Sep-Oct. 2001
- [4] Mallory Selfridge and Walter Vannoy, "A Natural Language Interface to a Robot Assembly System", *IEEE Journal of Robotics and Automation*, vol. RA-2, no. 3, pp. 167-171, Sept. 1986.
- [5] Akihiro Matsumoto, Gasuke Yoshita, Isamu Kihant, "Teaching by Showing Few Images for the Navigation of Mobile Robot", *IEEE Int Sym*, pp. 270-275, July, 2003
- [6] Michael Kasper, Gerot Fricke, Ewald von Buttkaer, "A behavior-Based Architecture for teaching More than Reactive Behaviors to Mobile Robots", *IEEE*, pp. 203-210, Sep 1999
- [7] ISO9283 Manipulating industrial robots performance criteria and related test methods
- [8] Chang-hyun Ahn, Kyu-ro Kim, Keon Young Yi, and Jin-Oh Kim, "Evaluation of Mobility and Navigation Performance for Personal Robots", *International Journal of Human-friendly Welfare Robotic Systems*, Vol. 4, No. 1, pp. 47-58, April 2003