

# 개인용 로봇을 위한 학습능력 평가기준 및 청소로봇에 대한 적용 사례

論 文

54D-5-3

## The Evaluation Criteria of Learning Abilities for Personal Robots and It's Application to a Cleaning Robot

金 容 準\* · 李 建 寧† · 金 鎮 吾\*\*  
(Yong Jun Kim · Keon Young Yi · Jin-Oh Kim)

**Abstract** - In this paper we present a guideline to evaluate how easy the use of personal robots is and how good their learning abilities are, based on the analysis of their built-in commands, user interfaces, and intelligences. Recently, we are living 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 abilities, 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, demonstrate how to apply the evaluation method to the cleaning robot as an example.

**Key Words** : Personal Robot, Evaluation of the Robot, Robot Classification, Coached Learning.

### 1. 서 론

로봇이 인간의 생활에 밀접한 영향을 미치기 시작한 것은 이미 오래 전 일이 되어 버렸다. 산업 분야의 생산 공정에 이용되고 있는 산업용 로봇을 그 시작으로 하여 가정에서 사용되는 청소, 교육, 애완용 로봇과 사무실의 보안, 서비스 로봇 등 인간 생활 대부분의 일들을 대신하는 로봇들이 개발되고 있다.[1][2] 이러한 퍼스널 로봇들은 그들의 사용 목적과 기능을 기준으로 하여 청소, 보안, 서비스, 교육, 애완, 안내용 로봇 등으로 분류할 수 있다.

로봇은 인간의 언어와 같은 의사소통 수단(로봇언어)을 갖고 있으며, 로봇언어를 통하여 인간과 의사소통 하며, 인간으로부터 명령을 전달받거나 새로운 정보를 입력받게 된다. 또한 로봇에 대한 새로운 정보 입력을 교시라고 하며, 로봇은 교시를 통하여 새로운 작업에 대한 정보나 혹은 추가적인 데이터 입력이 가능하다. 이러한 언어와 교시를 통해 로봇의 작업 효율이 크게 증대되고 있다.

일부 로봇 중에는 학습능력을 갖는 것도 있다. 일반적으로 학습능력이란 경험을 쌓음으로써 행동이 상대적·지속적으로 변화하고 안정화하여 그 뒤에 행동에 효과를 가지게 되는 경우를 가리킨다. 로봇의 경우 이런 능력들을 지능이라고 불리기도 하는데, 최근 출시되고 있는 로봇을 보면 이러한 학습능력을 갖는 로봇을 쉽게 찾아볼 수 있다.

그러나 이러한 로봇의 능력들은 각각의 로봇마다 많은 차이를 보이며, 심지어는 지능이나 학습능력과 같은 능력이 없는 로봇도 존재한다.[3-6] 한 예로 Stanislaos[3]와 Mallory[4]의 경우 음성을 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 갖지 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 제시하고 있지만[7], 퍼스널 로봇의 경우 그 특성 및 성능을 평가[8]하기 위한 기준에 관한 연구는 미진한 상태이다.

본 연구에서는 먼저 퍼스널 로봇들을 그들의 기능에 따라 분류하였으며, 최근 출시된 로봇과 최근 연구 결과를 분석하여, 로봇의 언어, 교시 및 학습능력을 정의 및 분류하였다. 이를 통하여, 퍼스널 로봇의 학습능력을 평가할 수 있는 평가 기준을 제시하고 있으며, 실제 퍼스널 로봇 중 가장 널리 사용되고 있는 청소 로봇을 대상으로 하여 로봇의 학습능력 평가 방법 적용 방법을 보여준다. 즉, 상용화된 청소용 로봇과 연구실에서 제작한 로봇을 비교 평가함으로써 동일한 분류의 로봇을 비교 평가할 수 있는 방법을 보여 준다.

### 2. 본 론

퍼스널 로봇을 평가하기 위해서는 평가 분야와 그 세부 항목들을 명확히 분류해야 하며, 평가 범위의 설정이 우선 되어야 한다. 본 연구에서는 로봇의 기계적인 성능을 평가하는

† 교신저자, 正會員 : 光云大學 電氣工學科 副教授 · 工搏

E-mail : keonyi@earth.kw.ac.kr

\* 學生會員 : 光云大學 電氣工學科 碩士課程

\*\* 正 會 員 : 光云大學 情報制御工學科 副教授 · 工搏

接受日字 : 2005年 1月 15日

最終完了 : 2005年 3月 23日

것이 아니라 지능과 관련된 분야 중, 학습능력의 평가기준에 중점을 두고 있다. 이는 이미 로봇의 성능 및 특성에 관한 평가가 이전 연구에서 이미 진행되었기 때문이다[8]. 또한 로봇의 학습과 관련된 교시와 언어의 평가기준 연구도 함께 실시하게 되며, 언어와 교시 평가는 편리성과 정확성에 중점을 두었다.

2.1 퍼스널 로봇의 분류

가정, 회사, 공공장소 등에서 세탁, 청소, 사무보조, 안내 등의 인간 활동을 돕거나 혹은 대신하는 로봇을 퍼스널 로봇이라 정의하고, 각 로봇의 사용목적과 작업에 따른 분류를 아래 표 1에서 보였다.

표 1. 퍼스널 로봇 기능별 분류

Table 1. Personal robot functional grouping

분류	정의
장난감 로봇	사람이 가지고 놀 수 있도록 단순하고 규칙적인 운동만을 하는 로봇으로, 한 두 개의 모터를 이용한 단순 반복 운동을 하는 구조로, 프로그램 된 동작이나 언어가 있어 완구와 구별된다.
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 로봇 사이의 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 역할 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 갖는다는 면에서 일반 청소기와 구별된다.
재활 복지용 로봇	환자의 재활 도움이나 노인 복지를 위한 로봇으로 보조 장비로서의 역할뿐만 아니라, 치료의 목적으로도 사용된다. 최소한의 자율주행이 있어 전동화 된 의로기기와는 차별화 된다.

현재 개발되어 있는 로봇 중에는 표 1에서 언급한 몇 가지 분류를 동시에 만족하는 다용도 로봇이 있으나 이들은 본 논문에서 제시할 평가 기준을 이용하여 각각의 성능들을 개별적으로 평가 할 수 있으므로 본 논문에서는 따로 분류하지는 않는다.

2.2 퍼스널 로봇의 평가분야

본 연구에서는 로봇의 지능과 학습능력을 평가하는 기준을 제시하기 위하여 언어, 교시 방법, 학습능력과 관련된 사항을 주요 평가 분야로 선택하였다. 그 중에서도 객관적인 평가 및 정량화에 어려움이 따르는 학습능력을 중점적으로 다룬다. 앞서 언급한 바와 같이 작업 성능 평가에 관한 것은 본 연구의 범위에 포함되지 않기 때문에 논하지 않는다.

2.2.1 로봇 언어

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

2.2.2 로봇 교시방법

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

Table 2. Robot behavior and teaching method

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 정의하였는데, 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 평가하게 된다.

표 3. 퍼스널 로봇 평가 환경 기준

Table 3. The standards of environment for personal robot evaluation

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	
먼지	길이, 각도, 표면	0.5µm보다 큰 먼지	2×106개/m <sup>3</sup> 이하
		1.0µm보다 큰 먼지	4×105개/m <sup>3</sup> 이하
		50µm보다 큰 먼지	허용하지 않음
	기타	0.5µm보다 큰 먼지	4×107개/m <sup>3</sup> 이하
		1.0µm보다 큰 먼지	7×106개/m <sup>3</sup> 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 산출 할 수 있는 환경	
추가 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, 인용하였다. 표 4에는 퍼스널 로봇 평가를 위한 기본이 되는 환경으로 일반 환경에 대한 정의이다. 추가적으로, 로봇의 설치에 제조자의 권장에 따르면 된다.

2.4 퍼스널 로봇의 평가

퍼스널 로봇의 평가를 위해 앞의 2.2절에서 언급된 분야

중 로봇의 언어 및 교시 부분은 편리성(사용자가 얼마나 편리하게 사용할 수 있나), 정확성(각종 명령을 반복적으로 정확히 수행하나) 및 적절성(기본적인 언어 및 부가언어의 보유 정도)을 감안하여 평가가 가능하다. 그러나 현존하는 퍼스널 로봇의 종류가 적어 현 시점에서는 객관성 있는 정량화된 기준을 제시하지 않는다. 그러나 본 논문에서는 로봇을 평가할 때 가장 중요한 학습능력의 관점에서 평가 기준을 제시한다.

2.4.1 퍼스널 로봇의 학습능력 평가

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

정의 1. 작업 완성도(TAR)

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

정의 2. 작업 효율(TER)

로봇에게 동일한 작업량(A\*)을 여러 차례 시행하도록 했을 때 지정된 작업에 도달하는데 걸리는 경과 시간 샘플의 변동비(R<sub>n</sub>)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. 이는 로봇이 작업을 수행할 때 마다 그 시간과 수행 정도를 나타낸 그래프로, 실제 데이터가 아닌 설명을 위한 가상의 데이터이다.

그림 1의 1시간 30분에 해당되는 수직 점선(T\*, 이하 완성도 샘플링 선)과 만나는 각각의 시도회수에 대한 작업 성취값들을 이용하여 작업 완성도(TAR) 데이터를 얻을 수 있으며, 이를 이용하여 그림 2의 실선과 같은 완성도와 시도 횟수에 대한 TAR특성 곡선(좌측 y 눈금)을 보여준다. 여기서 완성도 샘플링 선은 두 로봇의 비교를 위해 설정한 것이므로 임의의 시간으로 설정할 수 있다.

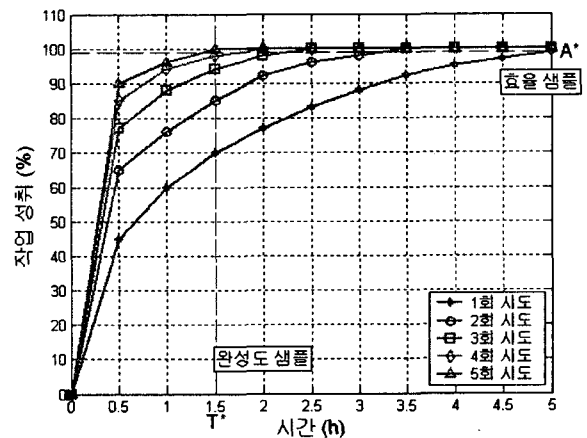


그림 1. 퍼스널 로봇의 작업 수행 곡선

Fig. 1. Task accomplishment curves of a personal robot

시간 개념의 학습능력 평가가 아닌 목표 작업량에 대한 학습량의 변화, 즉, 반복 작업에 따른 학습량의 변화 또한 로봇의 학습능력 평가의 주요 지표가 된다.

그림 2의 하단(우측 y 눈금)은 그림 1에서 작업 완성도가 99%인 지점의 수평 샘플링 선(A\*, 이하 효율 샘플링 선)의 값들을 이용하여 구해지는 TER 특성곡선이다. 앞서 언급한 것처럼 효율 샘플링 선은 두 로봇의 비교를 위해 설정한 것이므로 목표 작업량으로 설정할 수 있다.

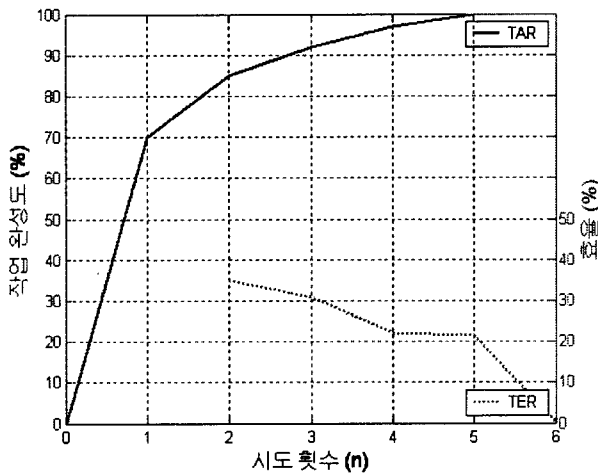


그림 2. 로봇의 작업에 대한 TAR(1.5h) 및 TER(99%) 특성곡선  
Fig. 2. TAR(1.5h) and TER(99%) characteristics lines for the task done by a robot

그림에서 TER 특성곡선은 두 개의 연속적인 값에 의해 얻어지는 비율 값이기 때문에 2번째의 시도 횟수부터 유효한 값이 표시됨을 유의해야 한다.

TAR 특성곡선은 여러 로봇의 시간관점에서의 학습능력을 비교 평가하는데 편리하다. 즉, 주어진 시간( $T^*$ )에 로봇이 수행한 작업량이 반복 수행 횟수에 따라 변화하는 특성을 보여주는 것으로, 선형 시스템 이론에서 사용된 정의와 같이 응답 시간이 짧을수록 학습능력이 뛰어나(빠른 시간에 여러 번 반복 학습한 결과에 도달함)를 의미한다. 또한 정상상태 오프셋이 작을수록 학습의 질이 뛰어나다는 것을 의미한다.

또한, TER 특성곡선은 그 값이 클수록 빠른 학습능력을 보여주는 것으로 급격한 감소는 초반에는 학습을 잘하나 작업을 반복하여도 학습효과가 크지 않음을 의미한다. 반면에 완만한 감소는 많은 학습이 필요함을 의미하게 된다. 따라서, TER 특성곡선은 원하는 작업을 위해 비교대상 로봇이 얼마나 많은 학습을 요구하는지를 알아보는데 중요한 지표가 된다. 다음절에서는 본 연구에서 제안한 로봇 평가의 기준의 적용방법을 청소용 로봇을 이용하여 설명한다.

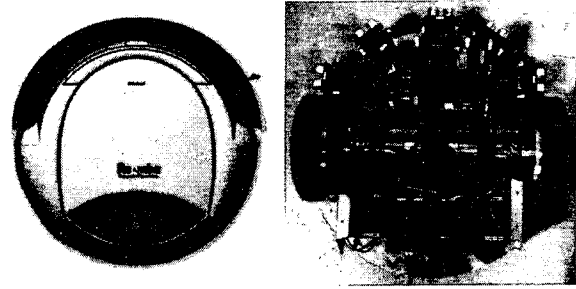


그림 3. 룸바와 성능평가용 로봇  
Fig. 3. Roomba and test bed

### 3. 평가실험

본 장에서는 청소용 로봇을 대상으로 하여 본 연구에서 제안한 로봇 평가 기준의 적용 예를 보여준다. 먼저 실험에 사용된 로봇은 아래 그림에 보인 iRobot사에서 제작한 청소로봇인 룸바와 연구실에서 제작한 성능평가용 로봇을 이용하였다. 로봇의 주요 규격은 표 5와 같다.

표 4. 테스트 로봇 세부 사양  
Table 4. Detail specifications of robots

분 류	Roomba	성능평가용 로봇
규 격	직경: 35cm, 높이: 9.5cm	직경: 35cm, 높이: 12cm
무 게	2.6kg	3kg
사용 센서	전(前)방향 터치센서, 적외선 센서	적외선 센서, 초음파 센서
전원공급 방식	충전식	충전식
인터페이스	버튼 입력 식	PC 제어방식

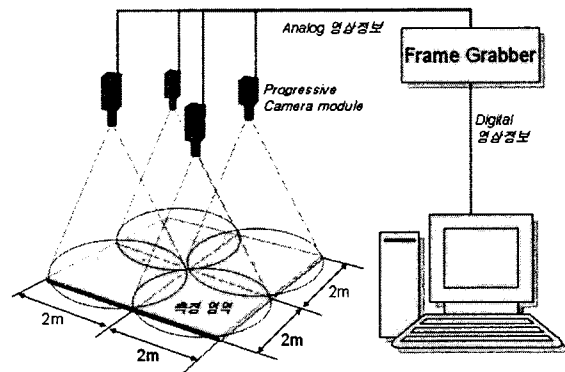


그림 4. 실험 환경 및 장비  
Fig. 4. Experimental setup and equipments

실험은 그림 4에서 보인 것과 같이 4m x 4m 크기의 타일바닥으로 된 시험공간에서 실행하였고, 두 로봇 모두 동일한 방법을 적용하였으며, 5회 실험을 통하여 학습능력의 평가를 실시하였다.

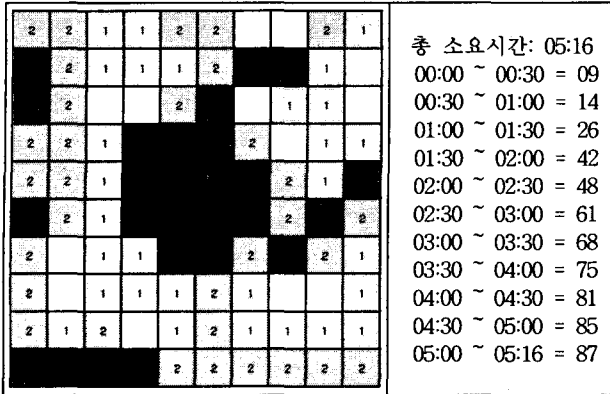


그림 5. 룸바의 첫 번째 청소 작업 데이터  
Fig. 5. Data for 1st cleaning task of Roomba

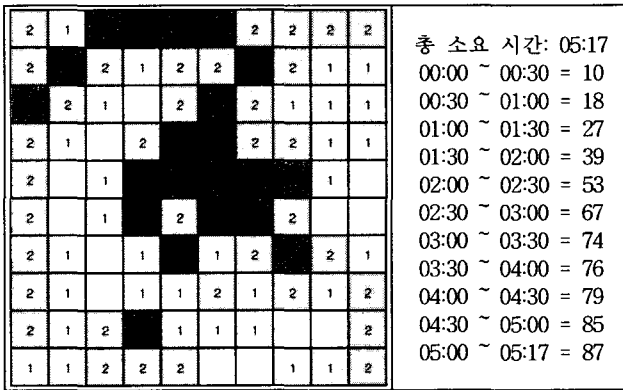


그림 6. 룸바의 다섯 번째 청소 작업 데이터  
Fig. 6. Data for 5th cleaning task of Roomba

3.1 룸바 작업 실험

룸바를 이용한 첫 번째 실험 결과 데이터는 그림 5와 같다. 그림에서 블록에 표시된 숫자는 로봇의 중복 청소 횟수이며, 숫자가 없이 흰색바탕의 블록은 청소를 실시하지 않은 블록을 나타낸다. 그림의 오른쪽 데이터는 각 시간대별 청소 블록 개수를 보여준다. 그림 6에서는 5번째 청소작업에 대한 결과 데이터를 나타내었다.

그림의 데이터를 바탕으로 하여 룸바의 학습능력을 평가하는 데이터를 그래프로 나타내었다. 그림 7에서 보는 바와 같이 룸바의 경우 1, 3, 5회 시도의 곡선(2, 4 회 시도는 편의상 생략하였음)의 형태를 보면 거의 일치하고 있음을 알 수 있다. 이는 룸바가 작업수행 횟수를 늘려도 작업에 대한 학습을 하지 않는다는 것으로 판단되며, 이는 본 장의 후반부에서 TAR 및 TER 그림에 의해 다시 비교분석 된다. 특히 5회 반복의 경우에도 90%의 작업 성취도를 초과하지 못하고 있다. 특이한 사항으로 청소 지역을 설정하면 정해진 시간(5분) 동안만 작업을 수행하고 멈추어 버리기 때문에 추가적인 시간 동안의 데이터는 확인하지 못하였다.

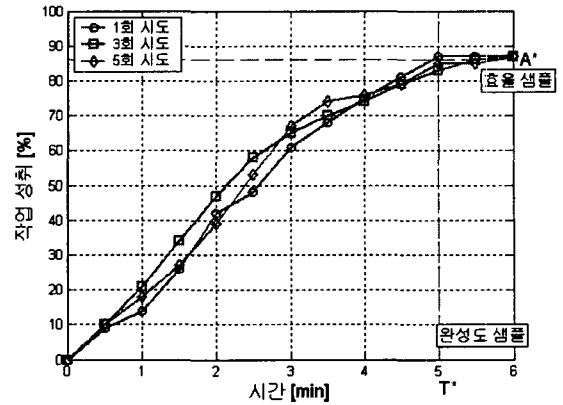


그림 7. 룸바의 작업 수행곡선  
Fig. 7. Task accomplishment curves of Roomba

TAR 및 TER 특성 곡선을 위한 값은 그림 8에 표시한 것과 같이 5분(T\*)과 86%(A\*)로 하였다.

3.2 성능평가용 로봇 실험

룸바에 시행한 것과 동일한 방법을 적용하여 1번째 및 5번째의 청소작업을 기록한 데이터를 다음 그림에 나타내었다.

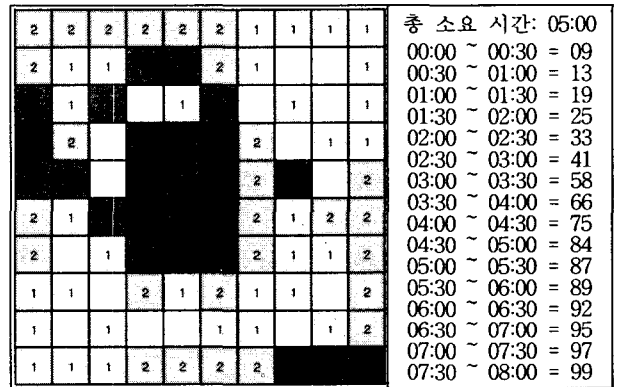


그림 8. 성능평가용 로봇의 첫 번째 청소 작업 데이터  
Fig. 8. Data for 1st cleaning task of test bed

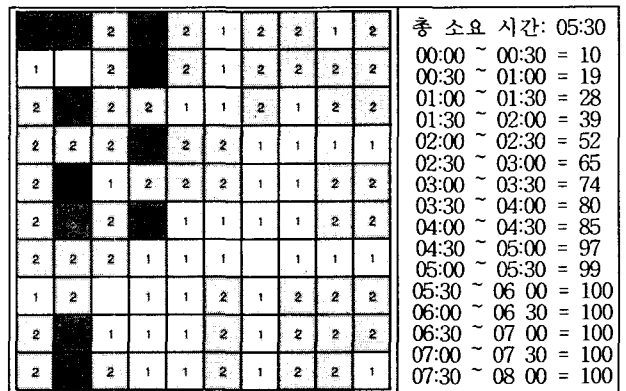


그림 9. 성능평가용 로봇의 다섯 번째 청소 작업 데이터  
Fig. 9. Data for 5th cleaning task of test bed

그림 10은 위의 데이터를 바탕으로 하여 성능평가용 로봇의 학습능력을 평가하는 데이터 특성곡선을 나타낸 것이다. 룸바의 특성곡선과는 달리, 작업 시도 횟수가 증가함에 따라 작업 성취도와 시간의 향상을 보여주고 있다.

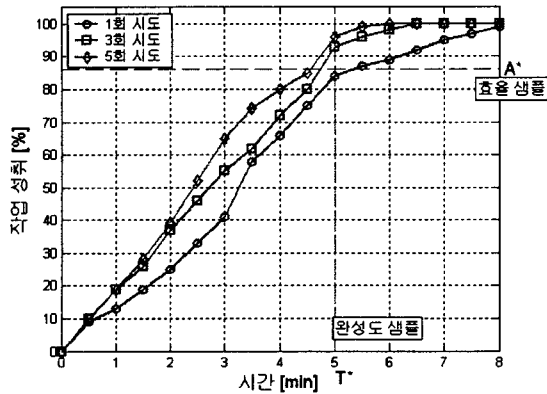
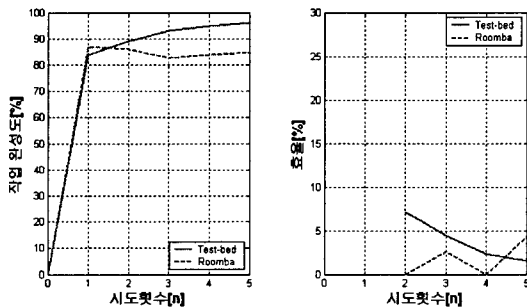


그림 10. 성능평가용 로봇의 작업 수행곡선  
Fig. 10. Task accomplishment curves of test bed

위의 그림 7과 그림 10을 기초로 두 로봇의 작업에 따른 학습능력을 평가하기 위하여 5분에서의 TAR 및 86% 작업 완성시점에서의 TER 특성곡선은 다음과 같다. 룸바의 특성곡선은 단순히 앞서의 방법을 적용했을 뿐 실질적인 의미를 갖지 못한다. 즉, TAR의 경우 작업 반복에 따라 다소의 변화가 있으나 일정 상태에 머물고 있으며, TER의 경우는 무의미한 증감을 반복하고 있다. (목표 작업 시간이 시도할 때마다 불규칙하게 증가 또는 감소했으며, 식 (1)에 적용할 때 결과가 음으로 나오면 0으로 처리하였다.)



(a) TAR 특성곡선 (b) TER 특성곡선

그림 11. 두 로봇의 TAR(5분) 및 TER(86%) 학습능력 특성곡선  
Fig. 11. TAR(5min) and TER(86%) characteristics lines of two robots

룸바의 경우(그림의 점선) 학습능력이 없어 위 그림으로 학습능력 비교 평가가 무의미 하지만, 위 그림의 TAR 특성곡선으로부터 성능평가용 로봇의 경우가 학습에 의해 룸바보다 좋은 청소 특성을 보여주고 있음을 알 수 있다. 또한 TER 특성곡선의 경우에서 성능평가용 로봇의 학습 효율은 그다지 높지 않으며, 반복 학습에 따라 지속적으로 감소함을 알 수 있다. 앞서 언급한 바와 같이 위의 특성 곡선은 효율 샘플과 완성도 샘플 설정에 따라 달라지며, 이는 사용자가 비교하고 싶은 작업목표 또는 시간에 따라 달라질 수 있음에 유의해야 한다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 퍼스널 로봇의 학습능력의 관점에서 로봇을 평가할 수 있는 방법을 제시하였다. 즉, 교시에 의한 학습이라는 새로운 개념을 정의하였으며, 이를 기초로 학습능력을 비교 평가할 수 있는 TAR 및 TER 특성 곡선을 정의하고, 이를 이용한 평가 방법을 제시하였다. 이러한 기준을 토대로 하여 상용화 된 청소용 로봇(룸바)과 연구실에서 개발한 로봇(성능평가용 로봇)을 대상으로 하여 로봇의 작업에 대한 학습능력을 비교 평가하는 방법의 예시를 보여주었다.

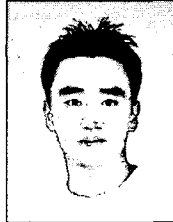
#### 감사의 글

본 연구는 한국생산기술연구원과 공동 개발한 차세대 신기술개발사업(2001~2004)의 지원으로 수행되었음

#### 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 Yokokohiji, Yuki Kitaoka and Tsuneo Yoshikawa "Motion Capture from Demonstrator's Viewpoint and Its Application to Robot Teaching", Proceedings of the IEEE International Conference of Robotic & Automation, vol. 2, pp. 1551-1558, May. 2002
- [3] Stanislaw Lauria, Guido Bugmann, and Theocharis Kyriacou, "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 Buttkamer, "A behavior-Based Architecture for teaching More than Reactive Behaviors to Mobile Robots", Third European Workshop on Advanced Mobile Robots, pp. 203-210, Sept. 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

저 자 소 개



**김 용 준(金容準)**

1978년 1월 24일생. 2003년 광운대 전기공학과 졸업. 2003 ~ 2005 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재



**이 건 영(李健寧)**

1959년 8월 2일생. 1982년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1984년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1993년 동 대학원 졸업(공박). 현재 광운대 전기공학과 부교수  
Tel) 02-940-5142  
E-mail) keonyi@earth.kw.ac.kr



**김 진 오(金鎭沔)**

1959년 10월 27일 생. 1983년 서울대학교 공대 기계공학과 졸업. 1985년 동 대학원 기계공학과 졸업(석사). 1992년 Carnegie Mellon University 졸업 (공박). 현재 광운대 정보제어공학과 부교수  
Tel) 02-940-5158  
E-mail) jokim@daisy.kw.ac.kr