



Assistive Robot을 위한 Human-Robot Interaction

이성수 (송실대학교)

I. 서론

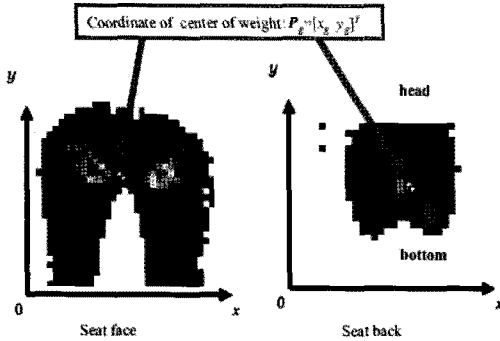
근래에 와서 장애인 보조, 재활 훈련, 노인 복지 등 assistive robot의 로봇의 필요성이 매우 높아지고 있으며, 로봇 기술의 발달에 따라 실용적 수준의 동작이 가능한 assistive robot이 속속 개발되고 있다. assistive robot에서 중요한 핵심 기술의 하나는 사용자와 로봇 사이의 인터페이스 기술인 human-robot interaction 기술인데, assistive robot의 특성상 일반인보다는 노약자나 장애인이 주된 대상이기 때문에, 이를 고려하여 다양한 human-robot interaction 기술의 연구가 매우 활발하게 진행되고 있다. 본 고에서는 assistive robot에 대한 다양한 연구 현황과 그 적용 사례들에 대해 알아보려고 한다.

II. Human-Robot Interaction for Robotic Wheelchair

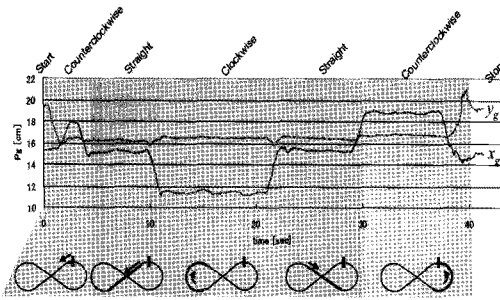
assistive robot의 대표적인 예로는 장애인의 보행을 돕는 robotic wheelchair를 들 수 있다.

기존의 휠체어의 경우 일반적으로 조이스틱 등을 이용하여 움직임과 방향 전환을 수행하는데, 일본의 Tokyo University of Technology 연구진은 기존의 조이스틱 대신에 휠체어에 앉은 사람의 상체 동작을 인식하여 휠체어의 움직임과 방향 전환을 제어하는 human-robot interaction 기술을 제안하였다^[1].

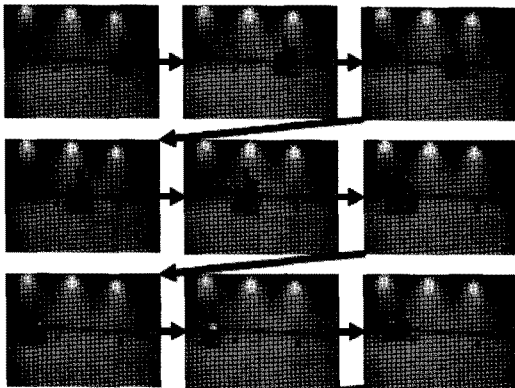
사람의 상체 움직임을 인식하기 위해서는 상체를 카메라로 촬영하여 인식하는 방법, 기울기 센서를 사용하여 상체의 기울기를 측정하는 방법, 사람이 휠체어에 닿는 면에 가해지는 압력을 측정하는 방법이 있는데, 첫 번째는 시스템이 크고 복잡해지고 조명 등의 영향을 많이 받는 단점이 있고, 두 번째는 사람이 휠체어에 앉기 전에 기울기 센서를 몸에 부착해야 하는 단점이 있기 때문에, 여기에서는 휠체어 바닥과 등받이에 압력 센서를 부착하여 가해지는 압력에 따라 상체의 움직임을 인식하는 방법을 채택하였다. <그림 1>은 휠체어에 부착된 압력 센서에 가해지는 압력을 측정된 결과이다. 이러한 압력을 x 방향 성분과 y 방향 성분으로 나누어, 이들의 크기에 따라 <그림 2>와 같이 움직임과 방향 전환을 인식하게 되며, 상체 움직임을 인식하여 실제 robotic



<그림 1> 휠체어에 앉았을 때 가해지는 상체 압력^[1]



<그림 2> 상체 압력에 따른 움직임과 방향 전환의 인식^[1]



<그림 3> 상체 움직임 인식에 따른 robotic wheelchair의 제어 모습^[1]

wheelchair를 제어하는 모습은 <그림 3>과 같다.

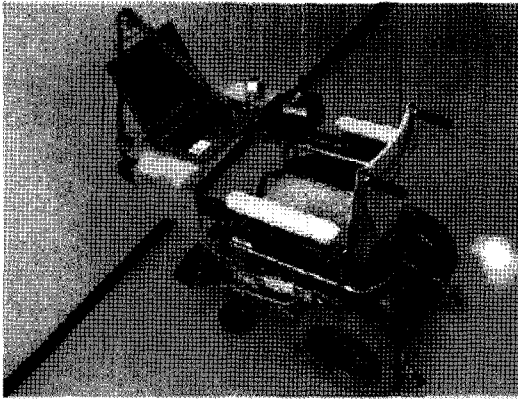
일본의 Tottori University 연구진은 휠체어에 앉은 사람의 입 모양을 카메라로 인식하여 휠체어의 움직임과 방향 전환을 수행하는 human-robot interaction 기술을 제안하였다^[2]. 일반적으로 카메라로 입술 모양을 촬영하여 사람이 발음하는 단어를 인식할 경우 조명 등에 의한 영향을 많이 받아 인식률이 떨어지는 단점이 있어서 여기에서는 사람이 입을 벌리고 닫는 모습만을 인식하여 조명의 영향을 최소화하였다.

<표 1>은 입의 움직임에 따른 휠체어의 동작을 나타낸 것인데, 열었다가 닫기, 왼쪽 열기, 가운데 열기, 오른쪽 열기, 닫기의 다섯 가지 입의 움직임만을 인식한다. 이때, 휠체어의 동작은 정지, 전진, 후진, 좌회전 이동, 우회전 이동, 정지 상태 좌회전, 정지 상태 우회전의 여덟 가지인데 반하여 입의 움직임은 다섯 가지뿐이기 때문에

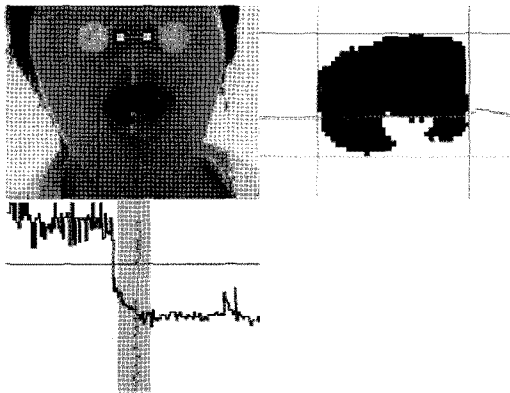
<표 1> 휠체어 동작과 입 여닫기 동작^[2]

wheel chair mode	oral command				
	opening			opening and closing	closing
	left	center	right		
stop	rotate left	back	rotate right	forward	-
forward	turn left	-	turn right	stop	-
back	-	-	-	-	stop
turn right	turn left	forward	-	stop	-
turn left	-	forward	turn right	stop	-
rotate right	stop	-	-	stop	stop
rotate left	-	-	stop	stop	stop

입의 움직임이 동일하더라도 현재의 동작 상태에 따라 다음 동작 상태가 달라지도록 설계하였다. <표 1>은 겉보기에는 복잡하게 보이지만, 실제로는 휠체어가 움직이고 있을 때와 정지하고 있을 때에 취할 수 있는 다음 동작 상태가 몇 가지로 한정되기 때문에 실제로는 그다지 복잡하지 않은 편이다. 개발된 robotic wheelchair는 <그림 4>와 같으며, 입 여닫기 동작을 인식하는



<그림 4> 개발된 robotic wheelchair^[2]

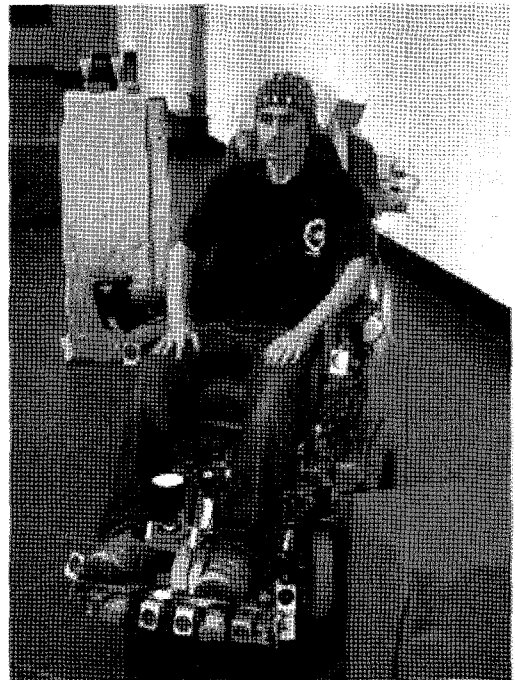


<그림 5> 입 여닫기 동작 인식^[2]

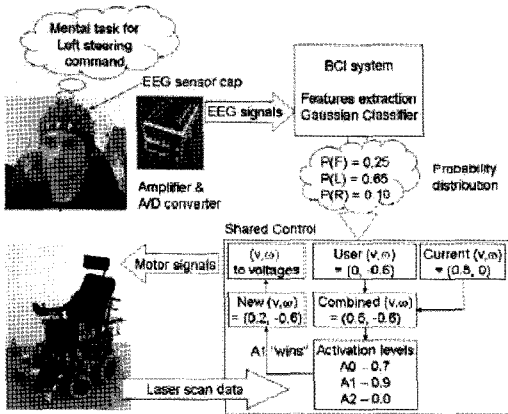
모습은 <그림 5>와 같다.

최근 들어 뇌파 등을 인식하여 시스템을 제어하는 brain-computer interface 기술이 발달함에 따라 robotic wheelchair를 뇌파로 제어하는 연구도 활발하게 진행되고 있다. 벨기에의 Katholieke Universiteit 연구진은 <그림 6>과 같이 뇌파로 제어하는 robotic wheelchair를 개발하였다^[3].

이 시스템은 모자처럼 착용하는 비침습적 전극으로 뇌파(EEG)를 측정한다. 이를 바탕으로 마치 조이스틱을 움직이듯이 robotic wheelchair를 제어한다. EEG 신호는 512Hz에서 64개의 전극으로 측정하며 0.5초 간격으로 전진, 좌회전, 우회전의 세가지 의도를 statistical



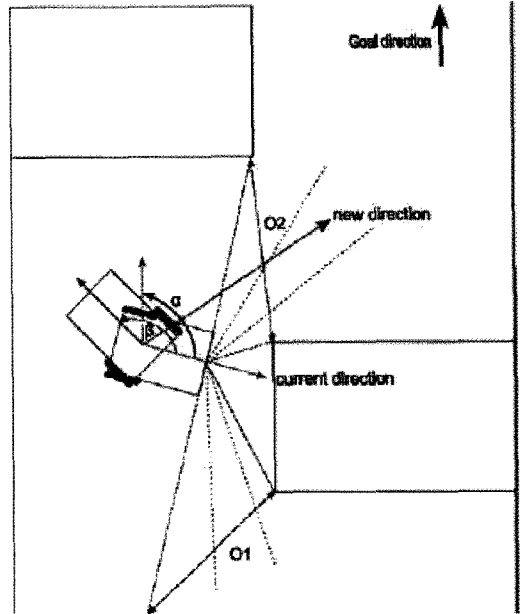
<그림 6> BCI에 기반한 robotic wheelchair^[3]



〈그림 7〉 뇌파로 측정된 사용자의 의도를 해석하고 휠체어를 제어하는 과정^[3]

Gaussian classifier로 분석하여 판단한다. 이러한 사용자의 의도는 〈그림 7〉과 같이 translational (v), rotational (ω) velocity로 번역된다. 예를 들어 사용자의 의도가 전진으로 해석될 확률이 좌회전이나 우회전보다 높다면 v 를 증가시킨다.

이 시스템에서는 뇌파 측정을 통한 사용자의 의도가 잘못 해석되는 위험성을 줄이기 위해서 shared control system을 사용한다. shared control system에서는 사용자의 의도를 그대로 반영하기보다는 레이저 스캐너로 감지한 주변 환경을 감안하여 휠체어를 제어한다. 주변 환경을 감안하는 모드는 세 가지가 있는데, 충돌 방지 모드에서는 사용자가 장애물에 너무 가깝게 접근시키려고 할 때 휠체어를 정지시키기 위해 v 를 감소시킨다. 장애물 회피 모드에서는 장애물을 회피하기 위한 최적의 (v, ω)를 계산하며, 방향 회복 모드에서는 〈그림 8〉과 같이 사용자의 의도가 최종적인 목적지까지 이르는 경로에서 너무 벗어날 때, 이를 보정하기 위한 최적의 (v, ω)를 계산한다.

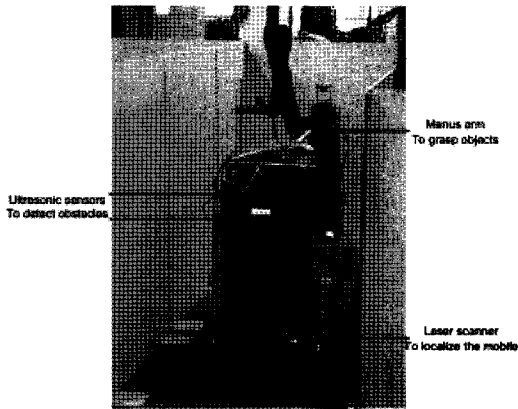


〈그림 8〉 방향 회복 모드^[3]

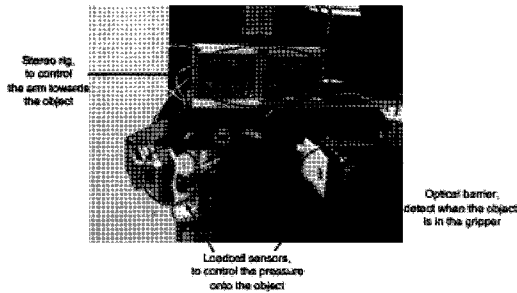
III. Human-Robot Interaction for Assistive Robots

assistive robot의 또 다른 예로는 거동이 불편한 노인이나 신체가 자유롭지 못한 장애인 등을 위해 스스로 이동하여 물건을 집어서 가져다 주는 robotic butler를 들 수 있다. 프랑스의 CEA 연구진이 개발한 robotic butler인 SAM (Synthetic Autonomous Majordomo)^[4]은 〈그림 9, 10〉과 같이 mobile platform에 arm과 gripper, sensor를 탑재하였으며 stereo rig를 이용하여 사용자가 두 번의 클릭만으로 간단하게 집어서 가지고 와야 할 물건을 선택할 수 있다. 이 방법의 장점은 가지고 와야 할 물체의 정보에 대해 robot에 미리 선지식을 부여할 필요가 없다는 것이다.

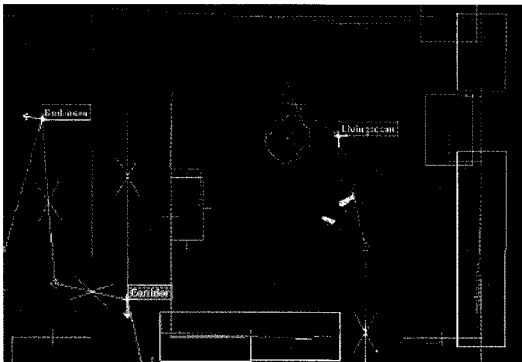
SAM은 <그림 11>과 같이 이동시에 장애물을 발견하면 자동적으로 이를 피하는 새로운 경로를 취한다. <그림 11>에서 SAM은 카메라의 스캐닝 영역(푸른색 원추형 영역) 안에서 이동 경



<그림 9> mobile platform에 arm이 탑재된 SAM^[4]



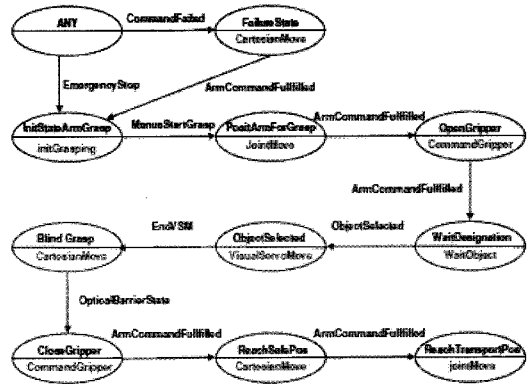
<그림 10> gripper에 부착된 sensor^[4]



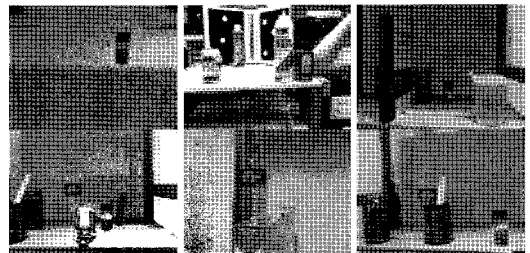
<그림 11> SAM이 집어 들어 가져오는데 성공한 다양한 물건^[4]

로 상에 서있는 사람의 다리(두 개의 노란색 타원형)을 발견하여 장애물을 피하는 새로운 경로(붉은 색 점선)로 움직인다.

SAM은 이동하거나 물체를 집는 과정에서 일어날 수 있는 다양한 상황에 대처하고 올바른 동작을 수행하기 위해 미리 준비된 다양한 시나리오를 가지고 있으며, 이 시나리오를 손쉽게 제작하고 로봇의 동작에 반영하기 위한 scenario interpreter인 ISEN(Interactive Scenarization Engine)을 가지고 있다. <그림 12>는 grasping procedure에 대한 ISEN의 시나리오를 나타낸 것이다. 실험 결과 SAM은 옆방에 가서 <그림 13>과 같이 후추병, 캔, 책, 자, 병, 컵과 같은 다



<그림 12> ISEN에서 grasping procedure의 scenario^[4]



<그림 13> SAM이 집어 들어 가져오는데 성공한 다양한 물건^[4]

양한 물체를 집어서 가져오는데 성공하였다.

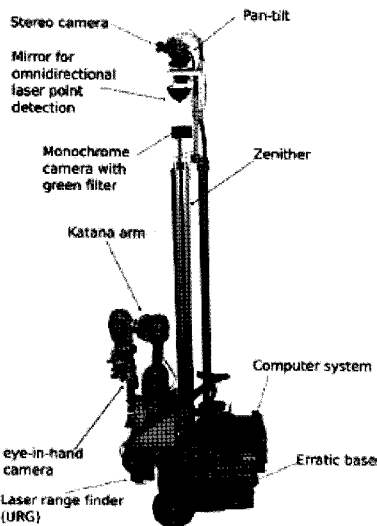
미국 Georgia Institute of Technology의 연구진은 시각, 청각 및 활동 장애인을 돕는 활동보조견(service dog)의 교육 방법과 수행 방식을 모방하여 비슷한 명령과 동작을 수행하는 assistive robot인 EI-E를 <그림 14>와 같이 개발하였다^[5].

이들은 먼저 실제 활동보조견을 교육하는 기관인 Georgia Canines for Independence의 협조를 받아 활동보조견에게 가르치는 71개의 명령을 분석하였다. 이들 명령은 활동보조견에게 실제적인 활동을 지시하는 조작(manipulation), 활동보조견의 움직임을 지시하는 이동(movement), 명령자를 따라 동반하여 움직이도록 지시하는 수행(peopel following), 명령자와 의사를 교환하는 교신(communication), 활동보조견의 활동을 더 세게 하거나 약하게 지시하는 강화(reinforcement), 활동보조견을 대기시키거나 동작을 준비시키는 등의 관리(administration)

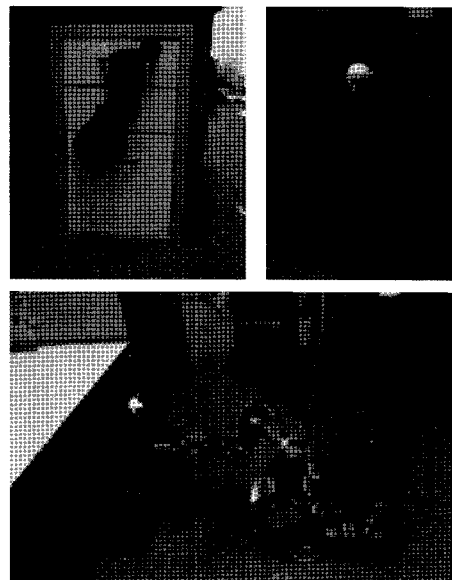
등 여섯 개의 그룹으로 나누어지며, EI-E 로봇에 내리는 명령은 이들 여섯 개의 명령 그룹에 기반하여 결정되었다.

명령자가 시판되는 레이저포인터를 사용하여 동작을 수행할 물체를 가리키면 EI-E는 이를 인식하여 물체의 위치를 인식하고 접근한다. 활동보조견의 경우 문이나 서랍을 여는데 도움을 주기 위해서 <그림 15>와 같이 문고리 등에 손수건 등을 매놓는 경우가 많은데, EI-E에서도 고리나 흡반을 사용하여 손수건을 매놓고 활동보조견이 입으로 당기듯이 로봇팔로 손수건을 당겨서 문이나 서랍을 열도록 하였다. 실제 EI-E를 사용하여 서랍이나 문을 열고 닫는 실험을 수행한 결과, 동작 성공률이 90%에 달하였다.

한국의 생산기술연구원 연구진은 robotic butler를 포함한 다양한 서비스 로봇이 집안에서 쉽게 동작을 수행할 수 있도록 하는 센서 네트워크 기반의 스마트홈 환경인 RoboMaidHome을



<그림 14> 활동보조견을 모방한 assistive robot인 EI-E^[5]



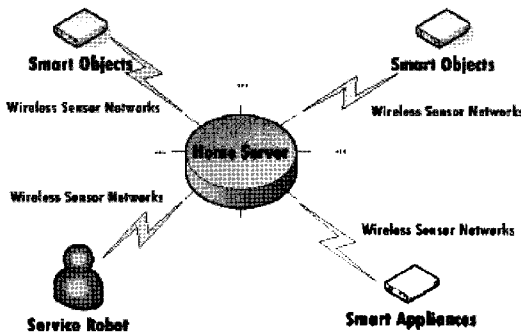
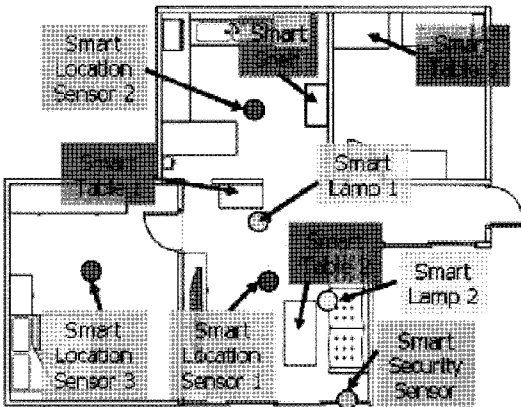
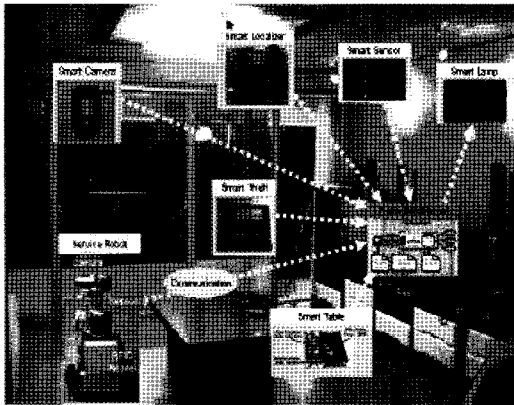
<그림 15> 손수건 부착을 통한 서랍 등의 개폐 [5]

개발하였다^[6]. RoboMaid Home은 Smart Item, Smart Object, Smart Appliance, Service Robot, Home Server로 구성된다. Smart Item은 RFID가 달린 물체로서 통신 기능은 없고, Smart Object와 Smart Appliance는 RFID를

가지고 있어서 Smart Item을 인식하며 통신 기능을 갖추고 있어서 Home Server를 통하여 Service Robot과 통신한다.

RoboMaidHome에서는 실제 집안에 다양한 Smart Object와 Smart Appliance가 <그림 16>과 같이 설치되어 있기 때문에 Service Robot의 동작을 다양하게 도울 수 있으며, 이에 따라 Service Robot이 갖춰야 할 여러 가지 기능의 일부를 나누어 수행함으로써 Service Robot의 크기와 기능을 경량화할 수 있다.

다양한 Smart Item이 집안에 설치된 Smart Table이나 Smart Shelf에 놓이게 되면 이들 Smart Table이나 Smart Shelf는 Smart Item을 인식하고, 놓여있는 Smart Item의 종류와 위치를 Service Robot에게 알려준다. 또한 Smart Camera와 Smart Security Sensor는 물체 인식, 움직임 추적, 움직임 인식, 컵 등의 파손 감지, 창문 등의 개폐 여부 등을 감지하여 Service Robot에게 알려준다.



<그림 16> RoboMaidHome^[6]



<그림 17> Smart Table^[6]



<그림 18> Smart Shelf^[6]

IV. 맺음말

assistive robot은 서비스 로봇의 수많은 응용 분야 중에서 가장 필요성이 높은 분야의 하나이며, 노인 인구가 급격하게 증가하고 장애인에 대한 복지 서비스가 점차 강화됨에 따라 향후 수요도 급증할 전망이다. 이에 따라 assistive robot을 위한 human-robot interaction 기술의 필요성도 나날이 증가하고 있으며, 국내 학계에서도 세계 수준의 연구 결과를 속속 발표하고 있다. 그러나 국내 여건은 아직도 이 분야에 대한 연구 지원 및 인력 양성이 크게 부족한 실정이며, 전자, 컴퓨터, 기계 등 다양한 학문 분야 사이의 학제간 협동도 필요성이 더욱 커지고 있다. 따라서 앞으로 이 분야에 대한 연구 지원, 인력 양성 프로그램, 학제간 연구를 크게 강화할 필요가 있다.

참고문헌

- [1] S. Yokata, Y. Ohyama, H. Hashimoto, and J. She, "The Electric Wheelchair Controlled by Human Body Motion," Proceedings of IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, pp.303-308, Aug., 2008.
- [2] T. Saitoh, N. Takahashi, and R. Konishi, "Development of an Intelligent Wheelchair with Visual Oral Motion," Proceedings of IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, pp.145-150, Aug., 2007.
- [3] J. Philips, J. Millan, G. Vanacker, E. Lew, F. Galan, P. Ferrez, H. Brussel, and M. Nuttin, "Adaptive Shared Control of a Brain-Actuated Simulated Wheelchair," Proceedings of IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics, pp. 408-414, Jun., 2007.
- [4] A. Remazeilles, C. Leroux, and G. Chalubert, "SAM: A Robotic Butler for Handicapped People," Proceedings of IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, pp.315-321, Aug., 2008.
- [5] H. Nguyen and C. Kemp, "Bio-Inspired Assistive Robotics: Service Dogs as a Model for Human-Robot Interactions and Mobile Manipulation," Proceedings of IEEE International Conference on Biomedical Robotics and Biomechanics, pp.542-549, Oct., 2008.
- [6] S. Baeg, J. Park, J. Koh, K. Park, and M. Baeg, "RobomaidHome: A Sensor Network-Based Smart Home Environment for Service Robots," Proceedings of IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, pp. 182-187, Aug., 2007.

자기소개



이 성 수

1998년 8월 서울대학교 전기공학부(공학박사)

1993년 2월 서울대학교 전자공학과(공학석사)

1991년 2월 서울대학교 전자공학과(공학사)

2002년 9월~현재 송실대학교 정보통신전자공학부 부
교수

2000년 4월~2002년 8월 이화여자대학교 정보통신학
과 연구교수

1998년 11월~2000년 3월 Research Associate,
University of Tokyo

주관심 분야 : Bio SoC, Multimedia SoC, Low-
Power SoC, Sensor Signal Processing,
Human-Robot Interaction