

# 융합연구리뷰

Convergence Research Review

김차중(울산과학기술원 부교수)

미래의 융합 모델: 디자인과 과학기술의 시너지

김민규(한국로봇융합연구원 책임연구원)

로봇을 통해서 인간을 탐구하다: HRI의 필요성과 역할

# CONTENTS

- 01 편집자 주
- 03 미래의 융합 모델 : 디자인과 과학기술의 시너지
- 39 로봇을 통해서 인간을 탐구하다  
: HRI의 필요성과 역할



융합연구정책센터  
Convergence Research Policy Center

융합연구리뷰 | Convergence Research Review  
2020 August vol.6 no.8

발행일 2020년 8월 3일

발행인 김주선

편집인 최수영·권영만

발행처 한국과학기술연구원 융합연구정책센터

02792 서울특별시 성북구 화랑로 14길 5

Tel. 02-958-4980 | <http://crpc.kist.re.kr>

펴낸곳 주식회사 동진문화사 Tel. 02-2269-4783



### ● 미래의 융합 모델 : 디자인과 과학기술의 시너지

오늘날 사람들은 어떠한 물건의 형태를 설명할 때 '디자인(design)'이라는 단어를 통해 표현한다. 디자인은 '표현하다', '성취하다'라는 뜻의 라틴어 '데시그나레(designare)'에서 유래되어 주어진 목적 성취를 위해 조형적으로 실제화(표현)하는 작업이라고 할 수 있다. 과학기술 또한 여러 과학 분야를 실제로 적용하여 우리의 생활에 유용하도록 가공하는 수단을 의미한다. 디자인과 과학기술은 둘 다 특정 목적의 실제화를 위해 행해지는 작업이라는 공통점이 존재한다.

이에, 본 호 1부에서는 디자인과 과학기술, 특히 공학 분야와의 융합사례를 살펴보고, 독일의 iF 어워드와 미국의 IDEA(국제우수디자인상)를 수상한 아쿠아시스(AQUASIS)에 대해 자세히 알아보았다. 아쿠아시스는 해수전지가 해수(바닷물)를 담수화함과 동시에 배터리가 충전되어, 뚜껑 부분을 야간에는 조명등으로 사용할 수 있는 제품이다. 바다에 인접해 있지만, 식수를 위해 먼 길을 다녀와야 하고, 야간에는 전기가 없어 어둠을 그대로 맞이해야 하는 제3세계의 인구에게 꼭 필요한 발명품으로 생각된다.

본 호 1부를 통해 완전히 다른 분야인 듯 보이지만 융합되었을 때 그 시너지가 확실하게 나타나는 디자인과 공학/디자인과 과학기술에 대해 알아보았다. 본 호에서 예시를 든 아쿠아시스 외에도 기존 기술 및 앞으로 연구·개발될 과학기술의 사용자 편리성 향상과 디자인 분야와의 융합을 통해 새로운 미래 융합 모델을 제시할수 있기를 기대해 본다.

### ● 로봇을 통해서 인간을 탐구하다 : HRI의 필요성과 역할

최근 코로나-19와 같은 이슈를 통해 '언택트(un-tact)'라는 사회적 문화가 새로이 자리잡아가고 있다. 이러한 언택트의 중심에는 사람 간의 접촉을 줄이는 대신, 가능한 범위 내에서 그 빈자리를 로봇이 대체할 수 있는 환경이 조성되고 있다. 공공시설에서 출입자의 체온과 마스크착용 여부를 판단하거나, 음식점과 같은 곳에서 비대면 서빙을 해주는 등의 아직까지는 단순한 작업이 요구되는 곳에서 점차 사용이 늘어나고 있다.

이에, 본 호 2부에서는 점차 늘어나는 로봇에 대해 인간이 어떻게 생각하고, 느끼고, 행동하는지에 관해 연구하고 이런 연구를 기초로 인간을 닮은 로봇을 개발하는 인간-로봇 상호작용(Human-Robot Interaction, HRI) 연구에 대해 알아보았다. HRI는 크게 설문, 생체신호, 무구속 센서를 이용하여 인간(사용자)의 반응을 측정하고, 이러한 반응을 기반으로 로봇의 디자인이나 행동을 결정하거나 로봇의 목적에 맞게 프로그래밍을 한다.

본 호 2부를 통해 인간 중심의 로봇을 실현하기 위해서 로봇공학자와 인공지능 연구자, 인간의 심리와 사회현상을 탐구하는 사회과학자, 그리고 인터랙션 디자이너와 서비스 디자이너 등 다양한 분야의 연구자들이 협업해야 하는 HRI 연구에 대해 알아보았다. 앞으로 우리 사회에 보다 다양하게 보급될 로봇과 인간이 어떻게 소통할 수 있을지 고민하고, HRI의 연구를 통해 로봇과 공생하는 방안을 찾아나간다면 앞으로 많은 사회문제들이 해결될 수 있을 것으로 기대해 본다.



**융합연구리뷰**

Convergence Research Review 2020 August vol.6 no.8



# 01

## 미래의 융합 모델 : 디자인과 과학기술의 시너지

김차중(울산과학기술원 부교수)

# I 산업디자인의 역사와 역할

## 1. 산업디자인의 역사

석기시대에 사용되었던 돌도끼는 사냥을 위해 만들어진 인류 최초의 디자인이다. 인류의 생존과 함께 진화해온 디자인은 18세기 말 영국에서 일어난 산업혁명을 통해 공식적인 존재감을 드러내기 시작했다. 기계에 의한 대량생산으로 자본가와 공장이 탄생하고 노동자가 늘어나면서 기존 수공업과 농경사회가 자본주의 사회로 탈바꿈하기 시작했다. 특히, 산업혁명은 수력이나 증기를 이용한 방직 기계시스템이 가능해지면서 텍스타일(textile) 산업에서 큰 반향을 일으켰다. 소수의 귀족 특권 계층을 위하여 가내수공업 형태의 수작업으로 소규모 생산되던 것들이 기계시스템이 도입되면서 대량생산이 가능해졌고, 다양한 패턴이 대량으로 생산되기 시작하였다. 이후 시장에서 잘 팔리는 텍스타일에 대한 관심이 쏠리면서 디자인의 중요성이 대두되었다. 기술이 발달하면서 디자인은 비단 텍스타일 제품에만 한정되지 않고 대량생산을 통해 시장에 등장한 수많은 일상의 제품들까지 영향을 미치면서 대중들의 라이프스타일의 표준이 만들어지기 시작했다.

하지만, 대량생산으로 인해 물건들의 품질이 수공업 제품보다 떨어지는 경우가 비일비재했고 표준화로 인한 제품들이 획일화되면서 수공업품의 미학과 품질에 대한 향수가 찾아오기 시작했다. 영국에서 시작된 산업혁명은 점점 생산방식의 기계화와 자동화를 이루어 내면서 19세기 중엽에 이르러 세계 각지의 식민지로부터 자원들을 수탈하면서 공업적, 경제적으로 급속한 발전을 이루면서 세계의 공장으로 불리었다. 또한, 영국의 앞선 기계화와 산업화는 영국에만 국한되지 않고 전 세계적으로 그 영향이 퍼져 나갔지만, 특히 미국에서 디자인의 활약이 두드러졌다. 1913년 헨리 포드(Henry Ford)는 그동안 수작업으로 진행되어왔던 자동차 조립 생산라인을 최초로 구축하면서 자동차의 대량생산을 가능하게 하였고, 그 시기부터 디자인을 통한 시행착오를 거치면서 조형과 품질을 획기적으로 탈바꿈시키는 제품 혁신이 본격적으로 일어나기 시작했다(그림 1).

그림 1. 20세기 초 미국 포드의 자동차 생산라인



출처 : Ford

## 2. 산업디자인의 역할

### 1930년대 : 시장 차별화를 위한 미학으로서의 산업디자인

헨리 포드 이후, 산업디자인의 아버지로 불리는 미국의 레이몬드 로위(Raymond Loewy)는 이때부터 다양한 산업과 매체에서 활동하면서 컨설턴트로서의 디자이너 역할을 개척하였다. 그는 유선형의 미학에 사로잡혀 대부분의 제품들을 유선형으로 디자인하면서도 그 제품 본연의 기능을 강조하였다. 효율적인 연필깎이부터 코카콜라 자판기, 스티드베이커 자동차, NASA 우주선의 인테리어에 이르기까지 거의 존재하는 모든 물건을 디자인하면서(그림 2), 기업이 디자인을 통해 가치를 어떻게 높일 수 있고, 디자인과 기업이 어떻게 상호 협력할 수 있는가에 대한 토대를 구축하면서 그동안 주목받지 못했던 디자인을 처음으로 비즈니스의 한 분야로 끌어올렸다.

그림 2. 레이몬드 로위가 디자인한 (좌)엠피깡이, (중)코카콜라 자판기, (우)스터드베이커 자동차



출처 : SuperRadNow

### 1940년대 : 인체 사이즈를 고려한 산업디자인

레이몬드 로위 이후 또 다른 유명한 미국의 산업 디자이너인 헨리 드레이퍼스(Henry Dreyfuss)는 2차대전 중 발전한 공조, 통신, 영상 기술들을 바탕으로 일상의 제품들을 디자인하였다. 대표작으로 허니웰 T86 서모스탯, 빅벤 알람시계, 웨스턴 일렉트릭 500 데스크 전화, 폴라로이드 SX-70 카메라를 디자인하였다(그림 3). 그는 제품들의 형식적인 디테일에 대한 관심뿐만 아니라 사용자의 요구도 디자인에 적극적으로 반영하려고 노력하였다. 특히, 인간공학 분야에 크게 기여하였는데, 인체의 물리적 측정요소들(예를 들면, 키, 눈높이, 손의 크기, 행동반경 등)이 어떻게 고려되어야 하고 산업디자인에 어떻게 통합 및 적용되어야 하는지에 대한 선구적인 연구를 한 것으로 유명하다.

그림 3. 헨리 드레이퍼스가 디자인한, 빅벤 알람시계, 허니웰 온도조절기, 폴라로이드 카메라, 데스크 전화



출처 : southpasadenan.com, Cooper Hewitt Smithsonian Design Museum

### 1950-60년대 : 재료와 기술을 고려한 산업디자인

2차대전 이후, 기업과 인간의 관심이 우리의 일상으로 집중되면서 기존의 제품들과는 다른 새로운 혁신이 요구되었다. 이런 사회적 분위기에서 신기술을 적극적으로 도입하면서 산업디자인은 새로운 것을 창조하는



제품 혁신의 통로가 되었고, 새로운 과학기술들을 사용자와 시장의 요구에 맞게 재구성하기 시작했다. 이 시기의 대표적 제품들로는 찰스 임스(Charles Eames)가 디자인한 임스 চে어는 부드럽고 지속적인 유기적인 형태로 외관상 독특하고 또한 의자에 앉았을 때 매우 편안함을 준다(그림 4). 기존에 금속으로 설계된 것이 생산이 비싸고 또한 녹이 슬기 쉬워서 임스는 유리섬유가 상온에서 경화되도록 하는 새로운 재료와 제조기법을 도입하여 전통적인 조형과 소재의 의자들을 혁신적으로 리디자인(redesign)하였다. 이때부터 재료와 제조방법을 통한 제품 혁신 현상이 산업디자인 전반에 파급되기 시작했다.

그림 4. 찰스 임스의 유리섬유 체어 시리즈



출처 : Vitra.com

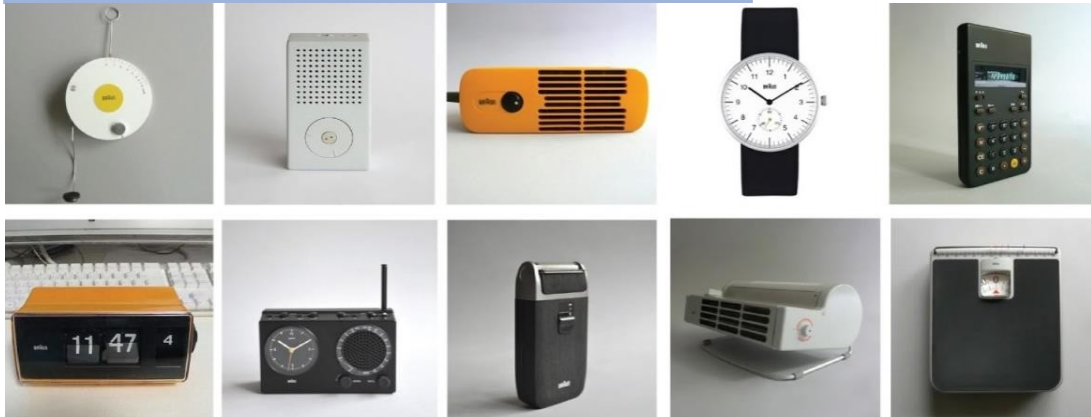
#### 1970-80년대 : 사용 편의성을 위한 산업디자인

2차대전 이후 피어오르던 신자유주의가 이 시기 정점에 이른다. 그런 다원주의의 분위기 속에서 인류의 행복에 대한 비즈니스 요구, 사용자, 기술의 지속적인 변화와 진화로 인해 산업 디자이너들은 시장에 수많은 제품을 쏟아냈다. 많은 제품들이 기능적으로 우수하지만, 그 기능을 인지하지 못하거나 혹은 그 기능은 인지되지만 사용하기 불편한 문제들이 많이 발생하게 되었다. 이미 한 분야의 경쟁 기업 간 기술과 제조 수준이 어느 정도 평균화되기 시작하면서 내구성과 같은 제품의 품질에서의 상대적 우위는 더 이상 소비자를 사로잡지 못하기 시작했다. 그리고 제품이 점점 소형화되고 복잡해지기 시작하면서 사용 편의성에 디자인의 초점이 모이기 시작했다. 대표적으로 복잡한 워크맨과 같은 복잡했던 전자제품들의 사용성 개선으로 소비자의 시선을 사로잡았고 시장에서 큰 성공을 거두었다. 그리고 처음으로 비교적 하이테크 기술이 탑재된 전자제품이 등장하면서

사용자의 잠재적인 행동과 기능성이 물리적 형태로부터 완전히 분리되기 시작했다. 침대는 누구에게나 어떻게 사용하는지 명확하지만, 음악을 듣기 위해 워크맨을 조작하는 것은 전혀 다른 이해와 행동을 요구한다. 이 시기에는 한 제품을 제대로 사용하기 위해서는 사용자 매뉴얼을 반드시 읽어야 했었다.

특히, 독일의 산업 디자이너 디터 램스(Dieter Rams)는 이러한 복잡한 전자제품들을 미학적으로 단순화하면서 사용성을 명확히 했던 것으로 잘 알려져 있다(그림 5). 예를 들면, 브라운 제품의 사용자 인터페이스는 버튼의 모양, 색상 그리고 그래픽에 의존하여 직관적으로 쉽게 인식되도록 디자인되었다. 그의 디자인 원칙과 철학은 애플의 조나단 아이브(Jony Ive)를 비롯해 오늘날 많은 현대의 산업 디자이너들에게 많은 영감과 영향을 주고 있다.

그림 5. 독일 브라운 디자이너 디터 램스가 디자인한 제품들



출처 : interaction design foundation

### 2000년대이후 : 사용자 경험을 위한 산업디자인

디터 램스가 브라운을 위해 디자인했던 것보다 더 복잡한 전자제품이 시장에 등장하면서 제품의 형태와 기능의 분리가 현저하게 일어나면서 사용자 경험(User eXperience, UX) 디자인이 주목을 받기 시작했다. 예를 들어, 디터 램스의 디자인 원리를 철저히 신봉했던 애플의 조나단 아이브는 제품의 외형적 형태와 제조 방식뿐만 아니라 애플 모든 제품의 사용자 인터페이스 디자인에까지 직관성과 일관성에 유지토록 적용하였다(그림 6). 물리적 제품과 디지털 제품에 걸친 이러한 통합된 디자인 접근법은 디지털시대로 향하고 있는 오늘날 디자인의 미래를 보여주고 있다. 최고의 사용자 경험은 결국 하드웨어와 소프트웨어의 조화로운 통합에 전적으로 의존하고 있으며 산업 디자이너들에게 새롭게 요구되는 도전이 되고 있다.

그림 6. 최고의 사용자 경험을 위해 디자인된 애플 제품들



출처 : Apple

오늘날 산업디자인의 의미는 조형에 미학을 창조하는 역할을 벗어나 전 세계 수백만 명이 매일 사용하는 제품, 기기, 물건, 서비스 등을 기획하고 디자인하고 개발 및 생산하는 전문 분야가 되었다. 산업 디자이너가 하는 이 모든 것들은 궁극적으로 최종 사용자에게 제공되는 제품이나 서비스의 전체적인 지속적 가치와 경험을 전달하는 것을 그 목표로 하고 있다. 그렇다면 오늘날 디자인의 화두가 되고 있는 사용자 경험(UX) 디자인이 무엇인지 알아보자.

## II 디자인의 미래 : 사용자경험(UX) 디자인

### 1. 사용자경험 디자인

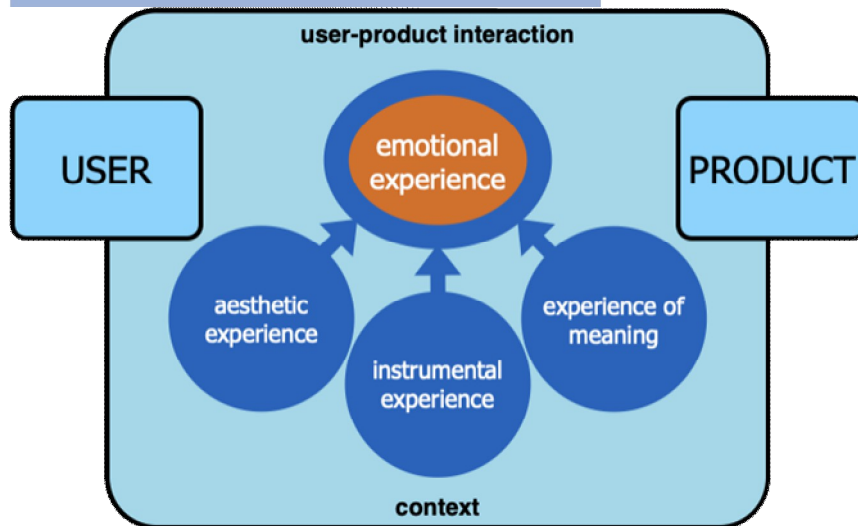
오늘날 제품이나 서비스들은 기본적으로 요구되는 기능을 탑재함과 동시에 사용편의성이 적극적으로 고려되고 있으며, 사용자들의 미학적 요구사항을 잘 반영하고 있다. 하지만 제품 자체에서 주는 경험을 벗어나 그 제품의 브랜드 경험을 포함한 통합된 긍정적 사용자경험이 점점 더 요구되고 있다(그림 7). 예를 들어, 인프라에 대한 투자가 미미했던 시절 각 가정에 상수도가 연결되어 있는 것만으로도 엄청난 경험이었다(즉, utility). 모든 가정에 상수도가 공급되면서 사람들은 '어떻게 하면 집에서 물을 쉽게 마실 수 있는가에 대한 사용편의성으로 그 관심이 옮겨졌다(즉, usability). 그리고 일회용 컵과 같은 제품들이 디자인되면서 사용편의성에 대한 욕구를 만족시켜 주었고, 더 나아가 사회가 발전하면서 사람들의 모빌리티가 증가하면서 집에서 마시던 물을 어떻게 하면 야외에서, 운동하면서, 피크닉을 가면서도 편하게 마실 수 있는 것에 관심이 집중되었다(즉, desirability). 이후 우리는 어디서나 생수병을 쉽게 구입할 수 있게 되면서 사람들은 생수병에 담긴 물에 대한 더 강한 욕망을 표출하게 되었다. 그 결과 똑같은 생수인데도 브랜드에 따라 그 가격 차이가 천차만별이고 생수 한 병이 식사 한 끼보다 비싼 시대에 살고 있다(즉, brand experience).

그림 7. 사용자 욕구의 변화와 사용자경험의 목표



위에서 살펴본 것과 같이 사용자의 경험은 각 레벨의 개별적 경험이 아니라 여러 욕구의 통합적인 경험으로서 이야기된다. 산업디자인에서 사용자경험은 인간의 감각을 통한 경험(미적 경험), 제품을 사용하면서 그 기능을 통한 경험(도구적 경험), 그리고 제품이 주는 의미적 경험(의미 경험)에 의해서 전체적으로 형성되는 감성적 경험으로 정의된다(그림 8).

그림 8. 사용자경험 디자인의 요소와 메커니즘



제품은 보기에도 아름다울 수 있고, 즐거운 소리를 낼 수도 있고, 만지기에도 좋고, 심지어 좋은 냄새가 날 수 있다. 인간의 지각 시스템이 구조, 순서 또는 일관성을 탐지하고 제품의 새로움/친숙성을 평가하는 정도는 일반적으로 생성되는 미적 가치를 결정한다. 반면, 도구적 경험은 사용자가 필요로 하는 기능을 가졌는지 그리고 그 기능을 사용하기 쉬운지에 대한 경험을 이야기한다. 이 경험은 실제로 사용자들이 제품을 구입하거나 사용하는 가장 큰 요인으로서 제품·서비스 경험에서 기본적으로 도구적 경험이 만족되지 않으면 좋은 사용자경험을 기대하기 어렵다. 의미 경험에서는 인지력이 주로 작용하는데, 해석, 기억, 연관성과 같은 인지적 과정을 통해 은유성을 인식하고, 성격이나 그 밖의 표현적 특성을 부여하며, 제품의 개인적 또는 상징적 의미를 평가할 수 있다. 의미 경험의 대표적 예로는 사치와 애착이 있다. 고급 제품의 경험은 특정 소비재와 관련된 럭셔리한 라이프스타일의 상징적 가치를 나타내는 반면, 애착의 경험은 우리에게 어떤 심오하고 지속적인 긍정적인 의미를 지닌 제품으로 대표된다.

결국, 뛰어난 사용자경험을 전하는 제품들은 위의 세 가지 경험들이 통합적으로 잘 디자인된 것이라고 말할 수 있다. 하나의 예시로서 덴마크의 대표적 건축가 아르네 야콥센(Arne Jacobsen)의 에그체어(Egg chair)는 많은 사람이 소유하고 경험하고 싶은 의자를 대표한다(사진 9). 우선, 이 의자는 수많은 다른 의자와 달리 계란의 형태를 인용하여 조형적으로 편안하고 아름답다. 그리고 의자가 주는 도구적 경험, 즉 의자의 기능으로서 앉을 수 있도록 하고 있으며 앉았을 때 감싸는 듯한 새로운 편안함을 준다. 그리고 이 의자를 사용하는 것은 결국 북유럽 사람들의 라이프스타일을 누리는 것이고 이 의자를 거실에 들이는 것은 결국 전설적인 건축가의 작품을 곁에 두는 그런 상징적인 의미가 된다. 이 세 가지 경험이 함께 잘 어우러져 있기 때문에 우리는 이 의자를 훌륭한 사용자경험의 대표적 디자인으로 이야기할 수 있다.

그림 9. 사용자경험이 잘 반영된 디자인 아르네 야곱센의 에그 체어



## 2. 사용자경험 디자인 사례

### 사례 1 : 하인즈(Heinz) 케첩 병

1869년에 세워진 하인즈는 1980년대 말까지 초창기 때의 케첩 병 디자인을 그대로 사용해오다가 사용자 조사를 통해서 소비자들의 케첩을 뿌리기가 힘들고 시간이 오래 걸린다는 부정적인 사용자경험을 발견하고, 문제를 해결코자 기존의 아이코닉(iconic)한 하인즈 케첩 병 디자인을 버리고 1990년대부터 마개가 바닥면에 있어 사용하기 훨씬 수월한 스탠딩 타입으로 리디자인되어 오늘날까지 적용되고 있다(그림 10). 리디자인을 통해 하인즈 케첩은 오늘날 미국 케첩 시장의 50% 이상을 차지하고 있으며, 특히 새로운 병 디자인으로 부모뿐만 아니라 아이들도 쉽게 사용할 수 있게 되어 다양한 사용자들에게 좋은 경험을 전하는 제품이 되었다.

그림 10. 사용자경험을 고려한 하인즈 케첩병 디자인의 변천



출처 : [medium.com](https://medium.com)

## 사례 2 : 이마트의 쌀 배송신청카드

쌀을 주로 소비하는 한국의 식문화에서 1~2개월에 한 번씩 쌀을 사는 일은 장보기 중에서 중요한 것으로 인식된다. 사회문화적 특성상 주부들이 주로 장을 보는 한국에서 무거운 쌀 포대를 일일이 쇼핑카트에 담는 것은 쉬운 일이 아니다. 다행히 오늘날 대부분의 마트가 배송서비스를 해주고 있어 무거운 쌀 포대를 카트에 담는 대신 쌀에 대한 상세정보가 적힌 쌀 배송신청카드 한 장을 계산대로 가져가면 계산과 동시에 배송까지 해결된다(그림 11). 단순한 아이디어지만 힘에 부치는 주부들에겐 혁신적인 사용자경험을 제공하고 있는 셈이다.





그림 11. 주부들의 사용자경험을 고려한 이마트의 쌀 배송신청카드

사례 3 : 보잉 777의 캐빈(cabin) 화장실

요즘같이 코로나바이러스가 창궐하는 시기에 이동이나 여행 중 화장실을 사용하는 것은 여간 불편하고 신경 쓰이는 일이 아니다. 특히, 환기가 된다고는 하지만 밀폐된 기내에서 특히 많은 승객이 용변을 위해 이용하는 좁은 캐빈(cabin) 화장실을 사용한다는 것은 말 그대로 공포다. 이런 기내 화장실 위생에 대한 우려와 걱정을 보잉은 이미 사용자경험 연구를 통해 강한 부정적 사용자경험의 이유가 된다는 것을 알아내어 신형 항공기인 보잉 777부터 변기 물을 내리는 버튼을 손가락으로 누를 필요가 없는 터치리스(touchless) 센서화시키고 변기 뚜껑을 여는 손잡이를 별도로 디자인하여 승객들에게 위생적이고 편리한 화장실 경험을 가능케 하였다(그림 12). 이러한 사용자경험 디자인을 통해 한번 경험을 한 승객들은 이후 보잉 777기종을 선호하게 되고 나아가 보잉에 대해 더 좋은 브랜드 이미지를 가지게 된다.

그림 12. 보잉 777 캐빈 화장실의 무선 플래쉬 센서(왼쪽)와 위생을 강조한 변기 덮개 디자인(오른쪽)



#### 사례 4 : 콜한(Cole Haan)과 나이키(Nike) 콜라보 슈즈

콜한은 1928년 미국 시카고에서 설립된 오랜 전통을 가진 신발제조회사다. 2012년 나이키가 인수하면서 전통적인 미국 구두와 나이키 운동화의 콜라보가 시도되었다. 전통적으로 남성화 밑창은 딱딱한 재질이 사용됐는데, 나이키 운동화에 적용됐던 압력 및 충격 완화 기능을 하는 에어쿠션기술을 적용하여 나이키는 이 협업을 통해 시장에 존재하지 않던 신발을 시판하기 시작했다(그림 13). 다시 말해, 나이키 운동화 밑창이 전통적인 구두의 밑창을 대신하게 된 것이다. 구두의 딱딱한 착용감 대신 운동화처럼 편한 구두 그리고 기존의 칙칙한 색깔 대신 화려한 색상의 구두를 세계 최초로 탄생시킨 것이다. 이 협업을 통해 최근까지도 나이키는 시장에서 엄청난 수익을 내고 있다.

그림 13. 나이키와 콜한의 콜라보 남성용 슈즈 디자인



출처 : 콜한

### 사례 5 : 센즈(Senz) 우산

2007년 네덜란드 델프트공대 산업디자인학과 학생의 석사졸업프로젝트의 결과물이었던 폭풍에 견디는 우산 센즈는 2008년 시판되면서 세계적인 이목을 사로잡았다. 기존의 우산들이 비바람이 조금이라도 강하게 불 때면 우산이 뒤집혀 파손되는 문제를 파악하여, 공학적으로 강한 바람에도 뒤집히지 않는 센즈 우산을 디자인하였다(그림 14). 폭풍에 견디는 형태를 개발하면서도 조형적 세련됨을 잃지 않음과 동시에 화려한 색상으로 비 오는 날의 우중충함 속에서 사람들의 이목을 집중시켰다. 비바람에도 절대 뒤집히지 않는 튼튼함 그리고 세련된 우산의 조형적 미학은 사용자에게 소유와 사용의 즐거움을 전할 수 있었다.

그림 14. 폭풍이나 비바람에도 견디는 혁신적이면서도 세련된 센즈 우산 디자인

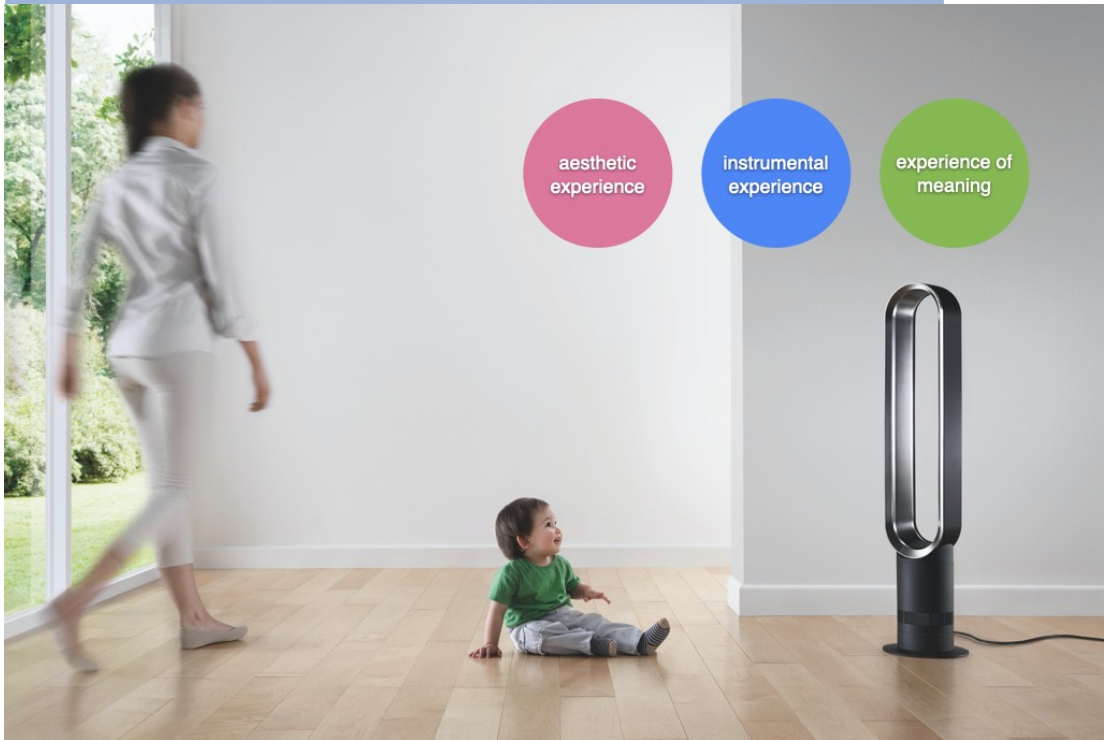


출처 : 센즈

#### 사례 6 : 다이슨(Dyson)의 날개 없는 냉온풍기

사용하면 할수록 흡입력이 떨어지는 진공청소기의 만성적인 소비자 불만을 다이슨은 집 근처 목공소에서 사용되는 중력으로 톱밥은 아래로 떨어지고 먼지는 올려보내는 사이클론 형태의 흡입기에서 아이디어를 얻어 먼지봉투 없는 강력한 청소기를 개발하였다. 이 다이슨 청소기를 통해 업계 최고의 위치에 오르면서 그 혁신은 날개 없는 선풍기로 이어졌다. 기존 선풍기들의 획일적인 모양, 그리고 빠르게 회전하는 날개 때문에 일어날 수 있는 안전사고에 대한 우려, 또한 힘들게 날개를 분리해야 제대로 청소가 가능했던 문제점들을 인식하면서 그 문제들을 한 방에 해결하는 날개 없는 선풍기를 디자인했다(그림 15). 원통형 기동에 수십 개의 작은 공기구멍을 내 외부의 공기가 유입되도록 하고 기동 안에 있는 날개가 고속으로 회전하면서 흡입된 공기를 위로 밀어내면서 바람의 세기는 증폭된다. 여기에 온풍 기능까지 제공하여 선풍기를 사계절 가전으로 탈바꿈시켰다. 이 제품은 공학적 기술혁신과 혁명적인 디자인의 조합을 통해 소유와 사용의 즐거움을 사용자에게 잘 전하고 있다.

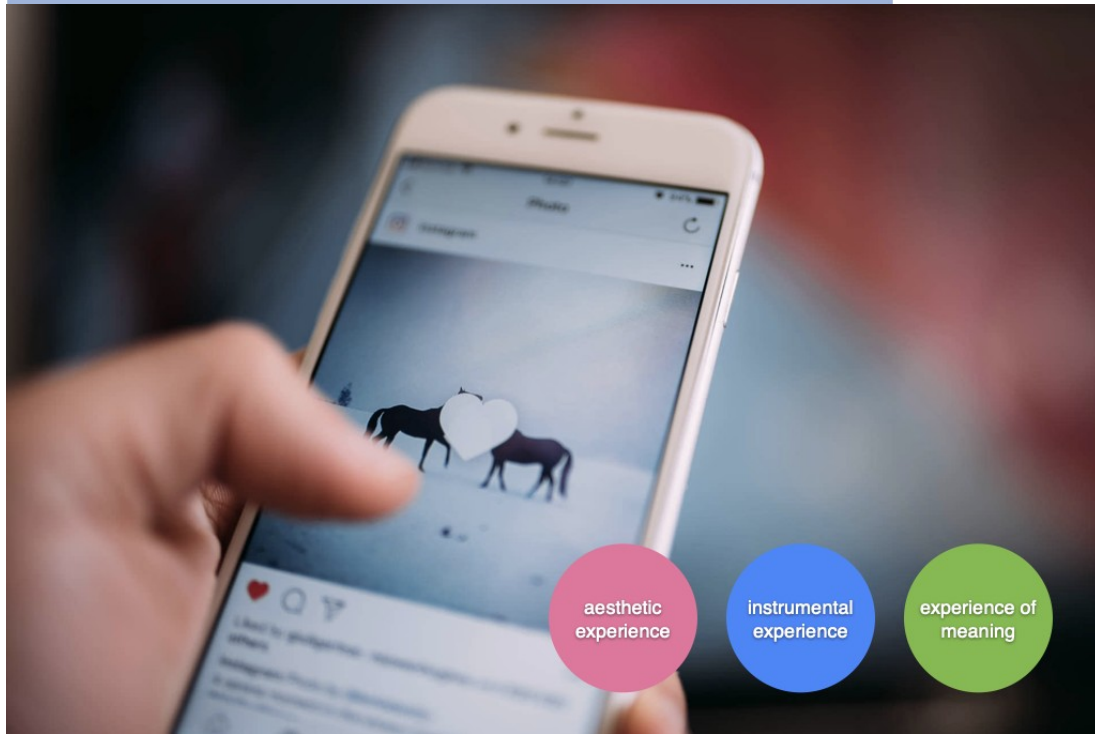
그림 15. 기존 냉온풍기 사용자 경험을 혁신적으로 개선시킨 다이슨 냉온풍기



### 사례 7 : 인스타그램(Instagram)

장소와 장소를 연결해주던 기존의 유선 전화기 시대를 지나 장소에 상관없이 개인과 개인을 이어주는 휴대폰이 대중화되었고, 이제는 휴대폰과 컴퓨터의 기능을 합한 스마트폰이 생활필수품이 된 지 오래다. 특히, 고성능 카메라가 스마트폰에 장착되면서 사용자들은 소셜 미디어에서 공유의 즐거움을 누리게 되었다. 그런 많은 모바일 서비스 중에서 인스타그램은 간단하고 직관적인 사용자 인터페이스를 제공하면서 디자인도 미학적으로 전혀 부족하지 않다. 인스타그램을 통해 타인과의 연결을 경험하면서 사용자들은 그 사회적 연결이 주는 공감과 소속감에 오늘도 일상의 모습을 찍고 그 사진들을 공유하기 바쁘다(그림 16). 디지털화된 비물리적인 화면 안의 사진과 적용된 그래픽이 사용자에게 유희를 안겨 주는 대표적인 사례로 꼽힌다.

그림 16. 소셜 미디어를 통한 새로운 사용자경험을 만들어낸 인스타그램



### 사례 8 : 네스트(Nest) 실내온도조절장치

2014년 32억 달러로 구글에 인수된 네스트는 머신러닝(machine learning)을 통해 사용자의 온도조절 사용 패턴을 분석·학습하여 사용자에게 최적의 온도와 최고의 에너지 효율을 가능케 하는 온도조절기 회사로 잘 알려져 있다. 기존 실내온도조절장치의 재미없는 형태와 사용하기 복잡한 사용자 인터페이스대신 자신의 집에 달고 싶은 미학적 디자인과 원하는 온도만 맞추면 알아서 온도를 조절해주는 단순하면서 사용하기 쉬운 인터페이스로 구글의 캐쉬카우(cash cow)가 되어 왔다(사진 17). 모션 감지 센서가 내장되어 있어 실내에 사람의 움직임이 없으면 자동으로 절전모드로 전환되고, 또한 화재나 가스 누출을 알리는 네스트 프로텍트(Nest Protect) 제품 및 서비스도 추가로 출시되어 사용자들에게 많은 호평을 받고 있다. 기존 실내온도조절기에서 불가능했던 이러한 새로운 스마트 기능들뿐만 아니라 도둑의 침입을 미연에 방지하거나 알리는 보안기능도 혁신적으로 디자인된 제품과 서비스도 계속해서 선보이고 있다.

그림 17. 기존 실내온도조절장치의 부정적 사용자경험을 토대로 리디자인된 네스트의 실내 온도조절장치



출처 : Nest

① 미래의 디자인 모델 : 디자인과 과학기술의 시너지

② 문명의 혜택을 인간에게 탐구하다 : H P I의 평안장바퀴 열람

## III 공학과 디자인 협업의 필요성과 사례들

사용자 경험 디자인을 통한 제품 혁신은 크게 기술 푸시(Technology Push)와 시장 풀(Market Pull)로 나누어진다. 기술 푸시(Technology Push)는 급속도로 진보하고 있는 새로운 기술들을 어떻게 하면 사용자에게 더 좋은 경험을 줄 수 있는지에 대한 고민으로부터 시작된다. 반면, 시장 풀(Market Pull)은 시장에 시판되는 제품들을 통해 사용자가 경험하고 있는 문제점들을 인식하고 그 문제점을 해결하는 방향으로 제품과 서비스를 리디자인하는 것을 의미한다. 최근 인터랙티브(interactive) 기술, 로봇, 인공지능, 바이오, 헬스케어, 의료분야의 급진적 기술 발전이 일어나면서 기존의 시장 풀보다는 기술 푸시가 더욱 시장의 성공에 영향을 미치고 있다. 많은 테크(tech) 기반 스타트업이나 기업들이 신기술을 전면에 내세우며 새로운 제품과 서비스를 출시하면서 시장을 선도하고 경쟁업체와의 경쟁에서 우위를 차지하려고 하지만, 실제로 그런 신상품들이 대부분 실패로 이어지는 경우가 많다. 가장 큰 이유는 그 기술을 필요로 하고 사용하고자 하는 사용자에게 충분한 이해가 부족한 상태에서 제품이 디자인되고 생산되고 출시되기 때문이다. 따라서, 테크 기반의 기업일수록 보유한 기술이 누구를 위해서 무엇이 어떻게 적용되는지 고민하고 디자인되어야 그 기업의 성패를 좌우한다고 해도 과언이 아니다. 이제는 새로운 기능 탑재 여부, 성능 우월성, 내구성 등이 좋다고해서 시장에서 승리하는 시대는 종말을 고한지 오래다. 신기술의 최종 소비자인 특정한 사용자그룹의 모든 것(예를 들면, 사고방식, 문화, 습관, 취향, 행동, 불만과 기대 등)들이 심도있게 이해될 때 우리는 기술 푸시를 통한 긍정적 사용자 경험이 극대화된 제품과 서비스를 창조할 수 있다. 그동안 필자가 기술 기반 기업들과의 협업 사례들을 통해서 그 과정과 효과를 아래와 같이 정리해서 공유하고자 한다.

### 1. Bang&Olufsen : 하이엔드 멀티미디어 기업과의 협업

뛰어난 디자인과 성능으로 하이엔드 오디오-비디오(Audio-Video, AV) 기업인 덴마크의 뱅엔올룹센은 음원을 비롯한 미디어 시장이 점점 디지털과 주문형 서비스로 가면서 미래 AV 제품과 서비스에 대한 불확실성이 증가하는 것을 인식하고 필자에게 근미래 AV 제품의 새로운 통합형 리모트를 제안해달라는 요청을 받았다.



참고로 20세기 초 전화기 제조사로 시작한 뱅엔올룹센은 오래전부터 이미 많은 기술을 보유하고 있는 기술 기반의 기업이다. 이에 뱅엔올룹센 제품의 근미래 주 사용자층이 될 30대 초반 전문직을 가진 사람들을 대상으로 근미래 예상되는 AV 제품 사용자경험을 시나리오 기법으로 예측하여 새로운 디지털 서비스에 최적화된 AV 통합 리모트를 제안하여(그림 18) 근미래 AV 시장을 대비한 새로운 제품을 이미 예측케함으로서 테크기업이 당면한 불확실성을 줄여주는데 크게 기여한 프로젝트였다.

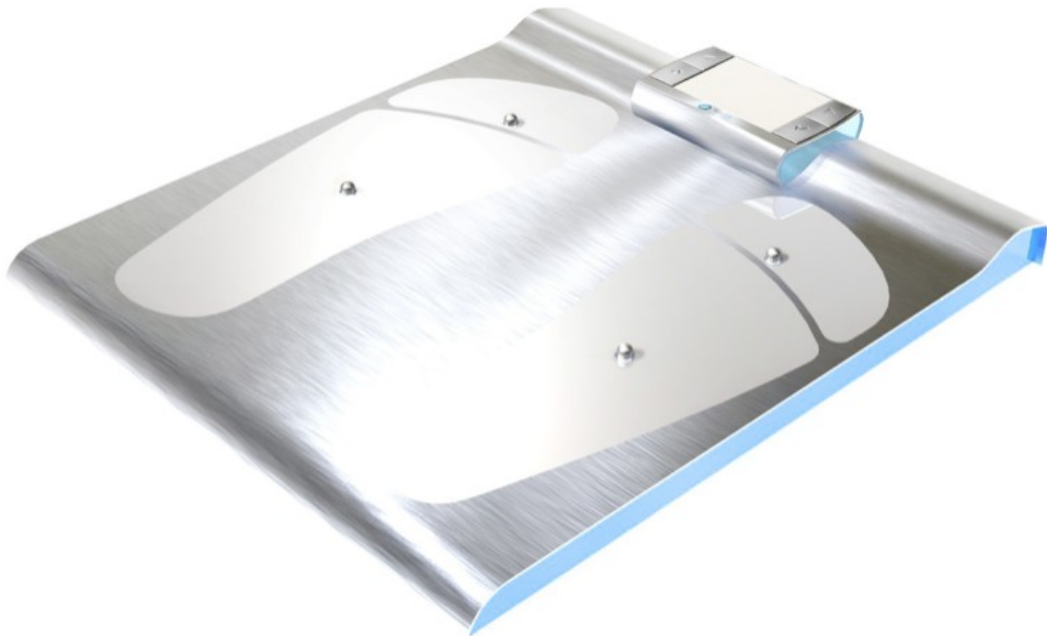


## 2. Blue Circle Medical : 헬스케어 기업과의 협업

네덜란드의 Blue Circle Medical은 헬스케어 제품을 만드는 기업으로 당뇨병 환자들이 발에 상처가 발생하는 경우 염증으로 악화되어 많은 경우 감염 부위 절단으로 이어지는 심각한 문제점을 인식하여 발의 감염 여부를 쉽게 확인하는 기술을 보유하고 있었다. 유럽에서 점점 늘어나고 있는 당뇨병 환자들을 위하여 그 기술을 적용한 제품을 개발하고 싶었지만 테크 기반의 기업으로 신제품 개발에 인력과 경험이 없어 필자에게 디자인

의뢰가 들어왔다. 그래서 그 기술의 이해를 위해 Blue Circle Medical의 엔지니어들과 수차례의 미팅을 진행하였고, 동시에 당뇨병 환자들을 인터뷰하고 병원을 방문하면서 그들의 라이프스타일과 일상에서 겪는 문제점과 희망 사항들을 파악할 수 있었다. 그 연구결과를 바탕으로 환자들이 체중 관리에 특히 민감하다는 습관을 알아냈고, 기업이 보유하고 있는 기술이 제일 잘, 쉽게 사용되고 경험될 수 있는 체중계를 타겟으로 기술과 디자인의 접목이 시도되었다(그림 19). 그 결과 당뇨병 환자들은 일상생활에서 별도로 요구되는 행위 없이 매일 몸무게를 재기 위해 올라가는 체중계를 통해 발 감염 여부를 쉽게 확인할 수 있었다. Blue Circle Medical과 당뇨병 환자들 모두에게 만족을 가져다주었던 프로젝트였다.

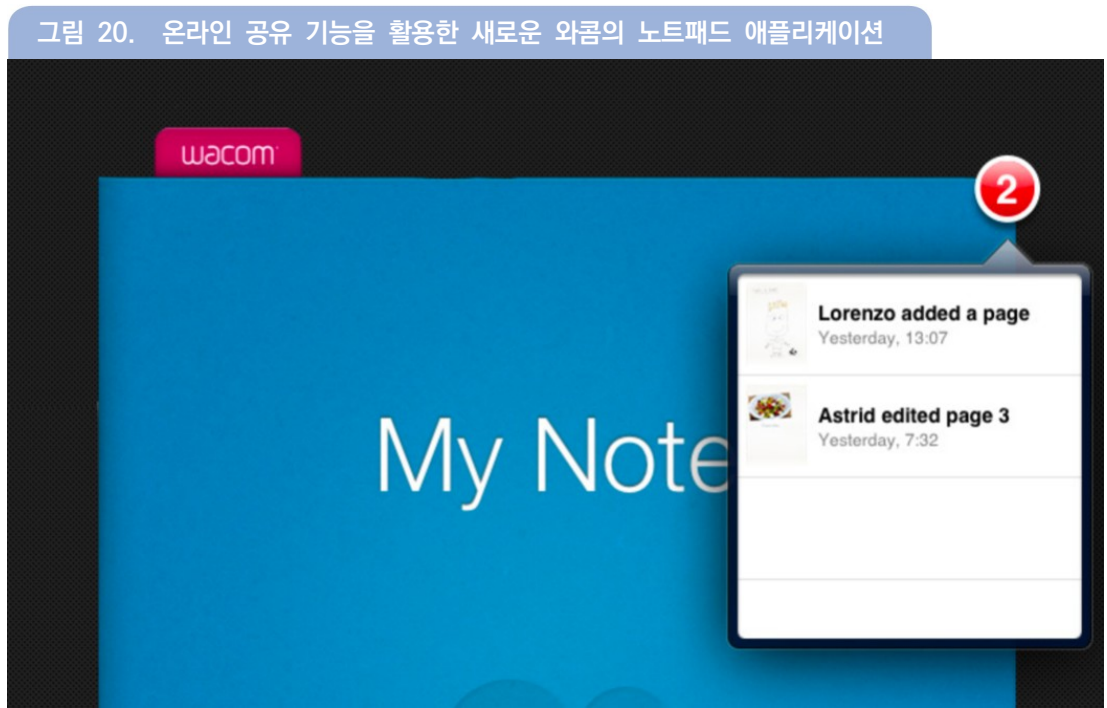
그림 19. 당뇨병 환자들의 발 감염여부를 일상생활에서 확인할 수 있도록 디자인된 Blue Circle Medical 체중계



### 3. WACOM : 디지털 제품/서비스 비즈니스와의 협업

그래픽 작업용 태블릿을 주로 생산하던 와콤은 아이패드와 같은 디지털 기기들의 휴대성과 인터넷 사용이 쉬워지면서 디지털로 노트 공유가 가능한 기술을 통해 기존의 한 명의 사용자만을 위한 디지털 노트패드도 어떻게 양방향 제품이나 서비스로의 진화할 수 있는지 알고 싶어 했다. 그래서 필자는 디지털 노트패드 사용자들을

인터뷰하고 관찰하면서 밝혀진 그들의 행동 패턴과 습관, 그리고 디지털 노트패드를 통해 기대하는 경험들을 토대로 메모나 그림의 공유와 더불어 동시 편집이 가능한 새로운 아이패드용 애플리케이션을 디자인하였다(그림 20). 이 프로젝트를 통해서 와콤은 공유 기술의 등장에 따른 제품과 서비스의 변화를 미리 예측하여 시장을 선점할 수 있었다.



#### 4. 아일산업 : 공작기계 회사와의 협업

세계적인 기어가공머신 설계 및 제작 기술을 가진 한국의 한 전문기업이 세계적인 공작기계 전시회에 수년 동안 참여해왔지만 전시장에서 바이어들의 시선을 끌지 못하는 고민들을 상담하면서 시작된 프로젝트다. 심미성을 고려하면서도 기존의 투박하고 거친 기어가공머신을 공장 작업자들의 안전과 사용성을 고려하여 사용자경험 중심으로 리디자인을 하였다(그림 21). 이 프로젝트를 위해서 기업의 엔지니어들과 공장 생산 작업자들을 인터뷰하고 더불어 몇 주 동안 현장에서 그들이 그 공작기계들을 언제 어떻게 사용하는지 관찰을 하면서

① 미래의 융합 모델 : 디자인과 과학기술의 시너지

② 문화를 통해서 인간을 탐구하다 : H R I의 경영성과 역할

조작반을 포함하여 리디자인되어야 할 부분들과 요소들을 도출할 수 있었다. 본 프로젝트는 공장 작업자들에 대한 이해와 배려가 잘 반영된 사례로 호평을 받으며 세계적인 디자인상인 스파크어워드에서 동상을 수상하였다.

그림 21. 공장 작업자와 엔지니어들과 협업을 통해 리디자인된 아일산업 기어가공머신



## 5. 닥터픽 : 치과의사와의 협업

2018년 한 치과의사가 진공 구강세척장치 기술을 개발하면서 남녀노소 모두 쉽고 상쾌하게 구강위생을 관리할 수 있도록 닥터픽(DR.PIK)이라는 기업을 세우고 실제 시판용 제품을 디자인해달라는 요청을 받았다. 생산단가를 낮추기 위해 구강세척장치를 모듈화하면서 동시에 최적의 조형과 인터페이스 디자인을 목표로 개발 초기부터 특히 기술의 이해를 위해 그 기업의 엔지니어팀들과 수차례 만나 작동 모듈 데모, 소형화와 사용편의성 등을 논의하면서 상용화 기술 고도화와 디자인이 거의 동시에 진행된 프로젝트였다. 수차례의 사용자 조사, 아이디어 작업, 콘셉트 디자인 그리고 여러 버전의 프로토타입에서 많은 시행착오를 거치면서 완성된 이 제품은 현재 시판되고 있다(그림 22). 특히, 기저 질환이 있는 경우 구강위생 관리가 부실하면

건강에 치명적이기 때문에 구강 청결 관리가 부실한 영양원이나 노인병원의 노인환자들에게 의미 있는 디자인으로 평가되어 세계적인 iF 디자인 어워드에서 본상을 수상하였고 이는 닥터픽 제품의 디자인 우수성을 홍보함과 동시에 매출에도 큰 도움을 줄 수 있었다.



## 6. LG 상온 냉장고

2025년 근미래 가전을 제안해달라는 프로젝트 의뢰를 LG전자로부터 받으면서 본 프로젝트가 진행되었다. 미래의 라이프스타일 트렌드와 타겟사용자그룹을 조사하면서 근미래에 기대되는 새로운 사용자경험들이 도출되었다. 그 연구를 통해 상온에서 보관해야 더 오래가고 신선한 야채들과 과일들이 있음을 알 수 있었고, 그 발견을 바탕으로 어떻게 하면 우리가 일상에서 소비하고 보관하는 식자재들을 통해 조금 더 건강하고 행복한 삶을 영위할 수 있을지에 대한 고민이 이어졌다. 그 결과로 도출된 상온냉장고 콘셉트 초안을 바탕으로 해당 기업의 가전사업부 냉장고 담당 엔지니어들과 콘셉트의 상용화가 어떻게 하면 가능한지에 대한 많은 논의와 시연을 통해 그 가능성을 더 구체화할 수 있었다(그림 23). 이 디자인은 일상에서 우리가 잘 인지하지 못하고 놓치고 있었던 것들을 디자인과 기술을 통해 구현하여 새로운 개념의 웰빙에 대한 그 창의성과 우수성을 인정받아 세계적인 디자인상인 스파크 어워드에서 영예의 대상을 수상하였다.

그림 23. 근미래 건강한 식자재의 보관과 소비를 위한 새로운 개념의 상온냉장고 디자인



## IV 공학과 디자인 협업의 대표적 사례 : 아쿠아시스(AQUASIS)

앞에서 언급한 긍정적 사용자경험에 영향을 미치는 3가지 요소(미학적, 기능적, 그리고 의미적 경험) 중에서 의미적 경험은 그동안 특정 브랜드를 소유함으로써 그 브랜드의 이미지를 타인에게 보여주는 상징적 의미의 경험으로 그 초점이 치중되어 왔다. 그 결과, 제품이나 서비스의 사용을 통해서 얻어지는 의미적 경험의 다른 차원인 '사회적 의미'에 대한 결여가 두드러졌다. 그런 문제점을 인식함과 동시에 사회적 가치 혹은 사회적 의미의 결핍을 해소하기 위한 디자인을 추구하다 보니 아쿠아시스와의 인연이 시작되었다. 특히, 아쿠아시스는 해수전지 원천기술을 보유하고 있는 울산과학기술원(UNIST) 화학공학과와 김영식 교수팀과 산업디자인의 협업을 통해 제품의 사회적 의미를 탐색하고 그 가능성을 발굴했다는 것에서 큰 의미가 있다.

### 1. 프로젝트의 시작

위에서 살펴본 것과 같이 디자인은 제품이나 서비스를 통해 사용자에게 다양한 경험을 전해주는데, 필자는 선도 기술들을 일반인들도 사용하면서 그 혜택을 누릴 수 있도록 하는 사회적 의미를 고려한 디자인에 특히 관심이 많다. 특히, 필자가 소속되어 있는 울산과학기술원이 보유하고 있는 많은 원천기술이 기술로만 존재하고 있다. 이에, 실용화와 상용화를 목표로 협업의 기회들을 그동안 모색해 왔다. 그러던 중, 우연히 해수전지 연구실 소속 학생이 필자가 담당하는 '인간중심 디자인' 수업을 들으면서 우연히 해수전지 연구실의 김영식 교수님과 이야기 시작되면서 아쿠아시스 프로젝트가 시작되었다. 그동안 해수전지 기술의 상용화에 고민이 많았던 김영식 교수팀과 다양한 사용자 중심 디자인을 추구해왔던 필자가 설립한 이모션 랩의 인연이 그렇게 맺어진 것이다. 사실 아쿠아시스는 해수전지 기술을 고려하면서 발굴된 많은 아이디어 중 하나였다. 단순히 경제적인 이익에 최적화된 제품/서비스 아이디어들도 있었지만 해수전지 기술과 그것을 통해 우리가 발굴할 수 있는 궁극적 사회적 가치(경험)가 무엇인지에 대한 고민이 많았다. 그런 고민들 사이에서 국제적/사회적

문제들을 알아보던 중, 많은 제3세계 국가들이 바다를 인접하고 있는데도 불구하고 만성적인 식수부족을 겪고 있다는 사실을 알게 되었다(그림 24).



바다에 바로 인접해 있지만 마실 식수를 위해 먼 길을 다녀와야 하는 제3세계의 부모들이 떠올랐다. 그리고 그들을 기다리는 아이들도 머릿속을 떠나지 않았다(그림 25). 마실 물이 부족해서 강이나 하천으로 매일 먼 길을 왕래해야 하고 더 나아가 만성적인 전력 부족으로 어두워지면 일상생활에 제약이 많은 제3세계를 위한 몇몇 제품들이 그동안 출시되었다. 대표적인 상용화 제품인 '라이프 스트로(Life straw)'는 호수나 강에 서식하는 기생충의 감염을 필터링하여 마실 수 있는 기술을 적용한 것이라 바닷물에서는 사용이 불가하다. 또한 '큐드럼(Q-drum)'이라는 물통은 원거리에서 손쉽게 물을 담아 쉽게 가져올 수 있도록 디자인된 혁신적인 제품이지만 이 또한 해수와는 무관한 제품이다(그림 26). 따라서, 해수전지 기술을 디자인에 적용하여 바닷가에 접해 있지만 물과 전력이 부족한 지역의 아이들에게 손쉽게 깨끗한 음용수와 어둠을 밝혀 밤에도 놀이와 독서를 할 수 있는 조명을 제공하는 제품을 개발하는 것을 목표로 하게 되었다.



그림 25. 만성적 물부족을 겪고 있는 제3세계에서 식수를 구하러 가는 가족들

## Challenges

In Africa, there are many countries that locate next to the sea but experience drinkable water shortage. Even those who are living near the sea in the countries have to carry home the water from a far distant place. And also energy for people's daily life is hardly self-sufficient in the countries.



그림 26. (좌) 기생충을 필터링하는 '라이프스트로' (우) 원거리 식수를 쉽게 담아 올 수 있는 '큐드럼'



출처 : MintPress News, Cooper-Hewitt National Design Museum

## 4.2 개발과정

아쿠아시스 프로젝트를 시작하면서 제일 큰 도전은 디자인 전공인 필자와 소속 연구원들이 해수전지의 원리와 작동방식을 이해하는 것이었다. 해당 기술이 어떤 원리로 어떻게 작동하는지 이해 없이는 디자인하고자 하는 제품의 기능, 인터페이스, 인터랙션, 조형을 구성하는 것이 불가능하였다. 이에, 필자와 연구원들이 해수전지 연구실을 여러 차례 방문하여, 개발된 전지들의 시연을 보면서 작동원리를 이해하고 적용 가능한 사례들을 알 수 있었다. 또한, 개발과정에서 제기되는 여러 이슈와 문제들을 해결하기 위해 해수전지 연구실 대학원생들이 팀원으로서 아쿠아시스 프로젝트 미팅에 정기적으로 참여하였다. 그렇게 아이디어 도출 작업을 하면서 기술적 구현이 가능한지, 가능하다면 어떻게 디자인되어야 하는지 수많은 고민을 서로 물어보고 이해하고 해결하는 과정이 끊임없이 반복되었다. 돌이켜보면 공학과 디자인 간 눈높이를 맞추는 협의과정이 제일 힘들었지만, 지금은 제일 기억에 많이 남는 순간들이다.

해수전지가 해수를 담수화하면서 동시에 배터리 충전이 가능하다는 기술적 특징을 이해하면서 사회적 가치를 우선으로 하는 다양한 제품 아이디어들이 나왔다. 대표적으로 개발 당시 지중해에서는 내전을 겪고 있는 시리아를 포함한 수많은 북아프리카 난민들이 유럽으로 불법 입국하려는 사건 사고들로 사회적으로 큰 이슈가 되고 있었다. 고통을 받는 북아프리카 난민들이 탄 배가 조난되는 경우 식수, 음식, 조명의 부족으로 목숨을 잃을 수 있기에 그런 해상 난민을 위한 해수전지를 활용한 구호 키트(kit)를 콘셉트화 하기도 했다. 그런데, 난민의 인권 보호라는 큰 사회적 의미가 있는 콘셉트이지만 그들의 행위가 불법이기 때문에 법을 어기는 사람들을 돕는 아이러니한 상황이기에 더 진행할 수 없었다. 이처럼 수많은 아이디어의 창조와 폐기 과정을 거치면서 최종적으로 바닷가에 접해 있지만 물과 전력이 부족한 연안 지역의 아이들에게 손쉽게 깨끗한 음용수와 밤에도 놀이와 독서를 할 수 있는 조명을 제공하는 제품으로 방향을 잡았고, 이런 시행착오의 과정을 거쳐 최종적으로 아쿠아시스가 탄생하였다(그림 27).

그림 27. 바다에 인접해 있지만 만성적인 물부족과 전력부족으로 고통받고 있는 제3세계 아이들을 위한 아쿠아시스



### 3. 작동원리

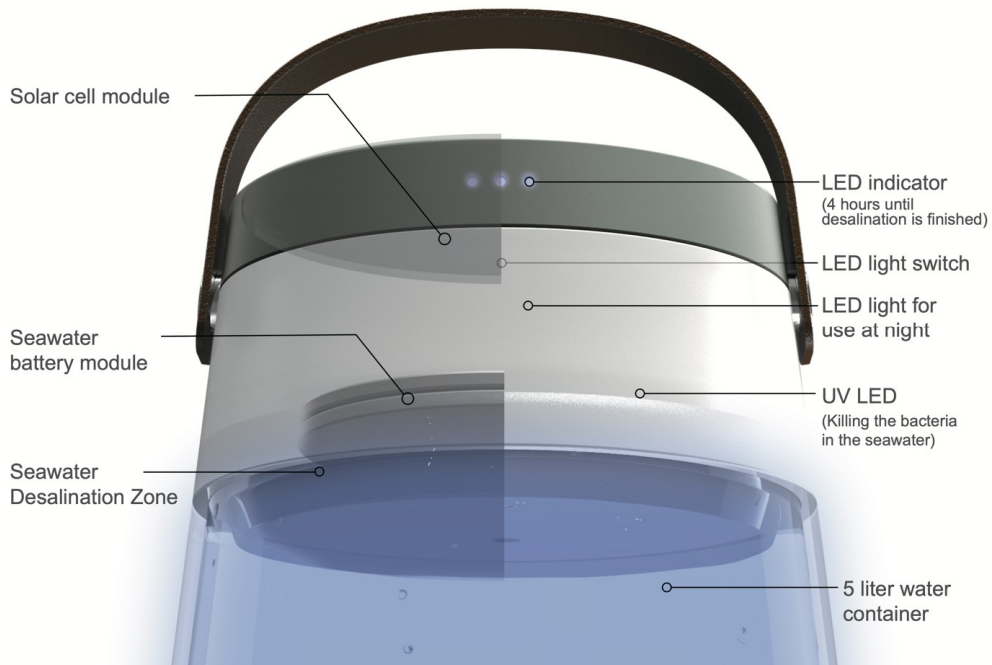
해수전지는 바닷물에 있는 나트륨이온( $\text{Na}^+$ )과 물을 이용해 전기에너지를 저장하고 발생시키는 장치다. 바닷물에 소금( $\text{NaCl}$ )이 이온 형태로 녹아 있는데, 이 중 나트륨이온이 리튬이온전지의 리튬이온처럼 전지의 양극과 음극을 오가며 전기에너지를 저장하고 발생하는 원리이다. 흥미로운 것은 해수전지가 충전되는 동안 바닷물의 나트륨이 전극에 모이면서 담수화가 진행된다는 것이다. 아쿠아시스에 적용된 핵심 기술은 결국 해수전지의 충전 과정에서 바닷물이 담수로 변환되는 것이고 그 결과로 전지가 충전되어 조명장치의 전원으로 사용 가능하다는 것이다. 다시 정리하면, 바닷물이 담긴 통에 해수전지 모듈을 넣고 햇빛 아래에 두면 태양광 패널을 통해 전지가 충전됨과 동시에 담수화가 이루어진다는 것이다(그림 28 참조).

그림 28. 아쿠아시스의 담수화와 배터리 충전 작동원리



아쿠아시스는 바닷물의 담수화와 전기 충전 기술이 적용되어 생산이 간편한 단순한 구조로 구성되어 있으며 특히, 어린아이들이 사용하기 쉽도록 사용자 인터페이스의 사용성을 위해 단순하면서 직관적으로 디자인되었다 (그림 29). 구체적으로 아쿠아시스의 상부에는 담수화 진행상태를 보여주는 LED 인디케이터(indicator)가 있고, 그 반대쪽에는 LED 조명장치를 끄고 켜는 스위치가 부착되어 있으며, 모듈의 하단면에는 LED 조명장치가 붙어있는 단순한 구조로 되어 있다. 또한, 바닷물이 담수화되는 과정에서 바닷물에 들어 있을 수 있는 인체에 유해한 박테리아나 바이러스를 살균하는 UV 라이트가 해수전지 모듈 하단에 위치하고 있다.

그림 29. 아쿠아시스의 사용자 인터페이스와 구조

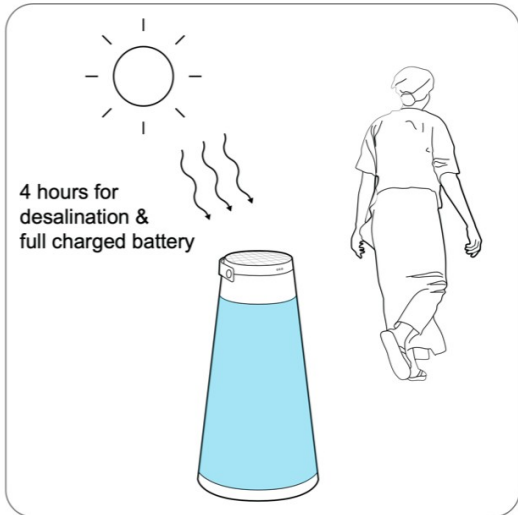


아쿠아시스는 제3세계 아이들의 하루 일과(activity)를 고려하여 디자인되었다. 아침에 아쿠아시스의 물통 부분을 들고 가서 바닷물을 통에 담고 뚜껑을 닫아 햇볕 아래 놓아두면 윗면에 장착된 태양광 패널을 통해 4시간이면 해수전지가 완충이 되고 물통 속 바닷물의 담수화가 완료된다. 이후 물통은 그 상태 그대로 식수가 담긴 물통이 되어 낮부터 저녁까지 아이들에게 식수를 제공한다(그림 30).

그림 30. 아쿠아시스의 담수화와 충전 과정에 대한 사용 시나리오



① Taking off the upper module and drawing seawater with the bucket.



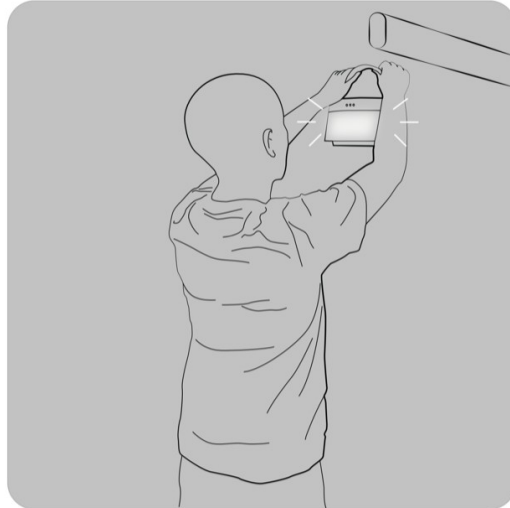
② Putting back the upper module and leaving Aquasis out side for sunlight. And the LED indicator will let the user know when desalination is done and battery is fully charged.

그리고 오전 동안 충전되어 있던 아쿠아시스의 조명장치는 일몰로 어두워지면 물통에서 탈착하여 원하는 장소에 올려두거나 상부에 달린 끈을 이용하여 스위치를 켜고 걸어 놓으면 그동안 전력 부족의 이유로 제약되었던 아이들의 일몰 이후 활동들을 연장하고 자유롭도록 도와준다(그림 31).

그림 31. 아쿠아시스 조명장치 사용 시나리오



① At night, taking off the upper module of Aquasis.

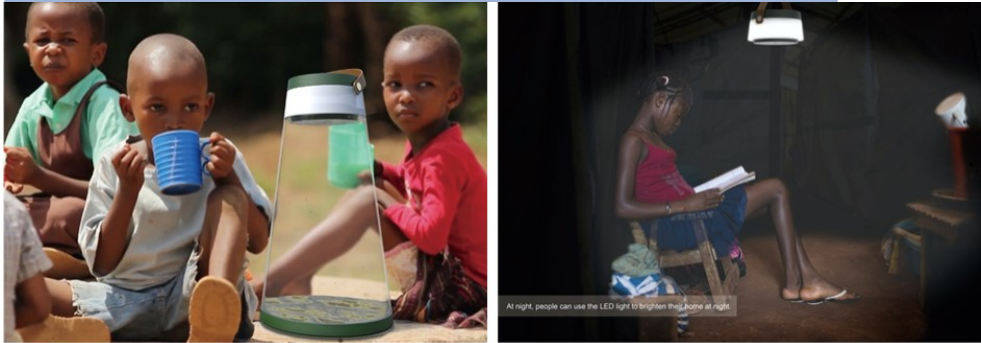


② Turning on the light and hanging the upper module in the house.

#### 4. 디자인 특징

아이들이 타겟 사용자인 만큼 그들을 위한 기능, 사용성과 조형에 많은 시간을 할애했다. 생활 담수화와 조명 기능은 바다에 인접한 제3세계 아이들이 일상에서 무엇이 가장 불편한지에 대한 문제 인식에서 시작되었다. 아이들의 인지와 행동이 어른들과 달라 한 손으로 쉽게 바닷물을 뜰 수 있도록 물통에 매립형 손잡이를 부착하였고, 바닷물을 가득 담은 후에도 힘들지 않게 들 수 있는 부피와 크기로 만들었다. 아이들에게 특별한 경험을 전하는 제품인 만큼 애착을 가질 수 있도록 일상의 제품들과는 구별되는 콘(cone) 형태 그리고 상부에 끈이 달린 형태로 조형을 완성하였다. 특히, 콘 형태의 디자인은 아이들이 사용 중에 실수로 물통을 넘어뜨릴 경우 다시 담수화하기 위해 4시간을 기다려야 하거나 혹은 다음 날 아침까지 기다려야 하는 수고로움과 자기 질책을 예방하기 위한 이유도 있다(그림 32). 또한, 아이들을 위해 복잡한 구성 대신 하나의 제품으로 별도의 추가 장치나 설치 없이 오전에는 담수통, 오후에는 생수통, 밤에는 조명장치가 모두 가능하도록 하였다. 아쿠아시스의 뚜껑이 조명장치가 되고 아쿠아시스의 손잡이는 천장에 걸 수 있도록 하는 끈 역할을 하였다(그림 32).

그림 32. (좌)아쿠아시스의 담수 사용 모습, (우)조명장치 사용 모습



## 5. 남겨진 과제

아쿠아시스는 해수전지라는 존재하지 않던 기술 그 자체의 존재보다 사람들의 일상에 그 기술을 적용하여 사회적 가치를 더한 것에 호평을 받았다. 특히, 바다에 인접해 있는데도 만성적인 물 부족이라는, 어떻게 보면 아이러니한 현실 속에서 물과 전력의 부족으로 하루하루가 번거로운 제3세계 아이들을 타겟으로 한 그 참신성에 강한 인상을 받은 것 같다. 그리고 음용수를 위한 담수화 기능 자체로도 의미가 큰데 그 과정에서 조명장치가 충전되어 밤을 밝히는 일석이조의 효과 또한 긍정적인 평가를 받았다. 그 호평은 독일의 iF 어워드와 미국의 IDEA 수상으로 이어졌고, 그 소식이 미디어를 통해 알려지면서, 유사한 환경에서 물 부족이 문제인 도서 지역 사람들에게 보급했으면 하는 해양경찰청과 환경부에서도 연락이 오고 있다. 결국, 바닷가에 살고 있지만, 식수의 부족으로 일상이 불편한 사람들이 제3세계에만 존재하는 것이 아니어서 아쿠아시스의 제품화와 상용화에 더 큰 동기 부여가 되는 것이 사실이다. 흥미롭게도 바다낚시를 즐기는 사람들까지도 아쿠아시스 같은 제품이 하루빨리 상용화되면 좋겠다는 온라인 의견들도 많았다. 그런 요구에 부응하기 위해 울산과학기술원 해수전지 연구실 소속 벤처기업을 통해 현재 내년 하반기를 목표로 상용화 작업이 진행되고 있다.

이번 아쿠아시스가 완성된 콘셉트로 미디어와 국민의 많은 관심을 받은 만큼 그 콘셉트가 구현하고자 하는 미학적, 기능적, 의미적 경험을 상용화에 최대한 반영하고자 한다. 경제적 그리고 시간적 이유로 훌륭한 제품 콘셉트가 상용화 과정에서 원래의 콘셉트와는 다른 제품으로 상용화되는 경우를 많이 보아왔기에 이번 아쿠아시스 상용화 과정에서는 특히 경제적 시간적 타협을 최소화하고자 하였다. 이런 철학을 통해서 디자인과 공학의 융합이 이루어 낸 멋진 창조물이 중국에 가서 훌륭한 사용자경험을 실제로 전하는 융합 프로젝트의 아이코닉한 작품으로 남았으면 하는 바람으로 이 글을 마친다.

저자\_ 김차중(Chajoong Kim)

• 학력

델프트(Delft)공과대학교 산업디자인공학 박사  
델프트(Delft)공과대학교 산업디자인공학 석사  
중앙대학교 기계공학과 학사

• 경력

現) 울산과학기술원 부교수  
前) 델프트(Delft)공과대학교 Researcher  
前) (주)자스텍 대리





# 02

## 로봇을 통해서 인간을 탐구하다 : HRI의 필요성과 역할

김민규(한국로봇융합연구원 책임연구원)

# I 인간-로봇 상호작용

인간은 로봇을 어떤 존재로 바라보는가? 미국 Massachusetts Institute of Technology(MIT)의 저명한 사회학자인 Sherry Turkle에 의하면, 우리는 컴퓨터를 통해서 인간이 어떻게 사고하는지, 무엇이 인간의 본성을 형성하는지를 생각하게 된다고 하였다(Turkle, 2005). 비슷한 맥락에서, 로봇은 우리에게 로봇을 인간답게 만드는 것이 무엇인지, 우리가 로봇과 어떻게 다른지에 대한 질문을 던진다고 하였다(Turkle, 2006). 그의 연구에서는 어린이들과 어른들이 로봇을 다루는 방식을 관찰하면 그들의 가족 상황을 알 수 있었는데, 이는 로봇과의 상호작용에서 그들의 심리적 욕구가 투영되었기 때문이라고 보았다. 인간이 자신의 모습을 로봇에게 투영하게 하는 요인은 인간이 로봇을 어떻게 인지하는지에 관한 연구를 토대로 설명할 수 있다. 예를 들어, 로봇에 대한 의인화(Anthropomorphism), 정서적 애착(Emotional attachment), 물리적 체화(Physical embodiment), 자각된 마음(Perceived mind)<sup>1)</sup>, 학대(Robot abuse) 등이 인간이 로봇을 이해하는 방식들이다.

인간이 로봇에 대해서 어떻게 생각하고, 느끼고, 행동하는지에 관해 연구하고 이런 연구를 기초로 인간을 닮은 로봇을 개발하는 연구를 인간-로봇 상호작용(Human-Robot Interaction, HRI) 연구라고 한다. HRI는 상당히 최근에 시작된 연구 분야이며, 인간과 로봇 간의 상호작용에 관해서 연구하는 모든 학술 분야를 통칭한다. HRI는 흔히 인공지능(AI), 로봇틱스(Robotics) 등의 인간을 대하는 로봇 기술의 일종으로 알려져 있으나, 로봇의 존재성에 대해서 사유하는 인문학, 인간이 로봇을 인지하는 원리를 탐구하는 사회과학, 인간에게 적절한 로봇의 상호작용 방식을 설계하는 디자인학을 포함하는 다학제적 연구가 HRI 연구의 본질에 가깝다고 할 수 있다. 따라서, 인간이 로봇을 이해하는 방식과 로봇에게 기대하는 사회적 의미에 대한 과학적 분석, 그 결과를 바탕으로 로봇의 상호작용 방식을 구체적으로 설계하는 일련의 과정은 엔지니어와 과학자, 디자이너 간의 긴밀한 협업을 요구하며 이는 인간과 상호작용이 가능한 로봇 기술의 성공적인 구현의 밑바탕이 된다.

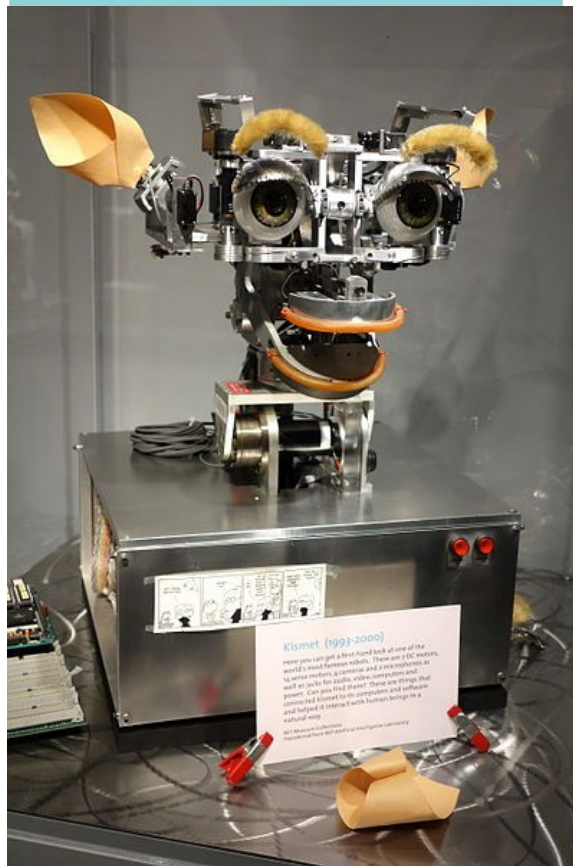
1990년대의 로봇 연구자들이 사회적 수준의 지능을 가진 로봇인 소셜 로봇(social robot)을 개발하기 시작하였는데, 대표적인 소셜 로봇이 미국 MIT에서 개발한 Kismet이다(그림 1). Kismet은 시각, 청각 정보를

1) 사람들은 로봇에게 어느 정도 마음이 있다고 인지한다.

인식할 수 있으며, 모터를 구동하여 머리의 움직임, 표정, 시선, 입 모양의 조절이 가능했다. 사람과의 사회적 거리와 속도에 따라서 다양한 반응을 보이도록 개발이 되었는데, 사람이 개인 공간(personal space) 안으로 접근해오면 물러나거나 위협적인 반응을 보였고, 멀리 떨어지면 짜증을 내거나 호출 행동을 취할 수 있었다.

이처럼, 로봇 연구자들이 인간의 사회적 특성을 로봇에 부여하기 시작하면서 로봇을 대상으로 하는 인간에 대한 탐구가 심도 있게 이루어지기 시작했다. 근래에는 HRI 연구 대상의 범위가 사회적 상호작용이 가능한 소셜 로봇을 넘어서 재활 분야, 제조 분야 등에서 활용되는 로봇으로까지 확대되었다. 본 고에서는 소셜 로봇 분야에 한정하여 HRI 연구사례를 다루었다. 2장은 HRI의 연구방법론, 3장은 HRI 연구를 통한 디자인과 기술개발, 제품 사례를 다루고, 마지막 4장에서는 제언으로 마무리한다.

그림 1. MIT Museum에 전시된 Kismet



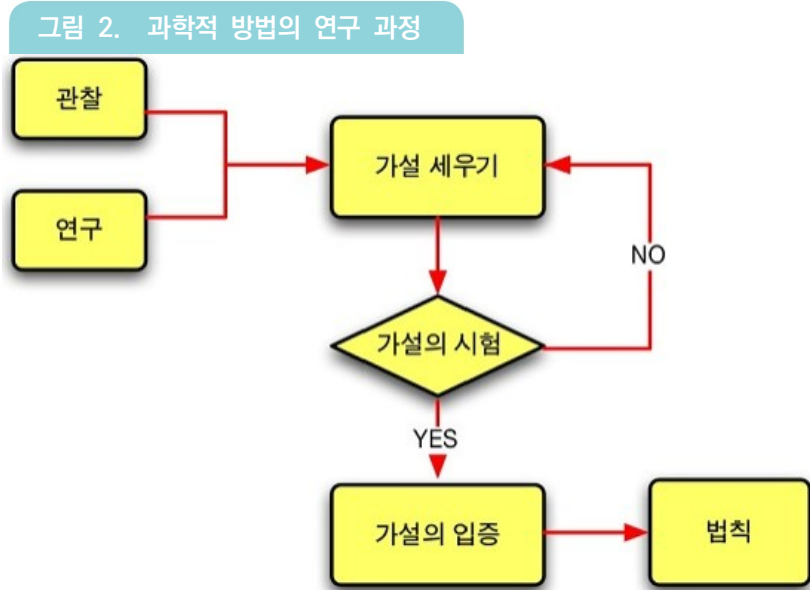
출처 : Daderot

## II 연구방법론

### 1. 과학적 방법

HRI 연구는 대개 사회과학 연구에서 사용하는 과학적 방법을 이용한다. 과학적 방법이란 현상을 설명하기 위해 현상을 관찰 및 검증하는 방식으로써, 연역·귀납의 논리를 기초로 현상을 관찰, 이론, 실험, 재현을 목적으로 한다. 사회과학은 인간 사회의 현상을 설명하기 위한 과학적 접근법을 가진 학문으로, 인간 사회 안에서의 로봇을 설명하고자 하는 HRI 연구의 목적과 일치하는 면이 있어서, HRI 연구들이 사회과학 연구에서 사용하는 과학적 방법을 활용하고 있다.

〈그림 2〉는 과학적 방법을 통한 전통적인 사회과학 연구의 일반적 절차를 나타낸다. 사회과학 연구자들은 관찰 및 사례연구를 통한 가설 도출, 가설을 검증하기 위한 실험 설계, 설문 조사를 통한 실험 참여자의 반응 측정, 가설 입증에 위한 통계분석의 과정을 거쳐서 결론을 얻는다. 그러나 단일한 방법으로 연구를 수행하지는 않고, 현상을 설명하는데 필요한 모형과 방법을 만들어가며 이론을 검증하는 과정을 거친다. HRI 연구에서도 마찬가지로 다양한 연구 방법을 연구 목적에 맞게 적용하고 개발하지만, 기본적으로는 〈그림 2〉와 같은 절차를 밟아서 가설을 입증하는 과정을 거친다.



출처 : 위키피디아 과학적 방법

예를 들면 미국 카네기멜론 대학(Carnegie Mellon University, CMU)에서는 과업의 유형(협동, 경쟁)에 따라 사람이 로봇을 어떻게 인지하는가에 관해서 두 가지 가설을 증명하기 위한 HRI 실험연구를 수행하였다(Mutlu et al., 2006). CMU 연구팀은 협동 상황에서는 그룹의 구성원들이 서로에게 호의를 보이고 격려함으로써 과업의 성공을 이끌어 하고, 경쟁 상황에서는 호의보다는 거부반응을 보이면서 과업의 성공을 만들어내려고 한다는 사회과학 연구를 기초로 하여 다음과 같은 첫 번째 가설을 세웠다.

- 가설 1. 협동 과업에서 로봇과 상호작용하는 사람은 경쟁 과업에서 로봇과 상호작용하는 사람보다 로봇을 긍정적으로 인식한다.

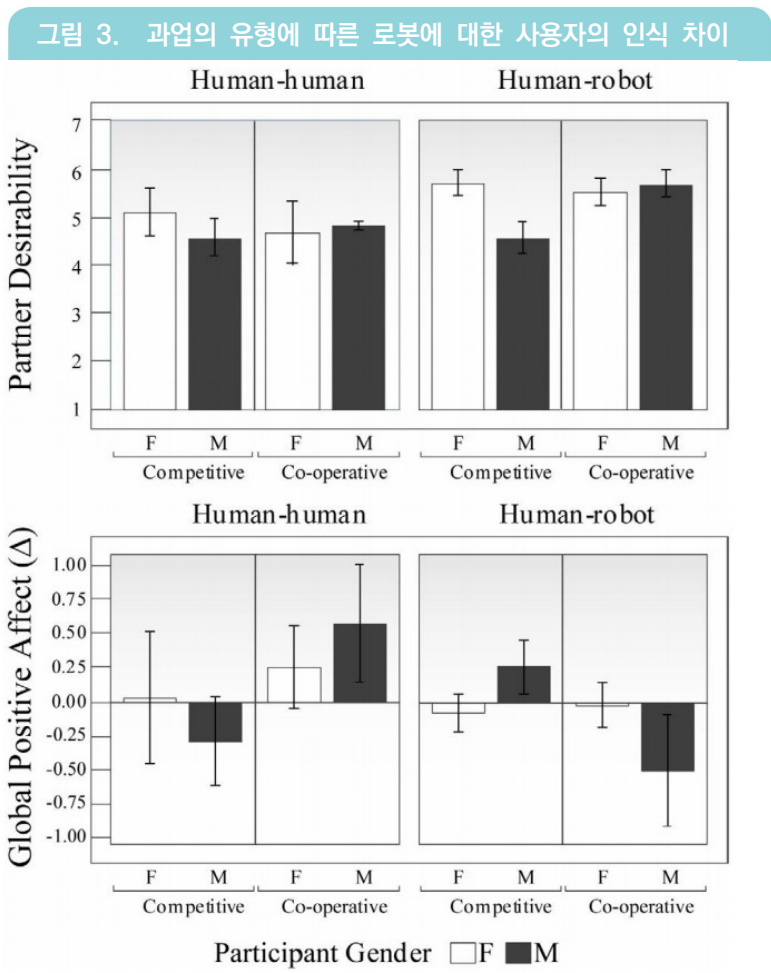
그리고, 남성은 일반적으로 지배적이고, 공격적이며, 과업 지향적인 성향을 보이지만 여성은 민감하고, 따뜻하며 배려하는 사회 친화적인 성향을 보인다는 사회적 역할 이론에서 말하는 남녀의 성차(gender difference)에 관한 사회과학 연구를 토대로 두 번째 가설을 세웠다.

- 가설 2. 여성들은 로봇의 사회적 특성에 더욱 집중하는 반면 남성들은 과업의 특성에 더욱 집중한다.

연구팀은 가설을 증명하기 위한 협동 과업과 경쟁 과업에 대한 HRI 실험을 설계하면서 인간-인간 상호작용을 기저선(baseline)으로 정하고 인간-로봇 상호작용과 비교하였다. 즉, 본 연구에서 설계한 협동 과업과 경쟁

과업 상황을 통해서, 사회과학 연구에서 밝혀진 인간-인간 상호작용의 결과를 재현하여 기저선으로 설정하고 인간-로봇 상호작용과 어떤 차이가 나타나는지 보았다. 실험 전과 후에 대한 실험 참여자들의 설문 응답을 기초하여 파트너에 대한 호감도(partner desirability)와 실험 전후 간 긍정적 정서(positive affect)의 차이를 조사하였다.

실험을 통해서 과업의 유형에 따라 로봇에 대한 인식의 차이를 보인다는 가설 1을 뒷받침하는 결과를 얻었다. 가설 2를 뒷받침하는 결론도 얻었다. 실험 참여자 중 남성들이 여성들보다 과업의 유형에 더 많은 영향을 받았다.



출처 : Mutlu et al., 2006

CMU 연구팀은 실험 참여자 중 여성들이 과업의 유형에 덜 영향을 받았던 이유를 로봇의 사회적 특성에 더 집중했기 때문으로 해석하고 있다. 연구의 고찰에서 인간-로봇 상호작용의 디자인 방향에 대해서 언급하고 있는데, 디자이너들은 로봇과 수행하는 과업의 유형에 따라서 로봇의 상호작용 양식을 다르게 디자인해야 한다고 주장하였다. 또한, 사용자의 특성(연구에서는 남성, 여성)에 대해서도 구분하여 로봇의 상호작용에 대한 경험을 다르게 설계해야 한다고 주장하였다. 즉, 여성과 상호작용하는 로봇은 과업에 맞는 사회생활 기술과 비언어적 제스처 설계에 중점을 두어야 함을 의미한다.

## 2. HRI 연구 도구

### 2.1. 설문을 이용한 측정

설문(questionnaire)은 표준화된 방식으로 실험 참여자의 반응을 측정하기 위한 질문들로 구성된 연구 도구이다. 설문 문항은 질문이 연구자의 질문 의도가 명확히 드러나도록 작성되어야 하며 실험 참여자가 내용을 이해하기 쉬워야 한다. 그리고 설문은 어떤 경험에 대한 사후 조사 방식을 취하고 있어서 기억 왜곡과 재구조화에 의한 영향을 피하기 쉽지 않기 때문에, 설문에는 신중하게 선택된 질문의 표현과 단어가 사용되어야 한다. 실험 참여자는 이런 과정을 거쳐 만들어진 설문에서 제시하는 구조화된 질문을 읽고 선택지에서 답을 고르게 된다. 선택지는 통계분석을 위한 척도<sup>2)</sup>를 이용하여 만들어진다.

2) 척도(Scale)은 특성을 단위를 이용하여 정량화한 것으로서, 범주형 자료와 연속형 자료로 구분되고, 명목척도, 등간척도, 순위척도, 비율척도로 구분할 수 있다. 일반 설문에서 흔히 볼 수 있는 척도는 리커트 척도(Likert scale)인데 동의하거나 동의하지 않는가의 정도를 5점, 7점 등으로 구분하여 선택하게 한다.

그림 4. NARS의 설문 문항

No.	Questionnaire items	Subscale
1	I would feel uneasy if robots really had emotions	S2
2	Something bad might happen if robots developed into living beings	S2
3	I would feel relaxed talking with robots <sup>a</sup>	S3
4	I would feel uneasy if I was given a job where I had to use robots	S1
5	If robots had emotions, I would be able to make friends with them <sup>a</sup>	S3
6	I feel comforted being with robots that have emotions <sup>a</sup>	S3
7	The word "robot" means nothing to me	S1
8	I would feel nervous operating a robot in front of other people	S1
9	I would hate the idea that robots or artificial intelligences were making judgments about things	S1
10	I would feel very nervous just standing in front of a robot	S1
11	I feel that if I depend on robots too much, something bad might happen	S2
12	I would feel paranoid talking with a robot	S1
13	I am concerned that robots would be a bad influence on children	S2
14	I feel that in the future society will be dominated by robots	S2
Index	Subscales	
S1	Negative attitude toward situations of interaction with robots	
S2	Negative attitude toward social influence of robots	
S3	Negative attitude toward emotions in interaction with robots	

출처 : Nomura et al., 2006

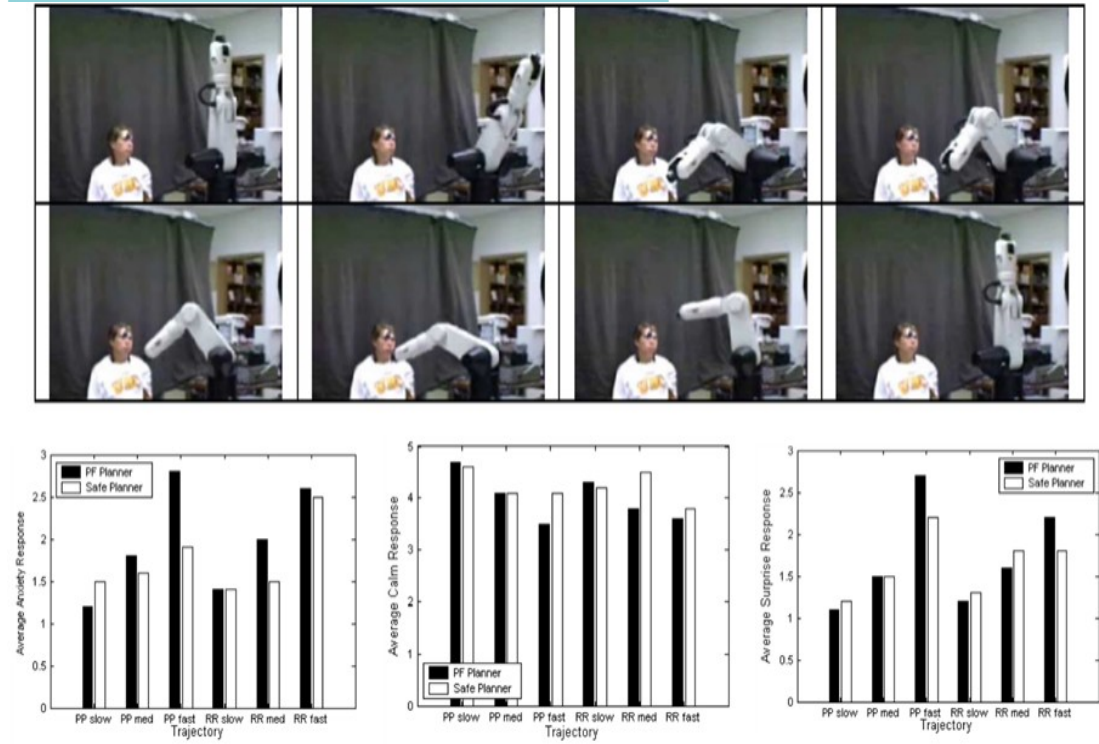
2.1절의 HRI 연구사례와 같이 사회과학 연구에서 개발된 기존의 설문을 활용하는 연구가 있는가 하면 HRI 연구에 특화된 설문을 개발하는 연구사례도 있다. 로봇에 대한 부정적인 태도를 측정하는 척도(Negative Attitude towards Robots Scale, NARS)는 일상에서 로봇과 상호작용을 막으려는 심리적인 요인을 측정하기 위해 개발된 설문이다(Nomura et al., 2006). 일본 Ryukoku University의 Tatsuya Nomura에 의해 일본어로 처음 개발되었고, 영어로 번역되어 널리 쓰이고 있다. NARS는 3개의 관점에서 응답자의 부정적인 태도를 측정하는데, 첫째 로봇과 상호작용하는 상황에 대한 응답자의 부정적인 태도, 둘째 로봇의 사회적 영향에 대한 응답자의 부정적인 태도, 셋째 로봇과 상호작용에서 로봇의 감정에 대한 응답자의 부정적인 태도를 측정한다.



## 2.2. 생체신호를 이용한 측정

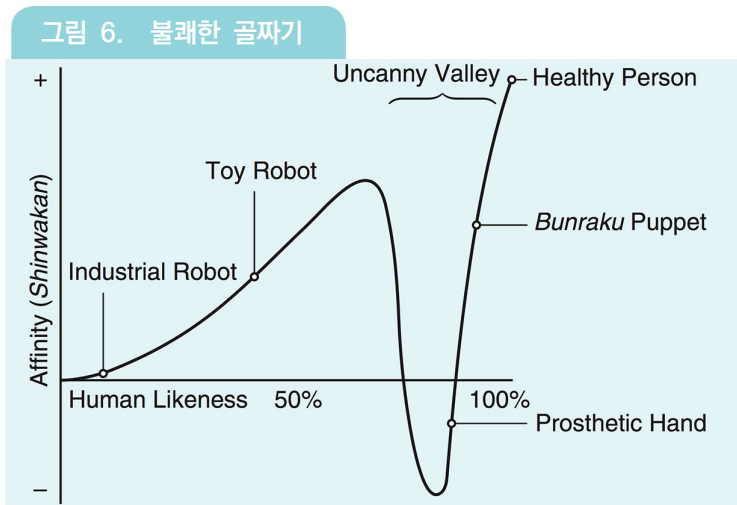
연구자들은 생체신호를 통해 실험 참여자의 반응을 측정하는 방법을 활용하기도 한다. 캐나다 University of British Columbia에서는 안전성이 고려된 로봇 팔의 경로 생성 알고리즘과 그렇지 않은 로봇 팔의 경로 생성 알고리즘이 각각 적용된 로봇 팔의 움직임에 대한 실험 참여자의 불안감을 생리적 센서(physiological sensor)를 활용하여 측정하였다(Kulic et al., 2005). 생리적 신호(심근 활동, 피부 전도성, 추미근 활동)로부터 실험 참여자의 감정 상태를 측정하였는데, 안전성이 고려된 로봇팔의 경로 생성 알고리즘이 적용된 로봇 팔의 움직임에 대해서 실험 참여자의 불안감이 덜하고, 차분함을 더 느끼며, 놀람이 덜하다는 것을 확인하였다.

그림 5. 로봇 팔의 움직임에 대한 불안감 측정 연구



출처 : Kulic et al., 2005

독일 RWTH Aachen University에서는 상호작용 대상자의 인간다움(human-likeness)이 증가할수록 인간의 두뇌에서 마음 이론(Theory of Mind)<sup>3)</sup>과 관련된 대뇌피질이 활성화될 것으로 보고 이를 기능적 자기 공명 영상(Functional Magnetic Resonance Imaging, fMRI)<sup>4)</sup>을 이용하여 측정하였다(Krach et al., 2008).



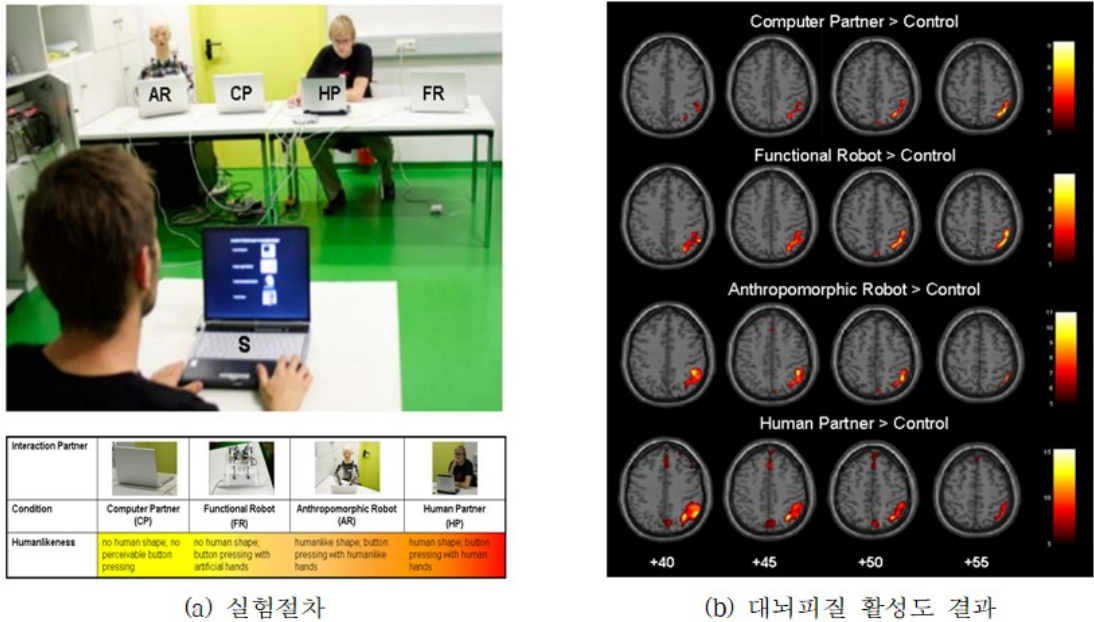
출처 : Masahiro Mori

여기서 인간다움은 <그림 6>의 불쾌한 골짜기(Uncanny valley)와 관련이 있는데 로봇의 모습이 인간다워질수록 인간이 로봇에 대해 느끼는 호감도가 증가한다는 개념이다. 로봇이 인간을 부자연스럽게 닮으면 인간이 로봇에 대해 느끼는 불쾌감은 오히려 증가한다.

3) 마음 이론은 타인이 나와 다른 믿음, 욕구, 감정, 의도, 관점 등을 가지고 있다는 것을 이해하는 능력을 말한다. 자폐 스펙트럼 장애가 있는 사람들은 마음 이론이 결핍되었다.

4) 혈류와 관련된 변화를 탐지하여 뇌 활동을 측정하는 기술이다.

그림 7. 인간다움에 따른 대뇌피질 활성화 측정 연구



(a) 실험절차

(b) 대뇌피질 활성화도 결과

출처 : Krach et al., 2008

연구팀은 실험 참여자들에게 4가지의 인간다움의 조건(컴퓨터, 기능적인 로봇, 인간을 닮은 안드로이드, 인간)에 해당하는 상대방과 게임을 하게 하고 각각 대뇌피질 활성도를 측정하였다. 결과적으로 인간다움의 정도는 인간의 지각을 조절하여 의사소통과 행동에 영향을 미치고 이는 의식작용을 편향시켜 두뇌의 마음 이론과 관련된 대뇌피질 활성화도에 영향을 미치는 사실이 발견되었다.

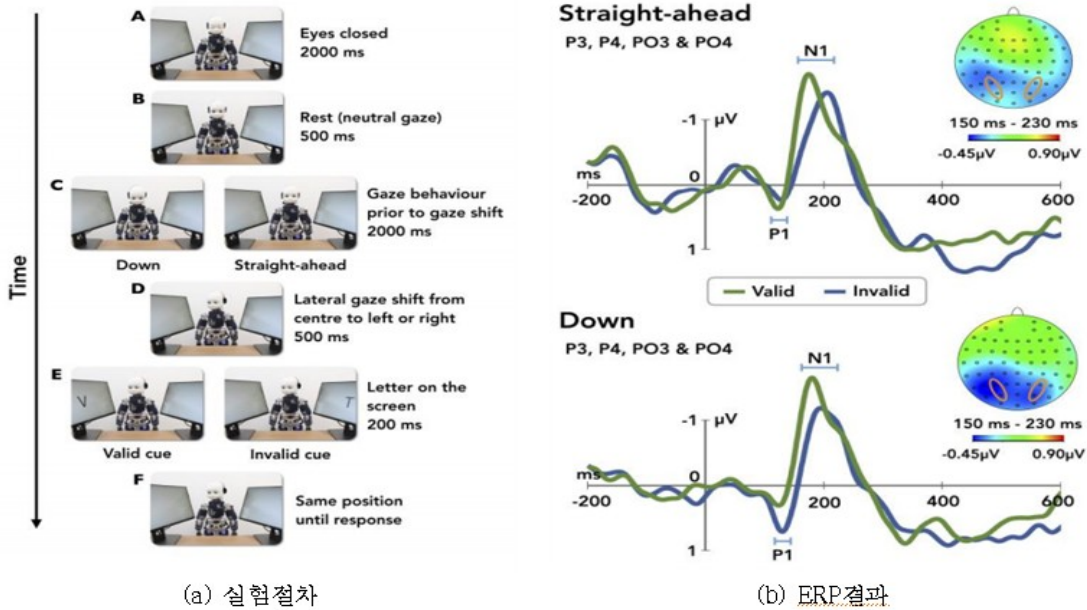
이탈리아 Istituto Italiano de Tecnologia의 연구진은 로봇과의 상호작용에서 인간의 사회인지 원리를 규명하는 데에 뇌전도(Electroencephalography, EEG) 활동인 사건 관련 전위(Event-related potential, ERP)<sup>5)</sup>를 측정하였다(Kompatsiari et al., 2018). 이 실험의 목적은 시선을 이용한 인간형 로봇의 주의단서주기(attentional cueing)에 대한 인간의 행동 반응 시간과 ERP를 측정함으로써 인간형 로봇의 시선을 이용한 협동 주시(joint attention) 의도 디자인에 대한 개선점을 제시하고자 하는 것이다.

실험 참여자의 행동 반응은 인간형 로봇의 유효한 시선 단서에 대해서 그렇지 않은 단서보다 빠르게 나타났고 ERP에 대해서도 유효한 시선 단서에서 그렇지 않은 단서보다 반응이 빠르게 일어났음이 확인됐다.

5) ERP는 어떤 특정 자극을 제시하였을 때 일정 시간 동안 발생하는 뇌의 전기적 활동을 의미한다. ERP를 통해서 자극 제시와 동시에 나타나는 뇌의 처리과정을 관찰할 수 있다.

연구팀은 이러한 결과에 대해서 실험 참여자들이 인간형 로봇의 협동 주시에 참여했다는 것으로 해석하였다. 다시 말해 인간-인간 상호작용에서 상대방의 시선 행동이 예측할 수 없더라도, 인간은 유연하게 상대방의 시선을 따라가는 것처럼 로봇의 시선 행동에 대해서도 유사하게 반응한다는 결과를 얻었다. 연구팀은 이러한 결과를 가지고 인간-인간 상호작용 시나리오와 유사한 자연스러운 HRI 시나리오를 설계할 수 있다고 주장하였다.

그림 8. EEG를 이용한 시선 반응 연구



출처 : Kompatsiri et al., 2018

### 2.3. 무구속 센서를 이용한 측정

생체신호를 이용한 측정은 신체에서 발생하는 여러 가지 변화를 이용하기 때문에 인간의 반응을 직접적으로 측정하는 데에는 유리하지만, 상황적 맥락을 고려한 분석에는 정보가 부족할 수밖에 없다. 이러한 한계를 극복하기 위해서 상황적 맥락정보를 고려한 반응 분석에는 영상과 음성정보를 활용할 수 있는데 이러한 정보들은 무구속 센서(카메라, 마이크 등)<sup>6)</sup>로부터 수집할 수 있으며 로봇과 상호작용하는 인간의 행동 반응을 맥락에 따라서 실시간으로 분석할 수 있도록 해준다.

6) 무구속 센서는 인간의 몸에 부착하지 않고 정보를 측정하는 센서를 말한다.

영상정보를 활용하여 행동 반응을 분석하는 과정은 정립된 것이 없지만 프랑스 Sorbonne University 연구팀의 연구를 예시로 연구 절차를 설명하고자 한다(Salam et al., 2016).

- ① 연구목표 설정 : 연구팀은 인간의 성격(personality)에 따라서 어떤 성격을 가진 로봇(외향적, 내향적)과 더 몰입(engagement)할 수 있는지를 HRI 실험을 통해서 분석하고자 하였다. 몰입은 그룹(인간-인간-로봇)의 경우가 개인(인간-로봇)의 경우보다 몰입이 높아 그룹 몰입이 중요하다고 가정하였다.
- ② 지표 정의 : 연구팀은 영상정보로부터 분석하고자 하는 지표를 몰입(engagement)과 성격(personality)으로 정의하였다.

그림 9. 비언어 특징 추출 결과

Type	Acronym	Description	Dim.
Individual	BOW-HOG	Histogram of Gradient is computed within the box bounding a participant's upper body. A bag-of-words representation is then computed for each participant.	64
	BOW-HOF	Above is repeated for Histogram of Optical Flow.	64
	B-ACT	Body Activity is measured in terms of mean and standard deviation of the body bounding box center along horizontal and vertical directions over time.	2
	J-SPEED	Joint speed is computed as the distance between the joint positions in consecutive frames.	84
	MA-NH	Motion Average Signal Normalized Histogram in 6 bins.	6
	MHI-STATS	Motion History Image statistics (min, max, mean, median, std, skewness, and kurtosis).	7
	MAI-STATS	Motion Average Image statistics (same as MHI).	7
	I-QoM	Image Quantity of Motion is computed by counting the number of moving pixels in the motion average image normalized by the image size.	1
Interpersonal	P-RO	Participants' relative orientation with respect each other.	7
	P-RDIST	Participants' relative distance.	7
	RO-ROBOT	Relative orientation w.r.t robot.	7
	RO-ROBOT-NH	Relative orientation w.r.t robot Normalized Histogram.	3
	ATT-R	Attention given to robot.	1
	ATT-P	Attention given to the other participant.	1
	ATT-U	Attention unknown.	1
	G-QoM	Global Quantity of Movement.	1

(a) 비언어 특징의 자동 추출 결과



(b) 시각 초점 추출 결과 예시

(출처: Salam et al., 2016)

- ① 데이터 라벨링 및 신뢰도 평가 : 10명의 평가자(rater)는 수집한 영상 클립에서 정의한 지표에 해당하는 행동(몰입, 성격)에 라벨링을 하는데, 라벨링이라는 작업을 annotation(혹은 coding이라고도 함)이라고 한다. 몰입 라벨은 개인 몰입, 그룹 몰입으로 구분하고, 개인 몰입 라벨은 Engaged(몰입한), Bored(지루해하는), Interested(관심을 두는), Liked(좋아하는) 4가지로, 그룹 몰입 라벨은 Similar(두 참여자가 모두 몰입하거나 모두 몰입하지 않는 경우), Dissimilar(두 참여자 중 한 사람만 몰입한 경우) 2가지로 설정하였다. 성격의 라벨은 Extroversion(외향적), Agreeableness(쾌활한), Conscientiousness(성실한), Neuroticism(신경질적), Openness(솔직한) 5가지로 하였다. 평정자 간 신뢰도 검사(Intra/inter-rater reliability test)<sup>8)</sup>를 통해서 annotation이 일관성 있게 제대로 이루어졌는지 검증하고 라벨링된 데이터는 이후 실제 분석에서 활용되었다.
- ② 특징 추출 : <그림 9-(b)>와 같이, 시각 초점(Visual focus of attention), 참여자와 로봇이 이루는 어깨 각도, 참여자들의 어깨 간의 각도, 몸의 자세, 움직임, 활동 등의 특징을 컴퓨터 비전 기술을 이용하여 추출하였다. 각 특징은 <그림 9-(a)>와 같이 개인 특징과 그룹 특징으로 나누어졌다.
- ③ 라벨과 추출된 특징 간의 상관 분석 : <그림 10>은 성격 및 몰입과 상관도가 높은 특징을 정리한 표이다. 예를 들어, 내성적인 성격을 가진 로봇과의 상호작용 상황에서 ATT-R(로봇에 관심을 주는 경우)의 특징은 외향적(EX)인 성격의 실험 참여자와 양의 상관성을 갖고, 외향적인 성격을 가진 로봇과의 상호작용 상황에서 ATT-P(다른 실험 참여자에 관심을 주는 경우)의 특징은 외향적(EX)인 성격의 실험 참여자와 음의 상관성을 갖는다고 해석 할 수 있다.
- ④ 성격에 대한 회귀 분석 : 각 특징(개인, 그룹) Set에 대해서 성격을 예측하는 회귀 분석을 수행하였다. 개인 특징은 실험 참여자의 5가지 성격을 예측하는 요인이 되는데, 그룹 특징은 실험 참여자의 성격을 예측하는 데에 관련 없는 것으로 분석되었다.

7) 라벨링은 인공지능의 학습에 필요한 정보에 정답을 매기는 데이터 가공 작업이다. Sorbonne University의 연구로 예를 들면 실험 참가자들이 로봇과 상호작용하는 녹화된 영상에서 실험 참가자들이 몰입했다고 생각되는 장면을 잘라내어 인공지능에 이 장면이 몰입이라고 가르치는 것이다. 데이터 라벨링(Annotation 혹은 Coding)은 HRI 연구방법 중에서 관찰연구에서 인간의 행동을 직접 관찰하여 통계분석을 위해서 사용하는 방법이다.

8) 평정자간 신뢰도 검사는 여러 명의 평정자가 동일한 녹화 영상을 보고 라벨링한 정답들이 서로 간에 얼마나 일치하는지, 즉 데이터가 일관성을 갖고 라벨링 되었는지를 검증하는 검사방법이다.

그림 10. 특징과 라벨과의 상관 분석 결과

Feature Type		Extroverted Robot						Introverted Robot					
		EX	AG	CO	NE	OP	EN	EX	AG	CO	NE	OP	EN
Ind.	BOW-HOG	0.14	-	0.16	0.14	0.19	0.14	0.15	0.16	0.15	0.15	0.16	0.17
	BOW-HOF	0.31	0.19	0.18	0.17	0.17	0.23	0.24	0.21	0.21	0.15	0.17	0.24
	J-SPEED	0.17	-	-	-	-	0.19	-	-	-	-	-	-
	MA-NH	0.15	0.15	0.15	-	0.17	0.18	-	0.19	0.15	-	-	-
	MAI-STATS	-	-	-	-	-	0.14	-	-	-	-	-	-
Inter.	RO-ROBOT	-	0.15	-	0.18	0.14	-	-	-	-	-	-	-
	ATT-R	-	-	-	-	-	-	0.16	-	-	-	-	-
	ATT-P	-0.17	-	-	0.16	-	-	-	-	-	-	-	-
	G-QOM	-	-	-	-0.15	0.15	-	-	-	-	-	-	-

출처 : Salam et al., 2016

- ① 몰입에 대한 분류(개인 몰입, 그룹 몰입) : 추출된 특징 정보를 가지고 몰입을 분류하는데 Support Vector Machine(SVM)과 Random Forest(RF)를 이용하였다. SVM과 RF는 모두 개인 특징으로부터 개인 몰입을 분류하는데 가장 좋은 성능을 보여주었다. 그룹 내 상호작용 상황이 참여자의 몰입을 높일 것이라는 최초의 예상과 다른 결과를 얻었다. RF는 개인 특징으로부터 그룹 몰입을 분류하는데 가장 좋은 성능을 보여주었다.
- ② 결론 : 연구팀은 초기에 그룹 몰입이 개인 몰입에도 영향을 미칠 것으로 보아 그룹 몰입의 중요성을 가정으로 연구를 시작하였다. 그러나 개인 특징이 개인 몰입과 그룹 몰입을 분류하는데 충분한 요인이며 성격을 예측하는데도 개인 특징이 충분한 요인이 될 수 있음을 밝혔다. 결론에는 영상에서 특징을 추출할 때 기술적 한계가 있을 수 있음을 지적하였다. 그리고, 실험 참가자들이 자신이 몰입했던 상황을 영상에서 더 쉽게 분간할 수 있는데도 불구하고 실험 참가자들에게 몰입상황을 직접 라벨링 하도록 하지 않았던 한계도 지적하였다.

연구팀은 대표적인 무구속 센서인 카메라로부터 얻은 영상을 자동 분석하여 몰입과 성격을 예측하고 분류하고자 하였다. 이 연구는 기계학습을 기반으로 하는 자동 분석 방식을 통해 가설을 증명하는 방법을 택했다. 무구속 센서를 이용한 연구방식은 여러 가지 목표와 상황에 따라서 달라질 수 있어서 정립된 방법론은 존재하지 않고, 다만 데이터를 취득하는 방법부터 기계학습을 통해 분석 결과를 얻기까지의 모든 절차에 대해서 신중하게 신뢰도를 검증하면서 연구를 진행할 필요가 있다.

최근 HRI 연구는 Sorbonne University의 연구와 같이 기계학습 기반의 자동 분석 기술을 개발하고 활용하는 경우가 많아지고 있다. 이러한 연구 추세는 HRI 연구가 로봇의 인식 및 지능 연구와 유연하게 결합할 수

있도록 만드는데, 이는 활용 가능한 데이터가 축적되고 HRI 분석에 사용된 알고리즘이 로봇 인식 및 지능 기술에 쉽게 활용될 수 있기 때문이다.

HRI 연구는 로봇의 인식 및 지능 기술을 설계하는 과정뿐만 아니라 디자인 연구에서도 많이 활용되는데, 다음 장에서는 로봇의 기술과 디자인 개발에 HRI 연구를 적극적으로 활용하는 여러 로봇 개발 사례를 살펴보고자 한다.



## III 디자인

인간과 상호작용이 가능한 로봇의 디자인은 로봇의 외형 디자인에 국한된 의미를 갖지 않고 심리, 상호작용, 서비스, 캐릭터 등 눈에 보이지 않는 사용자경험 디자인에서부터 사용자경험을 구현하는 기술 범위까지 포함한다. 로봇 디자인은 로봇 개발과정의 핵심적인 요인으로서 로봇 기술의 종속적 관계가 아닌 상호보완적 관계이다. 로봇의 외형, 캐릭터, 서비스, 상호작용 방식 등의 디자인 요소는 로봇의 기계적 구조, 운동 메커니즘, 센서 시스템, 상호작용에 필요한 인식, 지능 기술 등을 결정한다. 반대로 로봇의 기술적 요소를 제대로 구현하기 위해서 디자인을 재구성할 수도 있다. 이런 상호보완적 관계를 간과하고 현재 기술적 수준을 염두에 두지 않고 디자인 요소만 강조하거나 디자인 요소를 부차적인 요인으로만 보고 기술 구현에 집중하면, 실현하고자 하는 로봇의 목적을 충실히 달성하기 어렵다.

로봇의 디자인과 기술개발에 있어 무엇보다 중요한 것은 사용자 중심의 관점이다. 본 장에서는 사용자 중심 관점에서의 로봇 지능 디자인 사례와 인터랙션 및 서비스 디자인 사례를 소개하고자 한다.

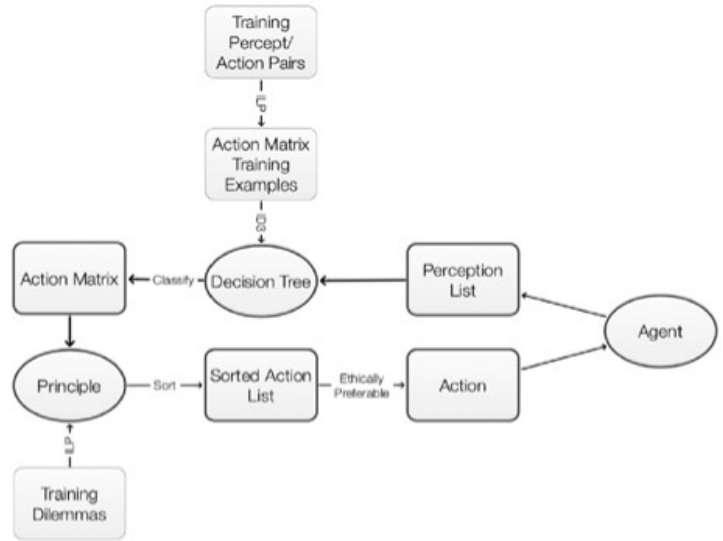
### 1. 지능 디자인

로봇의 지능을 디자인하는 방법은 크게 두 가지로 볼 수 있다. 첫째는 사회과학 연구의 문헌 조사를 통해서 로봇이 인간의 행동과 유사하게 행동하도록 로봇의 지능을 디자인하는 방법이 있다. 이는 사회과학 연구를 통해 밝혀진 마음 이론(Theory of Mind), 의식(Consciousness), 윤리적 사고(Ethical decision-making) 등의 개념화된 인간의 특성과 행동 양식을 구현할 때 사용되는 방법이다. 둘째는 특정한 상황에서 실제 발생하는 인간과 인간의 상호작용을 분석 후 인간의 행동을 모델링 해서 로봇 지능 디자인에 적용하는 방법이 있다. HRI 연구자들은 인간-인간 상호작용을 모델링 하여 로봇의 지능을 디자인하는 연구를 주로 수행한다. 이는 사용자 중심의 로봇 개발을 위해서라고 할 수 있다. 최근에는 인간의 상호작용을 별도로 분석하고 모델링하는 과정을 거치지 않고 로봇이 스스로 사회적 상호작용을 학습할 수 있는 지능 디자인 연구도 수행되고 있다.

먼저 개념화된 인간의 특성과 행동 양식을 기초로 소셜 로봇의 지능을 디자인한 사례를 소개한다. 미국 University of Hartford 연구팀은 인간처럼 윤리적 의사결정을 할 수 있는 돌봄 로봇의 지능(Case-supported

principle-based behavior paradigm, CPB)을 개발하였다(Anderson et al., 2018). 이 로봇은 노인에게 복약 시간을 알려주는 돌봄 로봇 역할을 한다. 로봇은 노인을 돌보는 과정에서 여러 가지 정보를 수집하는데, 배터리 상태, 복약 알림, 이동, 대기 등의 정보를 취급한다. CPB는 이러한 여러 정보 중에서 윤리적으로 가치가 높은 행동을 자율적으로 선택한다. 가령, CPB는 로봇의 배터리에 충전이 필요하다면 로봇에게 충전스테이션으로 가서 배터리 충전을 지시한다. 그러나, 복약 알림 시간이 되면 CPB는 로봇의 배터리가 완전히 충전되지 않았더라도 로봇이 노인에게 복약을 알리러 가게 한다.

그림 11. 돌봄 로봇의 윤리적 판단 알고리즘 연구



(a) Case-supported principle-based behavior paradigm

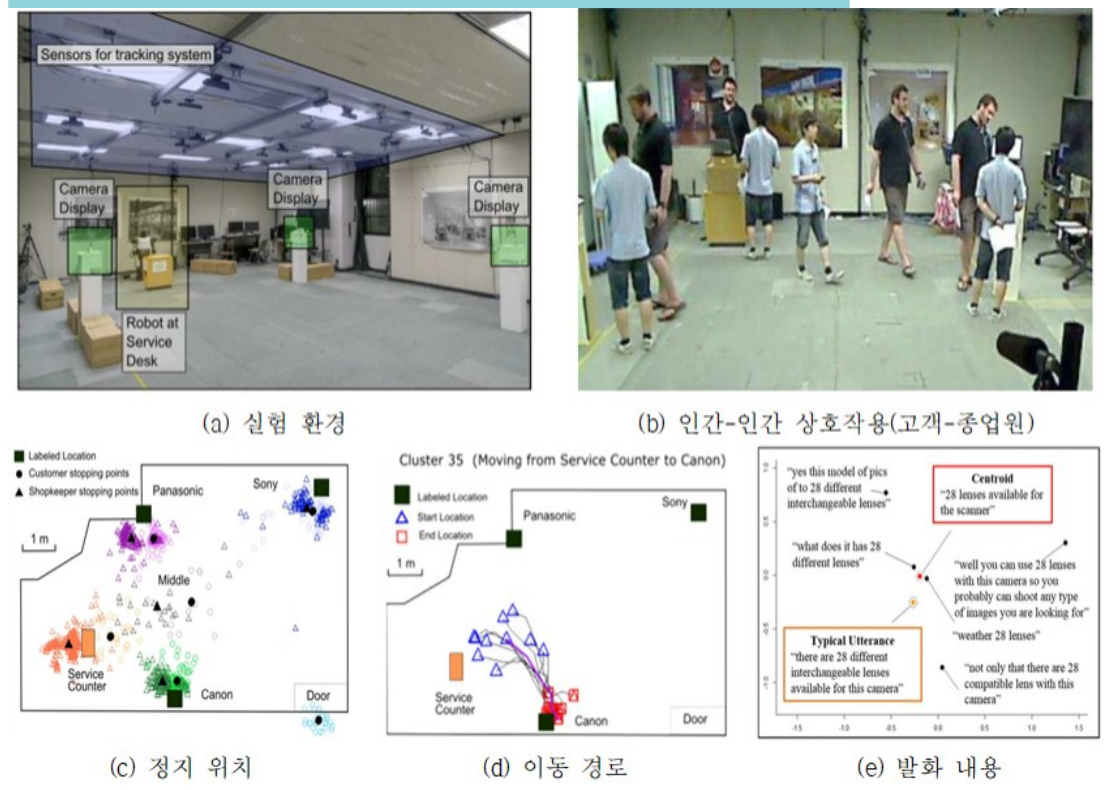


(b) 로봇의 윤리적 판단 알고리즘 실험 장면

출처 : Anderson et al., 2018

이번에는 HRI 연구를 통해서 사용자의 행동을 관찰 분석하고 그 결과를 이용하여 로봇의 지능을 구현한 사례를 살펴보자. 일본 Advanced Telecommunications Research Institute는 주로 공공장소에서 사용하는 안내 로봇에 관한 연구를 수행하는데 최근에 상점에서 고객과 종업원의 행동을 분석하여 고객에 적절한 점원 로봇의 상호작용 지능을 디자인하는 연구를 수행하였다(Liu et al., 2016).

그림 12. 점원 로봇의 지능 모델링을 위한 고객-점원 상호작용 분석



출처 : Liu et al., 2016

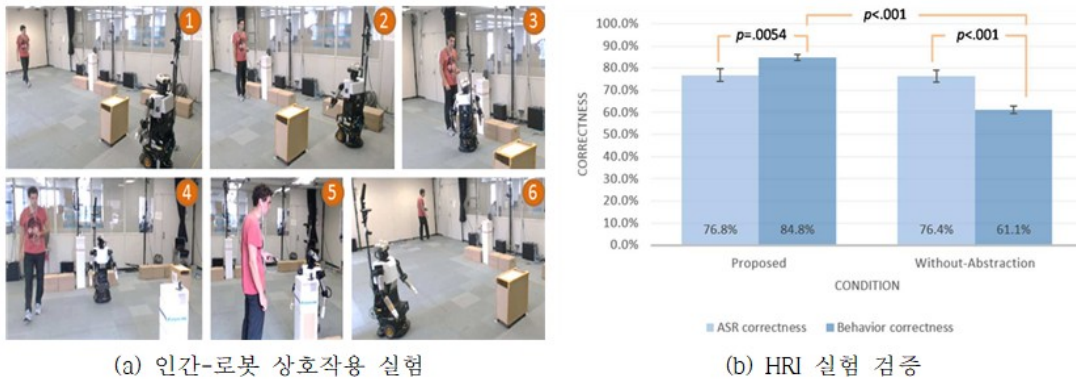
이 연구는 <그림 12>와 같이 점원 로봇의 지능을 디자인하기에 앞서 고객과 점원의 상호작용을 분석하였다. 연구팀은 <그림 12-(a)>와 같이 상점과 유사한 실험 환경을 구성하였고, 그림 <12-(b)>와 같이 실험 참여자들을 모집하여 각각 점원과 고객의 역할을 하도록 하였다. 고객의 역할을 하는 실험 참여자는 특히 특정 사양의 제품을 찾는 고객, 여러 제품에 관심을 두고 있는 고객, 제품을 단순히 둘러보기만을 원하는 고객의 3가지 역할을 하도록 하였다. 이 연구에서는 고객과 점원이 어떤 위치에 서서 제품에 대한 정보를 주고받는지(그림-12(c)),

어떤 경로로 다음 제품 위치로 이동하는지<그림 12-(d)>, 어떤 대화를 주고받는지<그림-12(e)>, 상호작용의 과정은 어떠한지 등에 대해 정보를 모두 수집하여 분석하였다.

이런 분석 결과를 토대로 naïve Bayesian predictor 등의 학습 알고리즘을 이용하여 점원 역할을 한 실험 참가자들의 행동을 모델링하여 로봇의 행동 지능을 구현하였다.

<그림 13-(a)>는 앞서 설명한 과정을 거쳐 개발한 점원 로봇을 상점 환경에서 서비스를 수행하도록 한 장면이다. 후속 실험에서는 또 다른 실험 참가자들을 모집하여 사용자 관점에서 로봇의 행동 지능이 유용하다는 것을 검증하였다<그림 13-(b)>.

그림 13. HRI 실험을 통한 로봇의 유용성 검증 연구



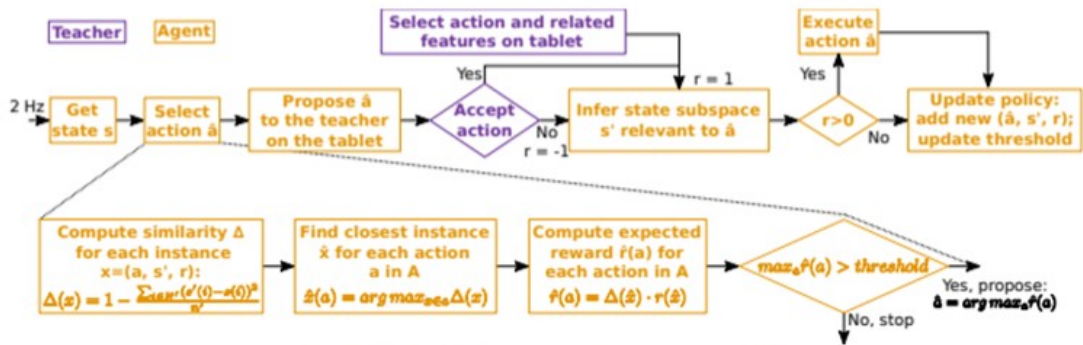
출처 : Anderson et al., 2018

영국 University of Plymouth에서는 인간의 지도(Guidance)로 상호작용을 학습할 수 있는 로봇의 지능을 개발하였다(Senft et al., 2019). 이 연구팀은 SPARC(Supervised Progressively Autonomous Robot Competencies)라고 하는 인터랙티브 강화학습 기반의 로봇 지능을 디자인하였다. SPARC는 인간의 상호작용을 별도로 분석 및 모델링하는 과정을 거치지 않고 개발되었는데 연구팀은 SPARC가 스스로 인간의 사회적 행동 반응을 실시간으로 학습하도록 지능 구조를 설계하였다. SPARC가 탑재된 로봇은 실제 환경에서 상호작용하는 대상의 반응과 SPARC가 추천한 로봇의 반응에 대한 감독자(Supervisor)의 선택 2가지를 통해서 사회적 정책(Social policy)을 학습할 수 있다.

그림 14. 인간의 상호작용을 실시간으로 학습이 가능한 로봇 지능 연구



(a) 사회적 행동 학습을 위한 인간-로봇 상호작용 실험



(b) 행동 선택(Action selection) 알고리즘

출처 : Senft et al., 2019

〈그림 14-(a)〉는 8-10세의 어린이들이 꼭 배워야 하는 사회성을 어린이가 로봇과 게임을 통해서 배우게 하는 장면이다. 성인 교수자는 어린이가 게임을 하는 동안 튜터 로봇을 통해서 어린이에게 조언과 격려를 한다. SPARC는 주어진 상황에 대해서 성인 교수자가 로봇을 통해서 어린이에게 주어야 하는 조언과 격려를 성인 교수자에게 먼저 추천한 다음에 성인 교수자가 최종적으로 선택한 결정을 학습한다. 〈그림 14-(b)〉는 성인 교수자와 로봇 사이에서 SPARC가 행동 선택을 할 수 있도록 하는 알고리즘을 보여준다.

연구결과에서는 SPARC를 탑재한 로봇이 주어진 임무와 관련된 행동들을 학습할 뿐만 아니라, 상호작용과 관련된 적절한 행동을 선택해야 하는 상황도 학습하게 되면서 로봇의 사회적 자율성이 증가하게 된다고 설명한다.

또한, 로봇의 사회적 자율성이 증가하면서 성인 교수가 행동 선택을 결정해야 하는 부담(Workload)도 서서히 줄어드는 결과를 얻었다.

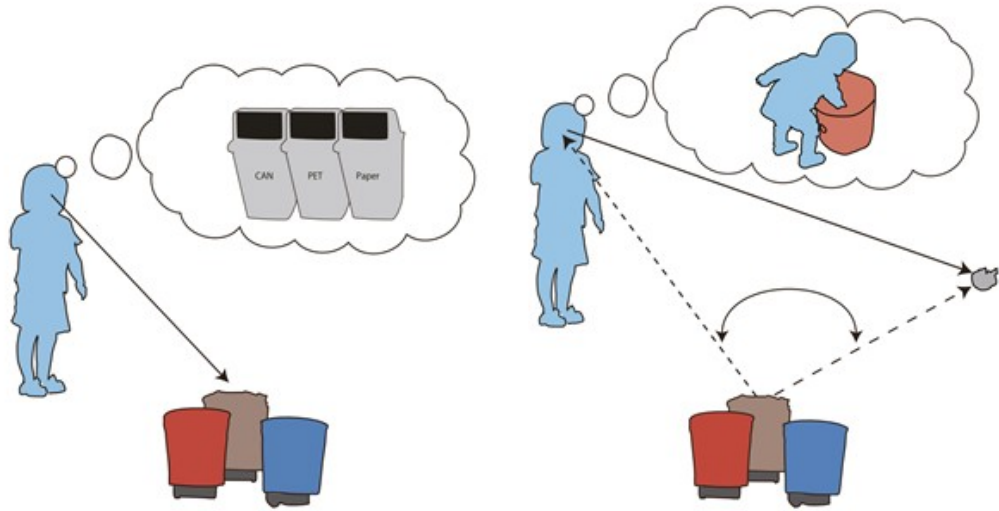
## 2. 인터랙션 디자인

인터랙션 디자인은 사용자가 시스템을 이용하는 일련의 상호작용을 설계하는 작업이다. 로봇은 웹이나 모바일과 비교해 복잡한 상호작용이 가능하다. 복잡한 상호작용이 가능한 로봇은 역설적으로 인터랙션 디자인의 의도와는 다른 상호작용 결과를 유발할 수도 있다. 그러므로 인터랙션 디자이너는 상호작용이 가능한 로봇을 개발하는 과정에서 상호작용을 통해서 달성하고자 하는 목표와 사용자의 행동 반응에 대한 정확한 이해를 기초로 로봇의 상호작용을 디자인할 필요가 있다.

일본 Toyohashi University of Technology의 연구는 사용자의 사용 의도가 로봇의 인터랙션 디자인에 따라서 달라지는 점을 보여준다(Yamaji et al., 2011). 연구팀이 개발한 쓰레기통 로봇은 바닥에 떨어진 쓰레기 인식 장치와 쓰레기통을 이송하는 모바일 플랫폼, 그리고 이동하면서 몸통을 흔들거리게 하는 간단한 구조물로 구성되어 있다. 연구팀은 이 로봇을 이용하여 <그림 14-(a)>와 같이 2가지 조건에 대해 간단한 실험을 하였다. 실험에서는 쓰레기통 로봇이 ‘쓰레기통을 흔들거리며’, ‘어린이’를 향해 이동하도록 하였을 때와 쓰레기통 로봇이 ‘쓰레기통을 흔들거리며’, ‘쓰레기’를 향해 이동하도록 하였을 때를 관찰하였다. 이러한 실험을 진행한 이유는 어린이들이 로봇의 ‘쓰레기를 담아달라는 의도’를 어떤 조건에서 정확하게 이해하는지 보기 위해서였다.

연구팀은 쓰레기통 로봇의 ‘쓰레기통’이 가지는 행동 유도성(Accordance)-쓰레기는 쓰레기통에-을 이용하여 쓰레기통 로봇이 ‘쓰레기통을 흔들거리는 모습’을 ‘쓰레기를 쓰레기통에 담아달라’는 메타포(metaphor)를 가지고 디자인하였다. 그러나 실험 결과, 어린이들이 쓰레기를 쓰레기통에 담는 행위를 했던 경우는 쓰레기통 로봇이 ‘쓰레기’를 향해 ‘흔들거리며’ 이동하였을 때였다. 쓰레기통 로봇이 ‘어린이’를 향하였을 때 어린이들은 쓰레기통에 쓰레기를 담지 않았다. 디자인 의도와는 다르게 어린이들은 로봇이 ‘쓰레기통을 흔들거리는 모습’을 ‘나와 놀아달라’는 의미로 해석하여 쓰레기를 담는 행위를 하지 않았다.

그림 15. 쓰레기통 로봇의 인터랙션 디자인 연구



(a) 사용 의도 디자인



(b) 어린이들이 쓰레기를 쓰레기통에 주워 담는 장면

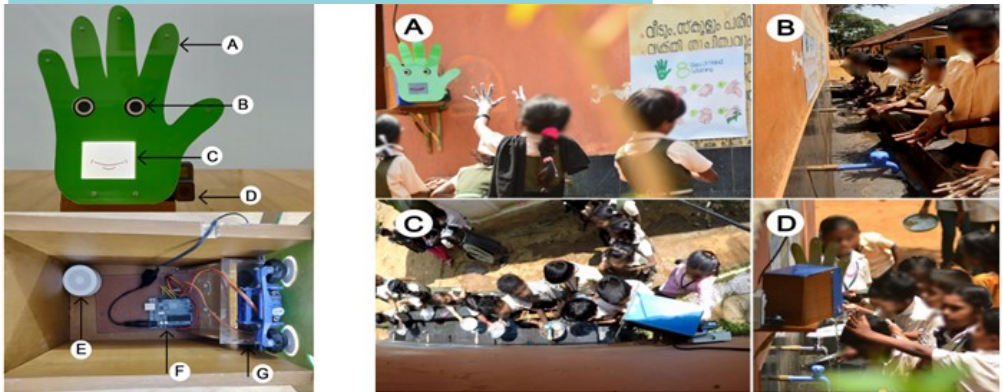
출처 : Yamaji et al., 2011

이 연구 결과는 두 가지 측면에서 시사하는 바가 크다. 하나는 로봇 디자이너는 사용자 연구를 통해서 로봇의 목적에 부합하는 실용적인 사용 시나리오와 인터랙션 디자인을 개발해야 한다는 점이다. 또 다른 하나는 쓰레기를 쓰레기통에 담기 위해서 다자유도 로봇팔을 이용한 모바일 매니플레이션(mobile manipulation) 기술이나 쓰레기를 담도록 설득하는 대화기술 등의 고도의 로봇 기술이 꼭 필요하지는 않다는 점이다. 결국, 쓸모있는 로봇 개발은 로봇의 의도대로 사용자가 행동하게 하는 요인들을 찾아내는 것에서 출발해야 하며, 적정 수준의 디자인과 기술에 대한 고민과 함께 개발과정에서는 정말로 사용자에게 쓸모있는 로봇을 만들어내고 있는지에 대한 평가도 함께 이루어져야 한다.

상호작용은 서로에게 영향을 주고받는 행동을 의미한다. 위의 쓰레기통 로봇 사례와 같이 로봇의 행동은 인간에게 영향을 주게 되는데 인간의 긍정적인 행동 변화에 영향을 미치도록 하는 다른 로봇의 인터랙션 디자인 연구사례를 하나 더 소개하고자 한다.

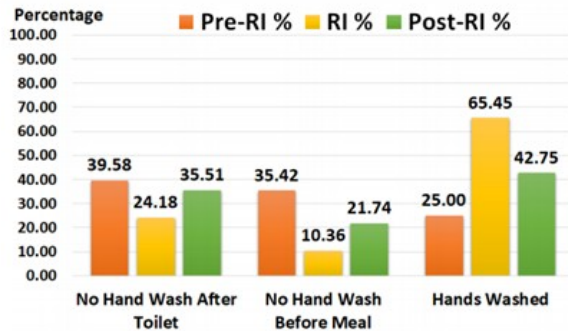
영국 University of Glasgow 연구팀은 손 모양의 로봇 Pepe를 개발하여 인도 지방에 거주하는 어린이들의 손 씻기 행동 교육에 적용해보았다(Deshmukh et al., 2019). 연구팀은 어린이들의 화장실 사용 후와 식사 전 손 씻기 교육을 위해서 인도의 한 초등학교의 공공 수도시설에 Pepe를 설치하였다. 실험은 어린이 100명을 대상으로 진행되었는데 로봇은 아이들이 화장실 사용 후 손을 씻었는지, 밥을 먹기 전 손을 씻었는지, 비누를 써서 손을 씻었는지 등 말을 걸었다. 6일간 로봇을 운영한 후 아이들의 행동 변화를 관찰하였고 로봇을 적용하기 전보다 적용하고 난 이후에 손을 씻는 아이들의 수가 많이 늘었음을 확인하였다.

그림 16. 손 씻기 행동에 영향을 미치는 로봇 연구



(a) 로봇 Pepe

(b) 필드 테스트



(c) 어린이들의 손 씻기 행동 변화

출처 : Deshmukh et al., 2019



앞의 2가지 연구사례에서는 로봇이 제공하고자 하는 목표를 달성하기 위한 정밀한 인터랙션 디자인 전략을 갖고 사용자의 행동 변화를 끌어냈다. 다음에 소개하는 사례는 인간이 선호하는 상호작용 방식을 사전 조사하여 로봇을 개발한 사례이다.

일본 University of Tsukuba에서는 노인의 보행 훈련 로봇을 개발하였는데, 이 로봇은 노인의 보행을 지도할 뿐만 아니라 노인이 더 걷고 싶게 하도록 동기부여를 할 수 있다(Piezzo et al., 2017). 기존의 유사한 로봇 연구들은 보행자의 위치를 파악하고 최적의 이동 경로를 계산하는 알고리즘 개발에 중심이었던 반면, 이 연구는 보행 훈련 상황에서 로봇의 근접성에 대한 노인의 선호도(Proxemics preference) 연구를 바탕으로 로봇을 개발하였다.

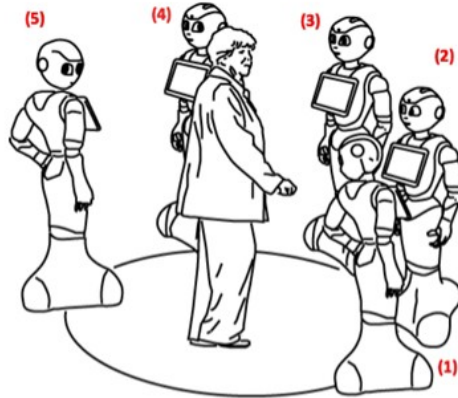
〈그림 17-(b)〉와 같이 5가지 로봇의 위치에 대해서 노인이 선호하는 위치를 조사하였는데 노인들은 보행 훈련 로봇이 2, 3, 4번의 위치에 있기를 선호하는 것으로 나타났다(〈그림 17-(d)〉). 〈그림 17-(c)〉의 결과는 편안함, 동기 등을 묻는 Intrinsic Motivation Inventory(IMI) 설문 결과이다. 이 연구에 참여한 노인들은 보행 훈련 로봇에 대한 IMI 설문의 측정지표인 E/I(Enjoyment/Interest), R/T(Relatedness/Trust), V/U(Value/Usefulness), P/T(Pressure/Tension)에서 모두 수용도가 높은 것으로 나타났다.

인터랙션 디자인은 사용자 중심 로봇 개발에 있어 매우 중요한 부분을 차지하고 있다. 로봇의 목적에 맞게 상호작용을 설계하고 사용자의 만족도를 높이는 방향으로 인터랙션 디자인 연구가 수행된다. 인터랙션 디자인은 로봇의 서비스 목표를 위한 구체적인 실행 전략에 해당하기 때문에 제품으로써의 로봇의 가치를 우수하게 만드는 요인이 될 수 있다.

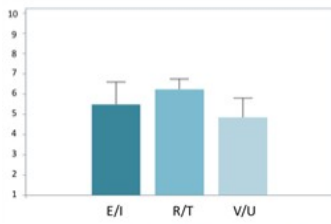
그림 17. 보행 보조 로봇의 보조 위치 선정에 관한 실험



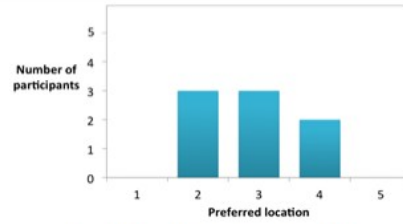
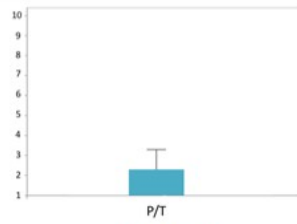
(a) 보행 보조 로봇



(b) 보행 보조 로봇의 위치 선호도 선택지



(c) intrinsic motivation inventory 설문결과



(d) 위치 선호도 측정 결과

출처 : Piezzo et al., 2017

### 3. 서비스 디자인

본 절에서 로봇 제품의 서비스 디자인을 다루는 이유는 최근에 출시되고 있는 홈 로봇 서비스가 HRI 연구에서 많이 다룬 로봇의 사회적 속성을 충실하게 이용하고 있기 때문이다. 앞으로 소개하는 3가지의 최근 홈 로봇 서비스가 HRI 연구를 통해서 만들어졌는지는 알려진 바가 없으나 홈 로봇 서비스를 고찰하는 과정에서 HRI 연구와 어떤 연관성이 있는지 소개하고자 한다.

제품이 시장에서 성공하기 위해서는 고객의 구매를 유발하는 요인과 고객의 요구사항을 면밀히 분석하여 서비스를 기획하는 서비스 디자인의 역할이 중요하다. 서비스 디자이너는 고객의 요구사항과 시장을 파악하기 위한 설문조사, 데이터 분석과 같은 정량 조사와 고객 관찰, 포커스 그룹 인터뷰 등의 정성 조사를 수행한다. 또한, 서비스 특성이 나타나도록 가시화하여 문제를 찾고 해결하는 서비스 블루프린트(Service blueprint),

고객 여정 지도(Customer journey map) 등의 서비스 디자인 프로세스를 통해 논리적 근거를 가진 최종 서비스를 도출해낸다.

MIT에서 Kismet을 개발하였던 Cynthia Breazeal이 2014년 Jibo를 선보이면서 가까운 미래에는 일상생활에서 인간과 상호작용이 가능한 홈 로봇이 함께할 것이라는 기대감이 고조되었다. 그러나 Jibo는 초기에 많은 투자를 받았음에도 불구하고 제품 출시를 연이어 미루면서 2018년 결국 폐업의 길을 걸었다. Jibo와 함께 관심을 받았던 Blue Frog Robotics의 Buddy, Mayfield Robotics의 Kuri, Anki의 Cozmo 등도 모두 성공적인 평가를 받지 못했다.

이러한 홈 로봇들이 시장에서 성공을 거두지 못한 이유에 대해서는 로봇이 가지는 장점을 부각한 특화 서비스가 없는 점(IEEE Spectrum, 2018), 사용자의 흥미를 지속해서 끌어낼 수 있는 디자인 측면이 부족한 점(IEEE Spectrum, 2019) 등 여러 가지 해석이 있다. 부연하자면, 초기의 홈 로봇 제품들은 스마트폰이나 인공지능 스피커와 같은 유사 제품이 제공하는 정보 검색, 쇼핑, 전화 연결, 일정 관리, 게임 등의 동일 서비스를 탑재하였다. 스마트폰과 인공지능 스피커와 비교해 홈 로봇의 장점은 체화된 인공물(embodied artifact)로써 정서적 교감이 가능한 점이다. 그러나 이미 스마트폰이나 인공지능 스피커가 널리 보급된 상황에서 같은 서비스를 가진 홈 로봇을 정서적 교감을 할 수 있다는 장점만으로 구매를 유도하지는 못했던 것으로 보인다.

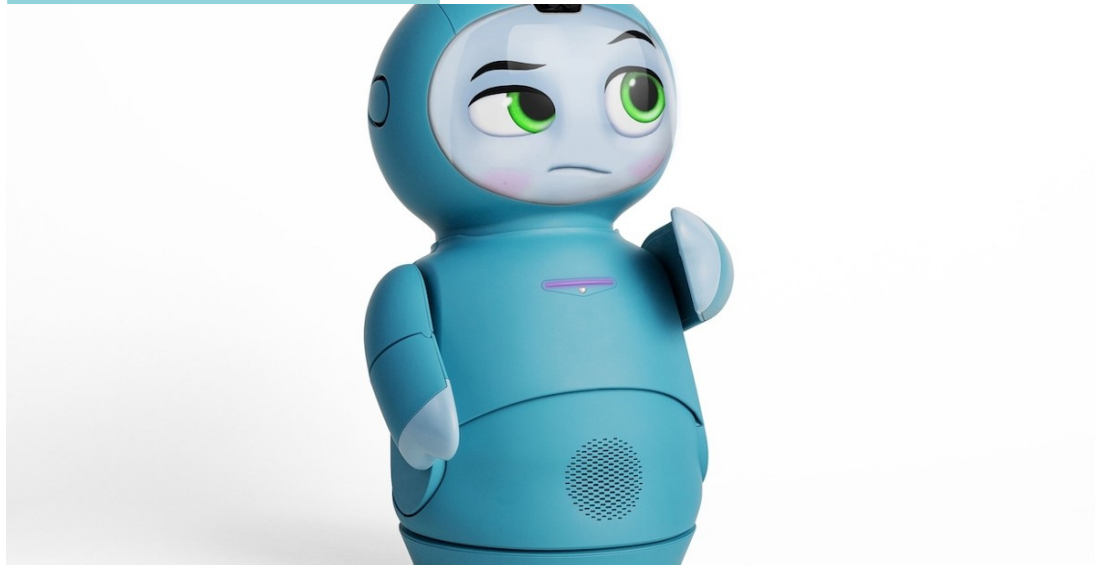
스마트폰이나 인공지능 스피커는 제품 그 자체에 의미가 있다기보다는 애플, 구글, 아마존과 같은 기업들이 운영하는 기존 서비스에 대한 고객 접근성을 높이는 도구로 활용되고 있다고 볼 수 있다. 홈 로봇의 사업 모델도 로봇에 특화된 서비스가 기반이 되어야 성공 가능성이 커지며, 홈 로봇 제품은 서비스를 이용하는 도구로써 활용되어야 할 것으로 보인다. 최근의 홈 로봇 제품과 서비스 사례를 살펴보도록 하자.

최근에 출시되는 홈 로봇은 초기 홈 로봇과 비교해 특화된 서비스를 제공하고 있다. 미국 Embodied는 Moxie를 출시하였는데, Moxie는 아이들의 사회성, 감성, 인지발달을 위한 일상 놀이 기반 서비스 콘텐츠를 가진 홈 로봇이다. Moxie는 하루에 한 번 길게는 20분가량 아이들의 발달에 도움이 되는 간단한 상호작용을 하게 되어 있으며 이러한 상호작용은 6개월 이상 지속하도록 만들었다. Moxie는 로봇이 가지는 장점인 체화(embodiment)를 최대한 활용해 아이들의 발달에 필요한 사회성, 감성, 인지발달에 도움<sup>9)</sup>을 줌으로써 부모의 양육을 돕는 역할을 한다.

9) 체화(Embodiment)는 다중감각의 신체적 인터랙션(Multi-sensory bodily interaction)에 의해 유발되는 특질로써, 상대방에 대해 갖는 사회적 속성(친밀감, 공감 등)을 긍정적으로 인식하도록 만든다. 로봇의 체화는 인간이 로봇을 사회적 존재로 인지하게 만든다(Ventre-Dominey et al., 2019).

10) 소셜 로봇이 자폐성 장애를 가진 어린이의 사회적 훈련에 도움이 된다는 연구사례가 많이 존재한다(Scassellati et al., 2018). 소셜 로봇은 자폐성 장애를 가진 어린이의 사회적 훈련뿐만 아니라 정상적 발달을 하는 어린이의 사회적 훈련에도 도움이 될 수 있다.

그림 18. Embodied의 Moxie



출처 : Embodied

그림 19. Catalia Health의 Mabu



출처 : Catalia Health

미국 Catalia Health의 Mabu(그림 19)는 만성질환을 겪는 노인의 건강관리를 돕는 로봇이다. Mabu 같이 헬스케어와 관련된 많은 스마트폰 앱 서비스는 시장에 많이 존재한다. 하지만 앱 서비스는 스마트폰을 조작해서 앱을 실행해야지만 서비스를 이용할 수 있으며 때로는 기억력이 감퇴한 노인이 앱 서비스를 이용해야 한다는 사실조차 있는 문제가 있다. Mabu는 이러한 앱 서비스가 갖는 불편함을 적극적으로 해소하기 위해 개발된 로봇이다.

Mabu는 노인이 집에 있을 때와 외출 시 차별화된 서비스를 제공한다. 노인이 집에 있을 때는 말을 걸어서 매일 현재의 상태를 체크하고 복약 지시를 하기도 한다. 스마트폰, PC 등과 연동이 되어 있기 때문에 노인이 외출하였을 때에도 서비스를 지속해서 제공할 수 있다. Mabu의 서비스는 의료기관과 연계되어 있어서 노인이 현재 상태에 적절한 의료 서비스를 받을 수 있도록 돕는다. Mabu는 노인과 의사소통함으로써 관계를 형성<sup>11)</sup>하게 되고 이를 통해 서비스 사용에 대한 몰입과 지속적 사용 의도를 끌어내도록 설계되었다.

그림 20. Ling Technology의 Luka



출처 : Ling Technology

11) 동반자 로봇은 치매와 우울증을 겪는 노인과 감정 표현, 대화 등을 통해 라포르(Rapport) 형성이 가능하다고 알려져 있다(Abdollahi et al., 2017).

중국 Ling Technology의 Luka(그림 20)는 어린이에게 책을 읽어주는 인공지능 로봇이다. Luka는 30,000권의 중국어책과 6,000권의 영어책을 읽어주는 서비스를 하고 있다. 책을 읽어주는 독서 경험뿐만 아니라, 외국어 학습에도 도움<sup>12)</sup>이 되도록 설계된 서비스를 제공하고 있다. Ling Technology의 서비스 전략은 책을 함께 읽는 동반자 로봇(companion robot)이 어린이들과 친밀감을 형성함으로써 독서 경험 지속성과 외국어 학습 효과를 얻도록 도움을 준다.

본 절에서 소개한 3가지의 최근 홈 로봇 제품조차도 시장에서 성공한 사례라고 말하기는 아직 이르다. 그러나 최근의 홈 로봇 서비스는 초기 서비스와 비교해서 최근 시장 출시된 홈 로봇 서비스들이 차별화된 서비스 디자인 전략을 가지게 되었고, 교육, 헬스케어 등 실용적인 상황에서 작동하는 로봇에 관한 HRI 연구에서 밝혀진 인간의 인식, 태도, 행동, 심리 등의 특성들이 많이 반영되어 있음을 간접적으로 알 수 있다. 홈 로봇 서비스들이 시장에서 성공하기 위해서는 HRI 연구들이 앞으로는 실용적인 측면도 많이 다루어야 할 것으로 여겨진다.

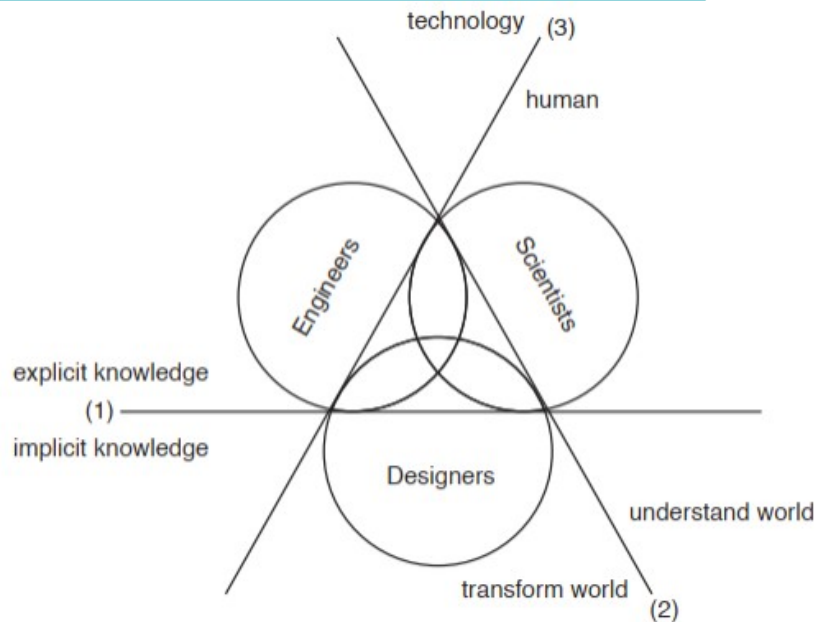
---

12) 또래 로봇(Peer robot)이 어린이의 학습 태도의 긍정적 변화에 효과가 있다는 연구 결과가 있다 [21].

## IV 제언

본 고에서는 HRI 연구가 무엇이고 어떤 방법으로 연구가 되고 있는지 그리고 HRI 연구 실제 사례를 소개하였다. 사례들을 통해서 HRI 연구가 다양한 학문적 관점에서 수행되고 있음을 알 수 있었다. 이처럼 HRI 연구는 인간 중심의 로봇을 실현하기 위해서 로봇틱스 공학자와 인공지능 연구자들, 인간의 심리와 사회현상을 탐구하는 사회과학자, 그리고 인터랙션 디자이너와 서비스 디자이너 등 다양한 분야의 연구자들이 협업해야 하는 학문이다 (그림 21 참고). 특히, 개인과 소통하도록 만들어진 소셜 로봇이 기술적인 혁신만을 강조하여 개발된다면 시장에서는 가치를 인정받지 못할 수도 있다. 국내에서도 이러한 HRI 연구의 중요성이 널리 인식되면서 공학, 사회과학, 디자인학 등에서도 융합연구가 활성화되기 시작했다.

그림 21. HRI 연구에서 학문 간 협력 지점과 한계 지점



출처 : Bartneck et al., 2020

HRI 연구에서는 각자의 학문영역에서 상호 협업하는 것이 중요하지만, 더욱 중요한 것은 서로 협업하는 다른 학문에 대한 깊이 있는 이해가 필요하다. <그림 21>은 HRI 연구에서 학문 간 협업을 설명하지만, 한계점도 지적하고 있다. 각 분야의 전문가들이 각자의 고유 영역을 고수하면서 타 분야의 전문가들과 협업을 하게 되면, 각 영역의 전문가들은 자신의 지식과 경험 내에서 소통하고 고민하기 때문에 협업의 한계를 드러내고 만다. 이러한 한계점을 만회하기 위해서는 타 분야의 연구를 병행할 필요가 있다. 다시 말해서, 공학자들은 직접 사회과학적 관점의 HRI 실험을 수행하여 인간의 특성을 이해하고 고민하면서 이를 기술개발에 반영하는 노력이 필요하고, 디자이너들은 자신의 디자인 전략을 기술로 구현해보면서 기술의 한계를 극복할 방법을 직접 고민해 보는 것이다. 이 과정에서 공학자들은 인간의 특성을 더 깊이 있게 이해하기 위해서 심리학자와 협력을 하고, 디자이너들은 기술적 한계를 극복하는 방법을 찾기 위해 공학자들과 협력하는 것이 필요하다.

서두에서 언급한 바와 같이, HRI는 궁극적으로 로봇을 탐구하는 학문인 동시에 인간을 탐구하는 학문이다. HRI는 인간을 위한 로봇을 개발하는 과정에서 인간을 이해하는 데 큰 역할을 하지만, 연구 과정에서 다양한 연구자들과 소통하는 방법을 배우는 데에도 역할을 한다.

현대의 인간은 로봇과 같은 첨단 기술에 둘러싸인 삶을 살게 되었다. 첨단 기술은 인간이 편리하고 풍족한 삶을 살도록 하지만, 다른 한편, 인간이 첨단 기술을 이용하는 시간이 많아지게 되면서 인간 사회를 구성하고 지탱하는 구성원들 간의 단절도 발생하고 있다. 그래서 소통하며 살아온 인간을 닮은 소셜 로봇에 관해서 연구하는 사람들은 로봇을 통해서 인간들 간의 단절을 메워주는 방법을 찾고 고민하고 있다. 이때 첨단 기술에 의해 변화된 인간 삶과 내면을 들여다볼 수 있는 거울의 역할을 HRI 연구가 하고 있다.

저자\_ 김민규(Min-Gyu Kim)

• 학력

쓰쿠바(Tsukuba)대학교 Intelligent Interaction Technology 박사  
한국항공대학교 기계공학 석사  
한국항공대학교 전자공학 학사

• 경력

現) 한국로봇융합연구원 책임연구원  
前) 한국로봇융합연구원 선임연구원  
前) 에인트호번(Eindhoven)공과대학교 산업디자인학과 박사후연구원



## 참고문헌

- 1) Turkle, Sherry. *The second self: Computers and the human spirit*. Mit Press, 2005.
- 2) Turkle, Sherry, Will Taggart, Cory D. Kidd, and Olivia Dasté. "Relational artifacts with children and elders: the complexities of cybercompanionship." *Connection Science* 18, no. 4 (2006): 347-361.
- 3) Mutlu, Bilge, Steven Osman, Jodi Forlizzi, Jessica Hodgins, and Sara Kiesler. "Task structure and user attributes as elements of human-robot interaction design." In *ROMAN 2006-The 15th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, pp. 74-79. IEEE, 2006.
- 4) Nomura, Tatsuya, Takayuki Kanda, and Tomohiro Suzuki. "Experimental investigation into influence of negative attitudes toward robots on human-robot interaction." *Ai & Society* 20, no. 2 (2006): 138-150.
- 5) Kulic, Dana, and Elizabeth Croft. "Anxiety detection during human-robot interaction." In *2005 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 616-621. IEEE, 2005.
- 6) Krach, Sören, Frank Hegel, Britta Wrede, Gerhard Sagerer, Ferdinand Binkofski, and Tilo Kircher. "Can machines think? Interaction and perspective taking with robots investigated via fMRI." *PLoS one* 3, no. 7 (2008): e2597.
- 7) Kompatsiari, K., Pérez-Osorio, J., De Tommaso, D., Metta, G., & Wykowska, A. (2018, October). Neuroscientifically-grounded research for improved human-robot interaction. In *2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)* (pp. 3403-3408). IEEE.
- 8) Salam, Hanan, Oya Celiktutan, Isabelle Hupont, Hatice Gunes, and Mohamed Chetouani. "Fully automatic analysis of engagement and its relationship to personality in human-robot interactions." *IEEE Access* 5 (2016): 705-721.
- 9) Anderson, Michael, Susan Leigh Anderson, and Vincent Berenz. "A value-driven eldercare robot: Virtual and physical instantiations of a case-supported principle-based behavior paradigm." *Proceedings of the IEEE* 107, no. 3 (2018): 526-540.
- 10) Liu, Phoebe, Dylan F. Glas, Takayuki Kanda, and Hiroshi Ishiguro. "Data-driven HRI: Learning social behaviors by example from human-human interaction." *IEEE Transactions on Robotics* 32, no. 4 (2016): 988-1008.
- 11) Senft, Emmanuel, Séverin Lemaignan, Paul E. Baxter, Madeleine Bartlett, and Tony Belpaeme. "Teaching robots social autonomy from in situ human guidance." *Science Robotics* 4, no. 35 (2019).
- 12) Yamaji, Yuto, Taisuke Miyake, Yuta Yoshiike, P. Ravindra S. De Silva, and Michio Okada. "Stb: Child-dependent sociable trash box." *International Journal of Social Robotics* 3, no. 4 (2011): 359-370.

- 13) Deshmukh, Amol, Sooraj K. Babu, R. Unnikrishnan, Shanker Ramesh, Parameswari Anitha, and Rao R. Bhavani. "Influencing hand-washing behaviour with a social robot: Hri study with school children in rural india." In 2019 28th IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), pp. 1-6. IEEE, 2019.
- 14) Piezzo, Chiara, and Kenji Suzuki. "Feasibility study of a socially assistive humanoid robot for guiding elderly individuals during walking." *Future Internet* 9, no. 3 (2017): 30.
- 15) IEEE Spectrum, "Jibo is probably totally dead now", 2018.12.3., <https://spectrum.ieee.org/automation/robotics/home-robots/jibo-is-probably-totally-dead-now>
- 16) IEEE Spectrum, "Why the pursuit of a killer app for home robots is fraught with peril", 2018.8.9., <https://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/home-robots/why-the-pursuit-of-a-killer-app-for-home-robots-is-fraught-with-peril>
- 17) IEEE Spectrum, "Anki, Jibo, and Kuri: What we can learn from social robots that didn't make it", 2019.5.1., <https://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/home-robots/anki-jibo-and-kuri-what-we-can-learn-from-social-robotics-failures>
- 18) Ventre-Dominey, J., G. Gibert, M. Bosse-Platiere, A. Farnè, P. F. Dominey, and F. Pavani. "Embodiment into a robot increases its acceptability." *Scientific reports* 9, no. 1 (2019): 1-10.
- 19) Scassellati, Brian, Laura Boccanfuso, Chien-Ming Huang, Marilena Mademtzi, Meiyang Qin, Nicole Salomons, Pamela Ventola, and Frederick Shic. "Improving social skills in children with ASD using a long-term, in-home social robot." *Science Robotics* 3, no. 21 (2018).
- 20) Abdollahi, Hojjat, Ali Mollahosseini, Josh T. Lane, and Mohammad H. Mahoor. "A pilot study on using an intelligent life-like robot as a companion for elderly individuals with dementia and depression." In 2017 IEEE-RAS 17th International Conference on Humanoid Robotics (Humanoids), pp. 541-546. IEEE, 2017.
- 21) Park, Hae Won, Rinat Rosenberg-Kima, Maor Rosenberg, Goren Gordon, and Cynthia Breazeal. "Growing growth mindset with a social robot peer." In *Proceedings of the 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, pp. 137-145. 2017.
- 22) Bartneck, Christoph, Tony Belpaeme, Friederike Eyssel, Takayuki Kanda, Merel Keijsers, and Selma Šabanović. *Human-robot interaction: An introduction*. Cambridge University Press, 2020.



# 융합연구리뷰

Convergence Research Review 2020 August vol.6 no.8