

소셜 로봇 표정에 대한 사용자의 반응에 관한 연구: 아이트래커를 통한 사용자 시선 데이터를 중심으로

하상집¹, 유성훈¹, 박도형^{2*}

¹국민대학교 비즈니스IT전문대학원, ²국민대학교 경영정보학부 / 비즈니스IT전문대학원

A Study on User Response toward the Facial Expressions of Social Robots: Focusing on User Gaze Data through Eye Tracker

Sangjip Ha¹, Seong-Hun Yu¹, Do-Hyung Park^{2*}

¹Graduate School of Business IT, Kookmin University

²School of Management Information Systems / Graduate School of Business IT, Kookmin University

요약 최근 정보통신기술의 급격한 발전에 따라 소셜 로봇 시장도 점차 커지고 있다. 소셜 로봇은 인간과 상호작용하는 것을 근본으로 삼는 로봇의 한 종류로서 음성, 제스처, 표정 등과 같은 여러 방식을 통해 사용자와 관계를 맺는다. 이 중에서 표정은 소셜 로봇 디자인과 직결되는 부분으로 소셜 로봇 개발에 있어 중요한 부분으로 볼 수 있다. 본 연구는 현재 시중에 상용화되고 출시된 소셜 로봇 5개를 선정하여, 이들 간의 비교를 통해 외형 디자인에 대한 사용자의 시선 반응을 확인하고자 하였다. 구체적으로 첫 번째 인간과 유사한 로봇의 특성들에 대해 살펴보는 것을 시작으로 표정이 다채로운 로봇과 그렇지 않은 로봇 간 비교를 통해 각 로봇의 영역별 시선 반응을 살펴보았다. 두 번째는 표정이 명확한 로봇과 그렇지 않은 로봇을 비교하였다. 세 번째 로봇의 정서 표현에 따른 긍정 표현 로봇과 부정 표현 로봇 간 사람들의 시선 반응의 차이를 살펴보고자 하였으며, 마지막으로 로봇이 입체적인 구조를 가짐에 따라 사용자들은 소셜 로봇을 더 인간답게 느끼는지 알아보았다. 본 연구는 이론적으로 소셜 로봇의 표정과 사용자의 시선 간의 관계, 나아가 사용자의 판단에까지 미치는 관계를 확인했다는 점에서 의미가 있으며, 실무적으로 로봇 디자인 시 참고할 수 있는 구체적인 인사이트를 제공했다는 공헌을 한다.

Abstract With the rapid development of information technology, social robot industry is gradually growing. Social robot is a type of robot interacting with humans and forms close relationships through various ways, such as voice, gesture, and facial expressions. Facial expressions related to social robot design are important parts of social robot development. This study focused on the user gaze response depending on the facial expressions of five different social robots. We analyzed how the differences in users' gaze differ depending on the diversity of facial expressions of the robot. We found the effects of clarity of the expression on the gaze of users. The difference in the gaze of users according to the emotional expression of the robot (positive vs. negative) was investigated. We checked how the presence or absence of a three-dimensional structure of the robot affected human-likeness. This study is meaningful in terms of revealing the relationship between the expression of social robots and the user's gaze. Furthermore, it proves specific insights for social robot design guides.

Keywords : Social Robot, Robot Design, Eye Tracker, Facial Expression, Human-Likeness

본 논문은 2020년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 이공분야 중점연구지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2020R1A2C1006001).

*Corresponding Author : Do-Hyung Park(Kookmin Univ.)

email: dohyungpark@kookmin.ac.kr

Received January 26, 2022

Revised March 10, 2022

Accepted April 1, 2022

Published April 30, 2022

1. 서론

로봇은 산업 현장에서 인간이 작업하기 어렵고 위험한 일을 대신해 주거나, 미디어 매체를 통한 상상의 대상으로 여겨지고 있었다. 하지만 최신 정보통신 기술이 발전함에 따라 고도의 인공지능 기술들이 사람들에게 전파되면서 관련된 여러 제품이나 서비스들이 사람들의 삶에 가까워졌다. 여러 기업이 인공지능 기술을 활용해서 AI 스피커, 챗봇, 자율주행 자동차 등의 다양한 제품이나 서비스를 선보이고 있지만, 그 중 특히 로봇은 인공지능 기술을 활용하기 가장 적합한 제품으로 주목받고 있다[1]. 로봇의 초기 모델은 장난감 형태로 단순히 명령이나 버튼에 따라 작동되어 놀이 및 오락의 용도로 개발되고 사용되었다. 최근에는 기존의 로봇 개념과 차별화된 소셜 로봇이라는 새로운 개념의 로봇이 등장하고 있다. 소셜 로봇은 사람과 같은 높은 수준의 의사소통 및 감정적 교류가 가능한 로봇으로 교육, 의료,接客, 비서 등 일상생활에서 지원 가능한 고부가가치의 서비스를 제공하고 있다[2]. 소셜 로봇의 서비스는 일방향(One-way) 서비스가 아닌 사람과 로봇의 소통을 통한 양방향(Two-way) 서비스인 점이 핵심인데, 이를 위해 많은 연구자와 기업들은 로봇과 사람 간의 관계를 형성하고 유지하기 위해 어떻게 해야 하는지를 연구하고 있다[3]. 그 이유는 사람들이 소셜 로봇을 단순히 이용 대상으로만 바라보지 않고 삶의 파트너로서 인식할 가능성이 있기 때문이다. 소셜 로봇에 대한 이러한 관심이 연구로 이어지면서 로봇의 기계적인 성능 개선뿐만 아니라 인간-로봇 상호작용 관점의 연구들이 활발히 진행되고 있다. 소셜 로봇과 인간의 상호작용 요인으로는 소셜 로봇의 외형 디자인, 목소리, 어투 등의 언어적 표현, 표정이나 행동을 통한 비언어적 표현까지 다양한 연구들이 진행되고 있다.

따라서 본 연구에서는 소셜 로봇의 비언어적 상호작용 요소에 대해서 소비자들의 반응이나 태도가 어떻게 달라지는지 확인하고자 한다. 구체적으로 소셜 로봇의 비언어적 요소 중 표정을 중심으로 실제 로봇을 보는 소비자들의 반응을 시선 추적 장치(Eye-tracker)를 통해 알아 보았다.

본 연구의 설계는 구체적으로 첫 번째, 인간과 유사한 로봇의 특성들에 대해 살펴보는 것을 시작으로 표정이 다채로운 로봇과 그렇지 않은 로봇 간 비교를 통해 각 로봇의 영역별 시선 반응을 살펴보았다. 두 번째, 표정이 명확한 로봇과 그렇지 않은 로봇을 비교하였다. 세 번째, 로봇의 정서 표현에 따른 긍정 표현 로봇과 부정 표현 로

봇 간 사람들의 시선 반응의 차이를 살펴보고자 하였으며, 마지막으로 로봇이 입체적인 구조를 가짐에 따라 사용자들은 소셜 로봇을 더 인간답게 느끼는지 알아보았다.

이를 통해 인간과 유사한 로봇 디자인 시 참고할 수 있는 구체적인 인사이트를 발굴하고자 하였다. 본 연구에서 사용된 시선 추적 지표는 첫 응시 시간(First Visit), 전체 머문 시간(Total View), 고정된 시간(Fixation), 그리고 재방문 횟수(Revisits)이며, 관심 영역인 AOI(Areas of Interests)는 소셜 로봇의 얼굴, 눈, 입술, 그리고 몸체 등으로 지정하였다.

그리고 로봇 간 비교하기 위한 소셜 로봇의 외형 디자인의 기준으로는 다채로움, 명확성, 긍/부정 감정 표현, 입체성으로 하여 종속변수로는 로봇의 눈, 입에 시선 정도, 얼굴을 수집하여 로봇을 본 사용자 반응 데이터를 수집하였으며, '인간다움'으로 로봇에 대한 태도로 설정하였다.

2. 이론적 배경 및 가설

2.1 소셜 로봇과 디자인

소셜 로봇은 기존의 기계적이고 공학적이란 한계를 넘어 사람과 일상생활에서 감정적 상호작용이 가능하도록 만들어진 로봇이다[4]. 또한, 소셜 로봇은 인간과 사회적 소통하기 위해 사람의 행동을 학습 및 모방하여 고등수준의 의사소통과 사회적 관계 형성하는 역할을 하고 있다[5]. 소셜 로봇은 기본적으로 인간적인 특징을 형상화한 로봇으로 기존의 산업용 로봇과 다르게 사람의 얼굴과 유사한 외형을 지녔지만, 산업용 로봇은 손, 손가락, 팔, 다리 같은 관절 구동 부위를 제외한 나머지 기능이 기계적이고 비인간적일수록 산업용 로봇으로 인식하는 것으로 소셜 로봇만의 고유한 특징을 가지고 있다[6].

소셜 로봇은 사용 장소 및 역할에 따라 상업용 서비스 로봇과 개인용 서비스 로봇으로 사용 용도에 따라 나누어지기도 한다[7]. 먼저 상업용 서비스 로봇은 기업을 중심으로 운송, 의료,接客, 경비, 서빙 등 효과적인 고객 응대를 위해 고안된 로봇으로 식당이나 공항과 같은 공적인 공간에서 상담 및 정보 제공 서비스를 제공해주거나 서빙 및 청소와 같은 시설 관리 차원에서 서비스를 제공해주고 있다. 그리고 개인용 서비스 로봇은 주로 개인 공간 또는 주거 공간에 사용되고 있으면서 정서적 유대, 육체적 보조와 가사 지원 등 1:1 맞춤형 서비스를 제공해

주는 로봇들이 있다[8].

소셜 로봇은 사람과 같은 로봇으로 사용자들과 사회적 의사소통하기 위해서 설계된 로봇이다[9]. 이는 인간과 유사한 방식의 상호작용을 채택하기 때문에 인간과의 소통 방식에 대한 기본적인 이해가 필요로 하며, 로봇을 설계하고 개발하는 사람들은 만들어진 로봇에 대한 사용자들의 반응이 어떠한지 주요 관심사로 자리 잡고 있다[10]. 이는 실제 소비자들의 구매를 자극하기 위해 로봇의 어떤 요소를 매력적으로 어필하고 강조를 해야 할지, 사용자와 로봇과의 관계를 긍정적으로 형성하고 오랫동안 유지하기 위해서 고려할 요소로 무엇인지 본 연구에서는 소셜 로봇의 외형, 인터랙션, 역할로 세 가지 영역으로 분류하여 소셜 로봇의 연구 흐름을 구분하였다. 먼저 첫 번째는 소셜 로봇의 외형으로 어떤 물질적으로 존재하는 형태는 시각적으로 사람들의 시선에 가장 눈에 띄며, 실물로서 존재하는 로봇의 외형은 로봇에 대한 태도에 영향을 미치는 것으로 나타났다[11-14]. 구체적으로 소셜 로봇에 대한 선호는 기계 같은 로봇을 선호하며, 딱딱한 질감에 만질 수 있는 로봇에 대해 매력적으로 평가를 하였다[15]. 두 번째로 사용자와 로봇 간 상호작용 수단인 인터랙션으로 음성, 제스처, 표정 등과 같은 언어적 비언어적 수단을 통해 사람과 로봇 간 소통하는 모든 방식을 말하며 로봇 설계 및 제작하기 위해 디자인에서 중요한 요소 중 하나라고 볼 수 있다[16]. 구체적으로 로봇과 상호작용을 할 때 언어적 제스처를 사용하면 없을 때 보다 더 인간답게 생각하고 선호하며 사용 의도가 높아지는 것으로 나타났다[17]. 마지막으로 역할은 소셜 로봇이 제공해주는 기능과 상황에 따라 서비스에 대한 로봇의 기대 수준이 달라지고 사람들의 평가가 달라진다고 보았다[18]. 구체적으로 두 개의 문화적 배경을 가진 집단(파키스탄, 네덜란드)과 연령 그룹(8세와 12세)에 따른 소셜 로봇과의 상호작용 경험에서 더 어릴수록 로봇에 대해 긍정적으로 평가하고 파키스탄 어린이가 네덜란드 어린이보다 로봇과 소통 할 때 감정 표현력이 뛰어난 것으로 나타났다[19].

따라서 본 연구에서는 소셜 로봇의 디자인 시 고려해야 할 요인 중 기술적 장치적인 요소와 역할을 제외한 외형적 디자인과 인터랙션 요소를 가지고 사용자 반응을 알아보고자 한다.

2.2 시선추적장치(Eye Tracker)

소셜 로봇에 대한 사용자 반응을 알아보기 위해 설문 조사, 인터뷰와 같이 일반적으로 많은 연구자가 채택하

고 있는 방법들이 있지만 본 연구에서는 사용자 반응을 좀 더 객관적이고 정량적 데이터 수집을 위해 아이트래커라는 장비를 활용하여 연구하고자 하였다. 아이트래커란 인간의 눈의 움직임을 실시간으로 모니터링하는 장치로 보고 있는 대상에 대한 사람의 반응이 어떠한지 객관적으로 측정하는 정량적 도구로 사용되고 있다[20]. 아이트래커는 사람들이 제품을 인지할 때 가장 먼저 시각에 많이 의존하여 판단하기 때문에 제품의 디자인을 인식하고 평가하기에 적합 도구로 활용되고 있다[21].

아이트래커는 교육, 산업, 기업, 마케팅/광고, 제품 설계, 연구 등 다양한 방향으로 활용 가능한 기기로 사용되고 있다. 그 중 특히 아이트래커가 많이 사용되는 영역은 시각 정보가 중요한 안전 및 광고에서 많이 활용되고 있다. 안전 분야는 실제 전투기 조종사가 인터페이스로 조종할 때 오류를 줄이고 쉽게 운용시키기 위한 조종사와 시스템 간 상호작용을 개선하기 위해 사용되기도 하고 [22], 이와 비슷한 자동차 운전 시 시선 데이터를 기반으로 한 인지적 부하의 변화를 추정한 연구에서도 활발하게 활용이 되고 있다[23]. 또한, 광고 영역에서 제품 광고는 불과 30초 남짓한 시간에 제시되기 때문에 이러한 짧은 시간 동안 사람들의 시선을 끌고 자사의 제품에 대한 긍정적인 인식과 평가를 유지하기 위해 시선추적 연구들이 많이 진행되고 있다[24].

또한, 아이트래커는 실무적인 성과를 내기 위해서 기업과 연구소에서 많이 쓰이고 있다. 아이트래커로 측정된 자료는 객관성을 가지므로 신뢰성이 확보되어 보다 다른 사람들을 설득하는 데 유용한 정보를 제공해주며, 시각 데이터를 히트맵, 시선 경로 등으로 시각화하여 보여줌으로써 쉽게 이해할 수 있다는 장점이 있다. 현재 아이트래커는 제품이나 서비스를 평가하기 위해서 사용되고 있으며, 시선의 고정, 순간적 이동, 시선추적, 주시 경로 등을 통해 디자인 분야에 많이 쓰이고 있다[25].

본 연구에서는 아이트래커를 이용한 소셜 로봇 연구기에 이와 관련한 연구들을 종합하여 살펴본 결과로 대상 특성, 로봇과 시선, 외형 디자인에 대한 평가로 3가지로 구분되었다[26]. 먼저 첫 번째로 대상의 특성은 시선을 보는 대상이 일반적이지 않거나 소수에 대한 특징을 알아보기 위해 아이트래커가 사용되고 있다. 구체적으로 자폐 스펙트럼 장애(ASD) 환자를 대상으로 소셜 로봇과 인간 배우 간 상호작용 방식을 비교한 결과로 인간을 볼 때 보다 소셜 로봇을 볼 때 로봇의 눈을 더 응시하는 것으로 차이가 있다는 것을 보여주었다[27]. 두 번째로 로봇과 사람 간의 사회적 상호작용을 하게 될 때 주로 눈

맞춤을 통해 소통하게 된다[28]. 또한, 사용자의 로봇 간의 상호 시선을 설정하여 새로운 대화형 시선 모델을 제안하여 로봇의 머리 움직임뿐만 아니라 미묘한 시선 피드백이 사용자의 인식에 영향을 줄 수 있는 것으로 나타났다[29]. 세 번째로 소셜 로봇의 외형에 대해 사용자들이 어떻게 평가를 하는지 아이트래커와 인터뷰를 통해 어떤 디자인의 로봇을 선호하는지에 대한 방법을 한 연구가 있다[30]. 구체적으로 소셜 로봇 외관에 대한 디자인을 알아보고자 뇌파(EEG)와 시선 추적 장치, 설문지를 이용한 연구에서는 로봇 외형을 인식할 때 주로 머리, 얼굴, 가슴 등을 두드러지게 살펴봄에 그 중 머리와 얼굴에 특히 초점을 맞추고 이를 더 매력적으로 본다고 보았다[31].

따라서 소셜 로봇에 관한 아이트래커 연구를 기존 연구에서는 로봇들을 제시 후 로봇을 볼 때 어디를 주로 보고 있는지, 선호하는 로봇이 어떤 로봇인지 단순한 평가 비교를 이루어져 왔지만 본 연구에서는 이를 확장하여 소셜 로봇의 감정 표현에 따른 차이를 포함하여 로봇 외형에 대한 사용자의 평가를 시선을 통해 어떻게 달라지는지 보완하여 연구하고자 한다.

2.3 인간 유사성

소셜 로봇과 상호작용에 있어 외형적 특징 중 가장 의미 있게 다가오는 요소 중 하나로 인간 유사성을 들 수 있다[32]. 인간 유사성이란 어떠한 비인간적인 객체나 대상에 대해 인간적인 요소를 부여하고 바라보는 것을 말하며, 인간적인 요소로 신체 기관, 목소리(남/여), 움직임 등을 통해 표현할 수 있다.

인간 유사성이 갖는 로봇의 주요 특징으로 다음과 같이 들 수 있다. 먼저 로봇의 외형이 물리적으로 단순히 사람과 닮았느냐 아닌가의 차이이다. 기본적인 인간의 신체 구성 요소 중 주요 얼굴, 몸통, 손, 발과 같은 기관이 존재하면 인간과 유사한 로봇이라고 보기도 하였다[33]. 하지만 소셜 로봇의 외형이 물리적인 요소가 있더라도 오히려 비인간적이고 불쾌감을 유발할만한 대상으로까지 인식이 될 수 있으므로 로봇이 인간과 어느 정도까지 닮아야 할지에 대한 논의는 현재까지 진행 중이다[34]. 따라서 소셜 로봇의 디자인은 단순히 인간적인 외형을 나타내는 것에는 한계점이 존재하기 때문에 또 다른 새로운 관점에서는 사람과 사람 간의 다양한 상호작용을 통해 표현될 수 있는 요소를 포함하고자 하였다. 이는 로봇의 외관 디자인이 로봇의 성격, 기능, 공간 정보를 바탕으로 한 감정 변화나 상태를 표현하는 것만으로

도 의인화가 될 수 있으며, 그러므로 로봇의 디자인은 인간과 완전히 닮지 않아도 된다고 보았다[35]. 예를 들면 단순하고 추상적인 움직임을 조합하여 표현함으로써 복합적인 상호작용을 가능하게 만들면 로봇을 의지를 가진 존재로 인식하는 것도 가능하고 로봇의 행동 수정을 통해 인간적인 존재로 지각 가능할 수 있다고 보았다[35].

소셜 로봇이 갖는 인간과 유사한 특징은 사람들의 선호에 따라 나타나기도 한다. 한 예로 소셜 로봇을 볼 때 로봇의 머리가 선호도에 가장 많은 영향을 미친 것으로 보인다. 세부적으로 머리는 키보다 약간 넓고 얼굴은 턱 공간이 많은 면적을 차지할수록 인간처럼 보인다. 그리고 얼굴의 주요 특징인 눈, 코, 입과 같은 요소가 인간적으로 인식하는 데 크게 이바지하고 있다. 전체적 외관은 외피나 덮개로 덮여져 있고 복잡하고 부드러운 곡선의 형태일 때 인간답게 느끼면서 로봇을 선호하여 로봇 디자인 설계 시에 인간적인 요소와 로봇의 요소의 적절한 조합이 중요하다고 보았다[36].

소셜 로봇은 특히 인간과 유사한 특징 중 얼굴이 유사할수록 태도에 긍정적 영향을 미치는 것으로 나타난다[36]. 이러한 특징적인 요소들을 참조하여 본 연구에서는 이러한 요소 중 인간적인 요소로 얼굴 요소가 담긴 소셜 로봇 5가지를 선정하여 연구를 진행하고자 한다.

2.4 감정 표현

인간의 정서는 오랜 기간 진화하고 적응하면서 중요한 의사소통의 수단으로 발전되어 왔다[37]. 이러한 정서 표현은 생리적 반응으로 표현되어 그 정도는 경험에 따라 달라진다. 특히 남녀의 역할과 가족의 표현력에 따라 다르게 인식하고 사용하고 되고 있다[38]. 또한, 문화적 관점에서 표현되는 감정은 사회문화적 환경에 따라 억제 또는 개방적으로 표현되기도 한다. 이러한 상호작용 방식은 사회 전반적으로 많은 영향을 끼치고 있다[39].

그렇게 뿌리 깊이 내려온 정서 표현은 인간들의 주요 의사소통 수단으로 사용되고 있으므로 이를 소셜 로봇과 인간과 상호작용에 적용하면 소셜 로봇의 인터랙션 요소를 좀 더 다양한 정서 표현 등을 개발하여 효과적이고 유용한 의사소통 수단으로 쓰일 수가 있다[40]. 그러므로 인간이 사용하는 정서 표현 방식을 이해하고 이와 로봇을 통해 유사하게 만들기 위해서 어떤 요소들이 필요할지 고민이 필요하다. 실제 로봇 사용에 있어서 사용자들이 불편하고 실례가 되는 반응을 하지 않도록 표현하는 것이 로봇의 사용 측면에서 중요하다고 보았기에 이를 염두 하여야 한다[41].

이에 따라 본 연구에서는 소셜 로봇의 정서 표현은 상대방이 어떻게 평가하게 되는지에 대한 생리적 반응으로 정의하여 정서 표현에 대한 피드백을 로봇이 감정 표현했을 때의 사람 반응을 측정하여 로봇이 어떻게 피드백을 줄지와 디자인 측면에서 어떻게 대처해야 유용할지에 대한 가이드를 제시해 주고자 하였다.

표현되는 정서는 표정이 변화된 후 의식적 체험을 통해 생성하게 된다[42]. 이렇게 생성된 정서는 학습을 통해 다양한 방식으로 표현이 되고 표정에 따라 정서를 구분하여 기본정서를 규정할 수 있다고 보았다[43,44]. 구분된 정서는 Ekman과 Izard가 분류한 표정을 기준에 따르면 행복, 슬픔, 분노, 공포, 놀람, 혐오 등 같은 표현이 나타나며, 본 연구에서는 이를 참조하여 인간과 유사한 로봇의 감정 표현되는 모습을 수집하여 로봇 표정에 어떻게 반응하는지 살펴보고자 한다.

정서 표현이 중요한 이유는 Mehrabian(1967)이 시각적 정보를 전달해 주는 표정 및 제스처는 전체 내용의 55%를 함축적 또는 암시적으로 전달할 수 있다고 한다. 즉 시각 정보를 주는 표정 및 제스처는 인간과 로봇의 인터랙션에 있어 가장 중요한 표현 수단이자 도구로 이용되고 있기도 하기 때문이다[45].

표정과 제스처 중 표정의 바탕이 되는 얼굴은 인간이 면대면 의사소통에 있어 상호 간의 감정을 표현하고 전달하는 수단이며, 인간과 로봇의 인터랙션에 있어 표정을 통해 효과적으로 감정을 전달하는 용도로 사용되고 있다[46]. 또한, 주로 표정을 통해 소셜 로봇의 감정 피드백이 이뤄진다[47-49].

구체적으로 감정을 표현할 수 있는 얼굴의 표정 요소로는 눈, 눈썹, 입, 코 귀로 나눌 수 있다. 로봇의 대다수가 눈을 가지고 있으며 입, 귀, 코, 눈썹 순으로 구분되고 감정 표현, 시선 등을 나타낼 수 있다[50]. 그중 눈은 로봇의 실재감에 있어 가장 큰 영향을 주는 부위로 감정을 표현할 수 있다[51].

표정별 인식에 대한 차이는 문화적인 면에서도 나타난다. 서양인과 동양인으로 예를 들면 동양인은 눈에, 서양인은 입을 보고 표정을 인식한다[52, 53]. 하지만 동양인이 서양인보다 웃는 얼굴에 대한 인식이 빠르며 눈이 아니고 입에 대한 인식을 통해 이뤄진다는 것을 밝힌 바 있다[54]. 즉, 인간과 마찬가지로 소셜 로봇들이 표정 전달에서 감정을 표현할 때 사람의 얼굴에서 눈과 입은 감정을 효과적으로 전달하고 인식할 수 있게 하는 가장 중요한 표정 요소로 보인다.

앞 절에 언급한 내용을 바탕으로 본 연구에서는 소셜

로봇의 감정 표정에 대한 중요성을 증명하기 위해 이러한 감정 표현이 실제로 로봇을 볼 때 사람들은 어떻게 반응을 하는지 알아보고자 하였다. 이에 따라 감정 표현의 정도를 분류하여 가설을 세우게 되었다. 첫 번째 가설은 정서 표현의 강도에 따른 차이가 있는지 보고자 하였다. 두 번째 가설은 사용자가 인식했을 때 명확한지 아닌지 정서 표현의 정확성에 대한 차이를 보고자 하였다. 세 번째 가설은 정서 표현에서의 긍정과 부정에서의 차이를 보고자 하였다. 마지막으로 정서 표현된 로봇 모습의 정도에 따라 인간답게 느끼는지 검증하고자 하였다. 따라서 본 연구에서는 얼굴을 중심으로 시선과 인식에 차이가 있는지 살펴보고자 한다. 가설은 다음과 같다(Fig. 1).

가설 1: 다채로운 표정의 로봇과 아닌 표정의 로봇의 눈에 대한 시선의 차이가 있을 것이다.

가설 2: 표정이 명확한 로봇은 시선의 집중되는 것애 반해 불명확한 로봇은 시선이 분산될 것이다.

가설 3: 긍정적인 표정의 로봇과 부정적인 표정의 로봇의 눈과 입에 대한 시선의 차이가 있을 것이다.

가설 4: 입체성이 더 높은 로봇을 더 인간과 유사하다고 판단할 것이다

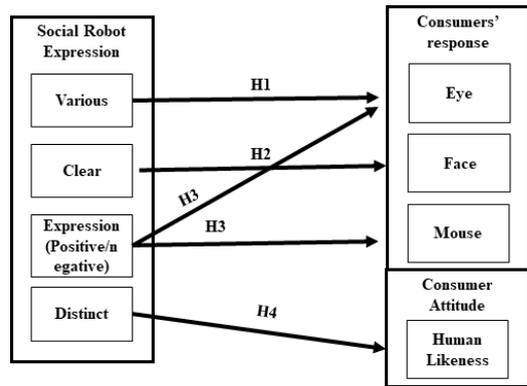


Fig. 1. Research Model

3. 연구 설계

실험을 위해 K 대학교 대학생과 대학원생을 대상으로 실험을 시행하였다. 참여한 대상자는 총 32명으로 남성 17명(53.1%)과 여성 15명(46.6%)으로 성별은 비교적 균등하게 확보되었으며, 연령별 분포는 20~40대까지 20대(94%), 30대(3%), 40(3%)이고 평균 연령은 25.7세로 나타났다.

실험에 사용할 측정 도구로 Gazepoint사의 'GP3' 제품을 사용하여 측정하였다. 측정되는 데이터는 초당 60Hz로 기록이 되었으며, 시선 추적 방식은 적외선을 통한 동공 형태를 인식하여 반응 측정하였다. 본 연구에서 사용할 실험 자극물로 현재 출시 및 시연이 된 로봇을 대상으로 사전에 학부생 8명에게 가장 감정 표정이 잘 드러나 보이는 로봇을 선정하여 실험 자극물로 활용하였다. 로봇은 기술적 기능적 측면을 제외한 디자인 측면을 중심으로 자극물을 선정되었으며, 실험에 사용될 로봇으로 Moxie, Buddy, Silbot, Leka, Zenbo의 다섯 가지 로봇을 선택하였다(Fig. 2).

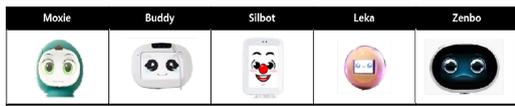


Fig. 2. Selected Social Robots for the Experiment

실험은 다음과 같은 과정을 통해 진행되었다. 먼저 참가자에게 소셜 로봇 디자인에 대한 소개 및 연구 절차에 대한 사전 설명을 충분히 하였다. 그 후 50~60cm 정도 모니터와 참가자 간 거리를 두고 모니터에 제시된 자극물을 바라보도록 하였다. 자극이 노출된 시간은 참가자당 4분가량 소요되었다.

실험 자극물이 나오기 전 시선의 정확도를 조정하는 과정을 거친 후 실험이 진행되었다. 실험 자극물은 각 소셜 로봇의 외형 모습이 담긴 사진을 제시하여 사람들의 반응을 살펴보았다. 외형의 모습은 로봇별 다양한 감정 표현이 담긴 4가지 자극물을 제시하였으며, 제시되기 전 시선 위치를 통제하기 위해 검은색 응시 점을 사전에 제시 후 자극물을 노출하였다.

각 로봇은 12.5cm(가로)*22.5(세로) 크기 안에 배치하고 한 화면에 한 개의 로봇을 5초간 제시하였다. 그리고 측정이 끝난 후에 소셜 로봇에 대한 평가를 진행하였다.

본 연구에서 실험을 통해 로봇 간 비교할 측정 지표로 각 5점 척도로 측정하여 다채로움(Various)은 '해당 로봇의 표정이 다채로워 보인다.' 문항으로 측정하였고, 감정 표현 명확성(Clear)은 '각각의 표정이 감정을 명확하게 전달하고 있다.' 문항을 통해 측정하고 표정 간 구분 정도(Distinct)는 '각각의 표정은 확실하게 구분되어 보인다.' 문항을 통해 수집하였다[55].

소셜 로봇의 디자인 요소는 연구에서 필요한 주요 관심 영역(AOI)을 지정하였다. 감정 표현과 관련된 주요 영역으로 얼굴, 눈, 코, 입을 세분화하고 로봇에 대한 전

반적인 인식을 알아보기 위해 로봇의 전신 모습을 영역으로 지정하였다. 각 관심 영역을 지정한 과정은 로봇 전체 모습을 전신으로 잡고 전신 내에 얼굴 부분만을 따로 잡아 얼굴 내 각각 눈, 코, 입 요소들에 영역을 지정하여 총 5가지 AOI 영역에 대한 데이터를 수집하였다.

시선 반응에 대한 측정 지표로 첫 응시 시간(First Visit), 전체 머문 시간(Total View), 고정된 시간(Fixation), 재방문 횟수(Revisits)로 총 네 가지 지표를 통해 수집하였다.

첫 응시 시간은 특정 관심 영역에 처음 도달하기까지의 걸린 시간으로 시선이 어느 영역에 먼저 도달했는지 알 수 있는 지표이다. 전체 머문 시간은 시선이 관심 영역에 오랫동안 머물렀는지에 대한 지표를 의미하고 고정된 시간은 특정 관심 영역 시선이 얼마나 머물렀는지에 대한 정도로 일반적으로 0.1초 이상 시선이 머무를 때 고정된 것으로 보았다. 마지막으로 재방문 횟수는 관심 영역에서 시선이 벗어났다가 다시 돌아온 횟수를 말하며, 시선의 경로를 추정하게 하고 얼마나 관심 있는 게 보았는지 확인할 수 있다.

소셜 로봇에 대한 '인간다움'을 측정하기 위해 눈의 유사성과 입의 유사성 두 가지를 측정하여 인간과 유사한지 보고자 하였다[56].

4. 연구 결과

4.1 소셜 로봇 디자인에 대한 시선 반응

본 연구에서는 소셜 로봇 감정 표현에 대한 시각 반응을 알아보려고 소셜 로봇의 전신, 얼굴, 눈, 코, 입 등 다섯 가지 영역을 관심 영역(AOI)으로 지정하여 실험 참가자들의 시선이 오랫동안 어디에 머무는지 탐색하기 위해 히트맵(Heatmap)을 통해 확인하였다(Fig. 3).

히트맵은 시선이 고정된 시간에 따라 시각화되며, 오래 머물수록 푸른색에서 붉게 표현된다. 히트맵을 통해 확인 가능한 사실은 첫 번째로 로봇의 표정을 볼 때 시선이 주로 중심에 둔다는 점이 있다. 두 번째로는 로봇마다 시선이 머무는 지점이 다르게 나타나고 있는데 Moxie, Buddy, Zenbo는 시선이 눈에 많이 머무르고 Silbot은 코에 Leka는 입에 시선이 많이 머무는 것으로 나타났다. 세 번째로는 Moxie의 이마의 점과 Buddy의 빨간 코와 같은 얼굴에 눈에 띄는 요소가 있으면 얼굴에서 쉽게 다른 곳으로 시선을 끌고 있음을 확인할 수 있었다.

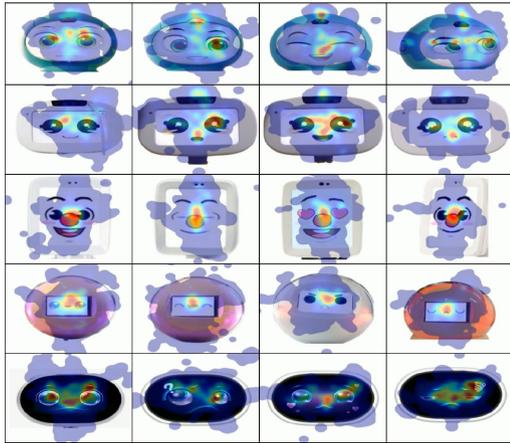


Fig. 3. The Heatmap Results of Experimental Robots

소셜 로봇에 대한 시선을 측정된 후에 실험 참가자의 로봇에 대한 지각과 태도가 어떻게 나타나는지 확인하였다. 설문 결과 다채롭다고 지각한 문항은 Moxie, Zenbo, Silbot, Leka, Buddy 순으로 Moxie가 평균(4.50)으로 높게 나타났다. 그리고 표정에 대한 명확한 정도는 Moxie, Silbot, Zenbo, Leka, Buddy 순으로 Moxie가 평균(4.66)으로 높았다. 로봇 간 표정이 구분된 정도는 Moxie, Leka, Zenbo, Silbot, Buddy 순으로 Moxie가 평균(4.56)점으로 가장 높게 나타났다. 또한, 눈 유사성은 Moxie, Zenbo, Silbot, Buddy, Leka 순으로 Moxie가 가장 높은 평균(4.28)을 차지하고 다른 로봇은 대체로 2점대로 낮은 점수를 받았다. 그리고 입 유사성은 Moxie, Silbot, Buddy, Zenbo, Leka 순으로 나타났으며, Moxie가 가장 높은 평균(3.84)점을 받았다. 설문을 통해 알 수 있는 사실은 Moxie라는 로봇에 대해 전반적으로 사람들이 높이 평가하는 것으로 나타나 보인다 (Table 1).

Table 1. The Evaluation Score on Experimental Robots

	Moxie	Buddy	Silbot	Leka	Zenbo
Various	4.50	3.22	3.75	3.47	3.78
Clear	4.66	3.88	4.06	3.94	3.91
Distinct	4.56	3.63	3.75	4.06	3.84
Human-like eye	4.28	2.16	2.22	1.91	2.63
Human-like mouse	3.84	2.69	3.25	2.03	2.22

4.2 가설 검증

앞서 살펴본 소셜 로봇에 대한 감정 표현과 인간다움을 측정된 값을 바탕으로 로봇 간 얼굴에 대한 시선 반응을 비교하기 위해서 먼저 다채로움, 명확성, 표정 구분으로 측정된 값들이 실제 로봇 간 차이가 있는지 확인을 하였다. 측정된 3개의 변수는 모두 정규성 가정을 충족시키지 못하여 비모수 검정인 Kruskal-Wallis 검정을 시행하였다. 그러한 결과에 따라 다채로움, 명확성, 표정 구분이 로봇 간 차이가 있는 것으로 나타났다. 그 후 사후분석을 통해 구체적으로 로봇 간 비교를 위한 로봇을 선정하였다.

먼저 ‘가설 1’에서의 다채로운 정도에서 차이가 있는 로봇은 Moxie와 Buddy, Moxie와 Leka, Moxie와 Silbot, Moxie와 Zenbo간 차이가 0.05 기준으로 유의했으며, 그중 평균값을 기준으로 차이가 가장 큰 Moxie(Mean=4.5)와 Buddy(Mean=3.22) 로봇을 다채로운 로봇과 다채롭지 않은 로봇으로 선정하였다. ‘가설 2’의 표정이 명확한 로봇과 그렇지 않은 로봇 선정은 로봇 간 표정이 명확한 로봇은 각각 Moxie와 Leka, Moxie와 Buddy, Moxie와 Zenbo, Moxie와 Silbot 로봇 간 유의한 차이가 있었으며, Moxie(Mean=4.66)와 Buddy(Mean=3.88)가 평균에서 가장 큰 차이를 보였기 때문에 표정이 명확한 로봇은 Moxie로 불명확한 로봇으로 Buddy 로봇을 선정하였다. ‘가설 3’은 로봇의 긍정/부정 표정 간 비교하기 위해 작은 디스플레이 화면으로 얼굴 크기에 비해 표정 화면이 작은 Leka 로봇을 제외한 나머지 로봇들을 대상으로 검증하였다.

마지막으로 ‘가설 4’는 표정 구분 점수가 다른 Moxie (Mean=4.56), Leka(Mean=4.06), Silbot(Mean=3.75)을 선정하여 표정이 입체적인 수록 사람과 유사하다고 지각하는지 검증하고자 한다.

4.2.1 다채로운 표정과 다채롭지 않은 표정 간 눈에 머무는 시선의 차이

먼저 표정을 다채로운 표정 로봇(Moxie)과 다채롭지 않은 로봇(Buddy)으로 분류했다. 이 두 집단 간 로봇의 눈에 대한 시선의 차이가 있는지 T-test 검정을 시행하였다(Table 2).

분석 결과, 두 집단 간 눈에 대한 시선은 통계적으로 유의미한 차이가 있으며, 눈에 대한 시선에서 첫 응시 시간을 제외한 전체 머문 시간($p=0.001$), 고정 ($p=0.001$)과 재방문 횟수($p=0.001$) 모두 통계적으로 유의미한 차이가 있었다.

Table 2. T-test Between Various and Non-Variou Robot

	Group	N	Mean	SD	t
TFV	Moxie	115	1.300	0.943	0.243
	Buddy	120	1.272	0.865	
TV	Moxie	128	0.434	0.334	-3.766
	Buddy	128	0.612	0.416	***
Fixation	Moxie	128	1.890	1.165	-2.718
	Buddy	128	2.316	1.335	***
Revisits	Moxie	128	0.921	0.772	-2.954
	Buddy	128	1.257	1.030	***

※TFV: 첫 응시 시간, TV: 전체 머문 시간, Fixation: 고정된 시간, Revisit: 재방문한 횟수

따라서 로봇의 다채로운 로봇과 다채롭지 않은 로봇의 시선의 차이는 눈에 대한 시선에서 유의미한 차이는 나타난 것으로 보아 다채로운 표정을 인식할 때는 더 눈에 머무는 시간은 비교적 짧고 간결하게 인식한다고 볼 수 있다.

4.2.2 명확한 표정과 명확하지 않은 표정 간 얼굴에 집중되는 정도 검증

'가설 2'를 검증하기 위해 명확한 표정과 명확하지 않은 표정으로 분류했다. 비교한 로봇은 명확한 로봇은 Moxie, 불명확한 로봇은 Buddy 이 두 집단 간 눈에 대한 시선의 차이가 있는지 개인별 측정된 AOI 영역을 얼굴, 눈, 코, 입 데이터값의 표준편차를 산출하여 T-test 검정을 시행하였다. 분석 결과, 두 집단 간 눈에 대한 시선은 통계적으로 유의미한 차이는 고정(p=0.006)만 통계적으로 유의미한 차이가 있었다(Table 3).

Table 3. T-test Between Clear and Non-Clear Robot

	Group	N	Mean	SD	t
TFV	Moxie	124	1.094	1.172	-0.054
	Buddy	124	1.102	1.301	
TV	Moxie	128	1.271	0.452	1.117
	Buddy	128	1.211	0.410	
Fixation	Moxie	128	3.612	1.260	2786
	Buddy	128	3.192	1.150	***
Revisit	Moxie	128	0.771	0.518	-1.046
	Buddy	128	0.837	0.484	

※TFV: 첫 응시 시간, TV: 전체 머문 시간, Fixation: 고정된 시간, Revisit: 재방문한 횟수

즉, 명확한 표정 로봇과 불명확한 로봇의 시선의 차이에서 눈에 대한 시선에서 명확한 표정의 로봇에 볼 때 조금 더 집중해서 표정을 인식한다고 볼 수 있다.

4.2.3 긍정적인 표정과 부정적인 표정에 대한 눈과 입에 대한 시선의 차이

'가설 3'은 먼저 행복한(Happy) 표정을 긍정 표정(Positive Expression)으로 슬픔(Sad)과 화남(Angry)의 표정을 부정 표정(Negative Expression)으로 분류했다. 이 두 집단 간 눈과 입에 대한 시선의 차이가 있는지 알아보기 위해 T-test 검정을 시행하였다(Table 4).

분석 결과, 두 집단 간 눈에 대한 시선은 통계적으로 유의미한 차이가 없었으며, 입에 대한 시선에서 전체시간(p=0.006)과 머문 시간(p=0.001)이 통계적으로 유의미한 차이가 있었다.

즉, 로봇의 긍정적인 로봇과 부정적인 로봇의 시선의 차이에서 눈에 대한 시선은 부정적인 로봇의 시선이 컸지만 유의미한 차이는 없었고 입에 대한 시선은 긍정적인 로봇의 시선이 더 컸으며 유의미한 차이가 있을 것으로 보아 긍정적인 표정을 인식할 때는 눈보다는 입으로 의식해서 조금 더 오래 보고 인식한다고 볼 수 있다.

Table 4. T-test Between Positive and Negative Robot

	Group	N	Mean	SD	t
Mouse_TFV	positive	124	108.10	47.74	-1.75
	negative	124	118.30	43.74	
Mouse_TV	positive	124	0.32	0.637	2.75
	negative	124	0.15	0.298	**
Mouse_Fix	positive	124	1.27	1.574	3.28
	negative	124	0.70	1.127	***
Mouse_revisits	positive	124	0.65	1.308	1.32
	negative	124	0.44	1.113	
Eye_TFV	positive	124	214.22	92.81	-1.43
	negative	124	231.26	94.59	
Eye_TV	positive	124	1.01	0.993	-0.63
	negative	124	1.09	0.898	
Eye_Fix	positive	124	3.97	3.165	-1.19
	negative	124	4.44	3.018	
Eye_revisits	positive	124	2.05	2.079	-0.93
	negative	124	2.20	2.027	

4.2.4 입체적인 표정 로봇에 대한 인간 유사성과 태도 로봇 설문 점수를 바탕으로 입체적인 로봇의 정도를

판단한 높음, 중간, 낮음으로 Moxie, Silbot, Leka 세 가지 로봇 선형해 분석에 이용했다. 로봇의 얼굴 중 눈과 입이 얼마나 인간과 유사한지를 확인하기 위해, 인간 유사성을 5점 적도로 측정하였다. 본 연구에서는 이 둘을 평균하여 '인간다움(Human-likeness)'이라고 명명했다.

세 가지 로봇 간 표정의 인간다움이 차이가 있는지 확인하기 위해 One-Way ANOVA 분석과 Games-Howell 사후검정을 시행하였다(Table 5, 6).

분석 결과, 입체적인 로봇에 따라 인간다움이 통계적으로 유의미한 차이가 있었다. 사후검정 결과에서도 Moxie와 Silbot, Moxie와 Leka, Silbot과 Leka에서도 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. Moxie와 Leka가 가장 큰 차이를 보였으며 입체적인 로봇의 정도가 가장 큰 로봇과 작은 로봇의 비교이기에 당연한 결과로 보이며, 입체적인 로봇일수록 눈과 입에 대해 인간과 유사하다고 느낀다고 볼 수 있다.

Table 5. One-Way ANOVA for Human-likeness

	Robot	N	Mean	SD	F	p
Human-likeness	Moxie	124	4.08	0.755	222	0.001***
	Silbot	124	2.74	1.058		
	Leka	124	1.97	0.845		

Table 6. Games-Howell Post-Hoc Test

		Silbot	Leka
Moxie	Mean difference	1.34	2.113
	t-value	11.5***	20.76***
	df	223	243
Silbot	Mean difference	-	0.774
	t-value	-	6.37***
	df	-	235

Note. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

5. 결론

본 연구는 소셜 로봇의 표정에 따른 시선의 차이를 정량적으로 분석한 것으로 아이트래커를 활용하여 다음과 같은 결과로 요약할 수 있다.

첫 번째는 의인화된 소셜 로봇에 관한 기존 연구를 살펴봄으로써 소셜 로봇의 의인화의 특징적인 요소들을 살펴보고, 두 번째로는 소셜 로봇의 표정이 다채로운 정도가 높은 로봇과 아닌 로봇과의 로봇의 눈에 대한 시

선의 차이를 비교한 결과는 두 로봇 간 유의미한 차이가 나타난다. 구체적으로 다채로운 로봇이면 눈으로 가는 시선의 머문 시간, 고정 시간, 재방문 횟수가 비교적 짧고 간결하게 시선이 머문 것으로 나타났다. 세 번째로 표정이 명확하게 나타난 로봇과 아닌 로봇 간의 얼굴에 시선이 집중되는지, 분산되는지 알아보기 위해 각 사람에 대한 AOI의 표준편차 비교를 통해 표정이 로봇 간 차이가 있는지 살펴본 결과로 표정이 명확한 로봇이 시선이 더 오랫동안 머무는 것으로 나타났다. 네 번째로 로봇의 정서 별 표정에서 긍정적인 표정의 로봇과 부정적인 표정의 로봇 간 시선의 차이는 입에 머문 시간과 고정된 정도에 따라서는 유의한 차이가 나타났다. 부정적인 표정에 대한 시선은 눈이 입보다 더 시선이 많이 가고 머물렀지만 유의미한 차이는 없었다. 그러나 긍정적인 표정에서는 입이 눈보다 더 시선이 많이 가고 머물렀고 유의미한 차이를 보였다. 즉, 표정을 인식할 때는 눈보다는 입을 통해 이뤄진다고 말할 수 있다. 마지막으로 입체적인 수준의 세 개의 로봇으로 비교하여 인간다움에 미치는 영향을 살펴본 결과, 입체적인 로봇일수록 인간과 유사하다고 지각하는 것으로 나타났다.

본 연구를 통해 얻을 수 있는 이론적 시사점은 첫 번째로 단순히 감정 표정의 종류가 아닌 감정 표정의 일어나는 정도에 따라 사람들의 시선이 어떤 방식으로 나타나는지 밝혀냈다는 점이다. 두 번째는 로봇에 다른 부분에 비해 특정 부분의 시선이 집중되는 정도를 표준편차 점수를 구하여 비교하는 새로운 시도를 했다는 점에 있다. 세 번째는 로봇 간 비교 시 다양한 정서 표현의 정도에 따른 시선 양상을 알 수 있게 하였다.

본 연구의 실무적 공헌은 다음과 같다. 첫 번째 실제 상용화되어 사용되고 있는 로봇의 디자인에 대한 비교를 통해 자사의 로봇과 경쟁사 로봇을 비교할 수 있게 하여 디자인 가이드라인을 제시할 수 있다. 두 번째로는 소셜 로봇의 정서 표현을 분류할 수 있게 비교함으로써 로봇의 설계에서 기능을 개발할 때 들어갈 기능에 대한 구체적인 제언이 가능하다. 세 번째로는 사용자에게 친근하게 다가올 수 있는 인간다운 이미지를 로봇 만드는 구성 요소가 파악 가능하여 로봇의 의인화 수준을 다양하게 하여 사용자에게 맞는 로봇 서비스를 제공할 수 있게 할 수 있다.

하지만 본 연구에서의 한계점으로는 첫 번째는 로봇의 자극물을 개발할 때 실존하는 로봇의 표정을 수집하여 사용했기 때문에 얼굴의 색상, 크기 등이 통제되지 못하였다. 이는 본 연구 결과를 일반화하는 데 한계로 작용할

것이다. 두 번째로는 아이트래커로 측정한 표본 집단 특성이 한국인으로만 구성되어 문화적 특성을 받는 정서 표현에서 상이한 결과가 나올 수도 있다. 마지막으로 실제 로봇이 아닌 사진을 통해 디자인에 대한 시선 반응을 살펴보았기 때문에 실제로 움직이는 로봇에 적용하기 어려운 점이 있다. 이상의 한계점들은 향후 연구에서 보완되어야 할 것이다.

References

- [1] P. H. Kahn, T. Kanda, H. Ishiguro, B. T. Gill, S. Shen, et al. "Human Creativity Can Be Facilitated Through Interacting with a Social Robot." 2016 11th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI), Christchurch, New Zealand, pp. 173-80, March. 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1109/hri.2016.7451749>
- [2] B. R. Duffy "Anthropomorphism and the social robot." *Robotics and autonomous systems* 42.3-4, pp.177-190, 2003.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0921-8890\(02\)00374-3](https://doi.org/10.1016/S0921-8890(02)00374-3)
- [3] M. Ádám, K. Peter, M. Vicente, M. Gácsi. "Etorobotics: A New Approach to Human-Robot Relationship." *Frontiers in Psychology*, vol. 8, p. 958, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00958>
- [4] C. Breazeal. "Emotion and sociable humanoid robots." *International journal of human-computer studies* 59.1-2, pp.119-155. 2003.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S1071-5819\(03\)00018-1](https://doi.org/10.1016/S1071-5819(03)00018-1)
- [5] JF. Terrence, N. Illah, and D. Kerstin. "A survey of socially interactive robots." *Robotics and autonomous systems* 42.3-4, pp.143-166, 2003.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0921-8890\(02\)00372-X](https://doi.org/10.1016/S0921-8890(02)00372-X)
- [6] M. Francesco, G. Maria, F. Federico, G. Davide. "Human Likeness in robots: Differences between industrial and non-industrial robots." *European Conference on Cognitive Ergonomics* 2021. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 22, 1-5, 2021.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0921-8890\(02\)00372-X](https://doi.org/10.1016/S0921-8890(02)00372-X)
- [7] Y. M. Song. "A Study on Social Interaction Trend of Service Robots." *Journal of Basic Design&Art* 20.6, pp.241-254, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.47294/KSBDA.20.6.19>
- [8] J. S. Lee, D. H. Park, I. J. Yoo. "Implementation Strategy for the Elderly Care Solution Based on Usage Log Analysis: Focusing on the Case of Hyodol Product." *Journal of Intelligence and Information Systems*, vol. 25, no. 3, pp. 117-40, Mar. 2019.
DOI: <https://doi.org/10.13088/jiis.2019.25.3.117>
- [9] B. R. Duffy, C. Rooney, G. M. O'Hare, R. O'Donoghue. "What is a social robot?." In 10th Irish Conference on Artificial Intelligence & Cognitive Science, University College Cork, Ireland, pp. 1-3, September, 1999.
- [10] M. Shiomi, K. Shinozawa, Y. Nakagawa, T. Miyashita, T. Sakamoto, et al. "Recommendation Effects of a Social Robot for Advertisement-Use Context in a Shopping Mall." *International Journal of Social Robotics*, vol. 5, no. 2, pp. 251-262, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s12369-013-0180-4>
- [11] Y. M. Song. "A Study on Social Interaction Trend of Service Robots." *Journal of Basic Design&Art* 20.6, pp.241-254, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.47294/KSBDA.20.6.19>
- [12] J. Goetz, S. Kiesler, A. Powers. "Matching robot appearance and behavior to tasks to improve human-robot cooperation." *The 12th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication*, 2003. Proceedings. ROMAN 2003. IEEE, pp. 55-60, 2003.
DOI: <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2003.1251796>
- [13] M. L. Walters. "The design space for robot appearance and behaviour for social robot companions". Diss. 2008.
<http://hdl.handle.net/2299/1806>
- [14] K. S. Haring, K. Watanabe, C. Mougnot. "The influence of robot appearance on assessment." 2013 8th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI). IEEE, pp. 131-132, Tokyo Japan, March, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.1109/HRI.2013.6483536>
- [15] E. Vlachos, E. Jochum, L. P. Demers. "The Effects of Exposure to Different Social Robots on Attitudes toward Preferences." *Interaction Studies. Social Behaviour and Communication in Biological and Artificial Systems*, vol. 17, no. 3, pp. 390-404, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1075/is.17.3.04vla>
- [16] C. Bartneck, J. Forlizzi. "A design-centred framework for social human-robot interaction." *RO-MAN 2004. 13th IEEE international workshop on robot and human interactive communication (IEEE Catalog No. 04TH8759)*. IEEE, pp. 591-594, 2004.
DOI: <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2004.1374827>
- [17] M. Salem, F. Eyssel, K. Rohlfing, S. Kopp, F. Joubin. "To Err Is Human(-like): Effects of Robot Gesture on Perceived Anthropomorphism and Likability." *International Journal of Social Robotics*, vol. 5, no. 3, pp. 313-23, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s12369-013-0196-9>
- [18] M. Y. Chae, S. I. Kim. "A Study on the Role of Social Robot in Aspect of User Experiences -Focus on Single-person Households-" *Journal of Digital Convergence* 15.2, pp. 295-300. 2017.
DOI: <https://doi.org/10.14400/JDC.2017.15.2.295>
- [19] S. Shahid, E. Kraemer, M. Swerts. "Child-Robot Interaction across Cultures: How Does Playing a Game with a Social Robot Compare to Playing a

- Game Alone or with a Friend?" *Computers in Human Behavior*, vol. 40, pp. 86-100, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.07.043>
- [20] W. Colin, and H. H. Mikaelian. "An evaluation of an eye tracker as a device for computer input2." *Proceedings of the SIGCHI/GI conference on Human factors in computing systems and graphics interface*. Pages 183-188, May, 1986.
DOI: <https://doi.org/10.1145/29933.275627>
- [21] M. Y. Choi. "A Study on the Method of Eye Tracking Analysis Based on the Properties in Visual Perception of User -With Emphasis on the Development of Analysis-Framework for Product Design." *Archives of Design Research*, pp.197-206, 2003.
UCI: [G704-000241.2003.16.4.020](https://doi.org/10.1145/29933.275627)
- [22] N. B. Sarter, R. J. Mumaw, C. D. Wickens. "Pilots' monitoring strategies and performance on automated flight decks: An empirical study combining behavioral and eye-tracking data." *Human factors*, 49(3), 347-357, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1518/001872007X196685>
- [23] P. Oskar, L. K. Andrew, S. Alexander, H. Peter. "Estimating cognitive load using remote eye tracking in a driving simulator." *Proceedings of the 2010 symposium on eye-tracking research & applications*, pp.141-144, March, 2010.
DOI: <https://doi.org/10.1145/1743666.1743701>
- [24] W. Michel, and R. Pieters. "Eye fixations on advertisements and memory for brands:A model and findings." *Marketing science* 19.4, pp.297-312, 2000.
DOI: <https://doi.org/10.1287/mksc.19.4.297.11794>
- [25] E. S. Seo. "The Suggestion for the Design of Eye Tracker to Promote the Study on the Gaze Tracking Interface." *Journal of Cultural Product & Design (KIPAD)* 50, pp.145-152, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.18555/kicpd.2017.50.13>
- [26] A. Henny, and B. Scassellati. "Social Eye Gaze in Human-Robot Interaction." *Journal of Human-Robot Interaction*, Vol. 6, no. 1, pp. 25-63, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.5898/jhri.6.1.admoni>
- [27] O. Damm, K. Malchus, P. Jaecks, S. Krach, F. Paulus, et al. "Different gaze behavior in human-robot interaction in Asperger's syndrome: An eye-tracking study," 2013 IEEE RO-MAN, pp. 368-369, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2013.6628501>
- [28] C. Willemse, and A. Wykowska. "In natural interaction with embodied robots, we prefer it when they follow our gaze: a gaze-contingent mobile eyetracking study." *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 374.1771 (2019): 20180036.
DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2018.0036>
- [29] Y. Zhang, J. Beskow, H. Kjellström. "Look but fon't stare: Mutual gaze interaction in social robots.", *Social Robotics, 9th International Conference, ICSR 2017, Tsukuba, Japan*, pp. 556-66, November 22-24, 2017.
DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-70022-9_55
- [30] M. Dziergwa, M. Frontkiewicz, P. Kaczmarek, J. Kedzierski, M. Zagdanska. "Study of a social robot's appearance using interviews and a mobile eye-tracking device." *International conference on social robotics*. Springer, Cham, pp.170-179, 2013.
DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-02675-6_17
- [31] Y. Liu, F. Li, L. H. Tang, Z. Lan, J. Cui, O. Sourina, et al. "Detection of Humanoid Robot Design Preferences Using EEG and Eye Tracker." 2019 International Conference on Cyberworlds (CW), Kyoto, Japan, pp. 219-24, Oct.2-4, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1109/CW.2019.00044>
- [32] B. R. Duffy."Anthropomorphism and the social robot." *Robotics and autonomous systems* 42.3-4, pp.177-190, 2003.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0921-8890\(02\)00374-3](https://doi.org/10.1016/S0921-8890(02)00374-3)
- [33] E. Phillips, X. Zhao, D. , Ullman, B. F. Malle. "What is human-like?: Decomposing robots' human-like appearance using the anthropomorphic robot (abot) database." 2018 13th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI). IEEE, Chicago IL USA, pp. 105-13, March5-8 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1145/3171221.3171268>
- [34] M. Maya B., B. R. David, F. Lunardini, A. Geminiani, A. Antonietti, et al. "Uncanny but Not Confusing: Multisite Study of Perceptual Category Confusion in the Uncanny Valley." *Computers in Human Behavior*, vol. 103, pp. 21-30, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.08.029>
- [35] D. M. Lee. "Achieving Believability of Social Robots : An Aesthetic Approach." *The Korean Journal of Animation*, vol. 14, no. 2, pp. 93-143, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.51467/asko.2018.06.14.2.93>
- [36] D. Carl F., F. Gemperle, J. Forlizzi, S. KIELSER. "All robots are not created equal: the design and perception of humanoid robot heads." *Proceedings of the 4th conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques*. 2002.
DOI: <https://doi.org/10.1145/778712.778756>
- [37] U. Hess, P. Thibault. "Darwin and emotion expression." *American Psychologist* 64.2. 120, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1037/a0013386>
- [38] A. M. Kring, A. H. Gordon. "Sex differences in emotion: expression, experience, and physiology." *Journal of personality and social psychology*, 74.3, pp. 686, 1998.
DOI: <https://doi.org/10.1037/0022-3514.74.3.686>
- [39] E. A. Butler, T. L. Lee, J. J. Gross. "Emotion regulation and culture: Are the social consequences of emotion suppression culture-specific?." *Emotion*, 7.1, 30, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1037/1528-3542.7.1.30>
- [40] K. Itoh, H. Miwa, M. Matsumoto, M. Zecca, H. Takanobu, et al. "Various emotional expressions with emotion expression humanoid robot WE-4RII." *IEEE Conference on Robotics and Automation*, 2004.

- TEXCRA Technical Exhibition Based.. IEEE, pp. 35-36, 2004.
DOI: <https://doi.org/10.1109/TEXCRA.2004.1424983>
- [41] S. H Ahn. "Emotional Psychological Fundamentals for Human-Robot Emotional Interaction Research." Korea robotics society review, Korea Robotics Society, 2.3, pp.44-67. 2005.
UCI: [G704-SER000008835.2005.2.3.001](https://doi.org/10.1109/TEXCRA.2004.1424983)
- [42] W. B. Cannon "The James-Lange theory of emotions: A critical examination and an alternative theory." The American journal of psychology 39.1/4, pp. 106-124, 1927.
DOI: <https://doi.org/10.2307/1415404>
- [43] P. Ekman, and D. Keltner. "Universal facial expressions of emotion." Segerstrale U, P. Molnar P, eds. Nonverbal communication: Where nature meets culture 27, 46, 1997.
- [44] C. E. Izard. "Basic emotions, relations among emotions, and emotion-cognition relations.", Psychological Review, 99(3), pp. 561-565, 1992.
- [45] A. Mehrabian. "Communications without words." Psychology Today 2, pp. 55-62, 1968.
- [46] S. W. Jeong, K. P. Lee. "A Study on the Human Perception of Faces of Humanoid Robots." Archives of Design Research, 21, 1, pp. 83-94, 2008.
UCI: [G704-000241.2008.21.1.012](https://doi.org/10.1109/TEXCRA.2004.1424983)
- [47] M. Álvarez, R. Galan, F. Matia, D. Rodriguez-Losada, A. Jimenez. "An emotional model for a guide robot." IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans 40.5, pp. 982-992, 2010.
DOI: <https://doi.org/10.1109/TSMCA.2010.2046734>
- [48] L. Cañamero, J. Fredslund. "I show you how I like you-can you read it in my face?[robotics]." IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics-Part A: Systems and humans 31.5, pp. 454-459, 2001
DOI: <https://doi.org/10.1109/3468.952719>
- [49] T. Kishi, T. Otani, N. Endo, P. Kryczka, K. Hashimoto, et al. "Development of expressive robotic head for bipedal humanoid robot." 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. IEEE, pp. 4584-4589, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.1109/IROS.2012.6386050>
- [50] Y. M. Song. "A Study on the Personification Trend for the Sociality of Social Robot." Journal of Basic Design&Art 19.5, pp. 395-410, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.47294/KSBDA.19.5.29>
- [51] D. Carl F, F. Gemperle, J. Forlizzi. "All robots are not created equal: the design and perception of humanoid robot heads." Proceedings of the 4th conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques, pp. 321-326, June, 2002.
DOI: <https://doi.org/10.1145/778712.778756>
- [52] Y. Masaki, W. W. Maddux, M. Takahiko. "Are the windows to the soul the same in the East and West? Cultural differences in using the eyes and mouth as cues to recognize emotions in Japan and the United States." Journal of Experimental Social Psychology 43.2, pp. 303-311, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jesp.2006.02.004>
- [53] M. G. Calvo, A. Fernández-Martín, L. Nummenmaa. "Perceptual, categorical, and affective processing of ambiguous smiling facial expressions." Cognition 125.3, pp. 373-393, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2012.07.021>
- [54] J. S. Kim, et al. "The Effects of Eye and Mouth Change in Processing Happy Face." The Korean Psychological Association Proceeding(2016), The Korean Psychological Association: 309-309. 2016.
- [55] S. Jeong. "Designing facial expressions of an educational assistant robot by contextual methods." Archives of Design Research 26.2 (2013): 409-435.
UCI: [G704-000241.2013.26.2.016](https://doi.org/10.1109/TEXCRA.2004.1424983)
- [56] D. H. Kim, A. W. Choi. "The Effect of Expressions of Self-consciousness in Social Robots during Social Attraction." Journal of KIISE 46.7, pp. 653-663, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.5626/IOK.2019.46.7.653>

하 상 집(Sangjip Ha)

[준회원]



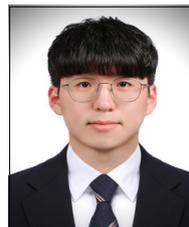
- 2020년 2월 : 경남대학교 심리학과 (문학사)
- 2020년 9월 ~ 현재 : 국민대학교 비즈니스IT전문대학원 석사과정

<관심분야>

고객행동이론, 고객에널리틱스, 고객경험디자인

유 성 훈(Seong-Hun Yu)

[준회원]



- 2021년 8월 : 제주대학교 전산통계학과(이학사)
- 2021년 9월 ~ 현재 : 국민대학교 비즈니스IT전문대학원 석사과정

<관심분야>

Data-Driven UX, 사용자경험(UX), 디지털헬스케어

박 도 형(Do-Hyung Park)

[정회원]



- 2008년 2월 : KAIST 경영대학
경영공학 (경영공학박사)
- 2008년 2월 ~ 2012년 3월 : LG
전자 책임연구원
- 2012년 4월 ~ 2013년 2월 :
KISTI 선임연구원
- 2013년 3월 ~ 현재 : 국민대학교
경영정보학부 교수

〈관심분야〉

고객경험(CX), 사용자경험(UX), 고객애널리틱스(CA)