Emotional Analysis of Human Motion for the Silver Robots

Euijung Yang[1], Wonil Hwang[1], Taezoon Park[2], Jihong Hwang[3]

[1]Department of Industrial & Information System Engineering, Soongsil University, Seoul, 156-743
[2]School of Mechanical & Aerospace Engineering, Nanyang Technological University, Singapore, 639798
[3]Department of Product Design & Manufacturing Engineering, Seoul National University of Science & Technology, Seoul, 139-743

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to investigate the preferred human motions and their physical characteristics to design silver robots for the elderly. **Background:** In the aging society, special cares for the elderly is needed these days. One of the alternatives for caring the elderly is the silver robot. Silver robots' appearance, speech, and haptic elements are actively studied for improving the interaction with the elderly. However there are few studies regarding the robot's motions. Proper motions of silver robots could be designed through investigating the human motions preferred by elderly. **Method:** Two-phased empirical study was conducted in order to investigate human motions preferred by the elderly. In the first phase, four representative human motions, such as 'greeting', 'I don't know', 'positive answer', and 'giving', were captured through 28 body makers and video recording. 10 young (5 males, 5 females) and 6 elderly (3 males, 3 females) people participated in the motion capture process. In the second phase, the communication efficiency, emotion, and satisfaction of the human motions recorded in the first phase were measured by the questionnaire and 30 elderly people participated. **Results:** In terms of communication efficiency and satisfaction, female motions were preferred and the elderly motion for 'positive answer' behavior was preferred, whereas the young motions were preferred for the other 3 behaviors. As for the emotion, female motions and young motions were preferred in terms of 'friendliness'. **Conclusion:** Silver robots need to be designed reflecting the characteristics of human motions preferred by the elderly. Specifically female motions characterized by torso and shoulder motions, and young motions characterized by rapid and big motions need to be considered for the silver robots' design.

Keywords: Silver Robot, Motion Analysis, Emotional Design, HRI

1. Introduction

현대 사회는 의학기술의 발달로 인해 인간의 평균수명이 증가함으로써 노인층이 점점 늘어나는 노령화 사회가 되어 가고 있다. 또한 출산율 역시 갈수록 저하되는 추세여서 노인층을 부양할 젊은 세대가 점점 줄어들고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 주목 받고 있는 것이 로봇을 활용하여 인력을 대체하는 것이며, 로봇은 이미 다양한 분야에서 활용되고 있다. 최근에는 단순한 반복 작업만 수행하던 로봇이 아닌 능동적 행동을 할 수 있는 지능형 로봇도 등장하였다. 지능형 로봇 시스템 기술은 메커니즘, 감지, 인지, 감성기술들을 포함하여 자율행동, 상호작용까지 할 수 있다(Kim Eun Sun et al., 2005). 또한, 로봇이 사람들과 더불어 살며 상호작용을 할 때에, 그것을 사회적 로봇(Sociable Robot)이라고 한다. 사회적 로봇의 동작과 행동은 로봇의 개성을 표현해 줄 수 있고, 사람들과의 좋은 관계를 가질 수 있도록 해준다(Graf et al., 2004). 이는 로봇의 움직임이 사람과의 관계에 있어서 얼마나 중요한지를 보여주고 있다. 그리고 이러한 로봇들을 노인들의 수발을 위해 활용하는 사례가 최근 세계적으로 늘고 있다. 이렇게 노인의 생활을 보조하는 지능형 로봇을 실버 로봇(Silver Robot)이라고 한다. 그리고 미국, 유럽, 일본 등의 선진국을 중심으로 노인을 위한 로봇의 연구가 대두되고 있는데, 그 중 유럽에서는 독일 프

라운호퍼 생산기술연구소(IPA)와 헬름홀츠 로봇연구소, 이탈리아 성안나 고등과학원에서 노인을 위한 실버 로봇 개발 연구가 활발하다. 이 곳에서 연구하는 실버 로봇의 기능은 노인들에게 도움이 될 수 있는 것 들이며 노약자 부축, 잔심부름, 노약자의 보행보조, 뇌졸중 환자의 재활을 위한 도움의 기능 등이 있다(Joongang Ilbo, 2006).

기존의 로봇 청소기와 같은 가정 내 도우미 로봇들은 사람과 상호작용이 힘들고 수동적인 이미지만을 가지고 있다. 이로 인해 노인들은 로봇을 가깝게 생각하지 못하고 상호작용이 힘든 기계로만 여기게 되었다. 하지만 로봇은 더 이상 단순한 기계가 아닌, 인간을 도와주고 상호작용이 가능한 존재가 되고 있다. 로봇의 외형, 음성, 햅틱 등의 요소로 사람과 상호작용 할 수 있는 연구는 활발하게 진행되고 있지만, 로봇의 동작을 통해 상호작용하는 연구는 미비한 실정이어서 로봇의 동작에 대해 연구해 볼 필요가 있다.

본 연구의 목적은 실버 로봇의 실제 사용자인 노인들이 선호하는 동작이 무엇인지 알아보며, 그 동작을 선호하는 이유가 무엇인지를 알아보는 것이다. 다시 말하면, 어떤 동작이 노인 소비자층에게 영향력이 있는 동작인지에 대해 체계적으로 탐색하려고 한다. 이를 위해 우선, 동작 수행자들에게 약 심부름이라는 특정 상황을 주어 약 심부름의 동작들을 수행하게 하고, 동작 수행자들의 동작을 캠코더로 녹화 한 후, 동영상 프로그램으로 편집한 뒤에 노인 소비자층에게 스크린을 통해 보여준다. 노인 소비자층에게 스크린을 보여준 다음, 동작 수행자들이 수행했던 동작들을 선호하는지에 대해 설문조사를 작성하게 한다. 이러한 과정을 통해 노인들의 선호 동작이 어떠한 것인지 알아보고자 한다. 이를 위해 2장에서는 로봇 모션 디자인과 실버 로봇을 다룬 관련 연구들을 살펴보고, 3장에서는 노인 소비자층의 동작 선호도를 알아보기 위한 실험을 소개한다. 4장에서는 노인들의 동작 선호도에 영향을 미치는 중요한 요인들을 추출하고, 마지막으로 5장에서는 실험의 결과를 요약, 정리하고 추후 연구에 대해 언급한다.

2. Literature Review

인력을 대체한 로봇의 활용 방안이 주목 받으면서 다양한 방면으로 연구가 진행되어 왔다. 그 중에서도 인간과 로봇 사이의 원활한 상호작용을 위한 연구들이 활발했는데, 주로 로봇의 외형적인 형태 디자인(Heo and Jung, 2008; Jung, 2008), 언어적 요소(Illah et al., 1999), 비언어적 요소(Bethel and Murphy, 2008; Lee, 2001) 등을 변수로 삼아 진행한 연구들이 있었다. 이러한 연구들을 더욱 심화, 발전시켜 인간과 로봇 사이의 감정 상호작용에 더욱 초점을 맞춘 연구(Ahn and Choi, 2010; Ahn et al., 2004)가 대두되었고, 더 나아가 사회적 로봇(Sociable Robot)에 대한 연구까지 활발하게 진행되기 시작했다(Bartneck and Forlizzi, 2004; Kim et al., 2003). 로봇 디자인 연구 초기에는 사람의 눈에 보이는 부분, 즉 로봇의 외향적인 요소에 초점을 둔 디자인 개발에 주로 중점을 두었으나, 이것은 로봇이 동적으로 움직일 경우를 덜 고려한 연구 방향이었다. 그리하여 최근에는 로봇의 외향적인 부분의 디자인뿐만 아니라 로봇의 움직임 동작, 즉 모션(motion) 디자인까지 중요시 되어 연구가 진행되고 있다. 로봇이 여러 가지 동작을 수행하는 것은 인간과 상호작용을 할 수 있는 방법 중 하나이기 때문이다(Heo et al., 2006). Cory et al.(2006)는 노인층을 위한 실버 로봇 역시 인간과 효과적으로 상호작용 할 수 있도록 만들어야 한다고 하였다.

이러한 로봇의 모션 디자인을 주요 변수로 삼은 연구와 노인층이 주 사용자인 실버 로봇을 주요 변수로 삼아 진행된 연구에는 두 가지의 흐름이 있었다. 한 가지는 로봇의 모션을 어떻게 디자인해야 효과적인지를 알아보는 구체적인 연구이고 또 다른 한 가지는 노인을 보살피고 함께하는 측면을 부각시킨 실버 케어(care) 로봇에 대한 연구이다. 우선 첫 번째 연구 흐름으로, 로봇 모션 디자인에 대해 접근한 연구들이 있었다. 초기 로봇 모션 디자인에 관한 연구는 로봇의 행동을 사람의 행동에서 본떠와서 디자인 하는 경우가 대부분이었다. 때문에 로봇의 모션을 디자인하기에 앞서 사람의 동작에 대해 조사하고 사람의 움직임을 추적하는 연구가 진행되었다(Kluge et al., 2001; Shibata et al., 2003; Schulz et al., 2003). 또한 사람의 단기 움직임을 예측하는 연구도 있었다(Tadokoro et al., 1995; Zhu, 1991). Riley et al.(2000)는 ‘Optotrak’라는 모션 캡쳐 시스템을 사용하여 사람의 모션 데이터를 저장하고 기록하였으며, 이렇게 기록된 데이터를 로봇에게 적용하고자 했다. 하지만 로봇이 움직일 수 있는 관절 각도 범위를 벗어난 사람의 움직임은, 로봇이 허용 할 수 있는 범위로 수정해주어야 하는 한계가 있었다. 또한 Dasgupta와 Nakamura(2009)는 인간의 다리 보행 패턴을 조사하여 모션 데이터를 활용하는 방안을 연구하였다. 그 결과 걸음걸이의 균형이 중요한 요인임을 알아내고, 보행 동작을 연구하는 데에 있어서 다리의 관절 각도와 움직임의 궤도에 초점을 맞춰야 한다고 하였다. 이들과는 다르게 인간의 하체 움직임 패턴이 아닌 인간의 상체 움직임 패턴에 대해 연구한 Zordan과 Hodgins(1999)는 사람에게 드럼을 연주하게 하고 그 움직임을 기록하여 모션 데이터로 사용하였다. 움직임을 기록할 때에는 자석의 성질을 띠고 있는 모션 캡쳐 시스템을 사용하였고, 이는 애니메이션 캐릭터의 움직임에 활용되기도 하였다. 그리고 Playter(2000)는 움직이는 2차원 캐릭터를 모션 캡쳐 데이터를 사용하여 제

어하는 시스템을 구축하였다. 그 결과 2차원 캐릭터가 가지고 있는 각각의 관절을 원하는 궤도로 움직일 수 있게 되었다. 하지만 애니메이션 캐릭터의 복잡한 움직임을 모두 표현하는 것에는 어려움이 있었다. 또한 Nancy et al.(2002)은 사람의 모션을 휴머노이드 로봇에 적용하는 것에 대해 연구하였는데, 사람 몸의 관절 부분에 마커(marker)를 부착하여 사람이 움직인 모션들을 로봇이 따라서 움직일 수 있는 결론을 보였다. 로봇의 역할과 로봇 디자인의 관계를 연구한 Jung(2008)은 로봇이 수행하는 역할과 그 사용 목적에 따른 로봇의 얼굴, 체형을 구성하는 요소를 조사하였다. 그리고 그 중 가장 많은 영향을 끼치는 디자인 요소를 발견하고, 그 부분에 대한 얼굴과 선호도의 상관관계를 분석하였다. 그 결과 로봇 얼굴을 구성하고 있는 형태 요소가 사용자가 직관적으로 판단하여 로봇의 선호 정도를 평가하는데 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 로봇 모션 디자인에 있어 로봇이 맡는 역할이 외형적 요소인 로봇 형태와 상관관계가 있다는 것을 보여주는 것이다. 또한 Kwak과 Kim(2009)은 인간과 인간 사이에 발생하는 감정 상호작용이 인간과 로봇 사이에서도 발생하는지 알아보고자 하였으며, 사용자가 로봇에게 공감하도록 하기 위해서는 로봇이 친구 같고, 따뜻하며, 상냥한 인상을 가져야 한다는 결론을 도출하였다. 하지만 로봇 모션 움직임의 구체적인 선호도는 밝혀지지 않았다.

그리고 두 번째 연구 흐름으로, 실버 케어 로봇에 대해 기능과 디자인 측면에서 접근한 연구들이 있었다. 예를 들어 Schaeffer와 May(1999)는 노인이나 장애가 있는 사람들을 보살피는 홈 케어 로봇에게 요구되는 기능과 홈 케어 로봇의 장점 들을 연구하였는데, 그 결과 인간과의 커뮤니케이션과 안전하게 인간을 돌보는 것, 집안일 등의 기능을 수행하는 것이 중요한 변수임을 밝혔다. 또한 Yoo et al.(2003)은 혼자 걷지 못하는 노인들을 위한 로봇 ‘Do-u-mi’에 대해 사용자 친화적인(human-friendly) 디자인과 기능에 대해 연구하였고, 이 로봇의 시스템을 수식화하여 표현해 냈다. 이는 Martha et al.(2002)의 노인을 간호하고 돌보는 기능을 가진 간호 로봇(nursebot) ‘Pearl’에 대해 연구한 것과 유사한 결과를 보였다. 이처럼 노인을 돕는 기능에 초점이 맞추어진 연구들이 있었는데 노인의 걷는 행동 보조, 인공지능 휠체어, 외골격 도우미 로봇, 로봇 집사 등 물리적, 신체적으로 돕는 로봇 개발 연구가 있었다(Graf et al., 2004; Guizzo and Goldstein, 2005; Yanco, 2001). 뿐만 아니라 인공지능 로봇, 집안일을 수행하는 로봇, 약 정보에 대해 상기시켜주는 로봇(medication reminder) 등 세 가지 분야로 연구된 로봇들도 있었다. 이 로봇들은 걷기, 침대에서 일어나기, 목욕하기, 용변보기, 집안일 하기 등의 기능을 수행할 수 있도록 연구되었다(Cesta et al., 2007; Giuliani et al., 2005; Jung et al., 2005). 그리고 노인을 심리적으로 돕는 측면의 연구 또한 수행 되었는데, Kazuyoshi와 Takanori(2007)는 노인을 돕는 실버 케어 로봇인 Seal 로봇의 사회 심리학적 측면의 영향과 생리적인 측면의 영향을 연구하였다. 매일 9시간 동안 물개(Seal) 로봇과 함께한 노인 사용자들은 로봇과 커뮤니케이션 하는 것을 자연스럽게 받아들이게 되었고, 심리적으로 많이 안정이 된다는 것을 알아내었다. 이는 애완동물 로봇(pet robot)을 활용해 커뮤니케이션을 하는 것에 대해 연구했던 실험(Beck et al., 2003; DiSalvo et al., 2003)과 비슷한 결과를 보였다. 노인을 위한 사회적 로봇(Sociable Robot) 역시 활발히 연구되었는데, 예를 들어 노인과 로봇의 쉬운 의사소통과 상호작용을 위한 연구(Cesta et al., 2007; Kim et al., 2003; Montemerlo et al., 2002)가 있었다. 그리고 Kim et al.(2008)은 국내외 실버 케어 로봇의 개발 동향을 알아보고, 실제 실버 케어 로봇의 사용자인 노인의 특성에 맞는 로봇 디자인가이드라인을 연구하였다. 그 결과, 노인들이 희망하는 장소로 자유롭게 다닐 수 있는 이동성 확보를 위한 실버 케어 로봇 디자인을 제시하였으나, 다양한 로봇 디자인이 소개되었음에도 불구하고 노인의 로봇 디자인 선호도가 고려된 연구들은 아니었다.

본 연구에서는 실버 로봇에 관련한 이상의 두 가지 연구 흐름에 바탕을 두고 노인이 선호하는 동작이 어떠한 특성을 가지고 있는지 알아보고, 노인의 동작 선호도에 영향을 미치는 주요 요인들을 추출하고자 한다.

3. Method

실버 로봇을 위한 노인의 동작 선호도에 영향을 미치는 요인들을 파악하기 위하여 2단계에 걸친 실증적 연구를 진행하였다. 첫 단계에서는 동작 수행자들에게 약 심부름이라는 특정 상황을 주어 약 심부름의 동작들을 수행하게 하였다. 동작 수행자들은 젊은이 10명(남자 5명, 여자 5명), 노인 6명(남자 3명, 여자 3명)이었고, 싱가포르 난양이공대학(Nanyang Technological University)의 동작 분석 실험실(motion analysis lab)에서 실험이 진행되었다. 그리고 동작 수행자들이 수행한 동작은 인사하기(greeting), 모르겠다고 하기(I don’t know), 긍정적인 대답하기(positive answer), 전달하기(giving)의 4가지 동작이다. 이들은 실험 진행자가 노인 소비자라고 생각하고 실험자가 설명한 9가지 동작들을 수행하였으며, 외모에서 비롯될 수 있는 선호도 결과의 편차를 줄이기 위해 마스크를 착용하였다. 또한 캠코더로 실험자의 모든 동작들을 녹화하였다. 동작은 정면과 왼쪽 측면(동작 수행자 입장)에서 촬영되었으며 촬영된 모습은



Figure 1. Participant of Motion Analysis

<Figure 1>과 같다. 동작을 촬영하는 동안 동작 수행자 움직임의 정량적 데이터 측정을 위해 Cortex 소프트웨어를 사용하였다. 동작 수행자의 이마, 어깨, 팔꿈치, 손목, 엄지손가락, 새끼손가락 등 주요관절에 총 28개의 마커(marker)를 부착하여 움직임을 측정하는 것이다. Cortex 소프트웨어의 결과 파일은 비디오 설문조사의 결과와 매칭시켜서, 노인들에게 가장 선호되는 동작에 대한 정량적 데이터를 얻어내는 데에 이용한다.

두 번째 단계에서는 이렇게 동작 수행자들의 동작을 녹화한 비디오를 30명의 노인들에게 보여주고 설문조사를 실시한다. 총 16명의 동작 수행자 중, 동작이 명확한 4명의 동작(젊은이 남자 1명, 젊은이 여자 1명, 노인 남자 1명, 노인 여자 1명)을 선정했으며, 이들은 각각 다른 연령층과 성별을 가지고 있다. 이 4명의 4가지 동작 비디오만 추려서 노인들에게 보여주는 것이다. 즉, 노인들이 동작 수행자들의 동작을 보고 설문조사를 수행하는 것이다. 이는 RSVP라는 싱가포르 노인 복지 센터에서 진행되었고, 빔 프로젝터와 스크린을 이용하여 동작을 보여주고 설문조사를 실시하였다. 그리고 노인들에게 동작 수행자들이 수행하는 동작들의 의미는 알려주었으나, 동작 수행자의 성별이나 나이 등은 알려주지 않았다. 설문조사지는 총 24문항으로 이루어져 있으며 크게 '정보전달의 효율성' 측면(5문항), '감정적 다양성' 측면(14문항), '만족도' 측면(5문항), 이렇게 3부분으로 나뉘어져 있다. 그리고 각 문항에 대한 점수는 7점 척도로 답변하게 하였다.

Table 1. Demographics of Survey Participants

구 분		빈도	백분율 (%)
성별	남	7	23.33
	여	23	76.67
	응답자 합계	30	100.00
국적	중국계 싱가포리안	29	96.67
	중국계 말레이시안	1	3.33
	응답자 합계	30	100.00
직업	직장인	16	53.33
	주부	9	30.00
	자영업자	5	16.67
	응답자 합계	30	100.00

총 30명이 설문조사에 답변하였는데, 설문 응답자의 분포는 <Table 1>에서 알 수 있듯이 성별상으로는 여자(76.7%)가 남자(23.3%)에 비해 53.4%p 정도 많았다. 이는 설문조사를 실시했던 장소인 노인 복지 센터에 다니는 비율이 여자가 더 높았기 때문이다. 그리고 은퇴하기 전에 가졌던 직업상으로는 직장인(53.3%), 주부(30%), 자영업자(16.7%)였고, 국적상으로는 중국계 싱가포리안(96.7%)이 다수를 차지하였고 중국계 말레이시안(3.3%)도 있었다. 설문 응답자의 평균 연령은 65.8세, 표준편차는 5.2였으며 60대가 다수를 차지하였다.

설문조사를 실시한 이후 수집된 설문조사 결과의 분석을 위하여 각 문항에 대한 답변의 평균, 최대값, 최소값을 구하고, 그리고 나서 분산분석(ANOVA) 및 최소제곱평균(LS mean)을 이용한 다중비교를 수행하였다. 또한 '감정적 다양성' 측면의 14문항을 서로 차별화되는 감정 그룹으로 나누어보기 위하여 요인 분석(factor analysis)을 실시하였고, 그 결과 14문항은 총 3가지 요인으로 묶였다. 이렇게 설문조사 결과를 분석하고 난 뒤, 동작 수행자들이 동작을 수행한 동영상을 눈으로 직접 보고 움직이는 동작의 이동 거리, 속도를 변수로 삼아 3단계로 나누어 정리하였다. 그리고 노인들의 설문조사를 통해 얻어진 결과와 동작 수행자들이 수행한 동작들의 특성을 정리한 것을 비교, 분석하여 어떠한 동작이 노인들에게 선호되었는지를 알아본다.

4. Results

동작 비디오 16가지를 보고 설문조사를 수행한 30명의 답변을 바탕으로 분산분석과 다중비교를 수행하여 보다 심층적인 분석을 시도하였고, '감정적 다양성' 측면의 14문항은 요인분석을 이용하여 3가지 요인으로 정리하였다. 이렇게 도출된 설문조사 결과와 동작 수행자들의 동작 비디

오 파일을 비교하여 어떠한 특징을 가진 동작이 영향력 있었는지를 알아보았다. 이러한 분석들을 설문지에서 나누어 놓았던 '정보전달의 효율성' 측면과 '감정적 다양성' 측면, '만족도' 측면의 세 가지 측면으로 접근하였다.

3.1 Communication Efficiency

'정보전달의 효율성' 측면에 대한 분석은 5개의 항목 모두를 응답한 30명의 데이터가 사용되었고, 5가지 문항은 '동작을 이해하기 쉽다', '동작을 인지할 수 있다', '동작들을 구분할 수 있다', '동작의 의미를 적은 노력으로 인지할 수 있다', '동작을 정확하게 이해할 수 있다' 라는 질문이었다. 그리고 각 문항별 분산분석을 수행한 결과 나이(젊은이 동작 vs. 노인 동작)에 따른 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다. 하지만 성별(여성 동작 vs. 남성 동작)은 설문조사 결과 정보전달의 효율성에 영향을 미치는 것으로 나타났고, 5가지 문항에 대해 모두 유의하였으며, 비슷한 패턴을 보였다. 예를 들어 첫 번째 문항이었던 '동작을 이해하기 쉽다' 라는 질문에 여성의 동작(6.13점)이 남성의 동작(5.53점)에 비해 이해하기 쉬웠다는 결과가 나왔고($F_{1,464}$ = 30.93, p < 0.0001), 이 결과를 동작이 녹화된 비디오 파일을 분석한 <Table 2>와 비교하여 살펴보면, 여성의 경우 전반적으로 머리, 어깨, 몸통, 팔, 손을 사용하였지만 남성의 경우 머리, 어깨, 몸통은 거의 움직이지 않은 채 팔과 손만 사용한 것으로 나타났다. 그리고 동작 유형(인사하기, 모르겠다고 하기, 긍정적인 대답하기, 전달하기)의 경우 '동작을 정확하게 이해할 수 있다'라는 문항에서 유의함을 보였는데, '긍정적인 대답하기'(5.83점)와 '모르겠다고 하기'(5.80점)가 '인사하기'(5.44점)와 '전달하기'(5.48점) 보다 정확하게 이해할 수 있다는 결과가 나왔다($F_{3,463}$ = 3.03,

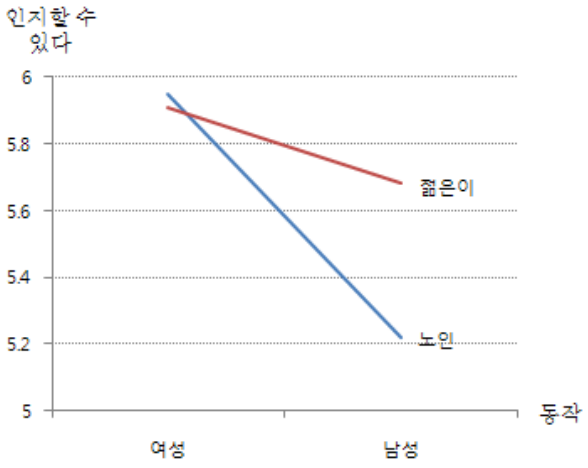


Figure 2. "Recognize" - Interaction Plot (Age*Gender)

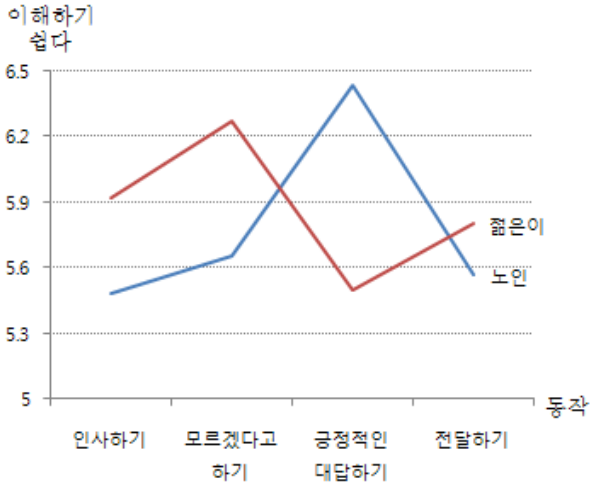


Figure 3. "Easy to Understand" - Interaction Plot (Age*Motion)

p < 0.0290). 또한 다중비교를 수행한 결과, 나이와 성별을 함께 고려한 교호작용(interaction effect)이 영향이 있었고, 같은 추세로 5가지 문항에 모두 나타났다. 여성동작에서는 노인 동작이 젊은이 동작과 비슷하게 인지할 수 있다고 나타난 반면, 남성 동작에서는 젊은이 동작이 노인 동작에 비해 더 정확히 인지할 수 있는 것으로 나타났다($F_{1,464}$ = 5.38, p = 0.0208). (<Figure 2> 참조) 또한 나이와 동작을 함께 고려한 교호작용도 영향이 있었고, 5가지 문항에 대해 모두 유의한 것으로 나타났으며, 같은 패턴을 보였다. 한 예로 '동작을 이해하기 쉽다'의 <Figure 3>과 같이 '긍정적인 대답하기'를 제외한 다른 세 동작은 젊은이 동작이 이해하기 쉬웠으나, '긍정적인 대답하기'의 동작에만 노인 동작(6.43점)이 젊은이 동작(5.50점)보다 이해하기 쉬운 것으로 나타났다($F_{3,464}$ = 10.62, p < 0.0001). 그리고 이 결과를 <Table 2>와 비교하여 살펴보자면, 노인의 경우 '긍정적인 대답하기'의 동작에서 남녀 모두 머리만 사용하였음을 알 수 있다. 반면 젊은이의 경우 여성은 머리뿐만 아니라 어깨와 몸통을 함께 사용하였고, 남성 역시 머리와 팔, 손을 사용하였다. '긍정적인 대답하기'를 제외한 다른 동작들은 어깨와 몸통을 많이 사용한 여성 동작이 정보전달의 효율성을 높일 수 있었으나 긍정적인 대답을 한 경우는 머리를 사용하는 것이 정보전달에 효율적이었다는 것을 알 수 있었다. 반면 성별과 동작을 함께 고려한 교호작용의 경우는 유의하지 않은 것으로 나타났다.

3.2 Emotional Aspect

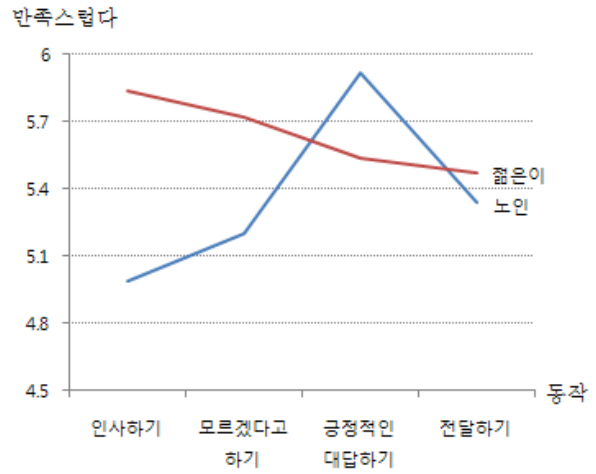


Figure 4. "Satisfaction" - Interaction Plot (Age*Motion)

'감정적 다양성' 측면에 대한 분석은 14개의 항목 모두를 응답한 30명의 데이터가 사용되었고, 14가지 문항은 '재미있다', '즐겁다', '편안하다', '무섭다', '위험하다', '제어 불가능하다', '당황스럽다', '압도적이다', '안전하다', '예쁘다', '접근성이 있다', '흥미롭다', '복잡하다', '정감있다' 라는 질문이었다. 분산분석을 수행하기에 앞서 우선 요인 분석을 수행하였는데 고유치(Eigenvalue)가 1보다 큰 경우로 요인의 수를 정하였고, 이를 통해 3개 요인이 적정 요인 수로 결정되었으며, 설명되는 분산의 비율은 약 69% 이다. 3개 요인은 '친근감', '불안감', '위압감'을 나타냈으며 이 중 '친근감'만 나이와 성별에서 각각 유의한 영향을 받는 것으로 나타났다. 나이의 경우, 젊은이 동작(5.10점)이 노인 동작(4.80점)에 비하여 친근감이 있는 것으로 나타났고

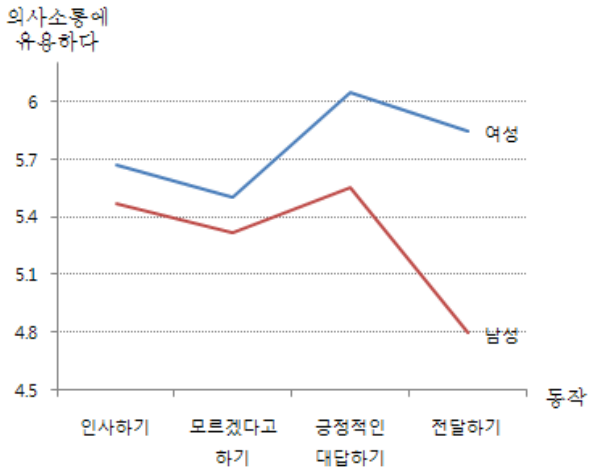


Figure 5. "Useful for Communication" - Interaction Plot (Gender*Motion)

($F_{1,464}$ = 9.10, p = 0.0027), 이 결과를 <Table 2>와 비교하여 살펴보면, 노인의 경우 움직임의 속도가 느리고 이동 거리가 적은 반면, 젊은이의 경우 전반적으로 움직임의 속도가 빠른 편이고 이동 거리 역시 컸음을 알 수 있다. 그리고 성별의 경우, 여성 동작(5.08점)이 남성 동작(4.83점)보다 더 친근감을 주는 것으로 나타났다($F_{1,464}$ = 6.41, p = 0.0117). 이를 <Table 2>와 비교하여 살펴보면, 여성은 상체 전체를 전반적으로 사용한 반면, 남성은 주로 팔과 손을 위주로 움직였음을 알 수 있으며 상체를 전반적으로 움직인 여성의 동작이 더 친근감이 있다는 것을 알 수 있다.

3.3 Satisfaction

'만족도' 측면에 대한 분석은 5개의 항목 모두를 응답한 30명의 데이터가 사용되었고, 5가지 문항은 '동작이 만족스럽다', '동작을 좋아한다', '동작이 친숙하다', '동작이 의사소통에 유용하다', '동작이 의사소통에 도움이 된다' 라는 질문이었다. 그리고 각 문항별 분산분석을 수행한 결과 나이가 영향이 있는 것으로 나타났는데, '동작이 만족스럽다' 라는 질문에 젊은이 동작(5.64점)이 노인 동작(5.36점)보다 만족스러운 것으로 나타났다($F_{1,462}$ = 5.49, p = 0.0195). '동작이 친숙하다' 라는 질문에는 젊은이 동작(5.74점)이 노인 동작(5.48점)보다 친숙한 것으로 나타났다($F_{1,462}$ = 5.56, p = 0.0188). 이를 <Table 2>와 비교하여 살펴보면, 속도가 느리고 이동 거리가 적은 노인의 동작 보다는 전반적으로 속도가 빠르고 이동 거리가 큰 젊은이의 동작이 더 만족스럽게 느껴진다는 것을 알 수 있다. 또한 성별의 경우, 5가지 문항 모두 비슷한 추세를 보이며 영향이 있는 것으로 나타났다. 이는 머리, 몸통, 어깨, 팔, 손 등 상체 전체를 전반적으로 사용한 여성 동작이 머리, 몸통, 어깨를 덜 사용한 남성 동작보다 만족도, 선호도, 유용성 모두 높았다는 것을 나타낸다. 또한 동작의 경우, '긍정적인 대답하기' 동작(5.88점)이 '모르겠다고 하기' 동작(5.42점)보다 선호되며, 의사소통에 유용한 것으로 나타났다($F_{3,464}$ = 3.10, p = 0.0265). 이는 머리를 주로 사용한 '긍정적인 대답하기' 동작이 어깨와 팔을 주로 사용한 '모르겠다고 하기' 동작보다 선호되며, 의사소통에 유용하다는 것을 알 수 있다. 또한 나이와 성별을 함께 고려한 교호작용의 경우, '동작이 의사소통에 유용하다' 라는 항목에만 유의했다. 이 때 노인의 경우 여성 동작(5.80점)이 남성 동작(5.03점)보다 유용하고, 젊은이의 경우 여성 동작(5.73점)이 남성 동작(5.53점)보다 유용한 것으로 나타났다($F_{1,464}$ = 5.32, p = 0.0215). 또한 나이, 동작을 함께 고려한 교호작용도 영향이 있었고 5가지 문항에 대해 모두 유의한 것으로 나타났다. 그 중 '동작이 만족스럽다' 라는 질문에는 <Figure 4>와 같이 '긍정적인 대답하

Table 2. Features of Motion

성별	나이	동작	변수	머리	어깨	몸통	팔	손
여자	노인	인사하기	속도	X	X	X	△	△
			이동거리	X	X	X	△	△
		모르겠다고 하기	속도	X	△	X	○	○
			이동거리	X	△	X	△	△
		긍정적 대답하기	속도	○	X	X	X	X
			이동거리	○	X	X	X	X
		전달하기	속도	△	X	△	△	△
			이동거리	△	X	△	△	△
	젊은이	인사하기	속도	X	X	X	○	○
			이동거리	X	X	X	△	△
		모르겠다고 하기	속도	X	△	X	○	○
			이동거리	X	○	X	△	△
		긍정적 대답하기	속도	○	X	X	X	X
			이동거리	○	△	△	X	X
		전달하기	속도	△	X	△	△	△
			이동거리	△	X	△	△	△
남자	노인	인사하기	속도	X	X	X	△	△
			이동거리	X	X	X	△	△
		모르겠다고 하기	속도	X	X	X	△	△
			이동거리	X	X	X	△	○
		긍정적 대답하기	속도	△	X	X	X	X
			이동거리	○	X	X	X	X
		전달하기	속도	X	X	X	△	△
			이동거리	X	X	X	○	△
	젊은이	인사하기	속도	X	X	X	○	○
			이동거리	X	X	X	○	○
		모르겠다고 하기	속도	△	○	X	○	X
			이동거리	○	○	X	△	X
		긍정적 대답하기	속도	○	X	X	○	○
			이동거리	○	X	X	△	△
		전달하기	속도	○	X	○	○	○
			이동거리	△	X	△	△	△

주) ○ : 속도가 빠른 경우, 이동거리가 큰 경우
△ : 속도가 느린 경우, 이동거리가 적은 경우
X : 움직임이 없는 경우

기'의 동작에만 노인 동작(5.92점)이 젊은이 동작(5.53점)보다 만족스러운 것으로 나타났고($F_{3,462}$ = 4.94, p = 0.0022), 5가지 문항 모두 같은 패턴을 보였다. 즉, 일반적인 경우에는 움직임의 속도가 빠르고 이동 거리가 큰 젊은이의 동작이 만족스럽지만, 긍정적인 대답을 할 경우에는 머리만 사용한 노인 동작이 머리와 손, 팔을 함께 사용한 젊은이 동작보다 더욱 만족스럽게 느껴진다는 것을 나타낸다. 또한 성별과 동작을 함께 고려한 교호작용의 경우도 영향이 있었는데, 의사소통의 유용성에서 유의하였고, 여성의 동작이 의사소통에 유용한 것으로 나타났으며($F_{3,464}$ = 2.88, p = 0.0356), '긍정적인 대답하기' 동작과 '전달하기' 동작에서 특히 큰 차이를 보였다. (<Figure 5> 참조) 이를 <Table 2>와 비교하여 살펴보면, 머리를 주로 사용한 여성의 '긍정적인 대답하기' 동작이 팔과 손을 주로 사용한 남성의 '전달하기' 동작보다 의사소통에 도움이 되는 것으로 느껴진 다는 것을 알 수 있었다.

5. Conclusion

본 연구에서는 실버 로봇의 실제 사용자인 노인들이 선호하는 동작이 무엇인지 알아보며, 어떠한 요소들이 동작 선호도에 영향력이 있는지를 알아보았다. 우선 '정보전달의 효율성' 측면에서는 성별(여성 동작 vs. 남성 동작)이 영향을 미치는 것으로 나타났고, 5가지 문항에 대해 모두 유의하였으며, 비슷한 패턴을 보였다. 이는 전반적으로 머리, 어깨, 몸통, 팔, 손을 전체적으로 사용한 여성의 경우가 머리, 어깨, 몸통은 거의 움직이지 않은 채 팔과 손만 사용한 남성에 비해 정보전달의 효율성이 좋게 느껴진다는 것이다. 그리고 동작 유형(인사하기, 모르겠다고 하기, 긍정적인 대답하기, 전달하기)의 경우 '동작을 정확하게 이해할 수 있다'라는 문항에서 유의함을 보였는데, 머리와 팔, 손을 모두 다양하게 사용한 '긍정적인 대답하기'와 '모르겠다고 하기'가 팔과 손만 사용한 '인사하기', '전달하기'보다 정확하게 이해할 수 있다는 결과가 나왔다. 반면 나이(젊은이 동작 vs. 노인 동작)에 따른 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다. 또한 나이와 성별을 함께 고려한 교호작용도 유의하였는데, 5가지 문항에 모두 비슷한 패턴을 보였다. 여성 동작의 경우 노인과 젊은이 모두 주로 움직인 부위가 머리, 어깨, 팔, 손으로 비슷하였기 때문에 정보전달의 효율성이 비슷하다고 나타난 반면, 남성 동작의 경우 머리, 어깨, 몸통, 팔, 손을 모두 사용한 젊은이 동작이 어깨와 몸통을 아예 움직이지 않은 노인 동작에 비해 더 정보전달의 효율성이 좋은 것으로 나타났다. 그리고 나이와 동작을 함께 고려한 교호작용도 영향이 있

었는데, 5가지 문항에 대해 같은 패턴을 보이며 모두 유의한 것으로 나타났다. ‘긍정적인 대답하기’ 동작을 제외한 다른 세 동작은 머리, 어깨, 몸통, 팔, 손을 다양하게 사용한 젊은이 동작이 정보전달의 효율성이 좋았으나, 긍정적인 대답을 할 경우에는 오로지 머리만을 사용한 노인 동작이 더 정보전달에 있어서 효율적이라는 것을 알 수 있었다. 하지만 성별과 동작을 함께 고려한 교호작용의 경우는 유의하지 않은 것으로 나타났다. 따라서 정보전달의 효율성에서는 동작 유형에 관계 없이 여성 동작이 남성 동작보다 더욱 선호되는 것을 알 수 있었고, 성별과 동작 유형별로 보면 여성의 경우는 젊은이 동작과 노인 동작이 비슷한 선호도를 보였으나, 남성의 경우는 젊은이 동작이 더욱 선호되었다는 것을 알 수 있다. 또한 나이와 동작 유형별로 보면 긍정적인 대답을 할 경우에는 머리만 사용한 노인의 동작이 선호되었으므로 이러한 동작들을 실버 로봇에 적용해야 효율적으로 정보전달을 할 수 있다는 결론을 도출하였다.

‘감정적 다양성’ 측면에서는 우선 14가지 문항을 세 요인 ‘친근감’, ‘불안감’, ‘위압감’으로 분류하였고, ‘친근감’은 긍정적인 요인, ‘불안감’과 ‘위압감’은 부정적인 요인으로 나타났다. 그리고 이 중 ‘친근감’의 경우에 나이와 성별에서 각각 유의한 영향이 있는 것으로 나타났다. 나이의 경우, 움직임의 속도가 빠르고 이동 거리가 큰 젊은이 동작이 움직임의 속도가 느리고 이동 거리가 적은 노인 동작에 비하여 친근감이 있는 것으로 나타났다. 그리고 성별의 경우, 머리, 어깨, 몸통, 팔, 손을 골고루 사용한 여성 동작이 팔과 손을 위주로 사용한 남성 동작보다 더 친근감을 주는 것으로 나타났다. 하지만 ‘불안감’과 ‘위압감’의 경우에는 나이, 성별, 동작 모두 유의한 결과가 나타나지 않았다. 따라서 친근감을 느낄 수 있게 하기 위해서는 빠르고 이동 거리가 큰 젊은이 동작과 머리, 어깨, 몸통, 팔, 손을 모두 사용한 여성 동작을 실버 로봇에 적용하는 것이 적절할 것이다.

‘만족도’ 측면에서는 우선 나이가 영향이 있는 것으로 나타났는데, 움직임의 속도가 빠르고 이동 거리가 컸던 젊은이 동작이 속도가 느리고 이동거리가 적었던 노인 동작에 비해 동작이 만족스럽고, 친숙하게 느껴진다고 나타났다. 또한 성별의 경우, 5가지 문항 모두 비슷한 추세를 보이며 영향이 있는 것으로 나타났다. 이는 머리, 몸통, 어깨, 팔, 손 등 상체 전체를 전반적으로 사용한 여성 동작이 머리, 몸통, 어깨를 덜 사용한 남성 동작보다 동작이 만족스럽고, 선호되며, 의사소통에 유용하였다는 것을 나타낸다. 그리고 동작의 경우, 머리를 주로 사용한 ‘긍정적인 대답하기’ 동작이 어깨와 팔을 주로 사용한 ‘모르겠다고 하기’ 동작보다 선호되며, 의사소통에 유용한 것으로 나타났다. 또한 나이와 성별을 함께 고려한 교호작용의 경우, ‘동작이 의사소통에 유용하다’ 라는 항목에만 유의했다. 이 때 노인의 경우 머리, 어깨, 몸통, 팔, 손을 모두 사용한 여성 동작이 팔과 손을 중점적으로 사용한 남성 동작보다 유용하고, 젊은이의 경우 역시 여성 동작이 남성 동작보다 유용한 것으로 나타났다. 또한 나이와 동작을 함께 고려한 교호작용도 영향이 있었는데, 5가지 문항에 대해 모두 유의한 것으로 나타났다. 그 중 ‘긍정적인 대답하기’ 동작을 제외한 다른 세 동작은 머리, 어깨, 몸통, 팔, 손을 다양하게 사용한 젊은이 동작이 만족감, 선호도, 유용성이 좋았으나, 긍정적인 대답을 할 경우에는 오로지 머리만을 사용한 노인 동작이 더 만족스럽고 선호되며 유용성이 좋다는 것을 알 수 있었다. 또한 성별과 동작을 함께 고려한 교호작용의 경우도 영향이 있었는데, ‘긍정적인 대답하기’ 동작과 ‘전달하기’ 동작에서 특히 큰 차이를 보였다. 머리를 주로 사용한 여성의 ‘긍정적인 대답하기’ 동작이 팔과 손을 주로 사용한 남성의 ‘전달하기’ 동작보다 의사소통에 도움이 된다는 것을 알 수 있었다. 따라서 만족감과 선호도, 의사소통의 유용성을 위해서는 일반적인 동작 유형의 경우, 움직임의 속도가 빠르고 이동 거리가 컸던 젊은이의 동작과 머리, 어깨, 몸통, 팔, 손 등 상체를 전반적으로 움직인 여성의 동작을 사용하는 것이 적절하며, 긍정적인 대답을 하는 동작의 경우는 머리를 중점적으로 사용한 노인의 동작을 사용하는 것이 적절할 것이다.

본 연구는 동작 수행자 16명의 동작 실험과 노인 30명의 설문조사를 바탕으로 노인이 느끼기에 어떠한 동작이 정보전달의 효율성, 감정적 다양성, 만족감에 영향이 있는지를 알아보았다. 이를 통해 실버 로봇의 모션 디자인을 할 때에 어떠한 요소가 노인에게 영향력이 있는지를 알 수 있었다. 하지만 본 연구는 ‘인사하기’, ‘모르겠다고 하기’, ‘긍정적인 대답하기’, ‘전달하기’의 네 가지 동작 유형에 중점을 두어 분석하였기 때문에 다른 다양한 동작 측면들을 함께 다룰 수 없었고, 동작 수행자가 16명이었기 때문에 다양한 동작을 수집하는 데에는 한계가 있었다. 향후 이 네 가지 동작과 아울러 더욱 다양한 동작 유형, 더욱 많은 동작 수행자들의 동작을 수집하여 보다 포괄적인 연구를 기대한다. 또한 현재는 동작의 특성을 정성적인 접근으로 연구하였으나 향후에는 동작의 특성을 속도, 가속도, 이동 거리 등의 변수로 수치화하고 정량적으로 접근하여 실제 실버 로봇에 적용 가능한 구체적인 연구를 기대해본다.

Acknowledgements

This research was partially supported by the NTU SUG08/08. We also acknowledge the technical support from the Centre of Human Factors and Ergonomics in Nanyang Technological University.

References

Ahn Ho Seok, Choi Jin Young, “Integrated Emotional Robot System for Applying Various Robots to Emotion and Behavior Generation System”, *The Institute of Electronics Engineers of Korea*, 33(1), pp. 2183-2186, 2010.

Ahn Hyoung Chul, Park Myoung Soo, Choi Jin Young, “Model Behavior selection based on the motivation and hierarchicalized emotions”, *KFIS*, 14(1), pp. 29-33, 2004.

Bartneck, C., Forlizzi, J., “A Design-Centred Framework for Social Human-Robot Interaction”, *IEEE International workshop on Robot and Human Communication*, 13, pp. 591-594, 2004.

Beck A, Edwards N, Friedman B, Khan P, “Robotic pets and the elderly”, 2003, Available from: http://www.ischool.washington.edu /robotpets/elderly/

Bethel C. L., Murphy R. R., “Survey of non-facial/non-verbal affective expressions for appearance-constrained robots”, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews*, 38, pp. 83-92, 2008.

Cesta A, Cortellessa G, Pecora F, Rasconi R, “Supporting interaction in the robo care intelligent assistive environment”, *In: Proceedings of AAAI spring symposium on interaction challenges for intelligent assistants*, pp. 18–25, 2007.

Cory D. Kidd, Will Taggart, Sherry Turkle, “A Sociable Robot to Encourage Social Interaction among the Elderly”, *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, Orlando, Florida, May 2006.

Dasgupta Anirvan, Nakamura Yoshihiko, “Making feasible walking motion of humanoid robots from human motion capture data”, *Proceedings of the 1999 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp. 1044 –1049, 2009.

DiSalvo C, Gemperle F, Forlizzi J, Montgomery E, Yonkers W, Divine J, “The hug: an exploration of robotic form for intimate communication”, *Robot and Human Interactive Communication, RO-MAN*, pp. 403-408, 2003.

Giuliani MV, Scopelliti M, Fornara F, “Elderly people at home: technological help in everyday activities”, *In: IEEE international workshop on robot and human interactive communication, ROMAN*, pp. 365–370, 2005.

Graf B, Hans M, Schraft RD, “Care-O-bot II development of a next generation robotic home assistant”, *Auton Robots*, 16(2), pp. 193–205, 2004.

Guizzo E, Goldstein H, “The rise of the body bots [robotic exoskeletons]”, *IEEE Spectrum*, 42(10), pp. 50–56, 2005.

Heo Seong-Cheol, Jang Young-Joo, Hong Seong-Soo, Kim Eok, “A Study on the Sensitivity Expression Elements in HRI Design”, *Korea Society of Design Science*, 7(2), pp. 78-79, 2006.

Heo Seong Cheol, Jung Jung Pil, “Characteristics of Formative Factor Influencing Robot Design's Preference Response”, *Korean Journal of the science of Emotion & sensibility*, 11(4), pp. 511-520, 2008.

Illah R. Nourbakhsh, Judith Bobenage, Sebastien Grange, Ron Lutz, Roland Meyer, Alvaro Soto, “An Affective Mobile Robot Educator with a Full-time Job”, *Artificial Intelligence*, 114, pp. 95–124, 1999.

Jung Jung-pil, “A study on the design guideline considering the morphological context of robot”, *Department of Mechanical Engineering, Graduate School of Industrial Technology and Management, Korea Polytechnic University*, 2008.

Jung JW, Do JH, Kim YM, Suh KS, Kim DJ, Bien ZZ, “Advanced robotic residence for the elderly/the handicapped: realization and user evaluation”, *In: 9th international conference on rehabilitation robotics (ICORR)*, 2005.

Kazuyoshi Wada, Takanori Shibata, “Living With Seal Robots—Its Sociopsychological and Physiological Influences on the Elderly at a Care House”, *IEEE Transactions on Robotics*, 23(5), pp. 972-980, 2007.

Kim Eun Sun, Park Dong Un, Park Chang Kirl, Park Hyun Woo, “Market Engineering and Technology Opportunities for R & D – Robotics”, *Korea Institute of Science and Technology Information*, 2005.

Kim Hyeong-Sic, Ko Young-Jun, Park Seung-Bae, “A Study on Design for Development of Robot to Care Old People: Design Development of Robot to Support Movement of Old People”, *Journal of Commodity Science*, 26(1), pp. 35-45, 2008.

Kim Hyun-jin, Park Yongkuk, Kim Jaywoo, “A Study on the Social Needs of Customer for Robot Design”, *Journal of korean society of design science*, 16(3), pp. 253-262, 2003.

Kluge B., Kohler C., Prassler E., “Fast and robust tracking of multiple moving objects with a laser range finder”, *In Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics & Automation (ICRA)*, 2001.

Kwak Sonya S., Kim Eun-Ho, “Design of the Emotional Robot for Human Empathy”, *Journal of korean society of design science*, 22(5), pp. 27-36, 2009.

Lee Sang-ho, “A study on the coordination of facial expressions of robot as a non-verbal communication tool in robot design”, *Department of industrial design, Graduate school of Hong Ik University*, 2001.

Martha E. Pollack, Laura Brown, Dirk Colbry, Cheryl Orosz, Bart Peintner, Sailesh Ramakrishnan, Sandra Engberg, Judith T. Matthews, Jacqueline Dunbar-Jacob, Colleen E. McCarthy, Sebastian Thrun, Michael Montemerlo, Joelle Pineau, Nicholas Roy, “Pearl: A Mobile Robotic Assistant for the Elderly”, *Workshop on Automation as Caregiver: the Role of Intelligent Technology in Elder Care (AAAI)*, August, 2002.

Shibata T, Wada K, Tanie K, “Statistical analysis and comparison of questionnaire results of subjective evaluations of seal robot in Japan and UK”, *In: Proceedings IROS*, 2003.

Nancy S. Pollard, Jessica K. Hodgins, Marcia J. Riley, Christopher G. Atkeson, “Adapting Human Motion for the Control of a Humanoid

Robot", *Robotics and Automation*, 2, pp. 1390-1397, 2002.

Playter R., "Physics-based simulations of running using motion capture", *SIGGRAPH 2000 Course Notes*, Course #33, 2000.

Riley M., Ude A., Atkeson C. G., "Methods for motion generation and interaction with a humanoid robot: Case studies of dancing and catching", *AAAI and CMU Workshop on Interactive Robotics and Entertainment 2000*, April 2000.

Schaeffer C., May T., "Care-O-bot: A System for Assisting Elderly or Disabled Persons in Home Environments", *Assistive technology on the threshold of the new millennium*, pp. 340-345, 1999.

Schulz D., Burgard W., Fox D., Cremers A.B., "People tracking with a mobile robot using sample-based joint probabilistic data association filters", *International Journal of Robotics Research (IJRR)*, 2003.

Montemerlo M., Thrun S., Whittaker W., "Conditional particle filters for simultaneous mobile robot localization and people-tracking", *In Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics & Automation (ICRA)*, 2002.

Tadokoro S., Hayashi M., Manabe Y., Nakami Y., Takamori T., "On motion planning of mobile robots which coexist and cooperate with human", *In Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, pp. 518–523, 1995.

When robots met elderly generation, Joongang Ilbo, 2006. 11. 27.

Yanco HA, "Development and testing of a robotic wheelchair system for outdoor navigation", *In: Proceedings of the 2001 conference of the rehabilitation engineering and assistive technology society of North America*, 2001.

Yoo Dong Hyun, Hong Hyun Seok, Kwon Han Jo, Chung Myung Jin, "Human-friendly care robot system for the elderly", *The Eighth International Conference on Rehabilitation Robotics*, pp. 23-25, 2003.

Zhu Q., "Hidden Markov model for dynamic obstacle avoidance of mobile robot navigation", *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 7(3), pp.390–397, 1991.

Zordan V. B., Hodgins J. K., "Tracking and modifying upper-body human motion data with dynamic simulation", *in Computer Animation and Simulation* '99, *Eurographics Animation Workshop*, 1999.

Author listings

Euijung Yang: yellowing@ssu.ac.kr

Highest degree: B.S, Department of Industrial & Information System Engineering, Soongsil University
Position title: M.S student, Department of Industrial & Information System Engineering, Soongsil University
Areas of interest: HCI, Cognitive Engineering, Emotional Design

Wonil Hwang: wonil@ssu.ac.kr

Highest degree: Ph.D, School of Industrial Engineering, Purdue University, West Lafayette
Position title: Assistant Professor, Department of Industrial & Information System Engineering, Soongsil University
Areas of interest: HCI, Cognitive Engineering, Emotional Design

Taezoon Park: tzpark@ntu.edu.sg

Highest degree: Ph.D, School of Industrial Engineering, Purdue University, West Lafayette
Position title: Assistant Professor School of Mechanical & Aerospace Engineering
Areas of interest: Human error, HCI, Affective Design, Human-Robot Interaction

Jihong Hwang: Hwangjh@seoultech.ac.kr

Highest degree: Ph.D, School of Industrial Engineering, Purdue University, West Lafayette
Position title: Assistant Professor, Department of Product Design & Manufacturing Engineering, Seoul National University of Science & Technology
Areas of interest: Haptic Design, Affective Robot Design