

인간-로봇 상호작용에서의 휴먼 팩터 연구

- Socially Assistive Robot을 중심으로 -

I. 들어가는 말

II. SAR의 주요 연구주제 및 휴먼 팩터 관련 시사점 요약

III. HRI에서 휴먼 팩터 연구 분석

IV. 맺는 말

[참고문헌]

2014. 05

I. 들어가는 말

인간-로봇 상호작용(Human-Robot-Interaction, 이하 HRI)은 사용하는 목적과 맥락에 따라서 매우 다양한 의미로 사용되고 있다. 산업용 로봇과 기구적 구현이 강조되고 상대적으로 로봇의 지능에 대한 연구가 부족한 우리나라에서는 HRI를 지능 연구로 간주하기도 하였으나, 본질적으로 HRI는 인간과 로봇이 어떻게 효과적으로 인터랙션 즉, 의사소통할 것인가를 다룬다. 이를 좀 더 분류하자면, 인간이 로봇과 물리적으로 접촉하면서 의사를 전달해야 하는 물리적 HRI(physical HRI)와 사용자와의 접촉하지 않고 말, 표정, 행동 등을 인식하고 상황에 따라 친근하게 반응하는 정서적 HRI (affective HRI)로 구분할 수 있다.

HRI 기술은 1990년대 중반과 2000년대 초반에 걸쳐 다학제적 연구가 광범위하게 이루어지면서 본격적인 연구 분야로 태동하기 시작했는데, 이 시기에 로보틱스, 인지과학, 사회과학, 자연언어처리, 심리학 등 다양한 학술 분야의 연구자들이 공동으로 관련 연구를 수행하고 각종 학술 행사를 조직하기 시작했다. 기술적 관점으로 보면 HRI 기술은 사람과 환경에 대한 인식, 인식된 결과를 기반으로 하는 인지적 처리 및 구체적인 표현(액션)으로 구성된다고 볼 수 있는데, 최근의 다학제간 연구에서는 주로 사람과의 상호작용에 필요한 사회적 규범을 준수하면서 상호작용하는 로봇에 관한 주제에 중점을 두고 있다.

인터랙션 연구에서 휴먼 팩터는 기술을 능가하는 매우 중요한 요소이다. 기본적으로 인간의 소통방식과 선호도를 잘 알아야 인간이 이해하고 원하는 형식으로 상호작용할 수 있기 때문인데, 또 다른 중요한 이유는, 설계 담당자의 입장에서 사용자의 요구사항을 도출하는 것이 중요한 일이나, 사용자가 개발 전에 자신의 요구사항을 정의하는 것은 불가능하다는 것에도 기인한다. 그러므로 인터랙션 개발 과정에서 사용자에게 시스템을 직접 체험하게 하고 피드백을 받아 지속적으로 개선하는 과정은 필수적이다.

본 보고서에서는 사용자와의 접촉하지 않고 친밀하고 효과적인 상호작용을 통해 학습, 재활 등의 활동에서 보조자의 역할을 하는 SAR(Socially Assistive Robot)을 중심으로, 선행연구에서 알려진 휴먼 팩터 관련 주요 시사점들을 정리해 본다. 아직 주요 연구의 일부만이 분석되었지만, 서비스 로봇 기업이 로봇을 설계하는 경우 활용하면 작은 변화로도 큰 선호도 향상을 이룰 수 있을 것으로 기대한다. 또, 사용자 연구에 대한 관심과 결과가 활발하지 않은 국내 연구 상황에서, 본 보고서의 내용이 국내 연구진에게도 좋은 시작점이 될 수 있기를 기대한다.

II. SAR의 주요 연구 주제 및 시사점 요약

이 장에서는 SAR의 주요 연구분야를 정리하고, 선행연구에서 알려진 휴먼 팩터 관련 주요 시사점들을 정리해 본다. <표 1>은 SAR (Socially Assistive Robot) 분야의 주요 연구 주제를 나타낸다.

<표 1> SAR (Socially Assistive Robot) 분야의 주요 연구 주제.

분류	기술요소
외형, 실체	로봇의 외형에 따른 특성, 기능적 요구사항을 외형에 반영
감정	감정 모델링, 감정 전달, 감정에 의한 행동 제어
성격	성격 모델링, 성격에 따른 표현
	도구, 애완동물, 기계, 캐릭터, 인간 같은 성격 선택과 표현
대화	비언어적 대화, 제스처를 통한 의사소통
	자연어 대화
인간 중심의 인식	시선 인식 및 추적, 얼굴 및 표정 인식
	제스처 인식, 사람 인식 및 추적
사용자 모델링	사용자 분류 및 분류에 따른 인터랙션 디자인
학습	따라하기
	학습
의도	집중도, 마음이론(theory of mind)
	의도의 표현
평가	사회적 효과성 평가 - 설득력, 신뢰도, 몰입도, 순응도
	자율도의 평가

<표 2>는 SAR 분야에서 진행된 사용자 연구들에서 나타난 휴먼 팩터 관련 주요 시사점을 보여준다.

<표 2> SAR 분야에서 휴먼 팩터 관련 선행연구에 나타난 주요 시사점

분류	주요 시사점	참고문헌	상세내용
외형, 실체	남녀 모두 동성보다 이성 로봇일 경우 로봇에 더 호의적이다. 단, 여성의 경우 로봇의 성별에 대한 차이가 크지 않았으나, 남성의 경우 비교적 큰 차이를 보인다. 그러므로, 권유나 설득 등의 임무를 수행하는 로봇은 여성의 모습으로 만들고, 주로 남성을 대상으로 서비스 하는 것이 보다 효과적일 수 있다.	[1]	EMBD-1
	캐릭터 로봇은 1) 생물학적인 외형을 가지고, 2) (복잡한 것 보다는) 단순하지만 명확한 개성과 감성을 표현할 수 있고, 3) (많은 행동 표현 보다는) 적은 수의 행동이라도 캐릭터의 특성을 잘 반영한 행동을 표현하고, 4) 외형으로부터 로봇의 성격과 특성을 잘 드러낼 수 있는 디자인이 좋다.	[43]	EMBD-2
감정	"행복", "화남", "슬픔"을 표정으로 표현하면 사람들이 잘 인지하지만, "두려움", "싫음/혐오", "놀람"을 표현하였을 때는 잘 인식하지 못한다. "두려움", "싫음/혐오", "놀람"은 소리나 동작이 더 효과적이다.	[51]	EMTN-1
	표정만을 이용한 감정표현보다 표정+동작을 이용한 감정표현의 경우 사람이 이를 더 잘 인지한다. (표정+동작 > 표정 > 동작의 순으로 사람이 잘 인지)	[52]	EMTN-2
	41축 휴머노이드를 이용, 전문가를 영입하여 동작만으로 감정을 표현하고자 하는 시도는 실패. 음성(대화) 및 표정을 제외하고 제스처만을 이용한 표현에는 한계가 있다.	[53]	EMTN-3
	로봇의 내부 감정상태는 로봇의 행동이나 목표를 결정하는데 중요한 요소이다.	[59]	EMTN-4
	로봇이 내는 음성의 강도조절, 이모티콘의 사용, 감정부사의 혼용 등은 로봇의 의도된 감성을 정확하게 전달하는데 유용하다.	[63]	EMTN-5
	인간과 유사한 소셜터칭을 사용하면, 말이나 표정보다 더 풍부한 감정이나 느낌을 전달하는데 효과적이다.	[65]	EMTN-6
대화	로봇이 언어를 구사할 때 지식의 양이 많고, 수사학적 능력이 좋으면 사용자는 로봇이 전문성이 높고 설득력이 높다고 여긴다.	[7]	DLG-1
	1:N(로봇 1대, 사람 N명) 대화상황에서 로봇이 직접 말하는 사람에게는 시선을 많이 고정하고 대화에 참여중인 주변인에게는 가끔씩 시선을 주고, 대화에 참여하지 않는 사람에게는 시선을 주지 않았을 때 사람들은 대화가 자연스럽다고 느끼고 대화 참여도도 높아진다.	[9]	DLG-2


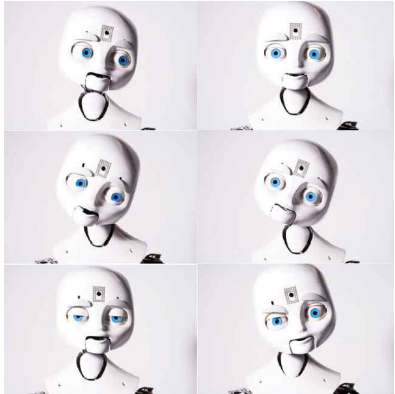
	고개 끄덕임(단독 혹은 Blinks, Gaze Direction Change와의 혼합)은 가장 효과적인 비언어적 제스처이고, 로봇에 대한 호감을 높인다.	[20]	DLG-3
	인간은 직설적 화법으로 명령이나 지시를 받는 것을 좋아하지 않는다. 그래서 돌려서 말하거나 “음~, 있잖아요” 등의 discourse marker를 사용하는 것이 효과적인데, 로봇이 이러한 discourse marker를 사용하면 인간이 사용하는 경우보다 강압적 느낌을 완화하는 효과가 더 크다.	[10]	DLG-4
	로봇이 사람을 불쾌하지 않게 하면서 사람을 지목하는데 가장 적합한 방법은 시선으로 지목하는 것이고, 이해도가 가장 높은 방법은 손으로 구체적으로 지목하는 것이다.	[24]	DLG-5
	로봇이 발화를 시작하는 시점에 시선 피하기(다른 곳 바라보기)를 해 줄 경우 사람은 로봇을 더 신뢰한다.	[44]	DLG-6
	상황에 관계없는 임의의 비언어적인 음성신호(예: R2D2가 내는 소리)도 사람과의 상호작용에 도움이 된다.	[46]	DLG-7
인간 중심의 인식	로봇의 멀티모달 인터랙션은 그 로봇을 인간으로 인식하고 긍정적인 관계성을 이루어나가려고 하는 의지를 가지는데 기여한다. 또한 이렇게 인간처럼 인식하는 것은 로봇이 기대하는 성과를 이룰 것이라는 성과기대와 몰입도를 증가시키는데 기여한다.	[62]	HOP-1
사용자 모델링	대화하는 인간의 성별, 나이, 로봇과의 관계성, 대화하는 작업의 성격(예: 오락, 지시, 교육 등)에 따라 존대등분(높임말 등)이 달라져야 한다. 존대등분 기대와 실제 존대등분이 일치할 때 사용자는 로봇에 대한 수용성이 증가한다.	[61]	UMDL-1
학습	로봇이 말만 하거나 사전에 저장된 동작을 하는 경우에 비해, 사람의 동작을 학습하여 따라하면 사람들이 더 선호하고 자연스럽게 여긴다.	[48]	SSL-1
의도	Telepresence 로봇에 움직임을 통한 표현을 추가하였을 경우 그렇지 않은 경우보다 사용자가 더 몰입하고 즐거워한다. (그러나, 로봇에 대한 신뢰도가 증가하지는 않았다)	[3]	INTN-1
	음성, 표정, 제스처 등을 혼합하여 로봇이 인간의 주의를 끌고자 했을 때, 가장 영향이 큰 요인은 음성이다.	[21]	INTN-2
	Interruption condition 하의 상호작용 시 사람은 더 주도권을 가졌다고 느끼고, 이는 더 높은 작업 효율로 연결된다. (Interruption condition: 사람이 행위나 말을 하면 로봇은 하던 동작이나 말을 잠시 멈추고 사람의 행위나 말이 끝나기를 기다림)	[11]	INTN-3

평가	로봇에 대한 신뢰도가 낮을 때 사용자 행동: 얼굴 만지기/팔짱 끼기/뒤로 기대기/손 만지기 로봇에 대한 신뢰도가 높을 때 사용자 행동: 상체 앞으로 기울이기/무릎 위에 손 얹기/팔을 열고 있기	[4]	EVL-1
	로봇과 어린이가 게임을 하는 상황에서 어린이의 참여도를 판단하는데 가장 중요한 요소는 시선의 방향과 얼굴표정이다.	[13]	EVL-2
	로봇이 어린이의 이름을 불러주고, 좋아하는 색상/스포츠 등에 대해 질문을 해 주었을 때 그렇지 않은 로봇을 사용했을 때보다 어린이들이 당뇨병에 대한 지식을 빨리 습득한다.	[18]	EVL-3
	1) 어린이의 이름 불러주기(친밀감 형성), 2) 상호작용 초기에는 표현 가능한 행위 중 일부만 보여주고 점진적으로 새로운 행위를 보여주기, 3) 로봇이 좋아하는 놀이나 사람, 싫어하는 물건 등을 조금씩 어린이에게 공개하는 방법은 로봇과 어린이의 장기간 상호작용을 위해 효과적인 요소이다.	[22]	EVL-4
	부정확한 반응 등으로 인해 사용자의 신뢰가 상실될 경우에는 경제적 보상(대신 ~~해줄게), 반드시 감정적 보상(미안하다고 표현)을 표현하여 회복하는 것이 지속적 HRI에 효과적이다.	[64]	EVL-5
	응급과 같은 과업 상황에서는 단호한 표정과 음성, 손짓이 대화상대자인 인간(특히 아동)에게 순응에 대한 압력을 제공하는데 효과적이다.	[66]	EVL-6

III. HRI에서 휴먼 팩터 연구 분석

본 장에서는 2장에 제시한 주요 시사점을 담은 논문과 분류별 관련 논문을 요약하였다.

1. 외형

연도	2009	로봇 플랫폼	Nexi
EMBD-1	과제 로봇의 성별이 사람의 로봇에 대한 인식과 상호작용 반응에 어떠한 영향을 미치는지 연구		
M. Siegel [1]	실험	<ul style="list-style-type: none"> - 남성형/여성형 로봇을 활용하여 피실험자들에게 세계적인 기술 비평준화 실태를 설명하고 이를 완화하기 위한 기부를 제안하여 수락 여부를 기록, 피실험자의 로봇에 대한 인식을 설문하여 분석 - 실험장소: 과학 박물관 	
		  <p><실험 환경 및 사용된 로봇 Nexi></p>	
		피실험자 134명 (남: 76, 여: 58), 연령대: 평균 35.6	
		사용자 연구의 결론 <ul style="list-style-type: none"> - 남녀 모두 대체적으로 이성 로봇일 경우 기부 제안을 더 많이 수용, 로봇에 대한 신뢰도(Trust), 신용도(Credibility), 참여도(Engagement)도 이성 로봇에게 더 높게 나타남 - 단, 여성의 경우 로봇의 성별에 대한 차이가 크지 않았으나, 남성의 경우 비교적 큰 차이를 보임 	

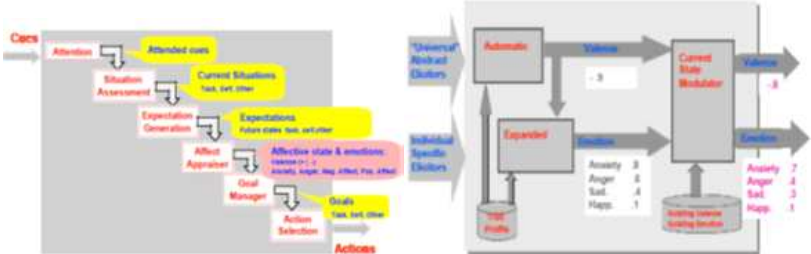
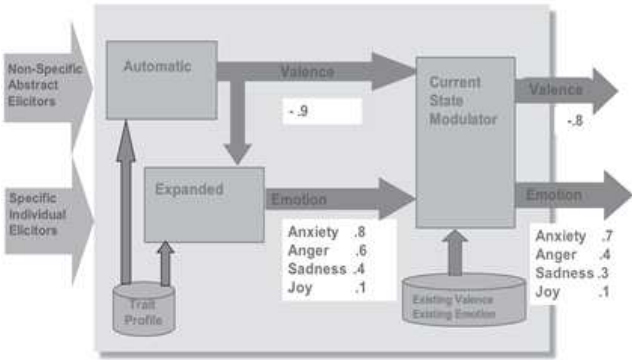
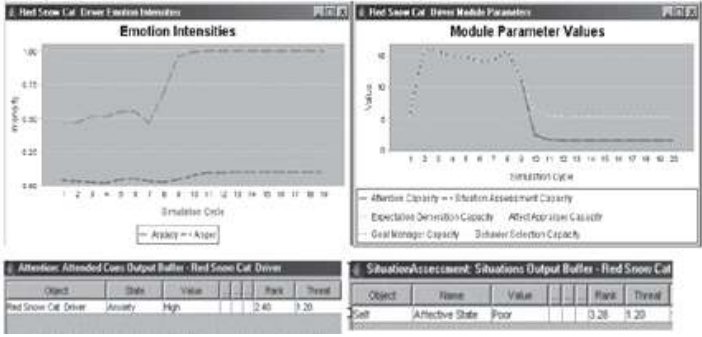
EMBD-2	연도	2014	로봇 플랫폼	-
	과제	- 캐릭터 로봇의 디자인 원칙과 개념을 소개하는 에세이 (JHRI 저널 세션)		
Derek, S. [43]	내용	- 캐릭터 로봇 디자인의 4요소 <ul style="list-style-type: none"> • Biological Appearance • Clear, Simple Expression: 높은 자유도를 통한 복잡한 표정의 표현보다는 단순하지만 명확한 개성과 감성을 표현하는 디자인이 더 우수하다. • Good Animation: 얼마나 많은 행동을 표현할 수 있느냐 보다는 적은 수의 행동이라도 캐릭터의 특성을 잘 반영한 행동을 표현하는 것이 효과적이다. • Recognizable Personality: 외형으로부터 로봇의 성격과 특성을 잘 드러낼 수 있는 디자인이 더 좋다. 		

2. 감정





연도	2010	로봇 플랫폼	FACE
EMTN-1	과제	안드로이드 로봇 및 아바타의 얼굴표정 합성을 위한 엔진(HEFES) 개발 (HEFES: Hybrid Engine for Facial Expressions Synthesis)	
D. Mazzei [51]	내용	<ul style="list-style-type: none"> • 2차원 감정공간의 임의의 포인트에 대한 얼굴 표정 합성 방법 제안 • 표현 엔진 및 이를 활용한 저작 도구 개발 • 합성된 표정에 대한 검증을 위해 자폐아 및 일반 학생에 대하여 설문 조사 후 인식 결과 비교 <div data-bbox="497 786 1358 987"> </div> <p><시스템흐름도 & 저작도구></p> <p>FACE(Facial Automation for Conveying Emotions): 32 DOF</p> <div data-bbox="785 1133 1066 1337"> </div>	
	피실험자	<ul style="list-style-type: none"> • 5명의 자폐증환자, 15명의 정상인을 대상으로 로봇의 표정에 대한 인지도 설문 조사 	
	사용자 연구의 결론	<ul style="list-style-type: none"> • 합성된 표정에 대하여 자폐아 및 일반 학생에 대한 설문 결과, Happiness, Anger, Sadness의 경우엔 인식 결과가 좋으나, Fear, Disgust, Surprise 감정의 경우는 인식 결과가 좋지 않음. • 이유는 위 3가지 감정의 경우, 표정보다는 그 외의 효과(소리, 동작)가 감정인식에 더 큰 영향을 미침 	




EMTN-2	연도	2008	로봇 플랫폼	KOBIAN
	과제	7자유도의 간단한 얼굴로 감정표현의 가능 여부 판단과 몸짓을 추가하였을 경우의 효과 검증		
M. Zecca [52]	내용	<ul style="list-style-type: none"> 휴머노이드 로봇 KOBIAN으로 얼굴 표정과 온몸으로 감정 표현 분석 7자유도의 얼굴로 감정 표현이 가능한가?(국적, 연령대 구별하여 실험) <div data-bbox="730 533 1126 748"> </div> <ul style="list-style-type: none"> 온 몸을 사용하였을 때의 감정표현 평가 <div data-bbox="751 813 1099 1014"> </div> <p>KOBIAN(Body 41-DOF, Face 7-DOF)</p> <div data-bbox="786 1093 1166 1352"> </div>		
	피실험자			
	사용자 연구의 결론	<ul style="list-style-type: none"> 일본의 젊은 층이 얼굴 표정을 가장 잘 인식하였으며, 60대 이상의 경우 전반적으로 인식률이 낮았음, 이탈리아인 경우 일본의 젊은 층과 유사하게 나왔지만 인식률은 다소 낮았음. 얼굴 표정에 모션을 추가했을 경우, 인식률이 상승하였음 		

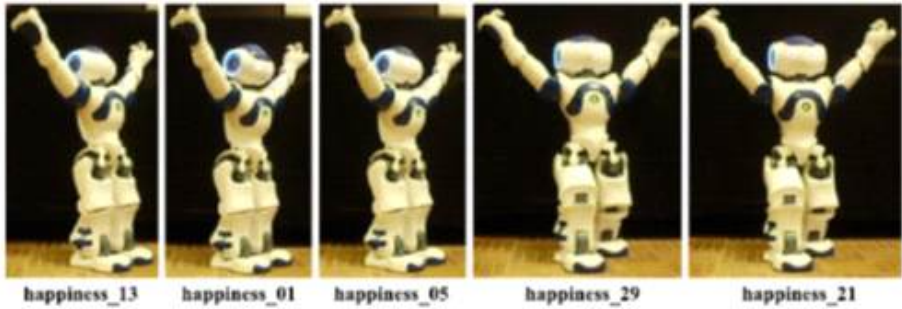
EMTN-3	연도	2009	로봇 플랫폼	KOBIAN
	과제	전문 사진사와 만화가가 KOBIAN을 사용해 만든 posture의 인식을 비교		
M. Zecca [53]	내용	<ul style="list-style-type: none"> KOBIAN으로 학생, 사진사, 만화가가 emotional posture를 만들어 인식을 비교분석(2회) <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p><Cartoonist></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><Photographer></p> </div> </div> <p style="text-align: center;">KOBIAN(Body 41-DOF, Face 7-DOF)</p> <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;">   </div>		
	피실험자			
	사용자 연구의 결론	<ul style="list-style-type: none"> Artist들이 만든 감정표현으로 감정표현의 정확한 타이밍을 이해하려고 하였으나, 실험 결과 일부 패턴은 향상되었지만, 실망스런 결과도 많았음 추가적으로 감정표현을 만든 감정표현으로 실험하였으나, 일부는 향상 나머지는 오히려 인식이 떨어졌음 		

EMTN-4	연도	2008	로봇 플랫폼	-
	과제	감정 모델을 포함한 인지 아키텍처 설계		
E. Huldika [59]	내용	<ul style="list-style-type: none"> 이전의 인지 모델과 다르게, 감정을 포함한 인지 모델 설계를 제안하여 감정이 행동을 결정하는데 어떠한 영향을 미치는지 보여줌  <ul style="list-style-type: none"> MAMID Cognitive Architecture: Modules and Mental Constructs Affect Appraisal Model  		
	피실험자			
	사용자 연구의 결론	<ul style="list-style-type: none"> MAMID Affect Appraisal Module로부터 결정된 affective states는 agent의 행동이나 목표를 선택하는데 사용되고, 특정 상황이나 지시 선택을 결정하는데 영향을 줌 		


EMTN-5	연도	2013	로봇 플랫폼	가상																																																
	과제	텍스트기반으로 의사소통을 하는 로봇이 자신의 감정 상태를 잘 표출하기 위한 감정 정도 계산법을 제안																																																		
Kwon [63]	실험	<div><div><div><div>- 대소문자, 굵은 글씨, 느낌표, 이모티콘의 사용 등이 텍스트기반 의사소통에 있어서 로봇의 의도하는 감정을 인간이 얼마나 정확하게 인지하는지를 검사</div><div>- 실험장소: 온라인 서베이</div></div></div><div><table><tr><th>Happ</th><th>Sad</th><th>Shoc</th><th>Other</th></tr><tr><td>(* ^ _ ^ *)</td><td>(= ^ ^ =)</td><td>\ ^ o ^ /</td><td></td></tr><tr><td>(• • ∩ _ ∩ • •)</td><td>^ (' - ') ^</td><td>\ (^ ∇ ^) /</td><td></td></tr><tr><td>└ (^ o ^) ┘</td><td>* ^ o ^ *</td><td>(^ o ^)</td><td></td></tr><tr><td>* ^ _ _ ^ *</td><td>(• ∩ ∇ ∩ •)</td><td>(* ^ _ ^)</td><td></td></tr><tr><td>(* ^ ∇ ^ *)</td><td>(∩ ∇ ∩)</td><td>(∩ _ ∩)</td><td></td></tr><tr><td>Y (^ _ ^) Y</td><td>(^ . ^)</td><td>\ ^ o ^ /</td><td></td></tr><tr><td>< (~ _ ~) ></td><td>\ (~ _ ~) /</td><td>~ ^ . ^ ~</td><td></td></tr><tr><td>Y ^ o ^</td><td>= ^ _ ^ =</td><td>^ (^ ω ^) ^</td><td></td></tr><tr><td>~ @ _ ^ @ ~</td><td># ^ _ ^ #</td><td>(~ _ ~) ^</td><td></td></tr><tr><td>(' ∇ ') /</td><td>\ (^ o ^) \</td><td>(^ _ -)</td><td></td></tr><tr><td>(- _ ^)</td><td>(^ _ ^) ∇</td><td>∩ ∇ ∩</td><td></td></tr></table></div><div><p><Emoticon Mask ></p></div></div>			Happ	Sad	Shoc	Other	(* ^ _ ^ *)	(= ^ ^ =)	\ ^ o ^ /		(• • ∩ _ ∩ • •)	^ (' - ') ^	\ (^ ∇ ^) /		└ (^ o ^) ┘	* ^ o ^ *	(^ o ^)		* ^ _ _ ^ *	(• ∩ ∇ ∩ •)	(* ^ _ ^)		(* ^ ∇ ^ *)	(∩ ∇ ∩)	(∩ _ ∩)		Y (^ _ ^) Y	(^ . ^)	\ ^ o ^ /		< (~ _ ~) >	\ (~ _ ~) /	~ ^ . ^ ~		Y ^ o ^	= ^ _ ^ =	^ (^ ω ^) ^		~ @ _ ^ @ ~	# ^ _ ^ #	(~ _ ~) ^		(' ∇ ') /	\ (^ o ^) \	(^ _ -)		(- _ ^)	(^ _ ^) ∇	∩ ∇ ∩	
		Happ	Sad	Shoc	Other																																															
		(* ^ _ ^ *)	(= ^ ^ =)	\ ^ o ^ /																																																
		(• • ∩ _ ∩ • •)	^ (' - ') ^	\ (^ ∇ ^) /																																																
└ (^ o ^) ┘	* ^ o ^ *	(^ o ^)																																																		
* ^ _ _ ^ *	(• ∩ ∇ ∩ •)	(* ^ _ ^)																																																		
(* ^ ∇ ^ *)	(∩ ∇ ∩)	(∩ _ ∩)																																																		
Y (^ _ ^) Y	(^ . ^)	\ ^ o ^ /																																																		
< (~ _ ~) >	\ (~ _ ~) /	~ ^ . ^ ~																																																		
Y ^ o ^	= ^ _ ^ =	^ (^ ω ^) ^																																																		
~ @ _ ^ @ ~	# ^ _ ^ #	(~ _ ~) ^																																																		
(' ∇ ') /	\ (^ o ^) \	(^ _ -)																																																		
(- _ ^)	(^ _ ^) ∇	∩ ∇ ∩																																																		
<실험 환경>																																																				
피실험자	40명 (남 26, 여 14), 문장을 제시하고 답변하게 함																																																			
사용자 연구의 결론	<div><div><div>- 로봇이 내는 음성의 강도, 이모티콘의 사용, 감정부사의 혼용 등은 로봇의 의도된 감성을 정확하게 전달하는데 유용함</div><div>- 적저한 이모티콘 및 감성 부사, 감탄사 등의 활용은 해당 의사소통의 정확도와 대화 수용성을 증진시키는데 기여함</div></div></div>																																																			

EMTN-6	연도	2011	로봇 플랫폼	CyberGlove Systems
	과제	인간의 두드리는 행위를 분석하여 로봇의 소셜 터치(touching) 능력을 향상시키는 연구		
	실험	<ul style="list-style-type: none"> - 인간이 손으로 두드리는 행위를 할 때 손의 강도 및 손가락 마디의 각도를 측정 분석함. - 이를 위해 아래 장갑의 파란색 센서가 강도를 측정하며, 붉은색 센서가 손가락의 각도를 측정함 - 실험장소: 자체 연구실 		
		<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;">  <div style="margin-left: 20px;">   </div> </div> </div> <p style="text-align: center;"><실험 방법, 센서, 출력 데이터></p>		
Cabibihan [65]	피실험자	5명 (남: 2, 여: 3), 연령대: 평균 25		
	사용자 연구의 결론	<ul style="list-style-type: none"> - 로봇이 소셜 터치를 할 수 있도록 각 손가락에 대한 강도 및 손가락 관절의 각도를 도출함. - 인간과 유사한 터치 행위는 사용자의 로봇에 대한 수용성을 향상시킴 		

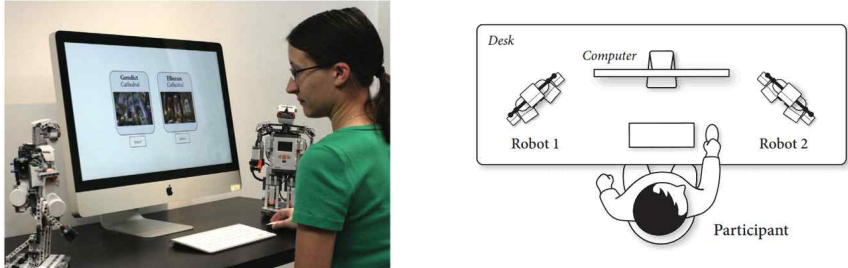
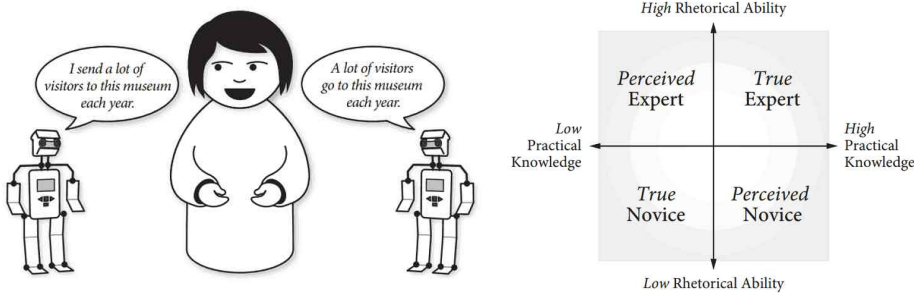
EMTN-7	연도	2009	로봇 플랫폼	시뮬레이터
	과제	가상 캐릭터를 사용하여 얼굴표정과 동작의 결합으로 감정 표현		
	내용	<ul style="list-style-type: none"> • 얼굴표정만, 자세만, 얼굴+자세의 경우 감정 표현에 대한 인식을 비교  <ul style="list-style-type: none"> • 얼굴 표정과 자세가 같은 감정, 다른 감정을 표현할때의 인식을 비교  <p>The Living Actor technology에서 개발된 Cantoche</p> 		
		<p>피실험자</p>		
	사용자 연구의 결론	<ul style="list-style-type: none"> • Joy, Anger, Sadness의 경우 인식이 좋은 반면, Surprise, Fear의 경우는 애매한 인식을 보임 • 인식률의 순서는 얼굴+자세 > 얼굴 > 자세 순임 • 얼굴 표정과 자세가 같은 감정일 경우 인식이 좋았으며, 다른 감정을 표현했을 경우, 얼굴 표정을 표현한 감정으로 인식하였음 		

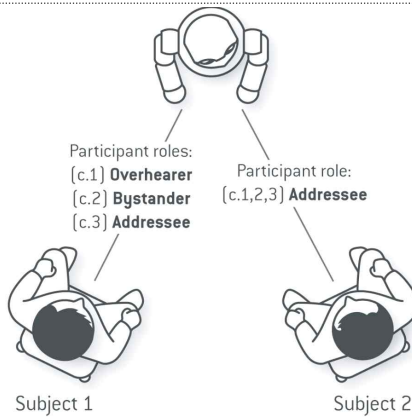
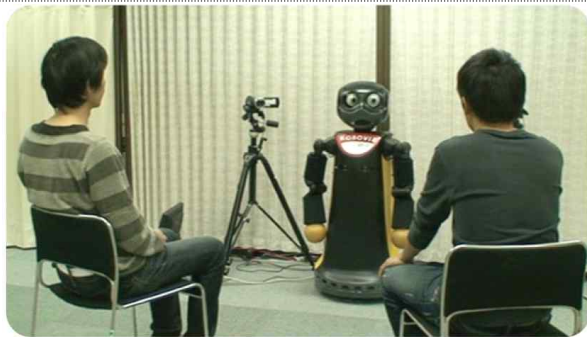
EMTN-8	연도	2013	로봇 플랫폼	NAO
	과제	로봇 정적인 자세를 이용한 감정 표현		
M Coulson [55] M Erden [56]	내용	<ul style="list-style-type: none"> Mark Coulson[5] 논문의 가상 캐릭터의 정적인 자세로 감정 표현이 잘 되었던 Anger, Sadness, Happiness를 대상으로 휴머노이드 로봇 Nao에 적용하여 실험  <ul style="list-style-type: none"> 문맥에 따라서 참가자의 감정 선택이 달라질 수 있음 Ex) Do you like the taste or not? 일 경우 happiness와 disgust에 관련된 질문이므로 다른 감정은 떠오르지 않음 <p>Nao (58cm, 25 dof)</p> 		
	피실험자			
	사용자 연구의 결론	<ul style="list-style-type: none"> Mark Coulson의 논문과 아주 유사한 결과가 나옴 설문 조사 시 선택지가 없는 경우보단 선택지가 있을 때 감정인식률이 상승 휴머노이드 로봇 Nao의 자세만으로 감정전달 가능 		

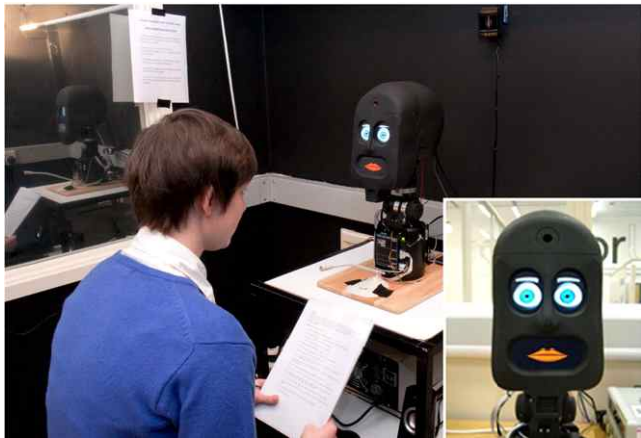
EMTN-9	연도	2013	로봇 플랫폼	시뮬레이터
	과제	Emotional Transform을 이용한 모션 생성 방법 연구		
	내용	<ul style="list-style-type: none"> Neutral한 모션과 Emotional한 모션을 생성한 뒤 두 모션의 관절 데이터를 비교하여 Emotional Transform(Speed, Amplitude)을 생성 <div data-bbox="791 506 1062 826" data-label="Figure"> </div> <ul style="list-style-type: none"> 새로운 Neutral모션에 Emotional Transform을 적용했을 시 감정 표현이 되었는지 조사 <div data-bbox="478 943 1382 1135" data-label="Image"> </div> <p>시뮬레이션 가상 캐릭터</p> <div data-bbox="826 1223 1046 1473" data-label="Image"> </div>		
	피실험자			
	사용자 연구의 결론	<ul style="list-style-type: none"> Signal processing technique기반으로 emotional and neutral 데이터 분석 Emotional transform을 다른 neutral한 모션에 적용 시 감정에 따른 표현 가능 		


EMTN-10	연도	2013	로봇 플랫폼	NAO
	과제	대화형 유전자 알고리즘을 이용한 휴머노이드 로봇 모션 자동 생성 시스템		
S. Cki [58]	내용	<ul style="list-style-type: none"> 유전자 알고리즘 기반으로 모션을 생성하여 유저가 감정을 선택하여 그룹화 <pre> graph TD Input[Input] --> Generate[Generate motion] Generate --> EvalUser{Evaluation by user:ok} EvalUser -- Yes --> End[End] EvalUser -- No --> SelMut[Selection, Crossover, Mutation] SelMut --> EvalFeat[Evaluation by features] EvalFeat --> SelCross[Selection, Crossover] SelCross --> Generate </pre> <ul style="list-style-type: none"> 그룹화 된 감정내의 모션을 Laban Feature를 기준으로 Clustering Analyses하여 분석 <p>Nao (58cm, 25 dof)</p> 		
	피실험자			
	사용자 연구의 결론	<ul style="list-style-type: none"> IGA를 기반으로 자동 모션 생성 시스템을 개발하였고, 복잡한 작업 없이 모션을 생성하였다. 획득한 각 감정의 Laban Feature를 사용하여 추 후 생성되는 모션에 적용하여 더 감정적인 모션을 만들 수 있다 		


4. 대화

연도	2013	로봇 플랫폼	LEGO Mindstorm
DLG-1	과제	언어 구사 전략(지식의 양, 수사학적 능력)에 따라 로봇의 전문성에 대한 인식 차이를 분석	
S. Andrist [7]	실험	<ul style="list-style-type: none"> - 인간 전문가의 언어 구사 전략의 중요한 요소는 지식의 양과 수사학적 능력임. S. Andrist는 로봇이 좀 더 높은 전문성을 표출하려면 어떤 언어 구사 전략을 취해야 하는지 연구 - 지식의 양과 수사학적 능력이 사람에게 어떤 인식 변화를 일으키는지 살펴보기 위해 S. Andrist는 네 가지 조건의 언어 구사 실험을 수행 - 첫째는 많은 지식을 포함하고 수사학적 구성이 뛰어난 문장을 구사하는 조건(TE), 둘째는 많은 지식을 포함하지만 수사학적 구성이 부족한 문장을 구사하는 조건(PH), 셋째는 적은 지식을 포함하지만 수사학적 구성이 뛰어난 문장을 구사하는 조건(PE), 넷째는 적은 지식을 포함하고 수사학적 구성도 부족한 문장을 구사하는 조건(TN) - 각 조건에 해당하는 로봇을 개발하여 두 대씩 사용자에게 관광지 추천을 하도록 하고, 사용자가 어느 쪽 제안을 수락하는지 관찰 분석 	
		 <p style="text-align: center;"><Andrist의 전문가 로봇 실험></p>	
		 <p style="text-align: center;"><언어 구사 전략에 따른 로봇의 전문성 인식 차이></p>	
피실험자		48명 (남: 24, 여: 24), 연령대: 평균 23.69	
사용자 연구의 결론		사용자의 로봇에 대한 순응성(Compliance), 로봇의 신뢰도, 경쟁력, 설득력은 지식의 양이 1순위, 수사학적 능력이 2순위의 영향력을 미쳤으나, 로봇의 사회성에 대한 인식에서는 수사학적 능력이 더 큰 영향을 미치는 것으로 관찰됨	

DLG-2	연도	2009	로봇 플랫폼	Robovie R-2
	과제	로봇이 다자간 대화기반 상호작용 하에서 자연스럽게 시선두기 행위를 수행할 수 있는지 시스템 개발을 통해 검증		
	실험	<ul style="list-style-type: none"> - 1:N 상호작용 하에서 로봇이 발화할 때 사용자들에게 어떻게 주의를 분산하느냐는 매우 어려운 문제 - B. Mutlu는 이러한 문제를 해결하기 위해 주의를 분산하는 행위 단서로서 시선두기 행위를 활용. 로봇이 직접 말하는 대상에게는 시선을 가능한 고정시키고 대화에 참여 중인 주변인에게는 시선을 잠깐씩 이동시키고 방관자에게는 시선을 두지 않는 행위 전략을 기반으로 발화 상대가 전환될 때와 인사할 때의 시선두기 행위를 전략적으로 설계 		
		 <p>Participant roles: [c.1] Overhearer [c.2] Bystander [c.3] Addressee</p> <p>Participant role: [c.1,2,3] Addressee</p> <p>Subject 1 Subject 2</p> <p><1:N 대화상황에서 역할과 시선></p>		
		 <p><사용자 실험 장면></p>		
	피실험자	72명 (남: -, 여: -), 연령대: 평균 20.8		
	사용자 연구의 결론	로봇의 시선두기 행위에 따라 피실험자들은 자신이 로봇이 직접 말하는 대상인지 옆에서 주의를 집중해야 하는 참여자인지 역할을 구분할 수 있었으며 이에 따라 다자간 상호작용의 자연스러움과 참여도가 높았음을 검증		

DLG-3	연도	2013	로봇 플랫폼	BERT
	과제	로봇의 비음성 행위(고개 끄덕이기, 시선 피하기, 눈 깜빡이기) 표현에 따른 상호작용 참여도 조사 분석		
J. Hall (University of Bristol) [20]	실험	<ul style="list-style-type: none"> - 로봇의 사회적 행위 표현의 적합성을 평가하는 작업은 매우 중요한데, 이것은 사람 간에 용인되는 행위도 로봇이 표출하면 전혀 의미가 없거나 오히려 부정적으로 받아들여질 수도 있기 때문 - J. Hall은 다양한 비음성 행위(Non-Verbal Behavior)들이 사람에게 어떻게 받아들여지는지 사용자 연구를 통해 검증 - 얼굴 표정을 표현할 수 있는 로봇을 이용하여 상호작용 중 세 가지 비음성 행위(고개 끄덕이기(N), 눈 깜빡이기(B), 시선 피하기(G))의 다양한 조합을 표현하도록 하여 실험. 조합은 총 7개로서 N, B, G, NG, BG, NB, NBG - 피실험자는 로봇 앞에 앉아서 정해진 개수의 문장을 순차적으로 읽게 되며 로봇은 상기 조합 중 한 개의 모드로 비음성 행위를 표현. 모든 문장 읽기가 완료되면 사용자는 로봇에 대한 평가 설문에 응답 - 피실험자의 참여도는 조합의 종류에 상관없이 70% 내외의 수치를 보임. 하지만, 피실험자가 느낀 로봇의 참여도, 즉 로봇의 피실험자에 대한 참여도 수준은 NBG, N, NG, NB 조건에서 70% 이상의 수치를 보인 반면, B, G, BG 조건에서는 50% 이하의 낮은 수치를 보임 		
		 <p><BERT 로봇의 외형과 실험 모습></p>		
	피실험자	63명 (남: -, 여: -), 연령대: 18 ~ 32		
	사용자 연구의 결론	<ul style="list-style-type: none"> - 세 종류의 비음성 행위 중 고개 끄덕이기가 참여도, 로봇 호감도, 로봇 이해도를 향상시키는 결정적인 비음성 행위이며, 시선 피하기와 눈 깜빡이기가 조합되어도 결과는 긍정적 - 시선 피하기와 눈 깜빡이기는 단독 또는 조합되어도 긍정적인 영향력이 상대적으로 매우 적게 나타남 		


DLG-4	연도	2013	로봇 플랫폼	-
	과제	로봇이 사람에게 조언하는 방식에 따른 사람의 로봇에 대한 인식 변화를 사용자 실험을 통해 관찰 분석		
C. Torrey [10]	실험	<ul style="list-style-type: none"> - 로봇은 보조, 안내 등 다양한 분야의 기능을 수행함에 있어 사람에게 추천, 제안, 부탁 등을 해야 하는 상황이 많이 발생 - University of Wisconsin-Madison의 S. Andrist가 로봇의 전문성을 표출할 수 있는 발화 방식을 연구한 바와 유사하게 C. Torrey는 로봇이 예의바르게 조언하기 위해 필요한 언어 구사 전략을 연구 - C. Torrey는 예절 이론(Politeness Theory)와 일상 화법(Informal Speech)의 지식을 기반으로 Discourse Marker와 Hedge의 사용을 제안 - Hedge는 '아마도', '대체로', '짐작하기로' 등과 같이 말하는 내용의 명확성을 낮춤으로서 상대방이 자신의 주장을 펼칠 수 있는 여지를 열어두는 화법 - Discourse Marker는 '음...', '에...', '그러니까...' 등과 같이 큰 의미가 없이 반복적이고 습관적으로 사용하는 문구 		
		 <p><실험 장면: 초보자가 컵케이크를 만들 때 조언하는 상황></p>		
	피실험자	77명 (남: -, 여: -), 연령대: -		
	사용자 연구의 결론	<ul style="list-style-type: none"> - 피실험자들은 Hedge와 Discourse Marker를 사용한 경우 로봇이 더 배려 깊고 덜 위압적이라고 인식 - 특히 Discourse Marker를 사용하지 않고 Hedge만 사용하는 경우 로봇에 대한 호감도가 크게 향상 - 또한 로봇이 자신을 조정하려 한다는 기분을 덜 느꼈다고 보고하여 이 두 요소가 상황에 따라 긍정적인 언어 구사 전략이 될 수 있음을 보여줌 		

DLG-5	연도	2013	로봇 플랫폼	Robovie
	과제	로봇이 사람을 불쾌하지 않게 하면서 사람을 지목하는 적합한 행위가 무엇인지 규명하고 로봇에 적용하여 검증		
P. Liu (ATR) [24]	실험	 <p><시선 지목, 간접 지목, 직접 지목 동작 (상: 사람, 하: 로봇)></p>		
	피실험자	33명 (남: -, 여: -), 연령대: -		
	사용자 연구의 결론	<ul style="list-style-type: none"> - 상호작용 상황에 따라 사회성 요소를 고려하여 지목행위의 형태를 시선 지목(Gaze Only), 간접 지목(Casual Pointing), 직접 지목(Precise Pointing)으로 나누어 수행하는 경우 사람이 느끼는 자연스러움과 예의 수준이 그렇지 않은 경우보다 높게 나타남 - 지목 행위의 이해도는 항상 직접 지목을 수행하는 경우가 반대의 경우가 더 높게 나타남 		

연도	2014	로봇 플랫폼	Nao
DLG-6	과제	<ul style="list-style-type: none"> - Gaze Aversion이 발생하는 Mutual Gaze간 Gap을 중요한 Social Cue로 활용하기 위한 방법을 연구 - Gaze Aversion은 다양한 사회적 신호를 내포함: 내적으로 인지적 프로세싱이 일어나고 있다는 사실을 알려주기도 하고, 친밀감을 조절하기도 하며, Turn-Taking을 위한 Floor Management 신호로 작용하기도 함. 	
Andrist, S. [44]	방법	<ul style="list-style-type: none"> - 48명을 대상으로 사람-사람 인터뷰 영상을 촬영하여 Gaze Aversion 패턴을 영상 코딩함. Gaze Aversion 시점, 지속시간, 방향을 기록함. - 영상 코딩 내용을 기반으로 Aversion Movement(위 20도, 아래 22도, 좌우 28도 방향 / 이동 속도 프로파일 적용) 개발 - 세 가지 시선 행위 구현: Idle, Tracking, Aversion - 상황에 맞는 세 가지 시선 행위의 융합은 Kalman Filter를 활용 - 실험: 로봇을 대상으로 질의/응답 인터뷰를 진행 - 조건: Good-Timing (Gaze Aversion을 적절히 사용) vs. Static (Gaze Aversion을 사용하지 않음) vs. Bad-Timing (Good-Timing의 반대로 Aversion을 시행) <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;"> <p>Cognitive gaze aversion</p> <p>Intimacy-regulation gaze aversion</p> <p>Floor-management gaze aversion</p> </div> <div style="flex: 1;"> </div> </div> <p style="text-align: center;"><Gaze Aversion 상황과 패턴(좌) / 실험 장면(우)></p>	
	피실험자	<ul style="list-style-type: none"> - 인원: 30명 (남성 15명 / 여성 15명) - 나이: 20 ~ 38 (M=22.90, SD=4.27) 	
	결론	<ul style="list-style-type: none"> - 로봇의 시선 피하기는 의도적인 행위로 인식됨. - 로봇이 발화 시작 시점에서 Gaze Aversion을 시행하면 로봇에 대한 신뢰성이 향상됨. - 로봇이 발화를 잠시 멈춘 동안 Gaze Aversion을 시행하면 Floor Holding 의지로 해석됨. 	

	연도	2014	로봇 플랫폼	Nao
DLG-7	과제	<ul style="list-style-type: none"> - 비언어적인 음성 신호(NLU)가 인간-로봇 상호작용에 유용하게 쓰일 수 있는지 실험 분석함. - NLU의 예: 영화 스타워즈의 R2D2가 내는 소리 		
Reed, R. [46]	방법	<ul style="list-style-type: none"> - NLU는 두 종류를 제작함: Positive NLU와 Negative NLU - 20가지 비디오 자극을 생성한 뒤 피실험자에게 보여주고 설문 조사. 각 비디오는 로봇이 NLU를 발생하는 장면을 담고 있음. - 비디오 자극의 종류 <ul style="list-style-type: none"> • Positive NLU (P-NLU) • Negative NLU (N-NLU) • Action + No NLU (Action={Kiss, Stroke, Eye-Cover, Flick, Slap}) • Action + P-NLU • Action + N-NLU - 설문 조사를 위해 Crowd Source을 활용: CrowdFlower - 가설 1: NLU로 인해 행동의 의미 해석이 달라질 것이다. (예: 로봇을 때렸는데 로봇이 P-NLU 소리를 내주면 행위를 긍정적인 것으로 해석할 것이다.) - 가설 2: 행동으로 인해 NLU의 해석이 달라질 것이다. (예: 로봇을 때렸는데 로봇이 P-NLU 소리를 냈더라도 그 행위를 부정적인 것으로 해석할 것이다.) 		
	피실험자	<ul style="list-style-type: none"> - 인원: 303명 (324명 참여 / 21명 데이터 제외) - 성별: 남성 87명 (나이: M=32.24 / SD=10.27), 여성 216명 (나이: M=37.24, SD=11.39) 		
	결론	<ul style="list-style-type: none"> - 가설 1은 기각됨. - 가설 2는 강하게 지지됨. 사람들은 NLU 뿐 아니라 상황을 구성하는 다양한 요소들을 종합하여 상황을 판단함. - NLU는 활용하지 않는 것 보다 활용하는 것이 로봇의 표현력을 높여줌. 단, 상황에 따라 적합한 NLU를 고르는 노력은 불필요함. 상황에 상관없이 임의의 NLU를 선택하여 사용하면 충분함. 		

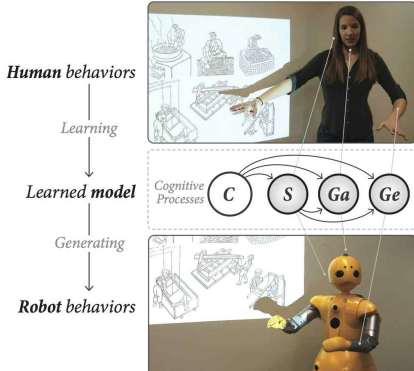
5. 인간중심 인식

EMBD-1	연도	2013	로봇 플랫폼	가상
	과제	사용자 인터페이스의 디자인적 요소가 사용자들에게 얼마나 의인화되며 또한 긍정적인 관계를 형성하려는 의지를 가지게 할 수 있는지를 연구		
Lee [62]	실험	<ul style="list-style-type: none"> - 스마트폰의 디자인적 특성 및 앱의 정보 디자인적 측면을 평가하게 함 - 친밀감, 의인화 정도, 관계 형성 욕구 정도를 측정함 - 실험장소: 웹 기반의 온라인 서베이 		
				
	피실험자	<p><단말을 사람처럼 친밀하게 여기는 예제></p> <p>400명 (남 205, 여 195) 스마트폰을 사용하는 한국 성인</p>		
	사용자 연구의 결론	<ul style="list-style-type: none"> - 생동감 있는 기계에 대해 사람들은 인간과의 관계성과 유사한 관계성을 형성함을 확인함 - 로봇의 멀티모달인터랙션은 PSR(의사인간관계), 즉 그 로봇을 인간으로 인식하고 긍정적인 관계성을 이루어나가려고 하는 의지를 가지는데 기여함 - 의사인간관계는 해당 로봇이 기대하는 성과를 이룰 것이라는 성과기대와 몰입도를 증가시키는데 기여함 		

6. 사용자 모델링

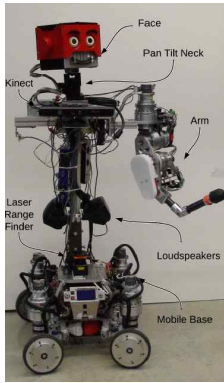
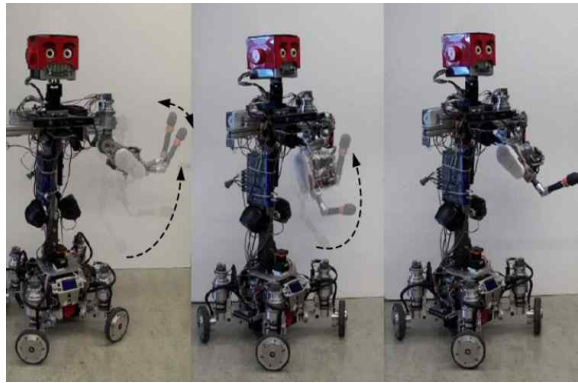
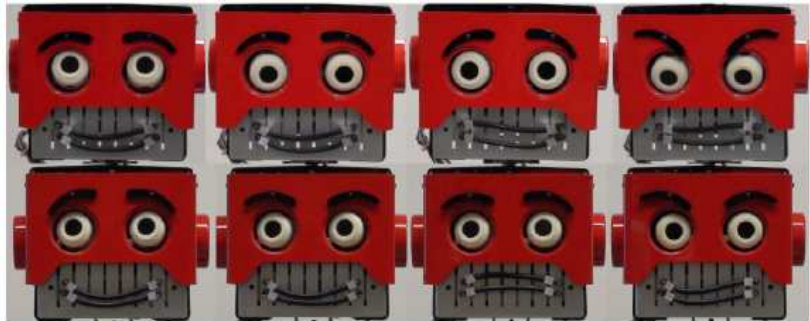
	연도	2009	로봇 플랫폼	가상
EMBD-1	과제	로봇의 존대등분에 따른 대화가 사람의 로봇에 대한 반응과 수용성이 어떠한 영향을 미치는지 연구		
Kwon [61]	실험	<ul style="list-style-type: none"> - 한국어를 구사하는 사용자 인터페이스를 구성 - 대화상대가 누구인지를 파악함 (성별, 나이, 대화 상황 등) - 민코프스키 방법을 활용한 사례기반추론으로 대화상대의 특성에 따른 최적의 존대등분 정도를 추론함 - 실험장소: 경희대학교 <div data-bbox="518 712 1388 1310"> <p>The diagram illustrates the system architecture. It includes components like 'Personal On to logy', 'E-Wallet', 'Personal Profile', 'User Information', 'Politeness Management Agent', 'Polite and Learning module', 'Case Base for Politeness Level', 'Context data', 'Context On to logy', 'User Information', 'Politeness Recognition Interface', 'User Interface (mobile computer)', 'Request', and 'Response'. The screenshot shows a 'Polite User Interface' window titled 'Polite TOUR GUIDE' with a message to 'Dear Maria,' and a list of reminders about age, gender, and status. It also displays a menu selection interface with options like 'a little lower than expected', 'perfect', and 'a little higher than expected'.</p> </div> <p><시스템 아키텍처 및 사용된 인터페이스 예제></p>		
	피실험자	17명, 한국 드라마에서 나오는 500개의 문장을 가지고 실험		
	사용자 연구의 결론	<ul style="list-style-type: none"> - 대화하는 인간의 성별, 나이, 로봇과의 관계성, 대화하는 과업의 성격(예: 오락, 지시, 교육 등)에 따라 존대등분(높임말 등)이 달라짐 - 존대등분 기대와 실제 존대등분이 일치할 때 사용자는 로봇에 대한 수용성이 증가함 - 기존 추론 방법보다 정확도(수용성)이 두 배 높음 		

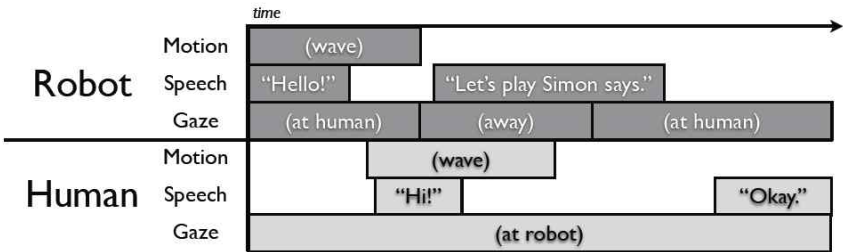
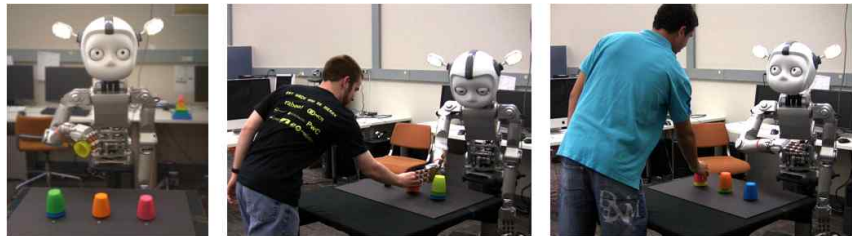
7. 학습

SSL-1	연도	2014	로봇 플랫폼	Wakamaru
	과제	- 사람과 유사한 로봇 행위를 구현하기 위해 데이터 중심의 기계학습 기반 모델링 기술을 적용하고 결과를 검증함		
Huang C.M. [48]	방법	<ul style="list-style-type: none"> - 연구 절차: 데이터 수집 -> Annotation -> 모델 구축(Heuristic Rules + Descriptive Statistics) -> Evaluation - 데이터 수집: 사람이 종이접기를 주제로 발표하는 장면을 영상 기록하여 수집. - Annotation 내용: Gaze(Reference, Addressee, Own Gestures), Gestures(Deictic, Iconic, Metaphoric, Beat), Speech(Concrete reference, Concrete object 등 12종) - 행위 모델링: 각 모달리티의 Timing 정보를 기반으로 행위 패턴과 동시 발생 분포를 활용 - Dynamic Bayesian Network을 이용하여 행위 모델 구축하고, EM 알고리즘을 이용하여 학습. - 실험 조건: Learning-based vs. Unimodal(Speech-only) vs. Random vs. Conventional(designer-specified) 		
		 <p><Speech(S)/Gaze(Ga)/Gesture(Ge) 연계 인지 학습 모델 개념></p>		
	피실험자	<ul style="list-style-type: none"> - 인원: 29 (남성 16명, 여성 13명) - 연령: 18~38 (M=22.62, SD=4.35) 		
	결론	<ul style="list-style-type: none"> - Learning-based condition에서 로봇의 naturalness, effectiveness, likability가 높았음. (conventional condition과 동등한 수준) credibility는 조건 간 차이가 없음. - Learning-based condition에서 로봇이 발표한 주제에 대한 retelling performance (주제에 대한 익숙함, Body Language의 효과적 사용, 전반적 평가)가 상대적으로 높았음. - 로봇 발표 후 발표 주제에 대한 피실험자 대상 퀴즈 시험 결과 조건 간 피실험자 성적 차이는 없었음. 		

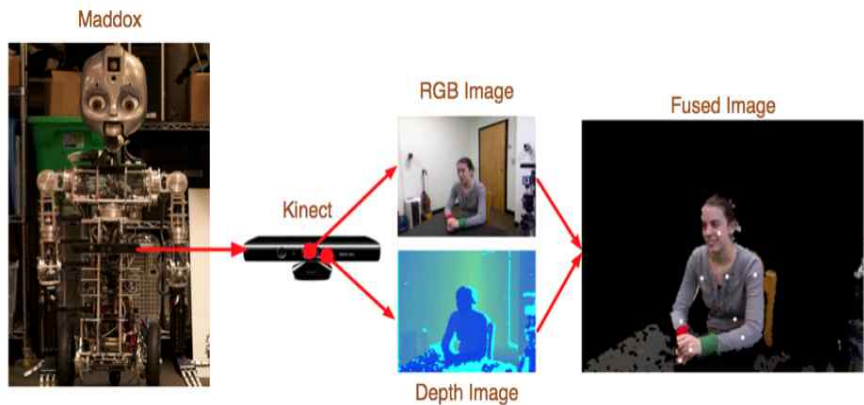
8. 의도


INTN-1	연도	2010	로봇 플랫폼	MeBot
	과제	비음성적인 사회적 행위 표현의 유무에 따른 사용자의 상호작용에 대한 반응 분석		
Sigurdur Adalgeirsson [3]	실험	<ul style="list-style-type: none"> - MIT Media Lab의 Personal Robots 그룹의 Sigurdur Adalgeirsson과 Cynthia Breazeal은 비음성적 행위 표현이 가능한 텔레-컨퍼런스 로봇인 MeBot을 개발. MeBot은 원격 조정자의 얼굴 움직임을 감지하여 로봇에 탑재된 화면을 움직이고 원격 조정자의 지시에 따라 로봇 팔을 움직일 수 있는 기능을 가짐 - 비음성적인 사회적 행위 표현이 MeBot을 통해 화상통화를 하는 사용자에게 어떤 심리적 영향을 주는지 분석하기 위해 사용자 연구가 수행 		
				
		<MeBot 원격조정>	<MeBot 기반 원격통화>	
				
		<MeBot의 비음성 소셜행위 표현>		
	피실험자	42명 (남: 18, 여: 24), 연령대: 평균 23.21		
	사용자 연구의 결론	<ul style="list-style-type: none"> - MeBot의 사회적 행위 표현을 통해 사용자는 상호작용에 심리적으로 더 많이 몰입하였으며, 더 큰 즐거움을 느끼는 것으로 나타남 - 반면, 이로 인해 신뢰감이 증가하지는 않았음 		

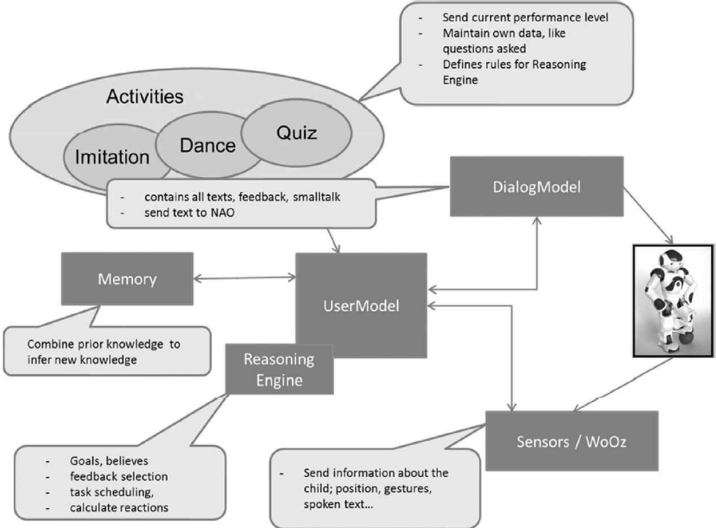
INTN-2	연도	2013	로봇 플랫폼	IRL-0
	과제	음성과 비음성 행위의 다양한 조합들 중 사람의 주의를 끄는 조합이 무엇인지 사용자 연구를 통해 규명		
	실험	<ul style="list-style-type: none"> - V. Rousseau는 로봇이 사람의 주의를 끄는데 큰 역할을 하는 소셜 신호가 무엇인지 연구 - 피실험자를 대상으로 로봇이 사람에게 접근하여 모자를 주워달라고 부탁하는 과업을 실험 - 로봇의 외형, 음성, 얼굴 표정, 고개 제스처, 팔 제스처, 접근 궤적 중 사람이 로봇에게 주의를 돌리는데 가장 큰 영향을 준 신호를 사용자 실험을 통해 분석 		
		  <p><ILO-0 로봇의 구성 및 암 제스처></p>  <p>Attractive Happy Sad Angry</p> <p><ILO-0 로봇의 얼굴 표정></p>		
	피실험자	35명 (남: 23, 여: 12), 연령대: -		
	사용자 연구의 결론	사람의 주의를 끄는데 음성신호, 외모, 얼굴표정 순으로 영향을 미치는 것으로 나타남		

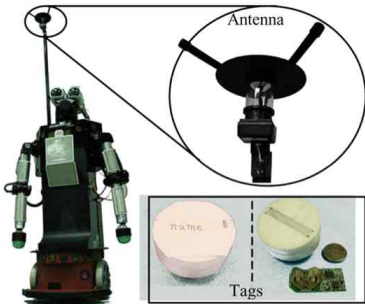

INTN-3	연도	2012	로봇 플랫폼	Simon
	과제	인간과 로봇 간 협업 효율과 상호작용의 자연스러움을 향상시킬 수 있는 Turn-Taking 모델을 제안하고 검증		
	실험	<ul style="list-style-type: none"> - Georgia Institute of Technology는 Simon이라 불리는 캐릭터형 로봇을 통해 다양한 HRI 연구를 진행하고 있으며, 이중 주목할 만한 연구는 Turn-Taking에 관한 것 - 사람은 생후 3개월 이내에 기초적인 Turn-Taking 능력을 습득하는데, Turn-Taking은 상황에 따라 상대방과 상호작용의 주도권을 주고받는 능력으로서 자연스러운 상호작용을 유지하는데 반드시 필요한 능력 - C. Chao는 Timed PetriNet을 기반으로 Turn-Taking 상태 변화 관리를 위한 계산 모델을 구축하여 Simon에 탑재하고 실험을 통해 유효성을 검증 - 실험 목적은 행위 중단 조건과 행위 지속 조건을 비교하기 위한 것으로서, 행위 중단 조건은 Turn-Taking 모델에 따라 로봇이 상호작용 주도권을 갖고 있더라도 사람이 주도권을 가져가려는 의도를 보이면 주도권을 넘겨주는 조건 		
		 <p style="text-align: center;"><멀티모달 상호작용을 위한 이벤트 정렬 예제></p>		
		 <p style="text-align: center;"><Simon 로봇을 이용한 하노이 탑 협업 실험></p>		
	피실험자	16명 (남: -, 여: -), 연령대: -		
	사용자 연구의 결론	행위중지 조건 적용 시 사람은 협업 수행 중 더 많은 제어권을 가졌다고 여겼으며 더 능동적으로 협업에 임하였음. 결과적으로 협업의 작업 효율도 개선		

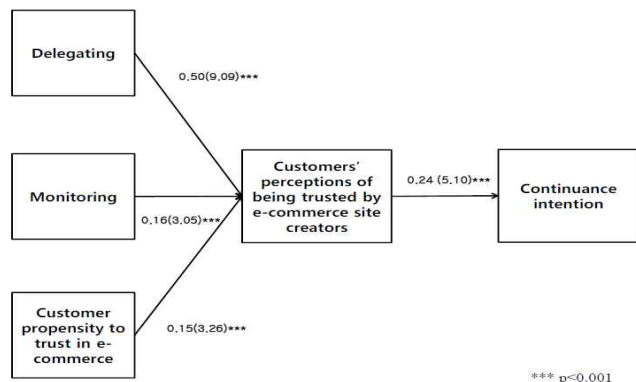
9. 평가




EVL-1	연도	2011	로봇 플랫폼	-
	과제	영상 분석을 통해 상호작용에 있어 신뢰감(Trust)을 결정하는 소셜 신호가 무엇인지 규명		
	실험	<ul style="list-style-type: none"> - HRI 사용자 연구의 주요 목적 중 하나는 사람들이 상호작용 중 주고 받는 다양한 소셜신호(Social Signal)의 의미를 규명하고 소셜신호로부터 의미를 자동으로 해석할 수 있는 방법을 고안하는 것 - J.J. Lee는 다양한 소셜신호들 중 사람의 신뢰도를 결정하는 신호가 무엇인지 규명하고 이를 자동으로 인식할 수 있는 인식기(HMM, 69.44% 인식 성능)를 개발 - 신뢰도 인식기는 로봇에 탑재되어 사람과 상호작용 중 상대방의 로봇에 대한 신뢰도를 측정하고 신뢰도를 높이는 데 적합한 행위를 표현하는데 활용 가능 		
		 <p style="text-align: center;"><RGB-D 센서를 이용한 자동화된 신뢰도 인식 과정></p>		
Jin Joo Lee [4]	피실험자	86명 (남: -, 여: -), 연령대: -		
	사용자 연구의 결론	<ul style="list-style-type: none"> - 신뢰도를 낮추는 소셜 신호: 얼굴 만지기, 팔짱끼기, 뒤로 기대기, 손 만지기 - 신뢰도를 높이는 소셜 신호: 상체 앞으로 기울이기, 무릎 위에 손 얹기, 팔을 열고 있기 		

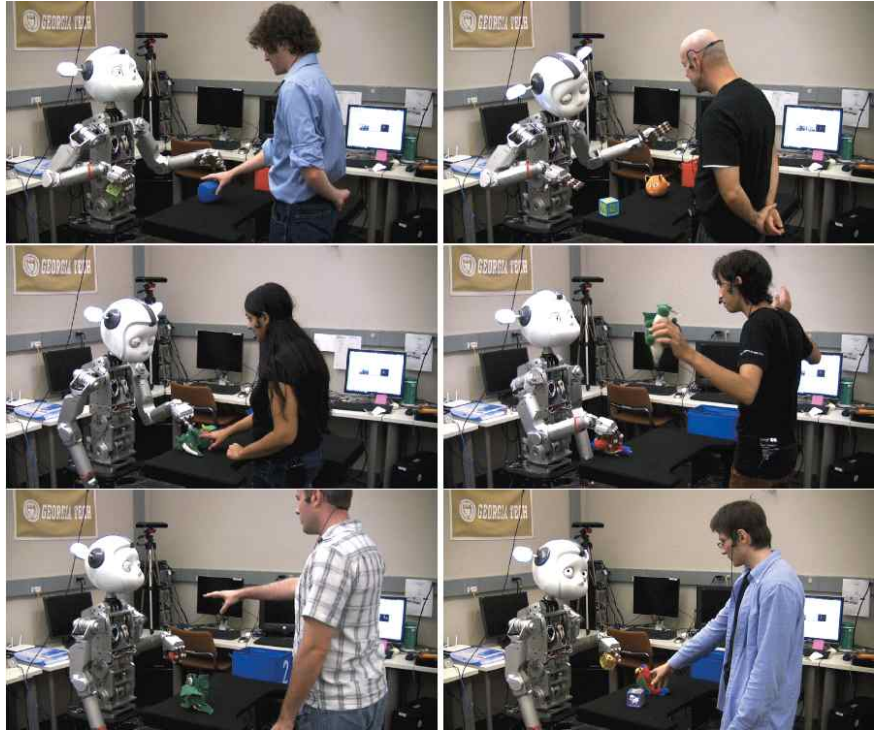
EVL-2	연도	2009	로봇 플랫폼	iCat
	과제	로봇과 어린이가 체스게임을 하는 과업 하에서 게임 상황과 어린이의 소셜신호를 기반으로 어린이의 참여도를 인식하는 시스템을 개발하고 성능을 평가		
G. Castellano (Queen Mary University of London) [13]	실험	 <p><체스 게임 실험 장면></p>		
	피실험자	8명 (남: 6, 여: 2), 연령대: 평균 8.5		
	사용자 연구의 결론	<ul style="list-style-type: none"> - 어린이의 시선 방향, 얼굴 표정, 게임 진행 상황을 융합한 특징을 활용한 결과 94.79%의 참여도 인식률 - 시선 방향과 얼굴 표정 특징만 사용한 경우 93.75%, 게임 진행 상황만 사용한 경우 78.79%의 인식률 		

EVL-3	연도	2013	로봇 플랫폼	Nao
	과제	당뇨병 환자 어린이들을 대상으로 사회적 로봇 상호작용의 효과를 관찰 분석		
	실험	 <p><어린이와의 상호작용을 위한 로봇의 아키텍처></p>		
B. Henkemans (TNO Lifestyle) [18]	피실험자	5명 (남: -, 여: -), 연령대: 9 ~ 12		
	사용자 연구의 결론	사회적 상호작용(이름 부르기, 좋아하는 색상, 스포츠 등 물어보기 등)을 포함하는 로봇과 상호작용한 어린이들이 사회적 상호작용을 하지 않는 로봇과 어린이들보다 당뇨병에 대한 지식 증가량이 더 높았고 상호작용의 즐거움도 더 높게 나타남		

	연도	2007	로봇 플랫폼	Robovie
EVL-4	과제	인간-로봇 상호작용의 지속성을 개선하기 위한 사회적 행위 표현 전략을 구현하고 현장 실험을 통해 검증		
T. Kanda (ATR) [22]	실험	<ul style="list-style-type: none"> - 장기간 인간-로봇 상호작용을 연구 주제로 초등학교의 한 교실에서 두 달 동안 Robovie 로봇으로 현장 실험을 진행 - 행위는 70여개의 상호작용 행위(Interactive Behavior)와 20여개의 휴식 행위(Idle Behavior) 및 주행관련 행위 등 기타 10개 · 로 구성 - 상호작용 행위는 악수하기, 안아주기, 가위바위보, 체조하기, 인사하기, 노래하기, 대화하기, 지목하기 등을 포함하고, 휴식 행위는 머리 굽기, 팔짱끼기 등을 포함 - Kanda는 장기간 상호작용을 실현하기 위한 세 가지 상호작용 전략을 고안하여 로봇에 구현하였음. 첫째는 어린이의 이름 불러주기로 이름을 불러주면 로봇과 사람 사이에 보다 친밀한 관계가 형성될 수 있고 상호작용 시 동질감 형성에 효과가 있음 - 둘째는 가상발달(Pseudo-development)로 로봇에 대한 참신성(Novelty)이 급격히 줄어드는 것을 방지하기 위해 로봇은 상호작용 초기에 100개의 행위 중 극히 제한된 개수의 행위만 표출하고 상호작용 시간이 길어져서 참신성이 떨어질 때 쯤 새로운 행위들을 순차적으로 공개 - 셋째는 개인정보 공개로 어린이들에게 상호작용 빈도에 따라 로봇의 개인정보(좋아하는 놀이나 사람, 싫어하는 물건 등)를 조금씩 공개함으로써 어린이와 보다 사적이고 친밀한 관계를 형성하고, 로봇에 대한 흥미를 지속적으로 유지 <div>   </div> <p style="text-align: center;"><Robovie 로봇과 교실 내 상호작용 장면들></p>		
	피실험자	37명 (남: 18, 여: 19), 연령대: 10 ~ 11		
	사용자 연구의 결론	<ul style="list-style-type: none"> - 10명은 총 실험기간인 32일 중 16일 이상 로봇과 지속적으로 상호작용을 이어감. 상호작용 지속성 개선을 위해 적용한 행위 표현 전략이 유효한 것으로 보임 - 상호작용의 빈도수가 많을수록 로봇이 성공적으로 상대방과 친밀한 관계를 더 잘 형성할 수 있었다고 유추 가능(로봇과 상호작용을 멈춘 어린이들은 실험 초기에 로봇과의 상호작용이 드물게 나타남) 		

EVL-5	연도	2014	로봇 플랫폼	-
	과제	로봇의 사용의도를 높이는 것에 로봇이 사용자에게 주는 신뢰적인 행동이 미치는 영향에 대한 연구를 e-commerce 사이트를 기반으로 검증한 연구		
	실험	<p>- 서비스 사용자가 자신이 신뢰성이 있는 주요한 서비스 고객으로 인식되고 있다는 것을 사용자가 인식하게 하는 것이 서비스의 이용의도에 어떠한 영향을 미치는 지를 분석</p> <p>- 해당 서비스에 대한 사용자의 신뢰 경향을 함께 고려하여 분석</p> <p>- 사회-과학적 검증 모델 분석 방법 이용</p> <p>- 실험장소: 웹기반의 온라인 서베이</p>  <p style="text-align: center;"><검증 모델></p>		
Kwon [64]	피실험자	444명 (남: 211, 여: 233), e-commerce용 웹사이트 이용자		
	사용자 연구의 결론	<p>- 고객이 사이트에 대해 얼마나 자신을 신뢰하고 있느냐 하는 지각이 그 사이트의 지속적 사용에 유의한 영향을 미침을 확인하였음</p> <p>- 서비스 제공 시 사용자를 신뢰하고 있음을 보이는 행동(예: 이용자에게 특화된 서비스 제공, 인증 절차의 단순화, VIP 수준의 서비스 제공 등)이 사용자의 서비스를 계속해서 사용하고자는 의도에 긍정적인 영향을 미치는 것을 확인</p> <p>- 특히 로봇의 경우, 사용자와 면대면(face-to-face) 서비스를 제공하기 때문에 사용자를 신뢰하는 이용자라고 인지하여 서비스를 제공하고 있다는 것을 사용자에게 보여주는 것이 필요하다는 것을 확인</p>		

EVL-6	연도	2011	로봇 플랫폼	CyberGlove Systems
	과제	학습 상황 따른 교사의 성별에 대해서 어린아이가 느끼는 선호도의 차이에 관한 연구		
	실험	<ul style="list-style-type: none"> - 성별에 관련된 색(핑크: 여자, 푸른색:남자)을 남자/여자 교사가 각각 비디오를 통해서 설명하도록 함. - 학습자가 어느 성별(남/여)의 교사가 설명하는 것을 선호하는지를 선택하도록 함. - 이때 교사는 성인과 아동으로 구분하여 실험하도록 함. 		
		<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-bottom: 10px;"> <p style="text-align: center;">Video 교재</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #e0f0ff;">12 종류의 색카드 (light pink, navy blue, and yellow)</div> <div style="text-align: center;">  <p>교사 (남/여, 성 인/아동)</p> <p>카드를 설명</p> </div> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="font-size: 2em; margin-right: 10px;">←</div> <div style="text-align: center;">  <p>학습자 (아동)</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">학습후</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <p>성별 선호도 인터뷰</p> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;"><실험 방법, 센서, 출력 데이터></p>		
LeBartonn [66]	피실험자	144명, 연령대: 4~6세 어린이		
	사용자 연구의 결론	<ul style="list-style-type: none"> - 유아의 경우 학습자가 학습 콘텐츠의 색에 따라서 선호하는 교사의 성별이 명확하게 다름을 보여줌. - 이는 학습 콘텐츠에 따른 로봇의 성별이 학습자의 수용성에 영향을 미치는 것을 보여줌. 		

EVL-7	연도	2013	로봇 플랫폼	Simon
	과제	로봇의 Turn-Taking 방식에 따른 사람의 로봇에 대한 인식 차이를 분석		
	실험	<ul style="list-style-type: none"> - C. Chao는 Turn-Taking을 위한 Timed Petri-Net 모델을 보다 정교하게 구현하여 몇 개의 파라미터 값 조정을 통해 로봇의 Turn-Taking 성향을 조정할 수 있도록 함 - 파라미터 조정을 통해 상호작용의 주도권을 적극적으로 점유하도록 설정된 능동 조건의 Simon과 상호작용 주도권 점유를 최소화한 피동 조건의 Simon을 활용하여 사용자 실험을 진행하고 피실험자들의 로봇에 대한 인식을 설문을 통해 조사/분석 		
		 <p style="text-align: center;"><Simon과의 상호작용 실험></p>		
	피실험자	30명 (남: 22, 여: 8), 연령대: 23.5		
	사용자 연구의 결론	<ul style="list-style-type: none"> - 능동조건의 Simon을 외향적이고 자신감 넘치지만 다소 건방지다고 묘사, 피동조건의 Simon을 부끄러움이 있고 반응이 더디다고 묘사 - 로봇의 Turn-Taking 방식이 로봇의 성격에 대한 인식을 변화시킬 수 있으며 그에 따라 사람의 반응 양식도 바뀔 수 있음을 유추할 수 있는 실험결과 		

EVL-8	연도	2013	로봇 플랫폼	Nao
	과제	어린이를 대상으로 적응형 로봇 행위 표현을 통해 지속가능한 로봇 상호작용의 가능성을 모색		
T. Belpaeme (Plymouth University) [19]	실험	<ul style="list-style-type: none"> - EU의 FP7 과제 중 하나인 ALIZ-E는 지속성 있는 인간-로봇 상호작용 기술 개발을 목표로 어린이들을 대상으로 한 다양한 사용자 연구를 진행 - T. Belpaeme와 B. Blanson 등은 로봇의 적응 능력을 인간과 로봇 간의 장기적 상호작용을 실현할 수 있는 중요 요소로 보고 다양한 사용자 연구를 진행 - 실험1) (흥내 내기 게임) 로봇 성격(내성/외향)에 따른 상호작용 변화 분석 - 실험2) (퀴즈 게임) 어린이 수준에 맞게 난이도를 조절하는 전략이 상호작용에 가져오는 변화 분석 - 실험3) (퀴즈 게임) 로봇과 가상 캐릭터 간 참여도 비교 <div data-bbox="529 947 1407 1133">  </div> <p><사용자 실험 장면: 좌측부터 퀴즈, 흥내 내기, 댄스 게임 ></p>		
	피실험자	실험1) 15명 (남: 5, 여: 6), 연령대: 10 ~ 11 실험2) 20명 (남: -, 여: -), 연령대: 9 ~ 10 실험3) 10명 (남: -, 여: -), 연령대: 9 ~ 10		
	사용자 연구의 결론	<ul style="list-style-type: none"> - 실험1) 어린이들은 로봇의 성격을 잘 구분하여 인식하지 않았으며 상호작용 양상에도 로봇 성격이 영향을 미치지 않음 - 실험2) 적응형 로봇의 경우 그렇지 않은 경우보다 평균 상호작용 시간이 더 길게 나타남 - 실험3) 실제 로봇의 경우 가상 캐릭터보다 참여도가 더 높게 나타남 - 어린이의 사적 정보를 물어보고 그 정보를 기억하여 퀴즈게임 중 언급해주는 로봇이 그렇지 않은 로봇보다 호감도, 집중도, 퀴즈를 통한 지식 습득 수준 등 여러 측면에서 더 우수한 결과를 나타냄 		

IV. 맺는 말

인터랙션 연구에서 휴먼 팩터는 기술을 능가하는 매우 중요한 요소이다. 기본적으로 인간의 소통방식과 선호도를 잘 알아야 인간이 이해하고 원하는 형식으로 상호작용할 수 있기 때문인데, 또 다른 중요한 이유는, 설계 담당자의 입장에서 사용자의 요구사항을 도출하는 것이 중요한 일이나, 사용자가 개발 전에 자신의 요구사항을 정의하는 것은 불가능하다는 것에도 기인한다. 그러므로 인터랙션 개발 과정에서 사용자에게 시스템을 직접 체험하게 하고 피드백을 받아 지속적으로 개선하는 과정은 필수적이다.

본 보고서에서는 사용자와의 접촉하지 않고 친밀하고 효과적인 상호작용을 통해 학습, 재활 등의 활동에서 보조자의 역할을 하는 SAR(Socially Assistive Robot)을 중심으로 휴먼 팩터 관련 결과를 다루고 있는 60여개의 선행연구를 분석하고, 이 중 로봇 설계자들이 참고하면 유익할 25여개를 선정하여 핵심 시사점들을 정리하였다. 서비스 로봇 기업들이 기존 제품이나 서비스 개선에 적용할 수 있는 소프트웨어적 요소가 대부분이므로, 이들 제품에 실제로 적용되어 서비스 로봇의 선호도 향상에 기여할 수 있기를 기대한다.

[참고 문헌]

- [1] M. Siegel, C. Breazeal, and M. I. Norton, "Persuasive robotics: The influence of robot gender on human behavior," in *Intelligent Robots and Systems*, 2009. IROS 2009. IEEE/RSJ International Conference on, 2009, pp. 2563-2568.
- [2] C. Breazeal, J. Gray, and M. Berlin, "An Embodied Cognition Approach to Mindreading Skills for Socially Intelligent Robots," *The International Journal of Robotics Research*, vol. 28, no. 5, pp. 656-680, May 2009.
- [3] S. O. Adalgeirsson and C. Breazeal, "MeBot: a robotic platform for socially embodied presence," in *Proceedings of the 5th ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction*, 2010, pp. 15-22.
- [4] J. J. Lee, W. B. Knox, J. B. Wormwood, C. Breazeal, and D. DeSteno, "Computationally modeling interpersonal trust," *Frontiers in Psychology*, vol. 4, 2013.
- [5] C. Breazeal, N. DePalma, J. Orkin, S. Chernova, and M. Jung, "Crowdsourcing Human-Robot Interaction: New Methods and System Evaluation in a Public Environment," *Journal of Human-Robot Interaction*, vol. 2, no. 1, pp. 82-111, Mar. 2013.
- [6] J. Mumm and B. Mutlu, "Human-robot proxemics: physical and psychological distancing in human-robot interaction," in *Proceedings of the 6th international conference on Human-robot interaction*, 2011, pp. 331-338.
- [7] S. Andrist, E. Spannan, and B. Mutlu, "Rhetorical robots: making robots more effective speakers using linguistic cues of expertise," in *Proceedings of the 8th ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction*, 2013, pp. 341-348.
- [8] C.-M. Huang and B. Mutlu, "The Repertoire of Robot Behavior: Designing Social Behaviors to Support Human-Robot Joint Activity," *Journal of Human-Robot Interaction*, vol. 2, no. 2, Jun. 2013.
- [9] B. Mutlu, T. Shiwa, T. Kanda, H. Ishiguro, and N. Hagita, "Footing in human-robot conversations: how robots might shape participant roles using gaze cues," in *Proceedings of the 4th ACM/IEEE international conference on Human robot interaction*, 2009, pp. 61-68.
- [10] C. Torrey, S. R. Fussell, and S. Kiesler, "How a robot should give advice," in *Human-Robot Interaction (HRI)*, 2013 8th ACM/IEEE International Conference on, 2013, pp. 275-282.
- [11] C. Chao and A. Thomaz, "Timing in Multimodal Turn-Taking Interactions: Control and Analysis Using Timed Petri Nets," *Journal of Human-Robot Interaction*, pp. 4-25, Aug.

- 2012.
- [12] C. Chao and A. Thomaz, “Controlling Social Dynamics with a Parametrized Model of Floor Regulation,” *Journal of Human-Robot Interaction*, vol. 2, no. 1, pp. 4–29, Mar. 2013.
 - [13] G. Castellano, A. Pereira, and P. W. McOwan, “Detecting User Engagement with a Robot Companion Using Task and Social Interaction-based Features,” 2009.
 - [14] R. Looije, M. A. Neerincx, and F. Cnossen, “Persuasive robotic assistant for health self-management of older adults: Design and evaluation of social behaviors,” *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 68, no. 6, pp. 386–397, Jun. 2010.
 - [15] T. Klammer and S. Ben Allouch, “Acceptance and use of a social robot by elderly users in a domestic environment,” in *Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth)*, 2010 4th International Conference on-NO PERMISSIONS, 2010, pp. 1–8.
 - [16] S. Al Moubayed, J. Beskow, B. Granström, J. Gustafson, N. Mirning, G. Skantze, and M. Tscheligi, “Furhat goes to Robotville: a large-scale multiparty human-robot interaction data collection in a public space,” in *LREC Workshop on Multimodal Corpora*, Istanbul, Turkey, 2012, pp. 22–25.
 - [17] M. E. Foster, A. Gaschler, M. Giuliani, A. Isard, M. Pateraki, and R. Petrick, “Two people walk into a bar: Dynamic multi-party social interaction with a robot agent,” in *Proceedings of the 14th ACM international conference on Multimodal interaction*, 2012, pp. 3–10.
 - [18] O. A. Blanson Henkemans, B. P. B. Bierman, J. Janssen, M. A. Neerincx, R. Looije, H. van der Bosch, and J. A. M. van der Giessen, “Using a robot to personalise health education for children with diabetes type 1: A pilot study,” *Patient Education and Counseling*, vol. 92, no. 2, pp. 174–181, Aug. 2013.
 - [19] T. Belpaeme, P. E. Baxter, R. Read, R. Wood, H. Cuayáhuítl, B. Kiefer, S. Racioppa, I. Kruijff-Korbayová, G. Athanasopoulos, V. Enescu, R. Looije, M. Neerincx, Y. Demiriz, R. Ros-Espinoza, A. Beck, L. Cañamero, A. Hiole, M. Lewis, I. Baroni, M. Nalin, P. Cosi, G. Paci, F. Tesser, G. Somavilla, and R. Humbert, “Multimodal Child-Robot Interaction: Building Social Bonds,” *Journal of Human-Robot Interaction*, vol. 1, no. 2, Jan. 2013.
 - [20] J. Hall, T. Tritton, A. Rowe, A. Pipe, C. Melhuish, and U. Leonards, “Perception of own and robot engagement in human-robot interactions and their dependence on robotics knowledge,” *Robotics and Autonomous Systems*, Oct. 2013.
 - [21] V. Rousseau, F. Ferland, D. Létourneau, and F. Michaud, “Sorry to Interrupt, But

- May I Have Your Attention? Preliminary Design and Evaluation of Autonomous Engagement in HRI,” *Journal of Human-Robot Interaction*, vol. 2, no. 3, Sep. 2013.
- [22] T. Kanda, R. Sato, N. Saiwaki, and H. Ishiguro, “A Two-Month Field Trial in an Elementary School for Long-Term Human-Robot Interaction,” *IEEE Transactions on Robotics*, vol. 23, no. 5, pp. 962–971, 2007.
- [23] F. Tanaka and S. Matsuzoe, “Children Teach a Care-Receiving Robot to Promote Their Learning: Field Experiments in a Classroom for Vocabulary Learning,” *Journal of Human-Robot Interaction*, pp. 78–95, Aug. 2012.
- [24] P. Liu, D. F. Glas, T. Kanda, H. Ishiguro, and N. Hagita, “It’s not polite to point: generating socially-appropriate deictic behaviors towards people,” in *Proceedings of the 8th ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction*, 2013, pp. 267–274.
- [25] D. F. Glas, S. Satake, F. Ferreri, T. Kanda, H. Ishiguro, and N. Hagita, “The Network Robot System: Enabling Social Human-Robot Interaction in Public Spaces,” *Journal of Human-Robot Interaction*, vol. 1, no. 2, Jan. 2013.
- [26] H. Kidokoro, T. Kanda, D. Brscic, and M. Shiomi, “Will I bother here?—A robot anticipating its influence on pedestrian walking comfort,” in *Human-Robot Interaction (HRI), 2013 8th ACM/IEEE International Conference on*, 2013, pp. 259–266.
- [27] D. Vernon, G. Metta, and G. Sandini, “A Survey of Artificial Cognitive Systems: Implications for the Autonomous Development of Mental Capabilities in Computational Agents,” *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, vol. 11, no. 2, pp. 151–180, 2007.
- [28] J. E. Laird, “Cognitive Robotics Using the Soar Cognitive Architecture,” in *SPIE Defense, Security, and Sensing*, 2009, p. 73320Z–73320Z.
- [29] S. D. Hanford, *A cognitive robotic system based on the Soar cognitive architecture for mobile robot navigation, search, and mapping missions*. 2011.
- [30] G. Trafton, L. Hiatt, A. Harrison, F. Tanborello, S. Khemlani, and A. Schultz, “ACT-R/E: An Embodied Cognitive Architecture for Human-Robot Interaction,” *Journal of Human-Robot Interaction*, vol. 2, no. 1, pp. 30–55, Mar. 2013.
- [31] P. Langley, K. B. McKusick, J. A. Allen, W. F. Iba, and K. Thompson, “A Design for the ICARUS Architecture,” *SIGART Bull.*, vol. 2, no. 4, pp. 104–109, Jul. 1991.
- [32] D. P. Benjamin, D. M. Lyons, and D. W. Lonsdale, “ADAPT: A Cognitive Architecture for Robotics,” in *ICCM*, 2004, pp. 337–338.
- [33] D. Vernon, C. von Hofsten, and L. Fadiga, *A roadmap for cognitive development in humanoid robots*, vol. 11. Springer, 2010.
- [34] M. Shanahan, “A cognitive architecture that combines internal simulation with a

- global workspace,” *Consciousness and Cognition*, vol. 15, no. 2, pp. 433–449, Jun. 2006.
- [35] C. Breazeal, “Emotion and sociable humanoid robots,” *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 59, no. 1–2, pp. 119–155, Jul. 2003.
- [36] The CLARION Cognitive Architecture Project.” [Online]. Available: <https://sites.google.com/site/clarioncognitivearchitecture/>. [Accessed: 03-Nov-2013].
- [37] D. Hart and B. Goertzel, “Opencog: A software framework for integrative artificial general intelligence,” *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, vol. 171, p. 468, 2008.
- [38] G. Skantze, C. Oertel, and A. Hjalmarsson, “User Feedback in Human-Robot Dialogue: Task Progression and Uncertainty.”
- [39] K. Janowski and E. André, “Deciding When To React To Incremental User Input In Human-Robot Interaction.”
- [40] C. Kennington, K. Funakoshi, Y. Takahashi, and M. Nakano, “Simple Timing for Probabilistic Multiparty Dialogue Management.”
- [41] M. Häring, D. Kuchenbrandt, and E. André, “Would you like to play with me?: how robots’ group membership and task features influence human-robot interaction,” 2014, pp. 9–16.
- [42] H. R. Lee and S. Sabanović, “Culturally variable preferences for robot design and use in South Korea, Turkey, and the United States,” 2014, pp. 17–24.
- [43] D. C. Scherer, “Movie Magic Makes Better Social Robots: The Overlap of Special Effects and Character Robot Engineering,” *Journal of Human-Robot Interaction*, vol. 3, no. 1, pp. 123–141, 2014.
- [44] S. Andrist, X. Z. Tan, M. Gleicher, and B. Mutlu, “Conversational gaze aversion for humanlike robots,” 2014, pp. 25–32.
- [45] J. Y. Chai, L. She, R. Fang, S. Ottarson, C. Littley, C. Liu, and K. Hanson, “Collaborative effort towards common ground in situated human-robot dialogue,” 2014, pp. 33–40.
- [46] R. Read and T. Belpaeme, “Situational context directs how people affectively interpret robotic non-linguistic utterances,” 2014, pp. 41–48.
- [47] H. Admoni, A. Dragan, S. S. Srinivasa, and B. Scassellati, “Deliberate delays during robot-to-human handovers improve compliance with gaze communication,” 2014, pp. 49–56.
- [48] C.-M. Huang and B. Mutlu, “Learning-based modeling of multimodal behaviors for humanlike robots,” 2014, pp. 57–64.
- [49] Aj. Moon, D. M. Troniak, B. Gleeson, M. K. X. J. Pan, M. Zeng, B. A. Blumer, K.

- MacLean, and E. A. Croft, "Meet me where i' m gazing: how shared attention gaze affects human-robot handover timing," 2014, pp. 334-341.
- [50] F. Tanaka, T. Takahashi, S. Matsuzoe, N. Tazawa, and M. Morita, "Telepresence robot helps children in communicating with teachers who speak a different language," 2014, pp. 399-406.
- [51] D. Mazzei, N. Lazzeri, D. Hanson, and D. D. Rossi, "HEFES: An Hybrid Engine for Facial Expressions Synthesis to control human-like androids and avatars," Proceedings of 4th International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics (BioRob 2012), pp. 195-200, 2012.
- [52] M. Zecca, N. Endo, S. Momoki, K. Itoh, and A. Takanishi, "Design of the humanoid robot KOBIAN - preliminary analysis of facial and whole body emotion expression capabilities," Proceedings of 8th IEEE-RAS Int. Conf. Humanoid Robot (Humanoids 2008), 2008.
- [53] M. Zecca, Y. Mizoguchi, K. Endo, F. Iida, Y. Kawabata, N. Endo, K. Itoh, and A. Takanishi, "Whole body emotion expressions for KOBIAN humanoid robot - preliminary experiments with different Emotional patterns" Proceedings of 18th IEEE Int. Symp. Robot Hum. Interact. Commun (RO-MAN 2009), 2009.
- [54] C. Clavel, J. Plessier, J. C. Martin, L. Ach, and B. Morel, "Combining facial and postural expressions of emotions in a virtual character," Intelligent Virtual Agents, pp. 287-300, 2009.
- [55] M. Coulson, "Attributing emotion to static body postures: recognition accuracy, confusions, and viewpoint dependence," Journal of Nonverbal Behavior, vol. 28(2), 2004.
- [56] M. S. Erden, "Emotional Postures for the Humanoid-Robot Nao," Int. J. Soc. Robot., vol. 5, no. 4, pp. 441-456, 2013.
- [57] K. Amaya, A. Bruderlin, and T. Calvert, "Emotion from Motion," Graphics Interface, pp. 222-229, 1996.
- [58] Oki, S.; Hagiwara, M., "An automatic motion generation system for humanoid-like robot based on Interactive GA," Proceedings of IEEE 2nd Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2013), pp. 116-117, 2013.
- [59] E. Hudlicka "Modeling the Mechanisms of Emotion Effects on Cognition," Proceedings of AAAI Fall Symposium on Biologically Inspired Cognitive Architectures, pp. 82-86, 2008.
- [60] E. Bicho, L. Louro and W. Erlhagen "Integrating verbal and nonverbal communication in a dynamic neural field architecture for human-robot interaction," Front. Neurorobot. 4:5, 2010.

- [61] O. Kwon and S. Choi, "Context-aware selection of politeness level for polite mobile service in Korea" *Expert Systems with Applications*, Vol.36, pp.4198-4206, 2009.
- [62] N. Lee and O. Kwon, "Para-social relationships and continuous use of mobile devices" *International Journal of Mobile Communication*, Vol. 11, No. 5, 464-484, 2013.
- [63] O. Kwon, C. Kim, and G. Kim, Factors affecting the intensity of emotional expressions in mobile communications, *Online Information Review* Vol. 37 No. 1, 2013.
- [64] O. Kwon, and N. Lee. "Effects of E-Commerce Website's Trusting Actions on Customer's Continuous Intention." *Journal of Society for e-Business Studies* 19.1, 2014.
- [65] Cabibihan, J-J., Imtiaz Ahmed, and Shuzhi Sam Ge. "Force and motion analyses of the human patting gesture for robotic social touching." *Cybernetics and Intelligent Systems (CIS)*, 2011 IEEE 5th International Conference on. IEEE, 2011.
- [66] LeBarton, Eve Sauer, Susan Goldin-Meadow, and Stephen Raudenbush. "Experimentally-induced increases in early gesture lead to increases in spoken vocabulary." *Journal of Cognition and Development* just-accepted (2013).