

로봇의 사회적 의사소통을 위한 정서 생성 기술 및 동향 소개

서비스 로봇의 성장으로 사람의 정신적, 정서적 보조 역할을 하는 사회적 로봇 개발에 관심이 커지고 있다. 본 논문은 로봇의 사회적 의사소통을 위한 정서 생성 기술의 심리학적 이론 배경을 설명한다. 이와 함께, 로봇에 적용된 기존의 정서 생성 연구를 소개하고, 학회와 저널을 통해 발표된 최근 연구들을 정리하였다.

■ 이원형, 정명진*

(한국과학기술원(KAIST) 전기및전자공학과)

I. 서론

과거 산업용으로 인식되던 로봇은 오늘날 다양한 서비스 로봇으로 발달하고 있다. 의료, 국방, 건설로봇과 같이 전문가를 보조하는 전문 서비스 로봇부터 오락, 노인복지, 교육, 안내 등 일반인을 대상으로 하는 개인 서비스 로봇에 이르기까지 다양한 분야에서 로봇의 역할이 커지고 있다. 미국 로봇산업 동향 보고서에 따르면, 연평균 15%가 넘는 높은 성장세를 갖는 미국 로봇 시장의 주요인으로 서비스용 로봇 활성화를 꼽았다. 더불어 미국 정부는 인간과 로봇의 협업을 증대하는 로봇산업 육성 정책을 계획하고 있다[1]. 독일 역시 홈케어 로봇 등 서비스 로봇 개발을 활발하게 진행하고 있으며 서비스 로봇에 대한 기업의 활용도가 지속적으로 증가하고 있다고 조사됐다[2]. 전유태 한국로봇산업협회 상근부회장의 말에 따르면 한국 정부는 지능형 서비스 로봇 산업 육성에 초점을 맞추고 향후 6년간 3억달러의 정부 예산을 로봇 개발에 배정할 예정이라고 밝혔다.

서비스 로봇의 성장으로 인해 로봇은 우리 일상의 다양한 환경에 자주 등장하게 되었다. 이는 곧 로봇이 단독으로 작업을 수행하는 것이 아니라 사람과 교류하고 협력해야 하는 상황이 왔음을 의미한다. 최근 로봇 회사들을 대거 인수한 구글의 에릭 슈미트 회장은 올해 3월 산타모니카의 한 행사에서 앞으로 로봇이 우리들 주변에서(Omnipresent) 항상 돌아다니게 될 것이라 말했다. 2004년 일본 후쿠오카에서 발표된 세계 로봇 선언에서는 차세대 로봇의 역할로 사람과 공존하는 파트너로서의 역할을 첫 번째로 지칭했다.

로봇이 사람과 공존하게 되면서 그에 따른 로봇 연구들도 뒤

따랐고, 사람과 로봇의 상호작용을 연구하는 HRI(Human Robot Interaction)의 개념과 이를 응용한 로봇들이 다양하게 개발되고 있다. 또한, HRI 분야를 연구하는 로봇 연구자들이 모이는 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction(ACM/IEEE HRI)과 IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication(IEEE RO-MAN) 등의 국제학회들의 규모가 점점 커지고 있다.

사람과 로봇의 상호작용은 물리적인 상호작용뿐 아니라 정신적인(Psychologically) 상호작용 분야에서도 의미 있게 다뤄지고 있다. 고령화에 따른 노인복지의 관심 증대와, 심리치료, 유아교육, 자폐아 치료 등의 필요성 확대로 인해 로봇이 정신적으로 사람을 보조할 수 있도록 하는 연구가 늘어나고 있으며 인지/정서적 HRI 기술과 더불어 로봇의 사회적 역할을 연구하는 소셜(Social) 로봇에 대한 연구 분야가 중요한 연구 분야로 자리 잡았다. 사람이 상대방이나 사물 뿐 아니라 로봇에게도 사회적으로 관계를 맺고 싶어한다는 주장이 이어지면서 로봇의 사회적 의사소통의 필요성은 계속 확대됐다[24][32][33]. 최근 미국의 국제 전기전자공학회(IEEE) 로봇 및 자동화 매거진에서는 소셜로봇의 영향이 점점 중요한 주제로 부각되고 있다고 언급했다[3][4]. 또한 로봇 분야 최대 규모의 국제학회인 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems(IEEE/RSJ IROS)에서도 소셜 로봇에 대한 관심이 증가하고 있음이 보고됐다[20].

로봇의 정신적, 정서적 보조 역할에 대한 관심이 커지면서 로봇에 정서적 역할을 부여하는 연구들이 발달했다. 사람과 로봇의 심리적인 교류에 정서가 큰 역할을 한다고 받아들여지고 있기 때문이다. 로봇에 정서적 역할이 부여되면 로봇의 사회적 의

사소통을 발달시킬 수 있고, 학습 능력에도 응용될 수 있다. 이를 위한 로봇으로 간단한 감정을 표현하는 로봇에서부터 표정, 음성, 제스처 등의 복합적인 감정을 표현하는 로봇에 이르기까지 다양한 로봇들이 개발되어 왔다. 또한, 이러한 로봇들의 정서 생성 원리에 대한 연구가 심리학을 통해 다양하게 접근되어 개발되고 있다.

이 글에서는 로봇의 사회적 의사소통과 학습 능력 등에 응용되는 로봇의 정서 생성 원리에 대한 소개와 기술 동향에 대해 정리하였다. 먼저 심리학에서 말하는 감정 모델을 설명하고 그 이론들이 기존에는 로봇에 어떻게 적용되었는지 기존 연구를 소개한다(2장). 그리고 최신 연구는 어떻게 진행되고 있는지 최근 학회와 논문의 연구 내용들을 살펴본다(3장). 마지막으로 로봇의 정서 모델 연구에 대한 논의사항들을 언급하며 결론을 맺는다(4장). 참고로 이 글에서 정서와 감정은 같은 의미로 사용되고 있음을 미리 밝힌다.

II. 정서 이론과 로봇에 적용된 기존 연구

1. 정서의 정의

정서가 무엇인지에 대한 질문과 그에 대한 정의를 내리고자

심리학자들은 100년이 넘도록 연구해왔지만 아직 최종적이거나 완벽한 정의라고 의견이 모아진 정서의 정의는 없다[5]. 심리학자 Plutchik의 정의에 따르면 모든 정서는 자극에 대한 반응이다[6]. 하지만 사람들은 뚜렷한 이유 없이 오랜 시간 행복하거나 슬퍼하는 것처럼 보이기도 한다. 이러한 경향성을 기분(Mood), 전반적 감정(Global Affect), 기질(Temperament)라고 부르기도 하지만 그것은 정서와 다른 것으로 이해되고 있다. 대체로 정서는 특정 사건에 대한 반응으로서 일시적으로 일어나는 경험으로 국한하는 것이 일반적이다[5].

Plutchik의 정의에 따르면 정서는 인지, 느낌, 행동의 세 가지 측면을 포함한다. 많은 경우 인지적 평가(Cognitive Appraisal)가 정서 생성의 기본적인 단계가 되며 평가 결과가 신체적인 변화를 일으키게 되고, 그 후 어떻게 정서적으로 반응할지가 결정되게 된다[9]. 따라서 인지적 평가를 어떻게 하는지와 그에 연관된 정서 경험들의 연관관계를 바탕으로 정서 결정 이론들이 정립됐다.

2. 인지 평가 이론과 로봇

인지 평가 모델에는 두 가지 접근법이 있다. 하나는 구조적(Structural) 접근 모델이고, 다른 하나는 과정적(Process) 접근 모델이다. 구조적 접근 모델은 어떤 종류의 평가가 어떤 감정과

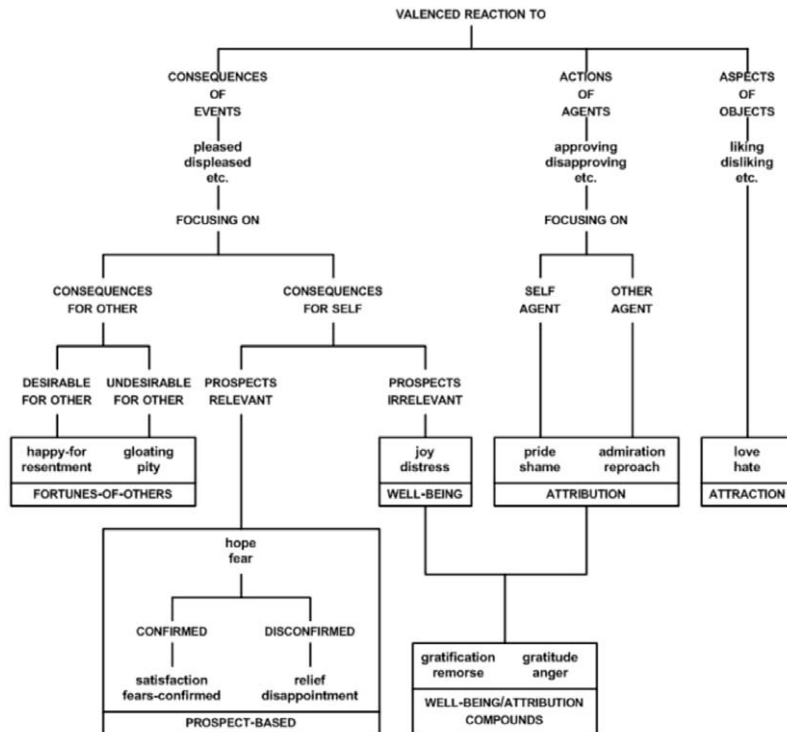


그림 1. OCC 모델의 전체 구조도[12].

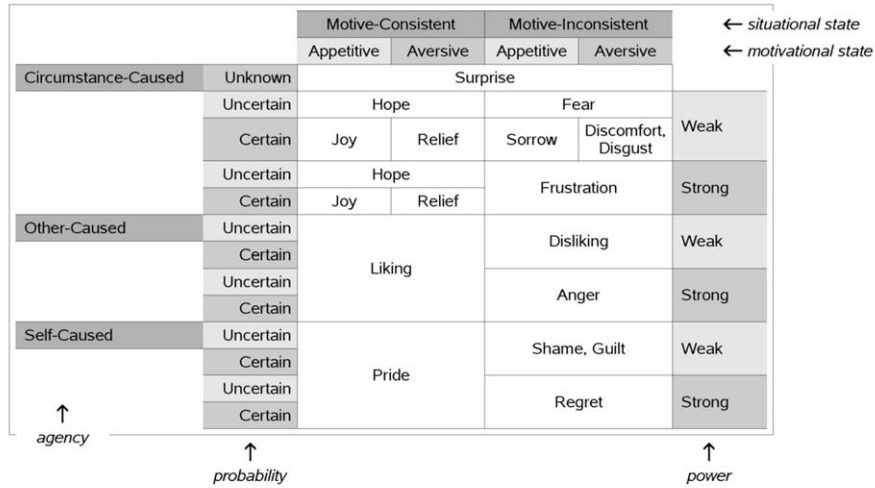


그림 2. Roseman의 인지 평가 모델. 각 요소와 정서 관계(그림: <http://www.iep.utm.edu/emotion/>).

관련이 되어있는지를 설명하는 모델이다. 구조적 접근 모델을 이용하면 상황이 어떻게 평가될지에 따라 어떤 감정들이 나타날지를 예측할 수 있게 된다. 구조적 접근 모델이 감정의 종류만을 다루는 것에 반해 과정적 접근 모델은 감정의 역동성에 관심을 가지고 발전한 모델이다. 즉, 무엇이 인지적 평가의 대상인지에 더해 어떻게 인지적 평가가 일어나는지에 대해 관점을 두고 있다.

Lazarus에 의하면 구조적 접근 모델에는 관계적 측면(Relational Aspect), 동기적 측면(Motivational Aspect), 인지적 측면(Cognitive Aspect)에서 상황이 어떻게 평가되느냐에 따라 각각 다른 감정들이 발현된다고 설명했다[10]. 또한, 인지적 과정은 동기적 관련성(Motivational Relevance)과 일치(Congruence)를 평가하는 주된 인지 단계와 자신이 상대하는 대상이 누구인지, 대처하고자 하는 상황이 무엇인지, 미래의 기대에 대한 평가가 어떻게 이루어지는지에 대한 이차적인 인지 단계로 구분되기도 한다[10][11].

구조적 접근 모델 중에서 컴퓨터 과학 분야와 로봇에 가장 많이 적용된 모델은 Ortony와 Clore, Collins에 의해 제안된 OCC 모델이다. OCC 모델은 일련의 사건, 행위자의 행동, 대상 물체에 대한 좋고 나쁨을 평가하고, 그것이 행위자 자신에 연관된 것인지, 다른 사람과 연관된 것인지를 순차적으로 구분하여 22가지의 감정 종류를 언어내는 관계를 정리하였다[12]. 이후 OCC 모델은 컴퓨터 과학 분야에서 수정, 발전되어왔다[13][14][27].

Smith와 Kirby는 지각된(Perceptual) 자극을 바탕으로 연상적 과정(Associative Processing)과 추론(Reasoning) 과정을 가지는 과정적 접근법의 Two-process 모델을 주장했다[15]. 연상적 과정은

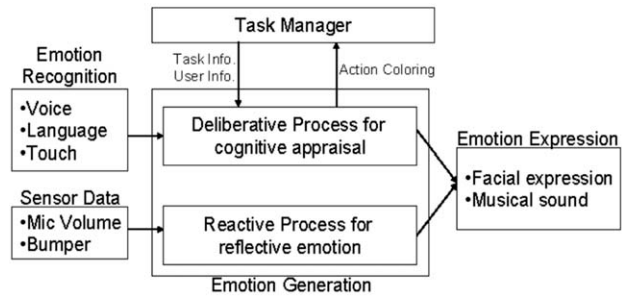


그림 3. 반사적 과정과 심의적 과정의 Two-process 모델[18].

연관된 기억들을 가져와 빠르게 평가하는 과정이고, 추론 과정은 논리적인 사고의 과정을 거치는 상대적으로 느린 평가과정이다[16]. 두 과정은 동시에 각각 따로따로 동작한다. 또 다른 과정적 접근 모델로는 Scherer의 Multi-level Sequential Check 모델이 있다. 이 모델에서는 인지적 평가 과정을 순차적인 세 단계로 나누었다[19]. 각 단계는 선천적인(Innate, Sensory-motor), 학습적인(Learned, Schema-based), 신중한(Deliberate, Conceptual) 과정으로 나뉜다[16]. Two-process 모델에서 두 과정이 각각 따로 동작하는 것에 반해, 이 모델에서는 각 단계가 순차적으로 동작한다. Roseman은 그의 인지 평가 모델에서 감정들과 연결되어있는 특정 평가 요소들이 있다고 주장했다[28]. 그 요소들을 동기의 일관성(Motive Consistency)과 상대방에 대한 책임성(Accountability)이라고 밝혔다. 더불어 동기의 욕구적(Appetitive) 특징과 회피적인(Aversive) 특징을 더해 정서가 다양하게 나타나는 과정에 대해 설명했다.

과정적 모델이 로봇에 적용된 예로는 Two-process 모델을 반사적(Reactive) 과정과 심의적(Deliberative) 과정으로 해석한 연

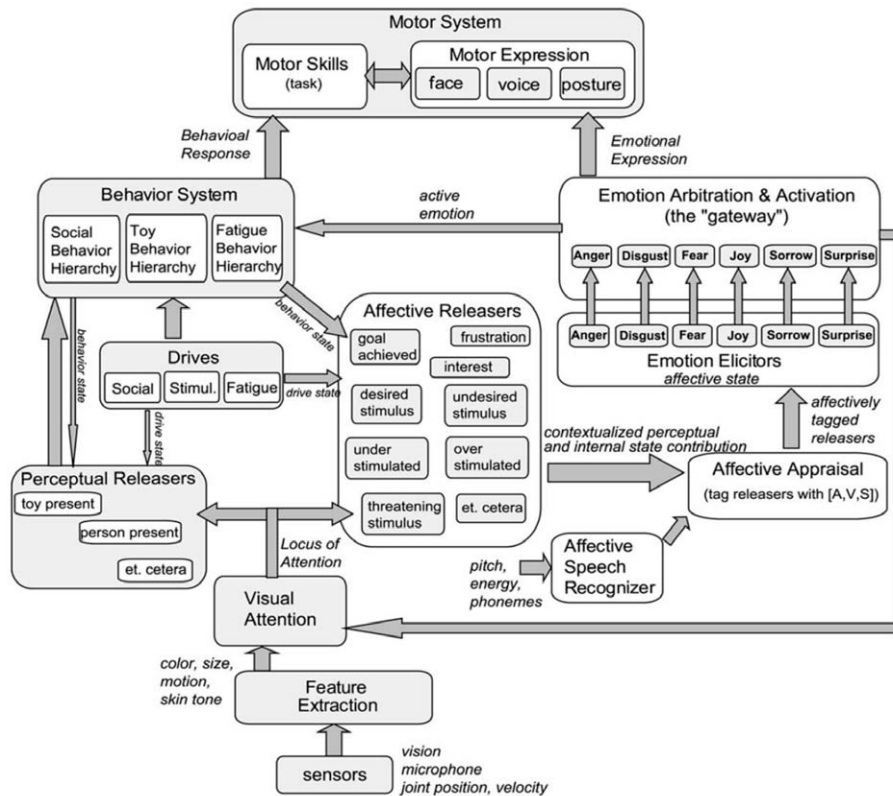


그림 4. Kismet 로봇에 적용된 인지 및 정서 생성 모델(23).

구가 있다[17][18]. 또한, 순차적인 단계 모델의 경우 Scherer의 모델과는 다르지만, 성격(Personality), 기분(Mood)에 영향을 받는 순차적 정서 생성 단계가 제안되기도 했다[21][31][46]. 또한, Roseman과 같이 동기(Motivation)나 충동(Drive), 항상성(Homeostasis)과 같이 정서를 만들어내는 요소를 찾고, 이를 바탕으로 과정적 접근 모델을 제안한 연구들도 있다[22-26].

3. 정서와 동기

정서 모델에서 동기의 개념은 빼놓을 수 없는 존재다. 정서를 알아내기 위해 동기의 관련성이나 일치 여부, 일관성 등이 평가되고 있음을 앞의 설명에서 살펴볼 수 있었다. 정서는 인지적 평가와 다양한 변화를 거치며 행동을 유발한다고 앞에서 설명했다[9]. 그런데 동기 또한 인지적 평가가 이루어지고 여러 단계를 거쳐 행동을 유발한다. 따라서 정서와 동기를 구별해야 할 필요가 있다. 정서와 동기를 구별하는 하나의 차이는 정서는 일반적으로 시간이 지남에 따라 때로는 급속히 약화하지만, 동기는 목표가 달성될 때까지 지속한다는 점이다[7]. 또 다른 차이로 동기는 내적 요구를 포함하여 반영한다는 것이지만 정서는 의적 자극의 인지적 평가에 의존하고 있다는 주장도 있다[8].

Higgins는 여러 심리학자들의 말을 정리하며 정서와 동기의 차이와 관계에 대해 다음과 같이 정리했다. 감정은 동기(motivation)의 종류와 목표에 대한 성취도의 피드백(feedback)으로 나타나며, 동기의 크기는 감정의 크기와 정서적 경험 강도에 영향을 미치는 선행요인(precursor)이다[29][30]. 즉, 동기를 정서의 기저에 해당하는 개념으로 이해했다.

4. 동기의 분류와 로봇

동기 이론들은 거시적으로 다음의 세 분류로 나뉜다[30]. 첫째는 동기를 생존을 위한 에너지로 인식하는 것이다. 둘째로 동기는 쾌락(Pleasure)을 최대로 하거나 고통(Pain)을 최소로 하려는 경향성을 만드는 요인으로 이해되기도 한다. 마지막으로 동기는 무언가를 추구함에서 있어 효과적이기 위한(To Be Effective) 선호도를 결정하는 요인으로 인식된다. 이는 가치효용성(Value Effectiveness), 진실효용성(True Effectiveness), 통제효용성(Control Effectiveness)의 세가지로 구체화되기도 한다. 가치효용성은 목표 결과가 실제적인 가치를 발생시키는 경우 발생하는 동기이고, 진실효용성은 밝혀지지 않은 사실을 확인하고자 하는 동기이며, 통제효용성은 자신의 행동이나 주변 상황을

통제하고자 하는 동기이다[30].

로봇 연구자들은 동기 이론들을 복합적으로 로봇에 적용해 왔다[34]. 첫 번째 분류로서의 동기 개념은 독립적으로 구분되어 로봇에 구현되지는 않았지만, 로봇이 위험 상황에 직면했을 때 이를 벗어나고자 하는 행동 패턴을 수행하도록 하거나 생명체의 생명 유지 특징인 항상성(Homeostasis)을 로봇에 도입함으로써 그 개념이 적용됐다[22][26][35][36]. 로봇은 자신의 존재를 보호해야 한다는 개념은 Issac Asimov의 로봇 3법칙에 들어있기도 하다. 두 번째 분류로서의 동기 개념은 다수의 로봇에서 구현되었다. 상대방이 로봇에게 칭찬이나 혼냄 등의 보상이나 벌을 주면 로봇은 그에 대한 반응으로 칭찬을 더 받기 위하여나 혼남을 피하기 위해 행동하도록 구현되어왔다[22][18][36]. 마지막 분류로서의 동기를 가치효용성, 진실효용성, 통제효용성으로 나누어 살펴보면, 가치효용성의 경우는 쾌락주의원리(Hedonic Principle)의 개념으로 로봇에 구현되어 있는 경우가 많으며 이는 앞서 두 번째 분류로서의 동기 개념과 크게 다르지 않다고 볼 수 있다. 또한, 첫 번째 분류로서의 동기 개념도 가치효용성의 하나로 적용되었다고 볼 수도 있다. 진실효용성의 경우는 로봇의 학습 및 탐구 기능으로서 다양한 형태로 구현되었고, 로봇의 호기심이라 표현될 수도 있다. 이 진실효용성을 호기심의 개념으로 보고 소비함수(Cost Function)의 형태로 정의하여 내적동기(Intrinsic Motivation)를 계산하는 체계를 제안한 연구가 있다[51][52]. 하지만 진실효용성의 경우 로봇의 감정과 연관 지어 연구되지는 않았다. 통제효용성은 로봇에 적용된 사례를 찾기 어렵다. 로봇은 자신이 통제할 수 없는 부분들은 인식하지 못하는 범주로 분류하기 때문이다. 효용성이 평가된 후에

는 각 효용성에 따른 다른 종류의 감정들을 경험하게 된다[30].

5. 정서의 종류와 분류

앞서 설명된 인지 평가 이론과 동기 이론을 바탕으로 경험되는 정서의 종류는 우리가 아는 정서와 관련된 단어 이상으로 많이 존재한다. OCC 모델의 경우는 22가지 정서를 알아낼 수 있다[12]. Roseman의 모델에서는 5가지 인지 평가 요소로부터 14개의 정서를 알아낼 수 있다[28] [39]. 로봇 연구에서는 로봇이 응용되는 분야와 특징에 따라 선택적으로 사용되었다. 따라서 정서를 로봇에 가져옴에서 정서의 종류와 분류를 아는 연구가 필요하게 된다.

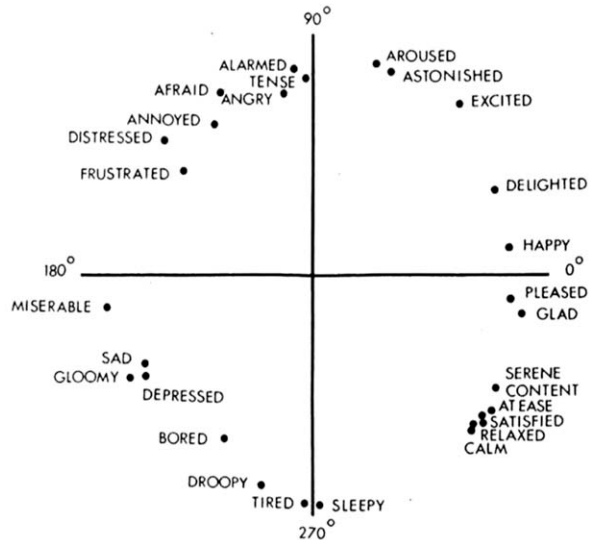


그림 5. Russell의 원형모델. 2차원 정서공간 상의 감정 분포.

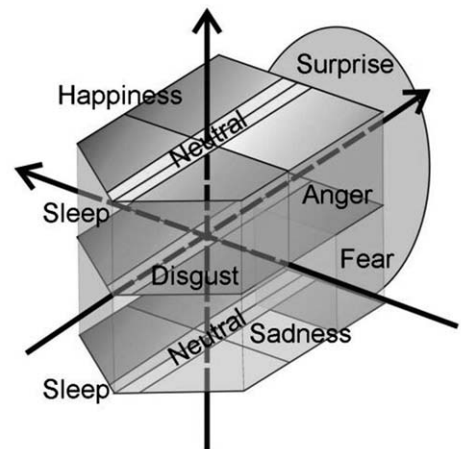
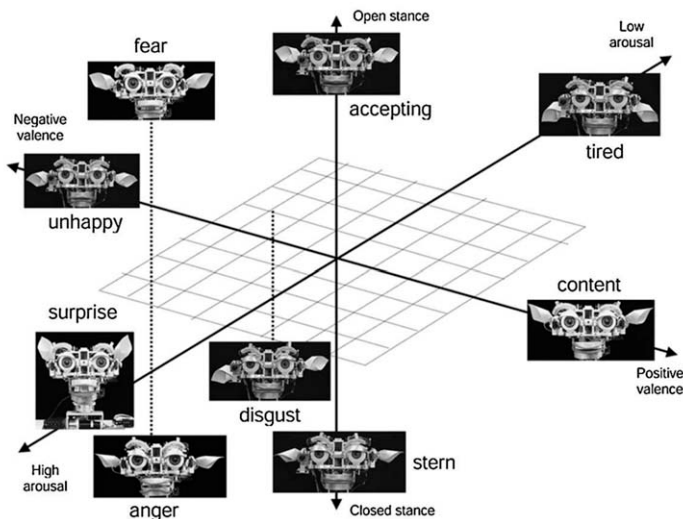


그림 6. Kismet과 WE-4R에 사용된 3차원 공간 모델과 영역별 정서 할당[23][31].

사람의 포옹을 인식할 수 있고, 포옹이 인식되면 기쁨의 상태가 되었다. 또한, 포옹이 일정 시간 동안 인식되지 않으면 슬픔이나 짜증이 나는 상태로 로봇의 정서가 변화하고 표현되도록 했다. 이 연구는 사람과 상호작용을 통해 로봇의 정서를 즉각적으로 변화시킴으로써 사람이 로봇의 상태를 쉽게 알아볼 수 있도록 했다. 다만 디자인 관점에서만 개발되어 단순한 인식 기능과 다양하지 못한 정서를 가지고 있는 것이 한계다. 이 연구는 사전 연구로서 추후 더 다양한 정서와 인식 기능을 더하는 연구를 계획하고 있다.

네덜란드 Utrecht 대학의 Myrthe Tielman는 2014년 ACM/IEEE

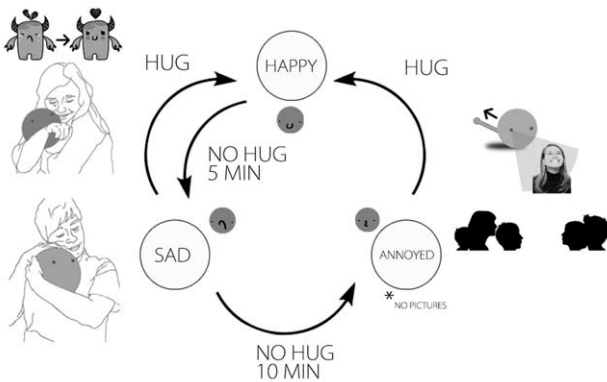


그림 8. 포옹의 유무에 따른 애완용 로봇의 정서 변화(47).

HRI 국제학회에서 로봇과 아이의 상호작용을 위한 적응형 정서 모델을 제안했다[48]. 이 연구는 아이의 정서 상태에 따라 로봇의 정서 표현이 달라지게 하도록 했는데, 로봇의 내부 정서 상태 아이의 감정을 닮아가는 방식으로 구현되었다. 로봇은 기본적으로 쾌/불쾌와 각성의 정도를 정서의 상태로 가지도록 설계되었고 추가로 외향성 정도가 로봇의 내부 상태로 정의되었다. 로봇의 외향성은 사람은 자신과 성격이 상대 아이의 외향성 정도와 비슷하게 설정됐는데, 비슷한 사람을 더 선호한다는 가정하에, 아이가 로봇을 좋아하도록 하기 위함이었다. 외향성은 바뀌는 것이 아니므로 실험 초기에만 설정한다. 로봇의 정서 상태는 로봇이 문제를 맞추거나 틀리는 등 일련의 외부 상황의 변화가 평가되면서 변하기도 하지만 로봇의 정서를 변화시킬만한 외부 상황이 없으면 로봇의 정서는 아이의 정서 상태를 닮아가도록 설계되었다. 다만 이 연구에서 로봇은 아이의 정서를 자동으로 인식하는 대신 원격으로 사람이 아이의 정서를 파악해 로봇에게 알려주는 식으로 실험이 진행되었다. 연구의 결과는 아이의 정서를 닮도록 설계된 로봇의 정서 모델이 아이와 상호작용에 긍정적인 요소로 작용하였다는 것이다.

한국 KAIST의 이원형 및 정명진 교수 연구팀은 2014년 5월 제어로봇시스템학회 논문지에 사람과 로봇의 사회적 상호작용을 위한 로봇의 가치효용성 기반 동기-감정 생성 모델을 제안했다

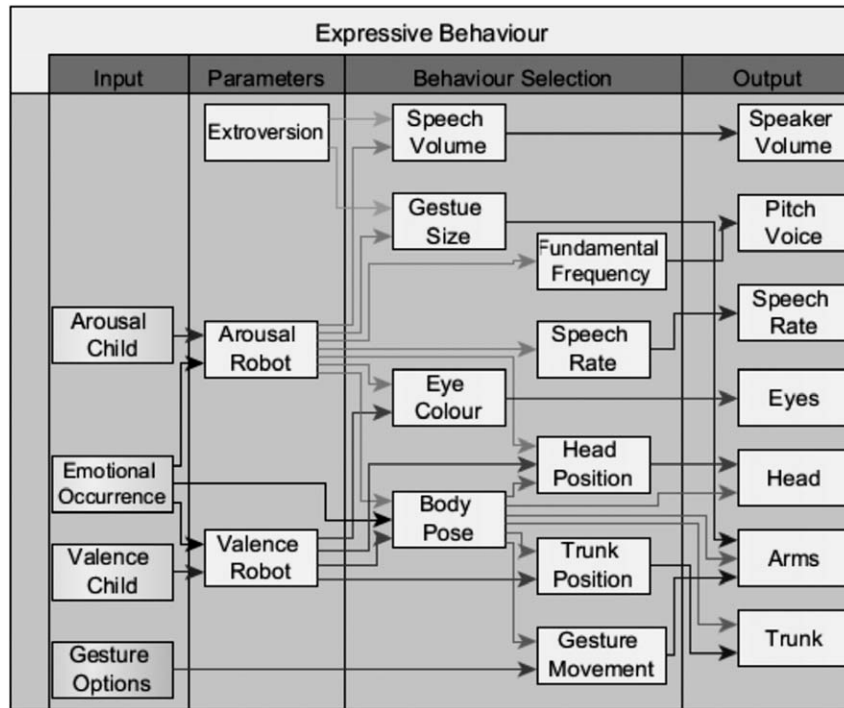


그림 9. 적응형 정서 모델의 구조도(48).

[50]. 이 연구는 Higgins의 동기 개념 중 가치효용성을 바탕으로 접근동기, 회피동기가 어떻게 결정되는지와 효용성의 달성도에 따른 연관 감정들을 수학적으로 계산하는 모델을 제안했다. 더불어 조절 초점이론과 Russell의 원형이론을 통합하여 감정의 종류와 크기를 계산하는 방법을 제시하였다. 이 연구는 Higgins의 동기 개념 중 진실효용성과 통제효용성을 더 탐구해야 하는 추후 연구를 남겨두고 있다.

Malta 대학의 Mirjam Palosaari Eladhari는 2014년 IEEE Transactions on Affective Computing 논문지의 특집 세션 Emotion in Games를 통해 정서와 성격을 활용한 마음(Mind) 모델을 제안했다[53]. 이 연구에서는 30개의 성격 특성(Personality Traits)과 정서적 생각(Sentiment)을 정서가 생겨나는 요소로 생각하고, 각

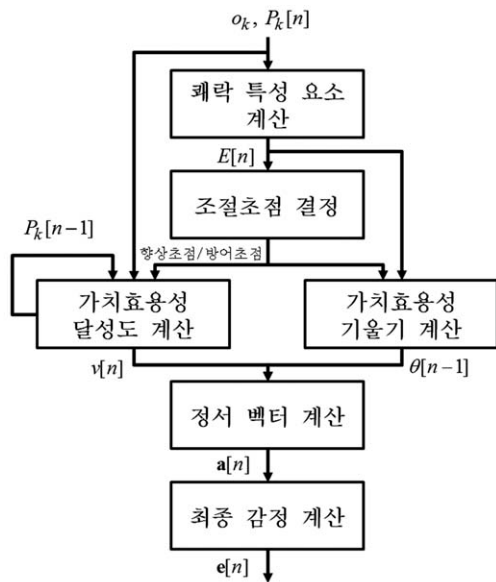


그림 10. 가치효용성 기반 동기-감정 생성 모델 전체 구조도(50).

요소를 노드(Node)로 간주했다. 이 노드들과 14개의 정서 노드들은 가중치(Weights)에 따라 영향을 주도록 구현했다. 나아가 감정들은 2개의 기분(Mood) 노드와 연결되었다. 각 노드들의 연결은 Moffat의 모델을 모방하여 구현되었다[54]. 성격 특성과 정서의 관계 가중치는 Five Factor Model를 통해 저자의 실험결과대로 저자가 값을 결정하였고, 정서적 생각 노드는 정서 노드와 바로 연결되었다. 정서 노드는 내적 기분과 외적 기분의 두 기분 노드로 연결되는데 내적 기분은 내적 상태들의 조화를 의미하는 감정 값들과 연결되었고, 외적 기분은 사회적 역할을 하는 감정들과 연결되었다. 이 연구는 정서를 구성하는 각 단계를 노드화하여 네트워크 형태로 모듈화하고 수식화하였다. 하지만 각 노드 사이의 가중치들을 저자의 경험을 통해 결정하는 등의 약점이 있다.

네덜란드 Amsterdam 대학의 Alexandru Popescu는 앞서 소개한 연구와 같은 2014년 IEEE Transactions on Affective Computing 논문지의 특집 세션 Emotion in Games를 통해 게임 내에서 인공지능 캐릭터의 정서 모델을 제안했다[56]. 이 연구는 OCC 모델을 가져와 수식화하고 인공지능 캐릭터의 정서 모델로 구현하였다. 먼저, 인지 평가 요소들로 상황의 유용성(Utility)과 정보의 정확성(Likelihood), 원인 제공 대상(Causal Agent), 영향을 받는 결과(Affected Goals), 그리고 현재 그것이 어느 정도 달성됐는가(Congruence)를 얻는다. 이를 바탕으로 그 상황을 바라보는 정도(Disirability)와 목표 가능성(Goal Likelihood)을 계산한다. 두 가지가 계산되면 약속된 조건에 따라 자기 스스로를 향하는 내면의 정서(Internal Emotions)와 상대방을 향하는 사회적 정서(Social Emotions)가 얻어지게 된다. 각 정서는 쾌/불쾌, 각성, 지배성으로 구성된 3차원 정서 공간으로도 나타나도록 하여 정서의 차원 성분을 가져다 쓸 수도 있도록 구현하였다. 이 연구는

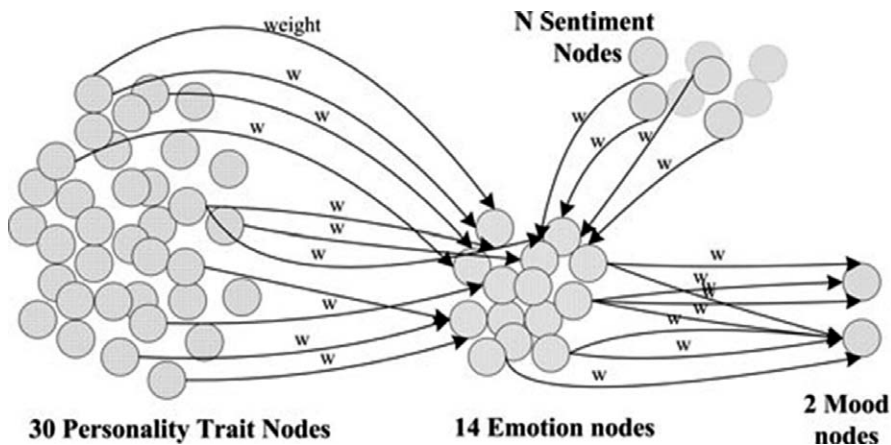


그림 11. 성격 특성, 정서적 생각, 정서, 기분 노드들의 연결 방향 다이어그램(53).

아케이드 게임, 롤 플레잉 게임, 실시간 전략 시뮬레이션 게임, FPS 게임의 인공지능 캐릭터에 적용되어 테스트 되었다. 이 정서 모델은 게임 어플리케이션을 대상으로 구현된 것이지만 인공지능 캐릭터를 시뮬레이션 상에서의 로봇으로 생각한다면 의미 있게 참고 할 있는 연구다.

이 외에 2014년 9월에 영국 에딘버러에서 열리는 IEEE RO-MAN 국제학회에는 “Developmental and bio-inspired approaches for memory and emotion modelling in cognitive robotics”라는 주제로 워크샵이 계획되어 있다. 이 워크샵에서 열리는 여러 연구 내용들에 대해 살펴보는 것도 이 분야의 최근 동향을 살펴볼 좋은 기회가 될 것으로 기대된다.

IV. 결론

로봇의 사회적 의사소통을 위한 정서 생성 기술 관련 인문학 배경과 로봇에 적용된 기존 연구들, 그리고 최신 연구들을 살펴 보았다. 대부분의 정서 생성 연구의 경우 정서 생성만을 목적으로 하기보다는 학습이나 치료, 사용자 경험의 향상 등의 목적을 가지고 로봇이 특정 작업을 수행하는 상황에서 정서 생성을 가 정하는 경우가 많았다. 따라서 로봇이 적용될 상황이나 시나리오, 로봇의 하드웨어적 특징에 따라 로봇에 사용되는 정서 이론과 표현될 감정의 종류 등이 달라졌다.

로봇의 정서 생성 기술은 인문학적인 내용을 수식화하여 실제 로봇이나 인공지능에 구현해야 하는 기술이다. 따라서 심리학이나 교육학 등의 지식과 기계, 전자, 전산에 해당하는 지식을 함께 알아야 하는 융합 학문의 영역에 있다. 다양한 분야의 연구자들이 함께 모여서 고민하고 의견을 모아야 하는 이유다. 이러한 이유로 다양한 분야의 연구자들이 모이는 IEEE RO-MAN, ACM/IEEE HRI, IEEE/RSJ IROS, ICSR와 같은 국제학회를 적극적으로 활용할 필요가 있다.

정서 생성 기술의 발전으로 사람의 사회적, 정신적, 정서적 필요를 도울 수 있는 다양한 연구 방향들이 제시되기를 기대해 본다.

참고문헌

[1] The Freedomia Group, Inc. 보고서, 2014년
 [2] KOTRA 글로벌 원도우 보고서, 2014년
 [3] Scheutz, Matthias. “What is robot ethics?[TC spotlight]” *Robotics & Automation Magazine, IEEE*, 20.4 (2013): 20-165.

[4] Lin, Patrick, Keith Abney, and George A. Bekey. *Robot Ethics: The Ethical and Social Implications of Robotics*. The MIT Press, 2011
 [5] Kalat, James, and Michelle Shiota. *Emotion*. Cengage Learning, 2011.
 [6] Plutchik, Robert. "A psychoevolutionary theory of emotions." *Social Science Information/sur les sciences sociales* (1982).
 [7] Robinson, Michael D., and Gerald L. Clore. "Belief and feeling: evidence for an accessibility model of emotional self-report." *Psychological bulletin* 128.6 (2002): 934.
 [8] Keltner, D., & Shiota, M. N. "New displays and new emotions: A commentary on Rozin and Cohen". *Emotion*, 3, 86?91. (2003)
 [9] Lazarus, Richard S. "Relational meaning and discrete emotions." In K. R. Scherer, A. Schorr, & T. Johnstone (Eds.), *Appraisal processes in emotion* (pp. 37-67). New York: Oxford University Press (2001).
 [10] Lazarus, Richard S. "Progress on a cognitive-motivational-relational theory of emotion." *American psychologist* 46.8 (1991): 819.
 [11] Smith, Craig A., and Leslie D. Kirby. "Putting appraisal in context: Toward a relational model of appraisal and emotion." *Cognition and Emotion* 23.7 (2009): 1352-1372.
 [12] Ortony, A., Clore, G.L., Collins, A.: *The Cognitive Structure of Emotions*. Cambridge University Press, Cambridge, UK (1988)
 [13] Bartneck, Christoph. "Integrating the occ model of emotions in embodied characters." *Workshop on Virtual Conversational Characters*. 2002
 [14] Steunebrink, Bas R., Mehdi Dastani, and John-Jules Ch Meyer. "The OCC model revisited." *the 4th Workshop on Emotion and Computing*. 2009
 [15] Smith, C. A., & Kirby, L. (2000). "Consequences require antecedents: Toward a process model of emotion elicitation". In J. P. Forgas (Ed.), *Feeling and Thinking: The role of affect in social cognition* (pp. 83-106): Cambridge University Press.
 [16] Marsella, Stacy, and Jonathan Gratch. "Modeling coping behavior in virtual humans: don't worry, be happy." *Proceedings of the second international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems*. ACM, 2003.
 [17] A. Sloman, R. Chrisley and M. Scheutz, "The Architectural Basis of Affective States and Processes," in *Who Needs Emotions?*, J.M.

- Fellous & M.A. Arbib, Ed. New York: Oxford University Press, 2005, pp. 203-244.
- [18] Kwon, D.S., "Emotion interaction system for a service robot", *16th IEEE International Conference on Robot & Human Interactive Communication*, 2007
- [19] Scherer, Klaus R. "Appraisal considered as a process of multilevel sequential checking." *Appraisal processes in emotion: Theory, methods, research* 92 (2001): 120.
- [20] 이원형, and 정명진. "IROS 2013 Social HRI 연구 동향." *로봇과 인간* 11.1 (2014): 14-24.
- [21] Kshirsagar, Sumedha. "A multilayer personality model." *Proceedings of the 2nd international symposium on Smart graphics. ACM*, 2002.
- [22] Arkin, Ronald C., et al. "An ethological and emotional basis for human-robot interaction," *Robotics and Autonomous Systems* 42.3, pp. 191-201, 2003.
- [23] Breazeal, Cynthia, "Function meets style: insights from emotion theory applied to HRI," *Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on* 34.2, pp. 187-194, 2004.
- [24] Breazeal, Cynthia L. *Designing Sociable Robots with CDROM*, MIT press, 2004.
- [25] J.H. Kim, S.H. Cho, Y.H. Kim and I.W. Park, "Two-layered Confabulation Architecture for an Artificial Creature's Behavior Selection," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - PART C*, vol.38, no.6, pp.834-840, Nov. 2008
- [26] Lee, Won Hyong, et al. "Robot's emotion generation model for transition and diversity using energy, entropy, and homeostasis concepts," *Robotics and Biomimetics (ROBIO), 2010 IEEE International Conference on*. IEEE, 2010.
- [27] Kim, Won Hwa, et al. "Stochastic approach on a simplified OCC model for uncertainty and believability," *Computational Intelligence in Robotics and Automation (CIRA), 2009 IEEE International Symposium on*. IEEE, 2009.
- [28] Roseman, Ira J. "Appraisal determinants of emotions: Constructing a more accurate and comprehensive theory." *Cognition & Emotion* 10.3 (1996): 241-278.
- [29] Higgins, E. Tory. "Promotion and prevention experiences: Relating emotions to nonemotional motivational states," *Handbook of Affect and Social Cognition*, pp. 186-211, 2001.
- [30] Higgins, E. Tory, *Beyond Pleasure and Pain: How Motivation Works*. Oxford University Press, 2011.
- [31] Miwa, Hiroyasu, et al. "A new mental model for humanoid robots for human friendly communication introduction of learning system, mood vector and second order equations of emotion," *Robotics and Automation, 2003. Proceedings. ICRA'03. IEEE International Conference on*. vol. 3. IEEE, 2003.
- [32] Thomaz, Andrea L., and Cynthia Breazeal, "Teachable robots: Understanding human teaching behavior to build more effective robot learners," *Artificial Intelligence*, 172.6, pp. 716-737, 2008.
- [33] Kozima, Hideki, Marek P. Michalowski, and C. Nakagawa, "Keepon: A Playful Robot for Research, Therapy, and Entertainment," *International Journal of Social Robotics* 1.1, pp. 3-18, 2009.
- [34] Hawes, Nick. "A survey of motivation frameworks for intelligent systems," *Artificial Intelligence* 175.5, pp. 1020-1036, 2011.
- [35] Breazeal, Cynthia, "A motivational system for regulating human-robot interaction," *AAAI/IAAI*, 1998.
- [36] Dimas, Joana, et al. "Pervasive pleo: long-term attachment with artificial pets," *Mobile HCI*, 2010.
- [37] Oudeyer, Pierre-Yves, and Frederic Kaplan, "What is intrinsic motivation? a typology of computational approaches," *Frontiers in Neurobotics* 1, 2007.
- [38] Oudeyer, P-Y., Frédéric Kaplan, and Verena Vanessa Hafner, "Intrinsic motivation systems for autonomous mental development," *Evolutionary Computation, IEEE Transactions on* 11.2, pp. 265-286, 2007.
- [39] Roseman, Ira J. "Cognitive determinants of emotion: A structural theory." *Review of Personality & Social Psychology* (1984).
- [40] Ekman, Paul. "Universals and cultural differences in facial expressions of emotion." *Nebraska symposium on motivation*. University of Nebraska Press, 1971.
- [41] Sokolov, Evgeni N., and Wolfram Boucsein. "A psychophysiological model of emotion space." *Integrative Physiological and Behavioral Science* 35.2 (2000): 81-119.
- [42] Russell, James A., "A circumplex model of affect," *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 39, no. 6, Dec. 1980.
- [43] Feldmaier, Johannes, and Klaus Diepold. "Emotional evaluation of bandit problems." *In RO-MAN*, 2013 IEEE, pp. 149-154. IEEE, 2013.

[44]Bischof, Norbert. "A systems approach toward the functional connections of attachment and fear." *Child Development* (1975): 801-817.

[45]Kiryazov, Kiril, Robert Lowe, Christian Becker-Asano, and Marco Randazzo. "The role of arousal in two-resource problem tasks for humanoid service robots." *In RO-MAN, 2013 IEEE*, pp. 62-69. IEEE, 2013.

[46]C. Becker-Asano, WASABI: Affect Simulation for Agents with Believable Interactivity. PhD thesis, AI Group, University of Bielefeld, 2008.

[47]Nuñez, Eleuda, Kyohei Uchida, and Kenji Suzuki. "PEPITA: A Design of Robot Pet Interface for Promoting Interaction." *Social Robotics*. Springer International Publishing, 2013. 552-561.

[48]Tielman, Myrthe, et al. "Adaptive emotional expression in robot-child interaction." *Proceedings of the 2014 ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction*. ACM, 2014.

[50]이원형, 박정우, 김우현, 이희승, and 정명진. "사람과 로봇의 사회적 상호작용을 위한 로봇의 가치효용성 기반 동기-감정 생성 모델." *제어로봇시스템학회 논문지* 20, no. 5 (2014): 503-512.

[51]Oudeyer, Pierre-Yves, and Frederic Kaplan, "What is intrinsic motivation? a typology of computational approaches," *Frontiers in Neurobotics* 1, 2007.

[52]Oudeyer, P-Y., Frédéric Kaplan, and Verena Vanessa Hafner, "Intrinsic motivation systems for autonomous mental development," *Evolutionary Computation, IEEE Transactions on* 11.2, pp. 265-286, 2007.

[53]Eladhari, Mirjam Palosaari. "The Mind Module-Using an Affect and Personality Computational Model as a Game-play Element." *Affective Computing, IEEE Transactions on* 5.1 (2014)

[54]B. Moffat, "Personality parameters and programs," in *Proc. Creating Personalities Synthetic Actors*, 1997, pp. 120?165.

[55]E. C. Tupes and R. E. Christal, "Recurrent personality factors based on trait ratings," *J. Personality*, vol. 60, no. 2, pp. 225?251, 1992.

[56]Popescu, Alexandru, Joost Broekens, and Maarten van Someren. "GAMYGDALA: An Emotion Engine for Games." *Affective Computing, IEEE Transactions on* 5.1 (2014)

● 저자약력



이원형

- 2008년 KAIST 전기및전자공학과 학사.
- 2010년 KAIST 전기및전자공학과 석사.
- 2010년~현재 KAIST 전기및전자공학과박사과정 재학중.
- 관심분야 : HRI, Social Robotics, Robot's Emotion and Motivation, and Its Applications.



정명진

- 1973년 서울대학교 공과대학 전기공학과 학사.
- 1977년 미시간대학교 전기공학과 석사.
- 1983년 미시간대학교 제어공학과 박사.
- 1983년~현재 KAIST 전기및전자공학과 교수.
- 관심분야 : sensor-based robot control and planning, HRI, and service robots for the disabled.