

감성교감형 로봇 연구동향

한국생산기술연구원 | 이동욱* · 김홍석 · 이호길

1. 서론

1960년대 컴퓨터로 제어되는 최초의 산업용 로봇이 등장한 이래 로봇은 소설과 영화 속의 허구적인 로봇을 따라잡으려고 끊임없는 노력을 하면서 발전하였다. 단순한 작업만을 할 수 있었던 초기의 산업용 로봇에서부터 사람과 감정을 교류하고 걸어다니는 최근의 로봇까지 로봇의 기술은 컴퓨터의 발달과 함께 점점 고도화 되어가고 있다. 아직 비정형적인 환경에서 인간과 같이 지능적으로 행동하는 로봇이 개발되지는 않았지만 점차로 로봇과 사람이 대면하는 기회는 많아 질 것으로 예상된다.

인간은 진화를 통하여 인간과 인간의 상호작용을 위한 감정시스템을 발달시켜왔다. 사람은 다른 사람의 미세한 감정을 읽을 수 있고, 자신의 감정을 표현할 수 있다. 웃음이나 슬픈표정이 전염되는 것은 이와 같이 발달된 감정시스템의 작용이라고 볼 수 있다. 로봇이 자연스럽게 인간과 함께 공존하기 위해서는 로봇이 인간의 감정시스템을 모방한 인간지향적 시스템의 개발이 필요하다.

그동안 감정은 인지적 판단을 방해하는 의식의 주관적인 요소로 간주되어 인지과학의 연구에서 소외되어 왔다. 하지만 뇌과학적 지식의 증가에 따라 감정은 인지과정의 부수적인 존재가 아니라 인지과정에 깊숙이 관여하며 인간을 인간답게 만드는 중요한 요소로 재평가 받으면서 주목을 받기 시작했다. 최근 감정에 대한 연구는 인지과학 및 심리학 분야뿐만 아니라 로봇공학에서도 중요한 연구분야로 자리잡고 있다[1-3].

감정을 이해하고 표현하는 로봇에 대한 연구는 주로 사람을 닮은 휴머노이드 타입의 로봇이나 애완동물을 모방한 형태를 추구하게 된다. 그 이유는 인간의 인지시스템은 인간이 살아온 환경에서 인간이나 인간과 함께 생활한 동물들과 감성상호작용을 할 수

있도록 발달되어왔기 때문이다. 인간은 다른 사람의 미세한 감정의 표현을 인식할 수 있는 능력을 가지고 있으며 특히 얼굴로부터는 40여가지 미세한 표정을 읽을 수 있다고 알려져 있다. 따라서 인간과 감정 상호작용하는 로봇에 대한 연구도 인간의 인지시스템을 이용하는 방법으로 진행되고 있다. 이러한 방법의 대표적인 방법은, 로봇이 인간과 유사한 감정시스템을 갖도록 하는 것이다.

MIT의 Brezeal은 인간형 얼굴로봇 Kismet를 이용하여 로봇의 감정시스템 연구를 개척하였으며 심리학적 모델에 기초한 3차원 감정공간을 이용한 감정모델을 개발하였다[2]. 이에 앞서 MIT의 Brooks는 곤충의 행동을 모방한 행동기반구조[4]를 제창하여 기존의 심볼릭기반 인공지능 연구에 새로운 바람을 일으켰으며 Kismet 개발에 영향을 주었다. Waseda 대학의 Miwa는 WE-4를 개발하여 심리학적 3차원 감정공간에 기반한 감정모델과 인지기능을 포함한 로봇의 Mind 모델을 제안하였다[3].

최근 이에 더 나아가 일본, 미국, 한국 등에서 인간의 외모를 똑같이 닮은 안드로이드(android)의 개발이 진행되고 있다. 안드로이드는 인간의 모습 그대로 만들어진 로봇을 의미하는 말로 전신형 안드로이드는 Osaka 대학의 Replee-Q1[5]과 이를 상용화한 Kokoro사의 Actroid[6], 국내의 EveR-1 [7,8] 등이 있고 얼굴형 안드로이드는 미국의 Hanson Robotics사의 얼굴로봇[9]이 대표적이다. 안드로이드의 피부는 실리콘이나 폴리우레탄 재질을 이용하여 인간과 유사한 모양과 질감을 갖고 인간과 똑같은 표정을 지을 수 있어 궁극적으로 인간과 감성친화성이 매우 높은 로봇을 개발할 수 있다.

로봇의 감정을 실제 제품에 응용시킨 대표적인 사례는 Sony의 강아지 로봇 AIBO를 들 수 있다[10]. AIBO는 다양한 성격을 가질 수 있으며 성장함에 따라 행동양식이 달라진다. 여기에 사용된 감정시스템은 단순히 감정반응이나 성격의 변화를 DB구축에 의해 구현

* 정회원

함으로써 이론적인 측면보다는 실제적인 효과에 중점을 두었다. 또한 심리 치료용으로 개발된 물개모양의 Paro[11] 또한 환자나 노인의 감정을 이해하고 표현하는 감성교감형 로봇이다.

본고에서는 감성교감형 로봇의 개발을 위한 감정시스템에 대하여 살펴보고 감정시스템이 실제 적용된 로봇의 사례와 필자가 개발하고 있는 안드로이드로봇 EveR-2의 사례를 통하여 감성교감형 로봇의 현황과 앞으로의 발전방향을 전망해 본다.

2. 감정시스템의 구성요소

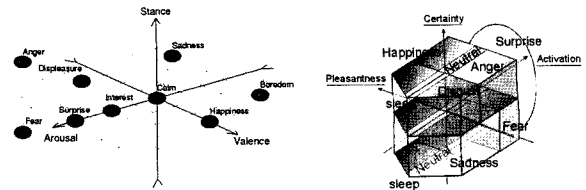
감정이란 어떤 내적 또는 외적 상황에 대하여 호오적(好惡的) 평가를 하고 그 상황에서 반응을 준비시키는 심리적 과정이다[12]. 감정시스템은 감정인식, 감정생성, 감정표현의 3단계로 구성된다. 각각 시각, 청각, 촉각 등의 정보로부터의 감정인식부분, 인식된 감정을 처리하고 감정을 생성하는 감정생성부분, 그리고 표정, 제스처, 음성 등을 통하여 감정을 표현하는 부분으로 이루어진다.

2.1 감정인식

로봇의 감정 인식은 로봇이 자신의 센서로부터 들어온 정보들을 가지고 자신의 감정을 생성하기 위해서 정보 처리를 하는 것이다. 이러한 정보 처리를 통해서 로봇 외부의 자극들은 로봇 감정생성 모델에 들어가기 위한 정규화된 입력 벡터로 바뀌게 된다. 로봇의 감정인식을 위하여 마이크(음성), 카메라(시각), 촉각 등의 센서를 통해 정보를 받아들인다. 이중 음성은 음성인식을 통한 언어의 이해를 통한 감정과 음향정보에서부터의 감정 두 가지를 얻을 수 있다. 시각은 주로 표정인식을 통한 사람의 감정인식과 제스처 인식을 통한 보조적인 감정인식 등이 사용된다. 촉각은 접촉하는 애완용 로봇 등에 주로 응용되어 쓰다듬기, 때리기, 안아주기 등의 접촉을 통한 감정정보를 받아들인다. 이외에도 후각과 미각으로부터 정보를 받아들일 수가 있으며 최근에는 뇌파나 심전도 등 생체신호를 이용한 감정인식의 연구도 수행되고 있다[13-16].

2.2 감정생성모델

감정생성모델은 입력된 감정과 로봇의 상태를 참조하여 로봇의 출력감정을 생성하는 모델을 말한다[17-20]. 이러한 감정모델을 설계하기 위하여 동기, 성격 등을 포함하여 고려하기도 한다[20,21]. 본 절에서는 Kismet과 WE-4에 사용된 감정공간모델을 중심으로 살펴본다.



(a) Kismet의 감정공간 (b) WE-3의 감정공간

그림 1 감정공간 모델

감정공간모델은 감정을 연속적인 차원의 공간상에 표현하기 위한 심리화적인 도구로서 Breazeal의 Kismet의 모델과 Nagoya 대학 Miwa의 WE-4의 모델이 로봇에 적용된 사례로 대표적이다[2,3]. 감정공간모델은 감정을 3차원 공간상에 연속적인 값으로 표현할 수 있어 감정의 강도에 따라 다양하게 변화하는 감정을 표현할 수 있다. Breazeal은 Arousal, Valence, Stance의 3개의 축으로 이루어진 감정공간 상에 9개의 감정을 표현하였고, Miwa는 Pleasantness, Activation, Certainty 3개의 축으로 구성된 감정공간에 7개의 감정을 표현하였다.

한편 KAIST의 이희승 등은 마스코트형 로봇의 얼굴 표정표정공간을 제안하여 놀람, 슬픔, 혐오 3개의 표정을 축으로한 3차원 공간모델을 제안하였다[22]. 본 모델은 각 축이 의미하는 바를 임의로 정한 것이 아니라 표정벡터의 분석에 의해 3가지 감정이 축으로 자동결정 됨으로써 표정으로부터 인간의 내부상태를 모델링 했다는데 의미가 있다.

연세대의 한재현 등은 내부 감정상태를 나타내는데 크게 역할을 하지 않는 축을 제거하고 쾌-불쾌 및 각성-수면의 두 축을 사용해 인간의 다양한 감정을 표현할 수 있음 제안하고 3D 얼굴표정 합성시스템을 이용해 그 유효성을 입증하였다[8]. 그림 1은 쾌(pleasantness)-각성(activation)에 기반한 2차원 감정공간을 나타

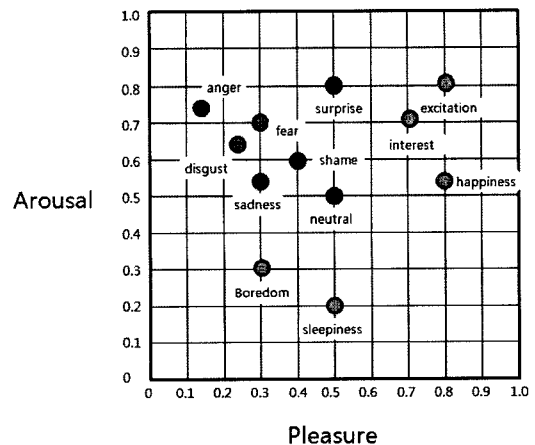


그림 2 쾌-각성 기반 2차원 감정공간

낸다. 실제로 Kismet의 감정공간의 Stance 및 WE4의 Certainty 축은 모든 감정에 그 영향이 작아 실제로 본 모델에서는 2차원만으로 대부분의 감정을 근사화 할 수 있었다.

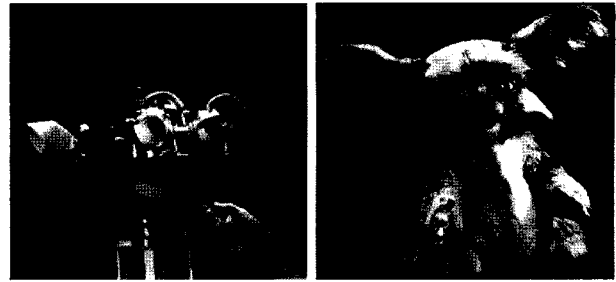
2.3 감정표현

로봇의 감정표현은 감정 모델로부터 생성된 로봇 자신의 감정 상태를 외부의 사람이나 다른 로봇들이 올바르게 인식할 수 있도록 동작하는 것을 의미한다. 사람들이 서로 의사소통을 함에 있어서 얼굴 표정으로 자신의 감정을 나타내고, 표정으로부터 타인의 감정을 인식하는 것은 매우 중요한 요소로 로봇과 사람의 의사소통에도 매우 중요하다. 이에 따라 감정을 연구하는 대표적인 플랫폼 들이 얼굴을 가지고 다양한 감정 표정을 지을 수 있다[2,3,22,23]. 이외에도 제스처나 음성 등을 이용해 감정을 표현할 수 있으며 보조적으로 음악이나 시각적인 자극을 사용하기도 한다[24].

3. 감성교감형 로봇 개발 사례

로봇의 감정과 사회성을 연구한 선두적인 연구로 Kismet을 꼽을 수 있다. Kismet(그림 3(a))은 유아와 보모 관계에서 유아의 충동, 감정, 얼굴 표정이 의사소통에 중요한 역할을 하는 원리를 연구하기 위하여 제작된 얼굴로봇으로 총 15개의 자유도를 가지고, 9개의 감정을 표현할 수 있다[2]. 이 로봇의 입력은 시각과 청각으로부터 들어오는 정보로서, 이 정보로부터 감정을 추출한다. 내부 감정모델의 핵심은 Arousal, Valence, Stance의 3차원 감정공간 모델(그림 1(a))로서 연속적인 감정의 변화를 표현할 수 있는 장점을 가지고 있다.

그림 3(b)의 Leonardo는 미국 MIT 대학의 Media Lab에서 Kismet의 후속 연구로 진행 중인 로봇으로 얼굴과 몸예 총 64개의 자유도를 가지고 있다[25]. 이 로봇은 사람과의 풍부한 상호작용과 교류를 위하여 몸동작과 얼굴 표정을 이용해 자신의 감정을 표현할 수 있다. 이 로봇의 특징은 학습을 통하여 자신의 감정을 형성해 나가는 것인데, 예를 들면 사람이 이 로봇에게 어떤 사물을 보여주면서 그 사물에 대해 느끼는 사람의 감정을 얼굴 표정 등으로 나타내면 로봇은 그것을 자신의 시각 기능을 통해 인식하고 그 사물에 대한 정보와 사람의 감정을 파악하여 그 사물에 대한 사람들의 감정을 학습하여 자신의 감정을 가지는 과정을 거친다.



(a) Kismet

(b) Leonardo

그림 3 얼굴형 감정교감 로봇 Kismet과 감정학습 로봇 Leonardo

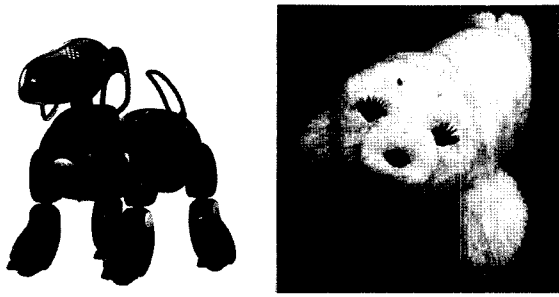
WE-4(그림 4)는 Waseda 대학교에서 개발한 감성교감형 휴머노이드 로봇이다[3]. WE-4는 내/외부 자극이 정신 역학에 중요한 원인을 제공한다는 측면을 고려하여 학습, Mood 벡터, 감정, 욕구가 반영된 Mind 모델을 제시하였다. 이 로봇 역시 Kismet과 유사한 3차원 감정공간을 이용하여 자신의 감정을 결정하는 구조로 되어있다. 후각, 촉각, 음성, 온도 센서로부터 들어오는 정보를 이용하여 상황과 감정을 인식하고 생성된 감정은 얼굴표정과 제스처를 통해서 표현한다.

Sony사의 애완동물 로봇인 AIBO(그림 5(a))는 총 6개의 감정과 4개의 본능을 가지며, 외부의 자극들과 자신의 내부 상태를 가지고 10개의 상태들을 변화시켜나간다[10]. AIBO는 음성, 시각 인식 등의 외부 자극을 인식하는 모듈을 가지고 있으며, 이러한 외부의 자극은 AIBO의 내부 학습 모델에 의해서 판단되고, 감정을 생성하는데 사용된다. 이러한 과정으로 생성된 AIBO의 감정들은 로봇의 행동과 LED 램프를 통해서 표현된다.

물개의 모양을 하고 있는 Paro(그림 5(b))는 세계 최초의 감성 치료용 로봇이다[11]. 이 로봇은 터치, 빛,



그림 4 감성교감형 휴머노이드 로봇 WE-4



(a) 로봇 강아지 AIBO (b) 심리치료용 로봇 Paro
그림 5 애완용 감성교감형 로봇

소리, 온도, 그리고 자세 등의 5종류의 센서들을 가지고 있으며 이를 통해서 사람과 외부 환경을 인식한다. 이 로봇은 사람과의 상호작용을 통해서 생성된 자신의 감정을 로봇의 눈을 깜빡인다던가 자신의 몸을 움직인다던가 하는 동작으로 표현 할 수 있다. 이 로봇은 사람의 감정 치유를 위한 로봇으로 앞으로 감성교감형 로봇의 한 가지 역할을 제시하는 좋은 사례라고 할 수 있다.

그림 6은 IRobot사에서 상용화한 아기인형로봇 Baby-bot이다[26]. 이 로봇은 실제 인간 아기의 많은 행동을 모방할 수 있다. 실제로 씹기도 하고, 빨기도 하고, 웅얼거리기도 하며, 울기도 한다. 주인이 인형을 처음 집어 들면 눈을 뜨고 미소를 짓는다. 간지럼을 태우면 웃고, 배가 고프면 불평을 한다. 다리를 잡고 심하게 흔들면 울음을 터트린다. 그리고 안아서 살살 흔들면 울음을 그친다. 이 로봇의 감성시스템은 단순한 반응형 구조로 입력에 대한 출력(표현)의 1대1 상관관계를 갖도록 프로그램되어 있다.

Hanson Robotics사에서는 사람의 피부를 닮은 재질인 Frubber를 이용한 안드로이드 얼굴을 개발하고 있다[9]. 대표적인 것으로 미국의 공상과학 소설가인 Philip



그림 6 IRobot사의 Baby-bot



(a) PKD 얼굴로봇 (b) Albert Hubo 얼굴
그림 7 Hanson Robotics사가 개발한 안드로이드 얼굴

K. DICK의 얼굴로봇(그림 7(a)), 그리고 우리에게 친숙한 KAIST의 Albert Hubo의 머리(그림 7(b)) 등이 있다. 이 로봇들 역시 실질적으로 감성교감형 로봇들이라고 할 수는 없으나, 사람의 얼굴을 가진 로봇들이라는 특징으로 앞으로 감성교감형 로봇으로 발전 가능성이 큰 로봇들이다. 특히 Hanson Robotics에서는 얼굴로봇 분야에서 가지고 있는 자신들의 기술적 우위를 바탕으로 인공지능을 가진 로봇의 개발에도 주력하겠다는 포부를 내비쳤으며 앞으로의 발전 가능성이 기대된다.

Hanson 등은 로봇이 사람과의 유사성이 높아질수록 어떤 구간에서 급속히 친밀도가 떨어지는 것을 발견하였는데 이를 Uncanny valley 라고 한다 (그림 8)[27]. 안드로이드형 로봇이 사람과 닮으면 닮아 질수록 점점 더 이상해지는 현상이 나타나는 이유를 이것으로 설명할 수 있다. 따라서 마스크트형 로봇에 비해 안드로이드형 로봇은 외형이나 행동에 더욱 더 높은 수준의 표현이 요구된다.

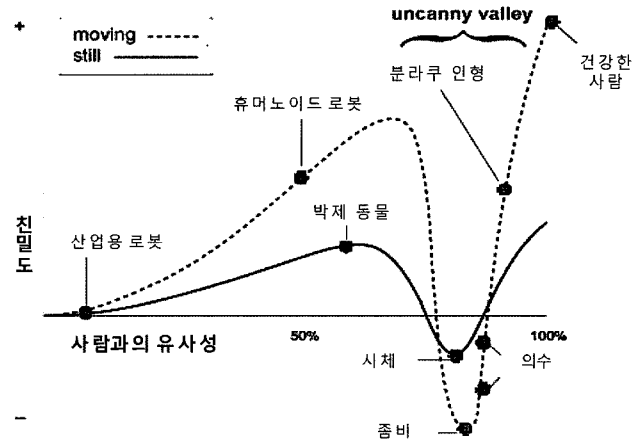


그림 8 Uncanny valley

그림 9(a)의 Replee-Q1은 Osaka 대학의 Ishiguro교수에 의해 개발된 본격적인 전신형 안드로이드이다[5]. 이 로봇들은 실제적으로 로봇이 외부의 자극들로부터 자신의 감정을 생성하고 그 감정들을 외부로 표현하는 감성 로봇의 기능은 없으나, 사람과 같은 모습을 가지고 있다는 점에서 얼굴 표정 표현이나, 몸동작 표현으로 자신의 감정을 표현하는 로봇으로의 발전 가능성이 크다고 할 수 있다. Replee-Q1의 기술을 바탕으로 Kokoro사에서 제작한 Actroid 시리즈 로봇은 전시관이나 행사 등에서 안내원 사회자 등 인간을 대상으로 한 친밀한 서비스 로봇으로 활약하고 있다[6].

2006년 한국생산기술연구원 이호길 박사 연구팀에서는 인간을 닮은 안드로이드 EveR-1(Eve + Robot의 합성어)을 공개하였다[7,8]. 일본의 Actroid가 공압모터 사용하여 외부의 공압공급 시스템이 요구됨에 반해 EveR-1은 내장형 전기모터를 사용하여 자체 독립 시스템 구축이 가능하며, Actroid가 안구대신 카메라 외장형인데 반해 안구형 소형 카메라를 내장하여 사람이나 물체를 인식하고 추적할 수 있는 기능을 가



(a) Replee-Q1 (b) Actroid (c) Actroid der2

그림 9 일본의 안드로이드



(a) EveR-1 (b) EveR-2

그림 10 국내 최초의 안드로이드

지고 있다. EveR-1은 본격적인 독립형 안드로이드로서 인간의 감성상호작용 연구와 문화 예술 콘텐츠 구현을 위한 목표로 제작되었다. 그림 10(a)는 전시장안 내원, 유치원교사, 사회자 등으로 활용되고 있는 EveR-1이고 그림 10(b)는 가수로 데뷔하여 문화콘텐츠 로봇으로 활용중인 EveR-1의 후속모델 EveR-2를 보여준다.

4. 감정시스템 연구사례: EveR-2

4.1 EveR-2의 개요

그림 11은 한국생산기술연구원에서 개발 중인 EveR-2의 기능을 보여준다. EveR-2는 키 170cm로 인간의 실제크기로 만들어졌다. 얼굴에 23개, 상체에 25개, 하체에 12개의 자유도를 가지고 있어 인간과 똑같은 다양한 얼굴표정(12개 감정표현)과 동작이 가능하며 출력음성에 동기화된 립싱크 기능을 가지고 있다. 또한 두 눈에는 소형 카메라가 장착되어있어 사람의 얼굴을 인식하고 눈을 맞추며 대화를 할 수 있다. 따라서 EveR-2의 입력장치는 카메라(시각)와 마이크(청각, 대화)이며 표현장치는 스피커(음성), 표정(얼굴), 제스처(몸)가 된다.

그림 12는 에버투의 시스템 구성도를 보여준다. 에버투의 S/W는 Vision(시각), 대화엔진, Brain(지능/감성), Motion(모션)을 담당하는 4개의 PC에서 담당하

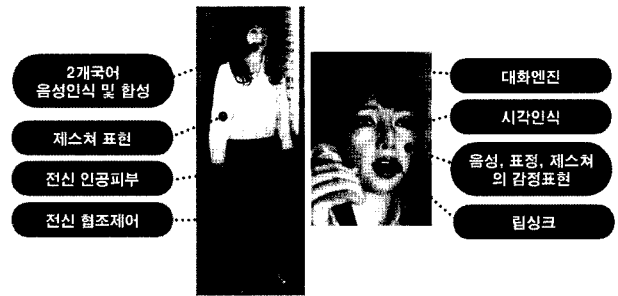


그림 11 EveR-2의 기능

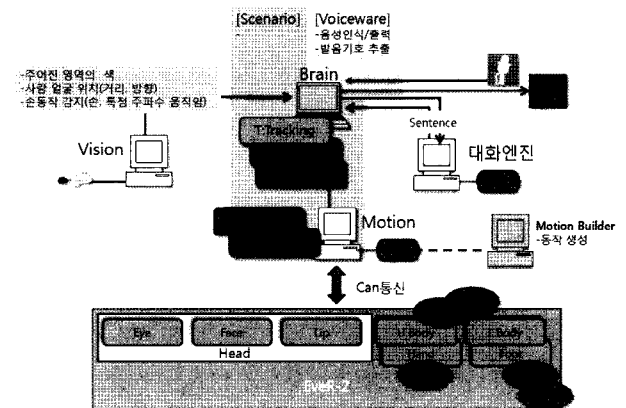


그림 12 EveR-2의 시스템 구조

며 각각은 TCP/IP로 통신을 하며 Motion은 CAN(Control Area Network)을 이용하여 제어기에 제어신호를 내보낸다.

4.2 EveR-2의 감정시스템

감정은 감정자극에 의하여 발생하지만 감정자극이 사라진 후에도 그 감정이 어느 정도 지속된다. 이와 같이 지속되는 감정상태를 기분(mood)라고 한다 [20]. [20]에 따르면 감정은 그 영향이 미치는 시간에 따라 3가지의 계층으로 나눌 수 있다. 그것은 몇 초 또는 몇 분의 짧은 순간에 일어나는 ‘일시적 감정(momentary emotion)’과 몇 시간에서 며칠 정도의 범위에서 나타나는 ‘기분(mood)’ 그리고 수 일 이상의 범위에서 나타나는 ‘성격(personality)’의 3계층이다.

2.2절에서 설명한 감정공간 모델은 인간이나 로봇의 내부 감정상태를 표현할 수 있다는 점에서 매우 유용하지만 그 자체에 시간에 따라 변화하는 감정을 나타내는 개념이 들어있지 않다. 따라서 감정의 시간적 변화를 나타낼 수 있는 또 다른 모델이 추가로 필요하다. 본 연구에서는 호르몬 모델을 도입하여 감정의 시간에 따른 변화를 표현하였다.

호르몬은 감정을 나타내고 변화시키는 물질로 내분비 기관에서 분비되고 혈관을 통하여 온몸으로 전달된다[28]. 감정에 따라 다른 호르몬이 분비되며 각 호르몬이 생성되고 소멸하는 시간도 각기 다르다. 이점을 이용하면 자연스럽게 감정의 시간의 흐름에 따른 동적인 변화를 표현할 수 있다.

그림 13은 호르몬 모델과 쾌-각성의 2차원 감정공간 모델을 융합한 감정시스템을 나타낸다. 시각과 촉각 그리고 음성(대화)으로부터 얻어진 감정자극은 각 감정자극에 따라 그에 맞는 호르몬의 분비를 촉진하고 호르몬은 쾌 및 각성의 값을 결정한다. 호르몬의 농도가 시간에 따라 변화하기 때문에 내부상태인 쾌 및

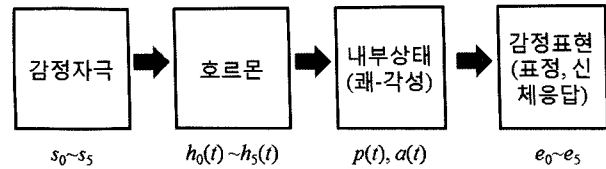


그림 13 호르몬 및 쾌-각성 감정공간에 기반한 감정신호의 흐름도

각성의 값도 시간에 따라 변화한다. 최종 감정은 2차원 감정공간에 의하여 내부상태와 가장 가까운 감정이 표현된다.

본 연구에서 사용한 입력 감정자극은 중립(normal), 기쁨(happiness), 슬픔(sadness), 놀람(surprise), 화남(anger), 두려움(fear), 혐오(disgust)의 7개이다. 이 값은 음성(대화)로부터의 입력과 시각 정보로부터 계산되고 감정-호르몬 변환 Matrix에 의하여 호르몬 값으로 변환된다. 실제 인체에서도 호르몬은 감정자극에 의해 내분비 기관에서 분비된다. 감정에 관련된 호르몬은 아드레날린(adrenaline), 노르아드레날린(noradrenaline), 세로토닌(serotonin), 도파민(dopamine), 엔돌핀(endorphine), 옥시토신(oxytocin) 등이 있다[12]. 호르몬 값은 다시 호르몬-내부상태 Matrix에 의하여 쾌, 각성의 내부상태로 변환되며 최종적으로는 2차원 감정공간에 의하여 가장 가까운 감정을 출력(표현)한다. 표 1은 각 단계별 파라미터와 그 의미를 나타낸다.

각 호르몬은 분비된 이후 다시 소멸을 하게 되는데 그 그래프는 대략 그림 14와 같다. 호르몬이 분비되는 동안 T_1 까지 농도가 증가하고 일정시간 유지($T_1 \sim T_2$)되고 그 이후 점차 농도가 감소한다. 예를 들면 아드레날린은 감정자극이 들어올 경우 빠르게 분비되지만 자극이 소멸되면 수 분내 사라진다. 노르아드레날린 아드레날린과 유사하나 지속시간이 긴 것이 특징이다. 따라서 각 호르몬에 따라 T_1 , T_2 , T_3 의 값이 다르게 결정된다[28,29].

표 1 각 단계별 파라미터 및 그 의미

감정자극	호르몬	내부상태	감정표현
s_0 : Normal s_1 : Happiness s_2 : Sadness s_3 : Anger s_4 : Fear s_5 : Disgust s_6 : Surprise	$h_0(t)$: Adrenaline $h_1(t)$: Noradrenalin $h_2(t)$: Serotonin $h_3(t)$: Dopamine $h_4(t)$: Endorphin $h_5(t)$: Oxytocin	$p(t)$: Pleasure $a(t)$: Arousal	e_0 : Neutral e_1 : Happiness e_2 : Sadness e_3 : Anger e_4 : Fear e_5 : Disgust e_6 : Surprise e_7 : Interest e_8 : Shame e_9 : Excitation e_{10} : Sleepniess e_{11} : Boredom

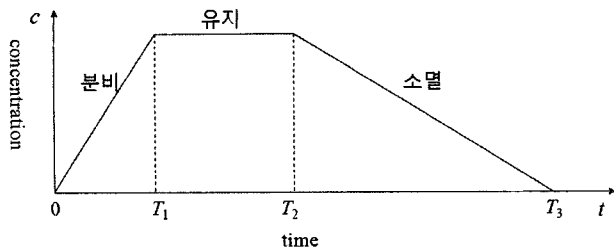


그림 14 호르몬 농도변화 그래프

출력 감정을 구하기 위해서 호르몬의 변화를 다시 내부상태로 표현해야 한다. 내부상태는 2차원 감정공간에 따라 쾌(pleasure) 및 각성(arousal)의 두 가지 변수로 표현된다. 로봇의 감정 내부상태는 2.2절의 그림 2의 2차원 감정공간을 사용하였다. 쾌-불쾌 축과 각성-수면 축으로 이루어진 감정공간에서 다양한 감정은 그림 2에서 각 점으로 매핑될 수 있다. 이때 로봇의 내부상태는 쾌-불쾌를 나타내는 변수 $p(t)$ 와 각성-수면을 나타내는 변수 $a(t)$ 로 표현할 수 있다. $p(t)$ 와 $a(t)$ 는 시간 t 에서의 쾌 및 각성 값을 나타낸다. 쾌 및 각성값에 의해 2차원상의 한 점이 결정되면 그 점과 유클리안 거리가 가장 가까운 점이 감정이 출력으로 결정된다.

5. 결론

본 고에서는 인간과 로봇의 감정 상호작용을 하기 위한 연구사례와 주요 로봇플랫폼들을 소개하였다. 로봇이 산업현장을 벗어나 우리의 가정이나 사회로 진출하면서 로봇의 기능은 사람의 일을 대신해 주는 것으로부터 인간에게 지식·정보를 주거나 인간과 감정을 교류하고 즐거움을 주는 것까지 확대되고 있다. 이에 따라 로봇의 개발에 있어서 주변을 인식하고 행동을 판단하는 지능적인 요소와 감정교류와 같은 인간과의 상호작용이 매우 중요한 요소가 되었다. 인간과 로봇의 상호작용을 위해서는 인간에게 친근한 로봇의 외형뿐만 아니라 인간에게 익숙한 자연스러운 감정표현이 매우 중요하다. 이에 많은 연구자들이 인간의 감정을 이해하고 모방하기 위하여 많은 연구를 수행하고 있다. 앞으로 뇌과학, 심리학적 지식의 축적에 따라 로봇의 감정모델도 더욱 발전할 것으로 기대된다.

최근 휴머노이드 로봇에 비해 더욱더 사람과 유사한 로봇인 안드로이드는, 미래에 인간을 위해 설계된 인프라에 거부감 없이 적응할 수 있으며 인간에 대하여 감성 친화성과 안정성이 매우 높아 인간을 위한 서비스에 활용될 것으로 기대된다. 하지만 현재는 기술적인 한계로 제한된 환경에서의 서비스에 활용될 수 있으며, 인간을 이해하고 인간과 로봇의 감정 상호

작용을 연구하는 플랫폼으로서 더 중요한 역할을 할 것으로 생각된다. 또한 안드로이드는 인간의 예술과 문화 콘텐츠를 구현하는 감성교감형 로봇으로서 Man to Man 감성커뮤니케이션시대에서 Man to Machine 교감시대로의 가치창출을 전인할 것으로 예상된다.

참고문헌

- [1] J. Ledoux, *The Emotional Brain*, Touchstone, 1996.
- [2] C. L. Breazeal, "Facial animation and expression," in *Designing Sociable Robots*, MIT Press, pp. 157-184, 2002.
- [3] H. Miwa, K. Itoh, H. Takanobu, A. Takanishi "Development of mental model for humanoid robots", 15th CISM-IFTToMM Symposium on Robot Design, Dynamics, and Control, 2004.
- [4] R. A. Brooks, "Intelligence without Representation," *Artificial Intelligence* 47, pp. 139-159, 1991.
- [5] T. Minato, M. Shimada, H. Ishiguro, and S. Itakura, "Development of an android robot for studying human-robot interaction," *Proc. of International Conference on Industrial and Engineering Applications of Artificial Intelligence and Expert Systems(IEA/AIE)*, pp. 424-434, 2004.
- [6] Actroid, http://www.kokoro-dreams.co.jp/english/robot/act/actroid_rekisi.html
- [7] H. G. Lee, M. H. Baeg, D. W. Lee, T. G. Lee, and H. S. Park, "Development of an Android for Emotional Communication between Human and Machine," *Proc. of Int. Symposium on Advanced Robotics and Machine Intelligence*, 2006.
- [8] 이태근, 최무성, 김태주, 양광용, 소병록, 이상원, 김진영, 백문홍, 이호길, "안드로이드 로봇 K-1004 개발," 2006 제어자동화시스템공학회 심포지움(CASS 06) 논문집, pp. 15-19, 2006.
- [9] D. Hanson, "Identity emulation facial expression robots," *Proc. of AAAI*, August, 2002.
- [10] 김광희 저, "3세대 AIBO", in *로봇 비즈니스, 미래와 경영*, pp. 180-191, 2002.
- [11] PARO, <http://unit.aist.go.jp/shikoku/topics/paro.html>
- [12] 김정희, 남기덕, 박영호, 송명자, 송인섭, 심웅철, 윤가현, 윤영화, 이철원, 이현진, "동기와 정서, 성격," *심리학의 이해*, 학지사, pp. 208-254, 1995.
- [13] M. Song, J. Bu, C. Chen, and N. Li, "Audio-visual based emotion recognition," *Proc. of the 2004 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR'04)*, vol. 2, pp.1020-

- 1125, 2004.
- [14] 신정훈, “오감융합기술 개발 현황 및 전망,” 정보과학회지, 제26권, 제1호, pp. 53-62, 2008.
- [15] 박천수, 류정우, 손주찬, “로봇과 감성,” 정보과학회지, 제26권, 제1호, pp. 63-69, 2008.
- [16] 주종태, 장인훈, 양현창, 심귀보, “다중 센서 융합 알고리즘을 이용한 감정인식 및 표현 기법,” 제어 자동화 시스템공학 논문지, 제13권, 제8호, pp. 754-759, 2007.
- [17] 안호석, 최진영, “지능형 서비스 로봇을 위한 선형 동적 시스템 기반의 감정 기반 행동 결정 모델,” 제어 자동화 시스템 공학 논문지 제 13권, 제 8호, pp. 760-768, 2007.
- [18] H.-R. Kim, K.W. Lee, D.-S. Kwon, “Emotional interaction model for a service robot,” Proc. of IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication(RO-MAN'05), pp. 672-678, 2005.
- [19] 이용우, 김종복, 김성훈, 서일홍, 박명관, “감성로봇을 위한 동적 감성시스템의 설계와 구현,” IEICE '06 논문집, 2006. 6.
- [20] 김종환, 한국현, 김용재, 김신, 박귀홍, 이강희, 장준수, 김용덕, “로봇의 감정 모델,” 인터넷 기반 퍼스널 로봇, KAIST Press, pp. 418-499, 2003.
- [21] Dave Moffat, “Personality parameters and Programs,” in Creating Personalities for Synthetic Actors-Towards Autonomous Personality Agents-, Springer Press, pp. 120-165, 1997.
- [22] 이희승, 박지영, 박정우, 정명진, “마스코트형 로봇 얼굴의 정서-표정 공간 모델,” 2006 제어 자동화시스템공학회 심포지움(CASS 06) 논문집, pp. 28-33, 2006.
- [23] 한재현, 정찬섭, “내적상태 차원모형에 근거한 얼굴표정 합성 시스템,” 한국 인지과학회 논문지, 제 13권, 제3호, pp. 11-21, 2000.
- [24] Jee, E.-S., C.H. Kim, S.-Y. Park, and K.-W. Lee, “Composition of musical sound expressing an emotion of robot based on musical factors,” Proc. of IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication(RO-MAN'07), pp. 637-641, 2007.
- [25] Leonardo, <http://robotic.media.mit.edu/projects/robots/leonardo/overview/overview.html>
- [26] M Perer, F. D'Aluisio, Robo Sapiens, MIT Press, pp. 228-229, 2002.
- [27] D. Hanson, A. Oley, A. Pereira, M Zielke, “Opening the uncanny valley,” Proc. of International Conference on AAAI, 2005.
- [28] 오키 고스케(김수용, 하종덕 역), 뇌로부터 마음을 읽는다, 전파과학사, 1996.
- [29] 구광수, 임인수, “Roller Coaster에 의한 급격한 정서 변화가 스트레스 호르몬 변화에 미치는 영향,” 경남체육연구, 제8권, 제2호, pp. 53-62, 2004.



이동욱

1996 중대학교 제어계측공학과(공학사)
 1998 중앙대학교 제어계측학과(공학석사)
 2000 중앙대학교 제어계측학과(공학박사)
 2004~2005 The University of Tennessee 방문연구원
 2005~현재 한국생산기술연구원 로봇기술본부
 선임연구원

관심분야: 로봇지능, 안드로이드, 인공생명
 E-mail: dwlee@kitech.re.kr



김흥석

1980 서울대학교 전기공학과(공학사)
 1983 서울대학교 제어계측학과(공학석사)
 1990 서울대학교 제어계측학과(공학박사)
 1983~1991 한국과학기술원 연구원
 1991~현재 한국생산기술연구원 지능형로봇사
 업단장

관심분야: 제이론, 로봇 S/W 개발환경
 E-mail: hskim@kitech.re.kr



이호길

1980 한양대학교 기계공학과(공학사)
 1986 오사카대학교 제어공학과(공학석사)
 1989 오사카대학교 로봇공학과(공학박사)
 1991~현재 한국생산기술연구원 로봇융합지원
 센터장

관심분야: 로봇지능, 로봇제어, 안드로이드
 E-mail: hglee@kitech.re.kr