

서비스 로봇을 위한 감성인터페이스 기술

Emotional Interface Technologies for Service Robot

양 현 승[†], 서 용 호¹, 정 일 웅¹, 한 태 우¹, 노 동 현²

Yang Hyun Seung[†], Seo Yong Ho¹, Jeong Il Woong¹, Han Tae Woo¹, Rho Dong Hyun²

Abstract The emotional interface is essential technology for the robot to provide the proper service to the user. In this research, we developed emotional components for the service robot such as a neural network based facial expression recognizer, emotion expression technologies based on 3D graphical face expression and joints movements, considering a user's reaction, behavior selection technology for emotion expression. We used our humanoid robots, AMI and AMIET as the test-beds of our emotional interface. We researched on the emotional interaction between a service robot and a user by integrating the developed technologies. Emotional interface technology for the service robot, enhance the performance of friendly interaction to the service robot, to increase the diversity of the service and the value-added of the robot for human. and it elevates the market growth and also contribute to the popularization of the robot. The emotional interface technology can enhance the performance of friendly interaction of the service robot. This technology can also increase the diversity of the service and the value-added of the robot for human. and it can elevate the market growth and also contribute to the popularization of the robot.

Keywords: Emotional Interface, Service Robot, Face Expression Recognition, Emotional Face and Gesture Expression

1. 서 론

서비스로봇은 일상생활에서 인간과 공존하는 인간지향적 로봇이다. 기존의 산업용 로봇의 작업환경이 통제가 가능한 정적인 것이었던 것에 반해 서비스로봇의 작업환경은 매우 복잡하고 통제가 어려운 동적인 실제 환경 및 네트워크 기반 환경이며, 산업용 로봇은 극히 제한된 인간과의 인터페이스가 필요한 반면 서비스로봇은 매우 인간적인 방법으로 인간과 의사소통하고 협동해야만 한다. 그러므로 서비스로봇에게 감성과 인간친화 상호작용 능력을 부여하는 감성기술은 서비스로봇이 그 역할을 수행하는데 없어서는 안 될 필수적인 기술이다.

서비스로봇을 위한 지능형 감성인터페이스기술은 로봇이 하나의 생명체로 느껴질 수 있도록 인간의 감정을 인식하고 자신의 감정을 표현하는 기술을 말한다. 인간간의 상호작용에서 비언어통신의 비율이 65%이고, 메시지 전달의 매체에서 얼굴표정이 차지하는 비율이

55%라는 것을 감안하면 인간친화적인 자연스러운 상호작용을 위해서 지능형 감성인터페이스기술의 개발은 필수적이라고 할 수 있다. 서비스로봇에게 감성을 부여하기 위해서는 다중매체를 이용한 실시간 감성인식기술과 내부의 상태에 따라서 감성을 생성하고 표현하는 감성합성 및 표현기술의 연구가 필요하다. 이를 위해 많은 연구자들이 감성을 인식하고 표현할 수 있는 시스템에 대해 연구해왔다¹⁻⁵⁾.

본 연구에서는 서비스로봇을 위한 감성기술로 신경망기반의 얼굴 표정 인식기, 3차원 표정 그래픽과 로봇 동작을 통한 감성표현기술, 사용자의 반응을 고려한 감성표현행위선택기술 등을 개발하였으며, 이러한 기술들을 휴머노이드 로봇인 아미와 아미엣에 통합하여 서비스로봇과 사용자간의 감성인터랙션을 연구하였다.

2. 신경망 기반 표정 인식기

서비스로봇의 감성인터페이스 기술에 있어서 서비스로봇에 장착된 카메라를 통한 시각인식은 로봇의 외부 환경인지라는 측면에서 매우 중요한 요소기술이다. 이

[†] 한국과학기술원 전산학과 교수

¹ 한국과학기술원 전산학과 인공지능미디어연구실

² 삼성전자

중 특히 얼굴인식 및 표정인식은 서비스로봇과 사용자의 상호작용에 있어 매우 중요하면서도 필수적인 기능이다.

서비스로봇에 내장된 카메라를 통해 입력된 실시간 영상에서의 얼굴 및 표정인식의 문제는 조명의 변화, 얼굴 크기의 변화, 주변환경의 변화라는 큰 제약점들을 충분히 고려해야 하는 매우 어려운 문제이다. 최근 이러한 여러 가지 제약점들을 극복하고 신뢰성 있게 얼굴영역을 검출해 낼 수 있는 여러 기술들이 많이 제안되고 개발되어왔다.¹⁶⁻⁹¹

표정인식을 위해서 본 연구에서는 두개의 신경망을 학습시켜 이용하고 있다. 정규화된 얼굴 영상은 다시 눈썹, 이마, 입부위 영역의 표정 이미지와 에지(Edge) 이미지로 나누어 각각 인식된다. 인식된 결과는 다시 판정회로(Decision Logic)에 의해 종합적인 표정인식 결과로 출력된다. 개발된 얼굴 및 표정인식기의 전체 구조는 그림 1과 같다.

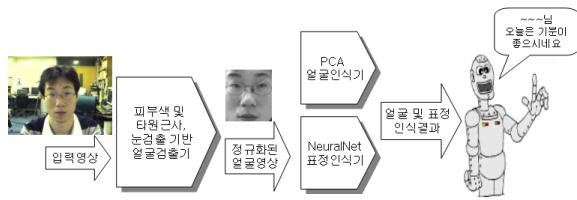


그림 1. 개발된 얼굴 및 표정인식기의 구조도

본 연구에서는 표정인식을 위해 신경망(Neural network)기반의 인식기를 개발했다. 개발된 표정인식을 위한 신경망 인식기는 다음 그림 2와 같은 구조로 구성되어 있다.

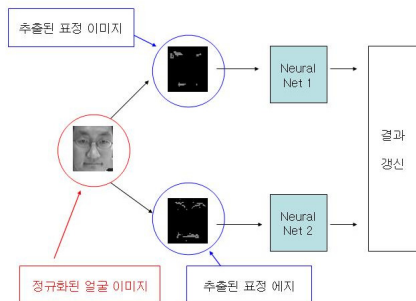


그림 2. 표정 인식 모듈의 인식과정

얼굴검출기에서부터 얻어진 정규화 된 얼굴영상에서 본 인식기를 위한 두개의 특징 벡터가 추출된다. 첫 번째 특징은 정규화 된 이미지를 평균밝기 분포에 기준

해 thresholding된 눈 및 코 부분과 주변 모서리를 제거하고 이마, 눈썹 및 입 주위 부분만을 필터링한 표정 영상 벡터이며, 두 번째 특징은 정규화 된 영상으로부터 에지영상(Edge image)을 얻어낸 후에 첫 번째 특징과 같은 방식으로 이마, 눈썹 및 입 주위 부분만을 얻어낸 표정 에지 벡터이다. 이 특징 벡터를 각각 독립된 신경망에 학습해 표정을 인식하도록 하였다. 본 연구에서는 1610개의 입력노드(Input node)와 6개의 은닉노드(Hidden node), 6개의 출력노드(Output node)로 구성된 두개의 신경망을 사용하였다. 본 연구에서 구현한 신경망의 구조를 도식화하면 그림 3과 같다.

두 개의 신경망으로부터 나온 결과를 선택할 때, 서로 같은 감정 결과를 나타낼 경우에는 그렇게 큰 문제를 발생시키지는 않지만, 서로 충돌을 일으킬 경우, 즉 서로 다른 감정 결과를 나타내는 경우에는 어떤 결과를 신뢰할 것인지, 혹은 서로 보완되는 결과를 생성할 것인지 결정하는 문제가 발생한다. 본 연구에서는 엔트로피 최소화(Entropy minimization)기법을 이용하여 어떤 신경망의 결과를 신뢰할 것인지 선택하는 방법을 제안하였다.

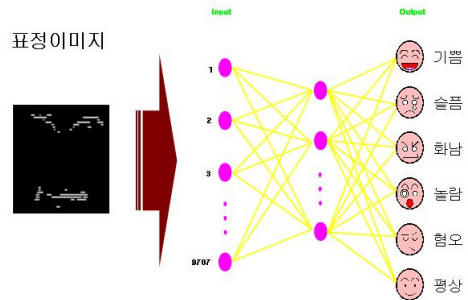


그림 3. 신경망 구성도

랜덤 변수 X에 대하여 엔트로피 H는 다음과 같이 정의된다.

$$H(X) = - \sum_{x \in A} P(x) \log(P(x)) = E(\log(\frac{1}{P(x)}))$$

이렇게 계산된 엔트로피를 이용하여 두 가지 서로 상반되는 신경망의 결과를 하나로 통합할 수 있다. 자연계에서 일반적으로 엔트로피가 높은 상태는 무질서한 상태로 규정된다. 즉 우리가 일상생활에서 잘 정돈된 책상은 엔트로피가 낮은 것이고 공기 중의 먼지의 분포는 상당히 엔트로피가 높다. 이처럼 엔트로피가 높은 결과를 내는 신경망의 경우 해당 결과에 대한 신뢰

도가 떨어지게 마련이다. 그러므로 높은 신뢰도를 갖는 신경망의 결과를 채택하여 전체 얼굴 표정 인식의 성능을 높일 수 있다.

예를 들어 첫 번째 신경망에서 모든 감정이 대략 1/6과 비슷하게 나오고, 두 번째 신경망에서는 기쁨이 0.5이고 나머지 표정에 대한 값이 0.1로 나왔을 경우, 상식적으로 두 번째 신경망의 결과를 신뢰하는 것이 옳다. 이러한 과정을 수학적으로 모델링하면 두 번째 신경망의 인식결과의 엔트로피가 첫 번째 신경망의 인식결과의 엔트로피보다 작게 되고, 결론적으로 기쁨으로 인식하게 된다.

이 방법은 각 개인별로 어떤 인식기가 더 정확한 결과를 제공하는지를 판단할 수 있으므로, 개발시점에서 서비스로봇의 사용자의 표정에 대한 특성을 알 수 없더라도, 서비스시점에서 그 사용자에게 가장 좋은 인식 성능을 보이도록 다수의 인식기들을 융합할 수 있다. 또한 본 연구에서는 단지 2개의 신경망에 대해서 두 신경망의 결과를 융합하는 방법으로 신뢰도를 판단하는 방법을 사용하였지만, 다른 형태의 신경망을 설계하여 추가하거나 현재 신경망 구조의 중복적 확장을 통하여 더욱 효율적인 표정 인식을 수행할 수 있다.

개발된 표정인식기 실험을 위해 10명의 사람에 대해 실험을 수행하였으며, 대상 표정은 기쁨, 슬픔, 평상, 화남, 놀람, 그리고 혐오 표정으로 분류하였다. 해당 표정의 예는 [그림 4]와 같다.



그림 4. 표정 인식에 쓰인 얼굴 영상의 예

본 연구에서는 신경망을 학습시키기 위해 한 사람당 30장의 얼굴영상을 사용하였는데, 각각 표정에 대해 5장의 영상을 가지고 학습시켰다. 학습 후의 실험결과는 [표 1]과 같다.

표 1. 표정 인식기 성능

Neural Network #1		Neural Network #2	
기쁨	100.00%	기쁨	100.00%
슬픔	87.50%	슬픔	93.00%
평상	87.50%	평상	75.00%
화남	75.00%	화남	91.50%
놀람	87.50%	놀람	85.00%
혐오	62.50%	혐오	73.00%
Total	83.33%	Total	86.16%

3. 감성표현기술

감성이라는 것은 동물이나 인간과 같은 생명체에 존재하는 것으로 그 형태에 따라 다양하게 표출된다. 그러므로 감성을 지니지 않은 서비스로봇이 감성을 표현하려 할 때에는 로봇의 형태와 기능에 따라 그 표현 방법이 달라진다. 본 연구에서는 먼저 인간의 감정표현 방법에 대해 분석하고, 기존 로봇에 사용된 감정표현 방법을 살펴본 후 서비스로봇에 적합한 감성표현 기술을 선택하여 개발하였다.

인간은 얼굴 표정, 어조, 인사, 춤 등 다양한 방법으로 자신의 의사나 감정 상태를 표현한다. 인간의 감성표현 방법 중에서 심리 상태나 감정을 가장 잘 전달할 수 있는 방법은 얼굴 표정이다. 그런데, 서비스로봇은 그 기능에 따라 다양한 형태를 지니고 있어서 모든 서비스로봇이 얼굴을 가지고 있는 것은 아니며, 표정을 표현하는 로봇의 얼굴을 만드는 것은 매우 어려운 일이다. 그러므로 로봇들의 내부 상태나 감정 표현을 보조할 수 있는 방법이 필요하다.

본 연구에서는 실제 로봇의 얼굴에 표정을 만드는 방법이 아닌 LCD로 되어 있는 서비스로봇 얼굴에 3차원 그래픽으로 얼굴 표정을 생성하는 방법에 대해 연구하였으며, 인간의 감정 표현 방법과 기존의 로봇의 감정 표현 방법의 분석 자료를 바탕으로 서비스로봇의 동작에 의한 감성표현 방법에 대해 연구하였다.

서비스로봇과 사람 사이에서 일어나는 모든 현상들을 인터랙션이라고 한다. 이러한 인터랙션의 수단으로는 다양한 방법이 존재하지만, 대표적인 방법으로는 표 2와 같은 것들이 있다.

표 2. 로봇과 사람간의 인터랙션 방법

인터랙션 방법	발생원인	핵심기술	
		인식	표현
대화	명령및반응의대화, 일상적인대화 (인사말, 칭찬, 감사의말등)	음성인식	음성합성
동작	습관적인동작의표현, 악수및인사, 경계심의표현, 감정표현	제스처 인식	모터제어 기술
표정	심리상태감정의전달, 의사표현	표정인식	감정표현 기술

감정표현으로 얼굴 표정을 사용하는 것에 대해서는 기존의 심리학자나 그래픽 연구가들에 의해 많이 연구

가 진행되어 왔다. 하지만, 서비스로봇에 적용하여 사용할 수 있는 감정표현 연구는 외국의 몇몇 기관에서 얼굴형 로봇을 제작하여 얼굴 표정을 생성하는 방식으로만 진행되어 왔다. 대표적인 서비스로봇의 얼굴 표정에 의한 감정표현에 대한 연구는 [표 3]의 내용과 같다.

표 3. 기존 로봇의 감성 표현 방법

서비스로봇	감정표현	특이사항
Kismet (MIT) 1998	·3차원감성공간에서감정표현(9개감정표현: content, unhappy, anger, fear, surprise, disgust, tired, accepting, stern)	·사람과의 사교목적
WE-3RV (Waseda Univ.) 2001	·8개감정표현(6개의 Ekman 기본감정 + drunken + shame) ·4개감각(시각, 청각, 촉각, 후각) 인지	·얼굴색상표현함수사용 ·28 DOF
Roberta (Tokyo Univ. of Science) 2000	·40개이상의얼굴표정생성 ·인공감정생성학습알고리즘	·실리콘피부사용 ·실시간표정인식 ·24개의수압실린더사용
Saya (Tokyo Univ. of Science) 2002	·6개기본표정생성	·간호사모습의 정교한얼굴 ·Valerie의그래픽얼굴모델과유사 ·24 DOF
MEXI (Univ. of Paderborn) 2001	·Robert Plutchik의8개감정(joy, acceptance, surprise, fear, sorrow, disgust, expectancy, anger) 표현	·Machine with emotionally extended intelligence ·Kismet과유사한감정엔진
Robovie (Wakayama Univ.) 2000	·표정보다는사람과의인터랙션과관련된동작(악수, 인사, 동작따라하기)	·체스치인식 ·사람과의인터랙션이목적·가정용서비스로봇에적합한구조

4. 3차원 그래픽 감성표현 기술

서비스로봇이 인간과 함께 생활하면서 자신의 의도나 감정 상태를 자연스럽게 표출할 수 있는 확실한 방법으로 얼굴표정이 있다. 하지만, 아직까지는 얼굴표정을 생성하기 위하여 하드웨어로 구현된 얼굴로봇을 사용하기는 어렵다. 그래서 본 연구에서는 얼굴 표정을 표현할 수 있는 방법으로 우선 그래픽을 사용하였다. LCD 화면을 통해 나타나는 그래픽은 감정을 자연스럽게 전달할 수 있으며, 얼굴 형상의 로봇보다 안전하고 고장 등으로부터 자유롭다.

아래의 그림은 3차원 그래픽에 의해 추상화된 얼굴 모습을 나타낸다. 눈과 입으로 보이는 부분은 웃고, 울고, 화를 내고, 놀라고 하는 감정 상태를 감정의 강도에 따라 나타낸다. 그래픽에서의 얼굴은 실제 하드웨어로 되어 있는 부분이 얼굴 부분이라고 할 수 있으므로 특별히 필요하지 않다. 그래서 얼굴을 표시할 수 있는 3차원 구 형태를 사용하지 않고 감정 전달을 더 효과적으로 하기 위해 심장 모양을 3차원으로 구현하였다. 이는 눈과 입으로 표시되는 감정의 강도를 보완할 수 있는 수단으로 사용되며 때로는 사용자와의 거리에 따라 사용자가 가까이 가면 심장이 더 크게 뛰는 것처럼 보여줄 수도 있다. 실제로 구현한 그래픽 얼굴 표정은 [그림 5]와 같다.



그림 5. 3D 감성표현 인터페이스

LCD 화면에 디스플레이 되는 3차원 얼굴은 두 눈과 입, 심장, 3차원 공간, 보이지 않는 얼굴 형상, 가상의 근육으로 구성된다. 얼굴 표정과 관련된 애니메이션은 주로 가상의 근육에 의해 일어난다. Ekman이 정의한 6개의 표정과 그에 따른 얼굴 각 부분의 움직임을 바탕으로 근육의 움직임을 조절한다. 예를 들어, 기쁨 때에는 뺨 주위에 있는 근육이 입의 가장자리를 잡아 당겨서 입의 가장자리가 위로 올라가게 된다. 실제 얼굴에 있는 근육들은 대부분 뼈와 피부 사이 또는 피부와 피부 사이에 개재되어 있다. 이런 얼굴 근육을 안면근이라 하는데, 20여종의 작은 피근(cutaneous muscle)으로 이루어져 있다. 안면근이 얼굴 피부와 피부 밑의 섬유조직을 이동시켜서 얼굴의 특유한 표정을 생성한다. 본 연구에서는 가상의 큰 형태의 근육을 사용하여 눈과 입의 움직임을 생성하였다.

이러한 표정을 생성하기 위해서는 그에 맞는 2개의 파라미터가 필요하다. 하나는 만족도를 나타내는 content 값이며, 하나는 각성도를 나타내는 arousal값이

다. content값은 기쁨과 슬픔을 구분하는 중요한 값이며 arousal은 공포, 분노, 혐오 등의 값을 보조적으로 구분한다. 본 연구에서는 감성상태가 주어지면 그것을 적절한 arousal과 content값으로 변환하여 사용한다. 그림 14에서와 같이 content값과 arousal값이 주어지면 이는 내부 감성 함수에 의해 가상 근육들의 수축/이완 파라미터로 변환된다. 이 상태의 파라미터들을 보통 상태의 파라미터와 인터플레이션 함으로써 얼굴 표정을 애니메이션 한다.

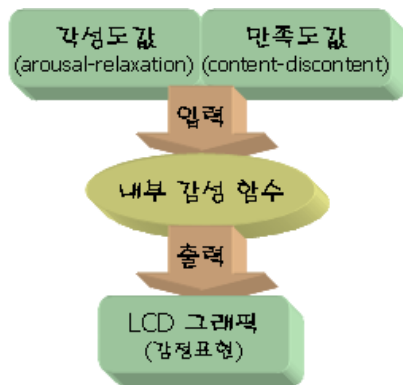


그림 6. 얼굴 표정 합성 방법

5. 로봇 동작을 통한 감정표현

인간은 얼굴 표정 이외에도 다른 사람이나 물체의 움직임을 감지하여 감성적인 단서를 얻는 경향이 강하다. 그러한 단서를 얻게 되면, 의식적이든 무의식적이든, 대상의 내부 상태나 자신에 대한 태도를 추측한다. 또한 인간은 동물이나 기계나 사물 같은 것에 인격을 부여하려는 경향이 있다. 예를 들어 시추라는 애완견은 성격이 활발하고 익살맞으며 애교가 많다고 하고, 큰 움직임을 보이는 건설장비 같은 것은 웅장하며 남자답다고 할 수 있으며, 가을에 하늘거리는 코스모스는 내성적이며 부끄러움을 많이 타는 여성 같다고 할 수 있다. 결과적으로 인간과 가깝게 생활하는 서비스로봇의 움직임은 인간에게 감성적으로 강한 영향을 주며, 음성, 효과음, LED와 비교하여 더욱 중요하다. 사람들이 일반적인 로봇에 대해 생각하는 고정관념에서는 로봇은 그들의 몸체를 부자연스럽고 이상하게 움직인다. 우리가 생각하는 일반적인 로봇의 음성 이외의 의사소통에서의 기능장애는 다음과 같이 3가지 부류로 나누어질 수 있다.

표 4. 기존 로봇의 부족한 인터랙션 기능

기존로봇의 부족한기능	기능장애설명
로봇상태를 나타내는 움직임	기존의 일반적인 산업로봇은 움직임에서 내부상태를 나타내지 못함 예) 전원이 나간상태, 비상상태, 대기상태 ⇒로봇의 행동으로 내부상태 표현 가능 예) 움직이지 않음 - 전원이 나간 상태 서서히 조금씩 움직임 - 대기상태 갑작스러운 빠른 움직임 - 비상상태
촉각에 의한 의사소통	로봇과 접촉했을때 로봇의 반응이 없음 예) 더 이상 움직이지 말라고 막았는데도 계속 이동하여 사고발생 ⇒애완동물처럼 인간의 접촉에 반응하여 내부상태표현 가능 예) 잘못했다고 때릴 경우 부르르 떨게 됨
시선 맞추기	눈이 없는 로봇은 위험해 보임 예) 로봇에 눈이 있어 자신을 보고 있다는 느낌이 들면 안전하다고 생각 할 수 있지만, 로봇에 눈이 없다면 위협적으로 보임 ⇒로봇에 시각기능을 제공하여 관심이 있는 사람을 응시함 예) 로봇이 주인의 말을 듣고 있을 때는 그 사람을 바라봄

동작에 의해 서비스로봇의 내부 상태나 감정 상태를 표현하기 위해서는 위와 같은 기능들이 향상되어야 한다. 위의 표 4에서 볼 수 있듯이 이러한 기능들은 촉각이나 시각 채널에 의해 구현될 수 있다. 이 두 채널 중 시각 채널에 의한 방법은 시선 맞추기와 자세나 춤 동작에 의한 방법들이 있다. 본 연구에서는 이러한 방법들 중 자세나 춤 동작에 의한 감정 표현 방법에 대해 연구하였다.

서비스로봇의 행동 표현 기능을 구현하기 위해서는 심리 내용을 몸체 움직임으로 변환하는 알고리즘을 제공하고 몸체 움직임을 정량적으로 기술하는 메커니즘을 만드는 것이 필요하다. 본 연구에서는 다음 예와 같은 서비스로봇의 감성 동작 파라미터를 설정하였다. 몸체만 있는 로봇 플랫폼과 양팔까지 있는 로봇 플랫폼 모두에 적용시킬 수 있는 파라미터를 찾기 위하여 몸체 부분과 팔 부분으로 구분하여 파라미터를 설정하였다. 동작으로 감성을 표현하는 데는 몸의 자세와 속도 조절이 중요하다. 각각의 파라미터들을 절대적인 값이 아니라 로봇 크기에 상대적인 값으로 표현된다. 예를 들어 팔의 높이는 어깨 부분에 의해 중간, 위, 아래로 구분될 수 있다.

표 5. 감성 동작 파라미터

해당 부위	파라미터	기쁨 (joy)	슬픔 (sad)	화남 (anger)	혐오 (disgust)	놀람 (surprise)
몸체	평균속도	빠름	느림	빠름	느림	느림
	속도변화	작음	-	큼	작음	큼
	이동방향	턴동작 가능	-	전진/후진반복	후진	일시후진후정지
	팔의높이	위	아래	중간	중간	위
양팔	평균속도	빠름	느림	빠름	보통	빠름
	속도변화	작음	-	큼	작음	작음
	관절형태	곡선 형태	직선형태	직각형태	직각형태	직각형태
	팔대칭성	대칭	-	비대칭	-	-

감성관련 동작을 생성할 때 관련된 파라미터들이 여러 가지가 있다. 이 파라미터 모두가 동시에 나타날 수도 있지만, 감성의 강도(강한 슬픔인지 약한 슬픔인지 여부 등)와 자연스러운 동작 표현을 위하여 이러한 파라미터들은 임의로 설정된다. 감성의 강도가 크면 많은 파라미터들이 관여하고 감성의 강도가 작으면 적은 파라미터들이 관여한다. 또한 평균 속도, 속도 변화 등의 파라미터들도 이러한 감성의 강도에 영향을 받는다.

본 연구에서는 동작을 통해 로봇의 감성을 표현하기 위해 감정을 나타내는 동작 파라미터의 특징을 정의하고, 이에 따라서 동작이 감정을 표현할 수 있도록 하는 기술을 개발하였다. 감정을 표현하는 동작 파라미터는 8개로 분류하였으며, 각 파라미터의 조절에 따라서 6가지 감성의 표현이 가능하다. 표현할 수 있는 6가지 감성은 그래픽 얼굴과 마찬가지로 기쁨, 슬픔, 분노, 보통, 놀람, 혐오이며, 표 5에 나타난 각 파라미터의 수치 조절에 의해 감정의 강도를 5단계로 구분하여 표현할 수 있다. 동작을 로봇에 적용하기 위해서 동작을 그래픽으로 확인할 수 있는 시뮬레이터를 구현하였다. 구현된 시뮬레이터는 그림 7과 같다.

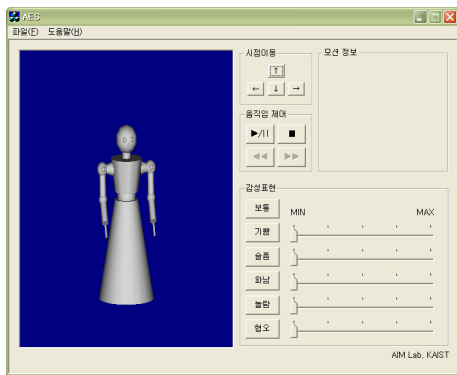


그림 7. 동작을 통한 로봇의 감정 표현을 위한 시뮬레이터

시뮬레이터를 통해서 그래픽으로 로봇의 동작을 미리 볼 수 있으며, 이로 인해 로봇에 새로운 동작을 적용했을 경우에 발생할 수 있는 문제점을 방지할 수 있다. 시뮬레이터에서는 6가지 감정에 대한 동작을 생성할 수 있도록 하고 있으며, 각 감정은 5단계의 감정의 강도를 지니고, 감정의 강도가 달라짐에 따라서 동작도 다르게 된다. 로봇의 감정을 표현하는 동작은 다음 그림 8과 같다.

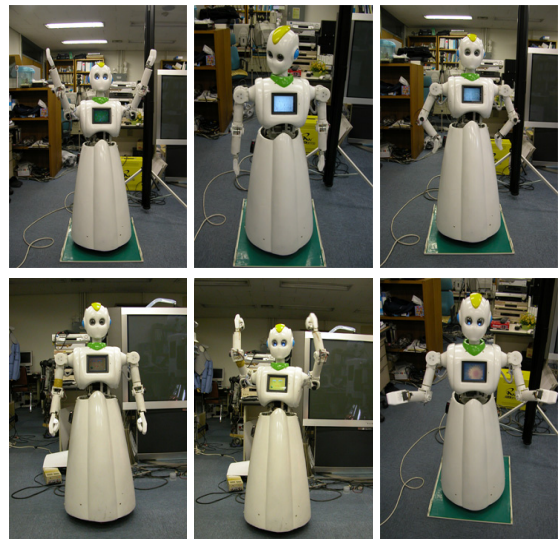


그림 8. 로봇의 동작을 통한 감성 표현 - 순서대로 기쁨, 슬픔, 분노, 보통, 놀람, 혐오

6. 사용자의 반응을 고려한 감성표현행위 선택

본 연구에서는 특정 감성상태를 표현할 수 있는 방법이 여러 가지인 경우에 확률적으로 각각의 행위를 선택하도록 설계하였다. 이때 각 행위의 확률을 정하는 방법은 여러 가지가 있을 수 있지만, 본 연구에서는 사용자의 취향(반응)을 고려해서 확률을 결정하는 방법을 제안하였다. 즉 사용자가 선호하는 감성표현행위의 확률은 높이고, 사용자가 싫어하는 감성표현행위의 확률을 낮추는 것이 기본 개념이다. 이를 위해서 본 연구에서는 강화학습을 사용하였다. 특정감성상태 s 인 경우의 감성표현행위 a 에 대한 사용자의 선호도를 $Quality(s,a)$ 라고 정의한다. 사용자의 반응이 긍정적이면(예, 표정인식결과: 행복) $Quality(s,a)$ 값을 증가시키고, 사용자의 반응이 부정적이면(예, 표정인식결과: 화남, 혐오) $Quality(s,a)$ 값을 감소시킨다. s 의 상태에서 a 가 수행될 확률은 아래의 식으로 정의된다.

$$P(s, a) = \frac{e^{Quality(s, a)/t}}{\sum_{a \in A_s} e^{Quality(s, a)/t}}$$

A_s 는 감성상태가 s 일 때의 감성표현행위의 집합이다. t 는 초기에는 매우 큰 값을 갖고, 시간이 경과될수록 작아져서 결국에 1이 된다. 위의 식을 통해서 학습 초기에는 모든 감성표현행위들이 사용자의 반응에 큰 영향을 받지 않고, 유사한 확률을 갖게 되지만, 사용자와의 상호작용이 지속될수록 긍정적인 반응을 유도할 수 있는 행위들이 선택될 확률이 높아지게 된다.

7. 실험

본 연구에서 개발된 감성인터페이스 기술들을 실험하기 위해 기존에 개발된 휴머노이드 로봇인 아미와 아미엣을 사용하였다¹⁰⁻¹²⁾. 먼저 로봇은 사용자의 얼굴을 실시간으로 검출하고 표정인식기에서 사용자의 감정상태를 인식한다. 인식된 감정상태에 따라 본 실험에서는 다양한 대화와 반응을 하게 하였으며, 특히 사용자의 감정상태와 유사한 감정표현을 본 연구에서 개발된 감정표현 기술들로 로봇이 표현하게 하였다.

실험에 참가한 사용자들의 설문조사를 통해 기존의 감성기술을 탑재하지 않았을 때와 비교해 감성인터페이스가 추가된 로봇은 자연스러운 상호작용이 가능했다는 것을 알 수 있었다.

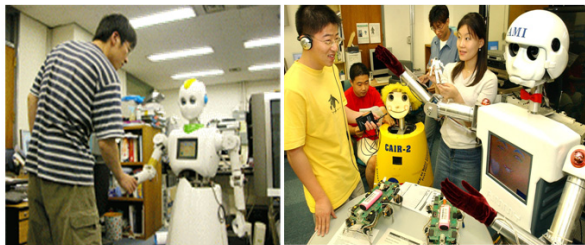


그림 9. 사용자와 감성적 상호작용 실험장면

8. 결론

서비스로봇을 위한 감성기술은 서비스로봇이 정보화 사회에 적응하고 인간과 자연스러운 상호작용을 하기 위해서 반드시 필요한 기술이다. 더욱이 상품이나 서비스의 쾌적성, 만족도에 대한 요구가 높아지는 요즘의 상황에서 서비스로봇을 개발하는데 있어서 서비스로봇의 정보화와 사용자의 감성을 고려하는 것은 매우 중요하며, 앞으로도 많은 연구가 필요한 분야이다.

본 연구에서는 서비스로봇을 위한 감성기술로 감성 인식, 감성표현 및 감성 표현행위 선택 기술을 개발하였으며, 개발된 기술들의 로봇 적용 결과 사용자와의 상호작용에서 만족스러운 성능을 보여주었다. 개발된 서비스로봇을 위한 감성 인터페이스 기술은 가정/엔터테인먼트/교육 등의 분야에서 사용될 서비스로봇들의 인간로봇상호작용을 위한 핵심기술로서 사용될 수 있으며, 서비스로봇산업뿐만 아니라 보안 분야, 가전기기 분야, IT 분야 등에 다양하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] Breazeal, C.: Designing Sociable Robots. MIT Press, Cambridge, MA (2002).
- [2] Shibata, T. et al.: Emergence of emotional behavior through physical interaction between human and artificial emotional creature. ICRA (2000) 2868-2873.
- [3] Ledoux, J.: The Emotional brain: the mysterious underpinning of emotional life. New York: Simon & Schuster (1996).
- [4] Tosa, N., Nakatsu, R.: Life-like Communication Agent - Emotion Sensing Character "MIC" & Feeling Session Character "MUSE." ICMCS (1996).
- [5] Yoon, S.Y., Burke, R.C., Blumberg, B.M., Schneider, G.E.: Interactive Training for Synthetic Characters. AAAI (2000).
- [6] Stan Z. Li and Anil K. Jain, "Handbook of Face Recognition," Springer-Verlag, 2005.
- [7] P. Viola and M. Jones, "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features," In Proc. of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Kauai, Hawaii, 12-14, 2001.
- [8] S. Z. Li and Z. Zhang, "FloatBoost learning and statistical face detection," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 26(9): 1112-1123, 2004.
- [9] R. L. Hsu, M. Abdel-Mottaleb, and A. K. Jain, "Face detection in color images," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 24(5): 696-706, 2002.
- [10] Yong-Ho Seo, Ho-Yeon Choi, Il-Woong Jeong, Hyun S. Yang, "Design and Development of Humanoid Robot AMI For Emotional Communication and Intelligent Housework", HUMANOIDS 2003, Germany.

[11] Jung, H., Seo, Y., Ryoo, M.S., Yang, H.S.: Affective communication system with multimodality for the humanoid robot AMI. HUMANOIDS 2004.

[12] Yong-Ho Seo, Il-Woong Jeong, Hye-Won Jung, Hyun S. Yang, "Intelligent Emotional Interface for Personal Robot and its Application to a Humanoid Robot, AMIET", ICCAS 2004, Thailand.



정 일 응

2002 아주대학교 정보 및 컴퓨터 공학부 (학사)
 2004 한국과학기술원 전산학과 (석사)
 2004~현재 한국과학기술원 전산학과 박사과정

관심분야: 인공지능, 로보틱스



양 현 승

1976 서울대학교 전자공학과 (학사)
 1983 Purdue Univ. 전자공학과 (석사)
 1986 Purdue Univ. 전자공학과 (박사)

1986~1988 Univ. of IOWA 전자전산학과 조교수
 1988~현재 한국과학기술원 전산학과 교수

관심분야: 인공지능, 로보틱스, 가상현실, 컴퓨터 비전



한 태 우

1996 한국과학기술원 전산학과 (학사)
 1998 한국과학기술원 전산학과 (석사)
 1998~2005 한국과학기술원 전산학과 (박사)

2006~현재 한국과학기술원 박사후과정

관심분야: 인공지능, 가상현실



서 용 호

1999 한국과학기술원 전산학과 (학사)
 2001 한국과학기술원 전산학과 (석사)
 2001~현재 한국과학기술원 전산학과 박사과정

관심분야: 인공지능, 로보틱스



노 동 현

1997 한국과학기술원 전산학과 (학사)
 1999 한국과학기술원 전산학과 (석사)
 1999~현재 한국과학기술원 전산학과 박사과정

2005~현재 삼성전자 연구원

관심분야: 인공지능