

# 3차원 정서 공간에서 마스코트 형 얼굴 로봇에 적용 가능한 동적 감정 모델

## Dynamic Emotion Model in 3D Affect Space for a Mascot-Type Facial Robot

박 정 우<sup>1</sup>, 이 희 승<sup>2</sup>, 조 수 훈<sup>3</sup>, 정 명 진<sup>4</sup>

Park Jeong-Woo<sup>1</sup>, Lee Hui-Sung<sup>2</sup>, Jo Su-Hun<sup>3</sup>, Chung Myung-Jin<sup>4</sup>

**Abstract** Humanoid and android robots are emerging as a trend shifts from industrial robot to personal robot. So human-robot interaction will increase. Ultimate objective of humanoid and android would be a robot like a human. In this aspect, implementation of robot's facial expression is necessary in making a human-like robot. This paper proposes a dynamic emotion model for a mascot-type robot to display similar facial and more recognizable expressions.

**Keywords** : Facial Expression, Mascot-Type Robot

### 1. 서 론

과거에는 로봇이 주로 산업현장에서 쓰였으나 요즘은 가정, 회사, 공공 기관 등 여러 곳에서 많이 활용됨으로써 인간과 로봇의 접촉이 많아질 것이란 사실은 누구나 쉽게 예상할 수 있다. 그래서 인간과 로봇의 상호작용에 관한 연구의 중요성도 점차 커지고 있다.

미래에는 사람과 쉽게 상호 작용하거나 혹은 사람과 똑같은 로봇의 구현이 목표일 것이다. 이를 위해 필요한 연구 중 하나가 로봇과 인간의 직면 의사 소통이다. 그래서 먼저 사람과 사람의 의사 소통 과정을 살펴보면, 감정 표현 수단으로 얼굴 표정이 약 55%를 차지하고 몸짓이 38%, 말소리가 약 7%를 차지한다<sup>[1]</sup>. 이렇듯 사람의 얼굴 표정은 사람들간의 상호교류에 있어 매우 중요한 역할을 한다. 마찬가지로 인간과 로봇간의 상호교류에 있어서도 얼굴 표정은 중요한 역할을 할 수 있을 것이다.

본 논문에서는 선행 연구 결과의 문제점들을 개선하기 위해 사람의 얼굴 표정 변화 특성을 2차 미분 방정식으로 모델링한 것을 바탕으로 마스코트 형 로봇에서 동적인 감정 모델을

제안한다. 그리고 제안된 모델을 사용하여 로봇의 표정 또한 연속적이며 다양한 특성을 갖도록 변화시킴으로써 사람이 인지하기 쉽고 자연스러운 표정을 만드는 것이 목표이다.

### 2. 본 론

#### 2.1 이전 연구

로봇의 얼굴 표정에 관한 연구는 1990년대 중반 이후부터 활발히 진행되기 시작하였다. 가장 대표적인 얼굴 로봇이 MIT의 KISMET이며<sup>[2]</sup> 와세다 대학의 WE-4R은 감정의 동적 모델을 제안한 로봇이다<sup>[3]</sup>. iCat은 인지 중심 이론에 기반한 OCC 모델을 사용하였다<sup>[4]</sup>.

이전 연구들의 특징은 동적 감정 모델이 적용된 경우는 표정이 불연속적으로 변하여 감정의 변화가 얼굴 표정으로 드러나지 않고, 표정이 연속적으로 변하는 경우는 감정의 동적 모델이 적용되지 않아 현재 표정과 목표 표정 사이에 모든 컨트롤 포인트(control point, CP)의 움직임 경로를 미리 만들어 구현함으로써 사람의 표정 변화 특성을 반영하지 못하며 표정이 추가될 때마다 CP의 경로를 새로 만들어줘야 하는 불편함이 있었다.

그래서 로봇의 얼굴 표정을 만들 때 좀 더 사람이 인지하기 쉽고 어색함을 느끼지 않도록 하기 위하여 동적 감정 모델을 적용하여 표정이 변할 때의 특성을 자연스럽게

<sup>1</sup> 한국과학기술원 전자전산학부 박사과정(E-mail : pjw@cheonji.kaist.ac.kr)

<sup>2</sup> 한국과학기술원 전자전산학부 박사과정(E-mail : eins@cheonji.kaist.ac.kr)

<sup>3</sup> 한국과학기술원 전자전산학부 석사과정(E-mail : jsh@cheonji.kaist.ac.kr)

<sup>4</sup> 한국과학기술원 전자전산학부 교수(E-mail : mjchung@ee.kaist.ac.kr)

사람과 비슷하게 할 필요가 있다.

## 2.2 선형 정서-표정 모델

### 2.2.1 선형 정서 표정 모델의 특징

본 논문에서는 결정된 로봇의 감정을 표현하기 위해 선형 정서-표정 모델을 사용한다<sup>6 & 11</sup>. 선행 연구에서는 정서 공간의 기저를 AVS<sup>11</sup>, PAD<sup>6</sup>, PAC<sup>11</sup>등으로 정의하였다. 이런 기저들은 외부 자극과의 관계가 불명확하며 기저들의 의미 또한 추상적이어서 물리적 변화 특성을 고려할 수 없다. 그리고 정서 공간에서 감정의 위치를 명확하게 나타내지 못하여 개발자의 직관에 의해 감정들의 상대적인 위치만을 나타낼 뿐이다.

하지만 선형 정서-표정 모델에서 얻어지는 정서 공간의 기저들은 에크만이 제시한 기본 6가지 표정과 관련 있다<sup>7, 8, 11</sup>. 그러므로 사람의 표정변화 특성을 정서공간의 기저에 적용하면 정서공간에서 감정이 다양한 형태의 특성을 갖고 변할 수 있다. 또한 선형 정서-표정 모델을 쓰면 감정의 명확한 위치를 알 수 있고, 정서공간을 표정공간으로 사상 시켜주는 변환 행렬도 구할 수 있다.

### 2.2.2 선형 정서-표정 모델의 결과

선형 정서-표정 모델에서는 제작된 로봇의 CP들에 근거하여 로봇의 표정공간을 결정하고 결정된 표정 공간을 가능한 적은 개수의 파라미터로 가장 잘 스패ן(span)할 수 있는 정서 공간의 기저를 찾는다. 그 결과, 동적 감정 모델을 적용한 얼굴 로봇 ‘돌도라’의 경우, 표정 공간은 6차원, 정서 공간은 3차원으로 결정되었다. 정서 공간의 기저는 화남, 놀람, 슬픔의 표정에 해당하는 감정이 결정 되었다. 표정 공간과 정서 공간을 결정하는 과정에서 정서 공간의 감정을 표정 공간으로 사상 시켜주는 변환 행렬이 얻어지고, 이것을 이용하면 로봇의 표정에 대한 정서 공간에서의 감정의 위치도 결정된다. 본 논문에서는 기본 6가지 표정에 대해 실험하였고 6가지 기본 표정에 대한 정서 공간에서 감정의 위치가 그림 1의 행렬  $E$ 가 된다<sup>8, 11</sup>.

## 2.3 동적 감정 모델

### 2.3.1 연구 배경

사람의 피부는 표피(epidermis), 진피(dermis), 피하(subcutaneous)로 이루어진 계층 구조를 가진다. 이 계층 구조는 스프링에 의해 연결되어 있는 점 질량으로 구성된 변형 가능한 사면체 격자 구조(deformable lattice)로 모델링 될 수 있다. 그래서 Lagrange 운동 방정식이 점 질량과 스프링으로 연결된 시스템에 대해 적용되어

2 차의 미분 방정식이 얼굴 근육의 움직임에 적용될 수 있다<sup>9, 10</sup>.

사람의 얼굴 표정은 얼굴 근육 움직임의 조합으로 만들어지고, 선형 정서-표정 모델에서 얻은 정서 공간의 기저들이 표정과 직접적으로 관계된 것들이므로 정서 공간을 형성하는 각 기저들의 특성을 2차의 미분 방정식으로 모델링 할 수 있게 된다.

### 2.3.2 동적 감정 모델의 가정

첫째, 감정은 선형 정서-표정 모델에 의해 결정된 3차원 정서 공간 상에서 질량( $m$ )을 가지고 움직이는 물체로 가정한다.

둘째, 사람은 자극의 종류에 따라 감정의 표현 속도가 다르다. 예를 들면 자극을 주었을 때 놀람의 감정은 매우 빨리 나타나지만 슬픔의 감정은 천천히 나타나는 특성이 있다.

셋째, 놀람의 감정이 표현될 때 시간에 따른 표정의 변화에 오버슛(overshoot, OS)이 존재한다. 사람이 놀람 표정을 지을 때 눈을 크게 떴다가 살짝 감거나 입을 크게 벌렸다다가 살짝 오므리는 현상을 볼 수 있다.

넷째, 자극을 주었을 때와 제거하였을 때 감정 및 표정 변화의 특성은 다르다. 일반적으로 자극을 주었을 때가 제거할 때 보다 반응속도가 빠르며, 놀람의 경우 자극을 주었을 때는 표정의 변화에 OS이 존재하지만 자극이 제거 되어 놀람의 표정이 사라질 때는 OS없이 평상의 상태로 돌아간다.

### 2.3.3 동적 감정 모델의 구조

본 논문에 적용된 얼굴 로봇 ‘돌도라’의 경우 정서 공간의 기저가 표정과 관련 있는 것이므로 표정 변화의 특성이 2차 미분 방정식으로 모델링 된 것을 적용 시키면 식 (2.1)을 얻을 수 있다.

$$M\ddot{e} + C\dot{e} + Ke = s, \quad (2.1)$$

$$M \triangleq \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix}, \quad C \triangleq \begin{bmatrix} c_1 & 0 & 0 \\ 0 & c_2 & 0 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix},$$

$$c_i = \begin{cases} c_{i\_F} : \text{stimuli inserted} \\ c_{i\_B} : \text{stimuli eliminated} \end{cases}, \quad i=1,2,3$$

$$K \triangleq \begin{bmatrix} k_1 & 0 & 0 \\ 0 & k_2 & 0 \\ 0 & 0 & k_3 \end{bmatrix}, \quad e \triangleq \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{bmatrix}, \quad s \triangleq \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \end{bmatrix}$$

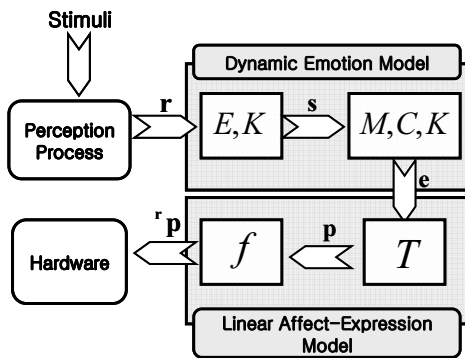


그림 1. 인지 과정을 거친 힘 요소로부터 얼굴 표정까지의 전체적인 구조

표1. ‘돌도리’에서 정서 공간의 기저 특성을 나타내는 파라미터들의 관계

$\omega_{n_i}$	$\omega_{n_2} > \omega_{n_1} > \omega_{n_3}$
$\zeta_i$	$\zeta_3 > \zeta_2 \geq 1 > \zeta_1$
$c_{i_F}, c_{i_B}$	$c_{i_F} < c_{i_B}$

$e_i (i=1,2,3)$ 는 정서 공간에서 세 기저에 대한 좌표 값이며 [-1~1]의 값을 가진다.  $s_i (i=1,2,3)$ 는 정서 공간의 세 기저와 관련된 자극의 세기이다.  $k_i$  와  $c_i (i=1,2,3)$ 는 각각 정서 공간에서 세 기저에 대한 탄성(elasticity)정도와 마찰(viscosity or friction) 정도를 의미한다. 2.3.2 절의 네 번째 가정에 의해  $c_{i_F}$ 는 자극이 들어왔을 때의 마찰 계수를 나타내고  $c_{i_B}$ 는 자극이 사라질 때의 마찰 계수를 나타낸다.  $C$ 와  $K$ 는 대각 성분만 고려할 경우 세 기저들 사이에 상관(correlation)이 없음을 의미한다.

2.3.2절의 첫 번째 가정에 의해  $m_1 = m_2 = m_3 = m$  이 된다. 질량  $m$ 인 물체가 외부자극에 의해 정서 공간에서 움직이면 로봇의 감정이 변하게 되는 것이다. 그림 1에 자극에 따른 감정이 어떤 과정을 거쳐 표정으로 생성되는지를 나타내었다. 외부 자극이 인지 과정을 통해 기본 6가지 표정 중 어떤 감정과 어느 정도 관련 있는 자극([0~1]의 값,  $r$ )인지 결정된다. 이 값은 기본 6가지 감정 위치( $E$ )와 탄성 계수( $K$ )에 의해 현재 자극의 종류와 세기에 대한 정서 공간에서 감정의 위치로 가도록 하는 힘 요소( $s$ )로 변환된다. 현재 감정의 위치에서 목표 감정 값까지의 경로는 2차 미분 방정식에 의해 결정되고 결정된 감정 값은  $T$ 에 의해 표정 공간으로 사상되어 얼굴의 각 컨트롤 포인트에 대한 정규화된 위치 값이 결정된다. 이 값들은  $f$ 에 의해 실제 로봇을 구동하기 위한 모터의 위치 값으로 변환되어 현재 감정 값에 해당하는 표정이 나타나게 된다.

표 2. 정서 공간의 세 기저에 대한 결정된 계수 값

	$m_i$	$c_{i_F}$	$c_{i_B}$	$k_i$	$\omega_n$	$\zeta_F$	$\zeta_B$
Affect1 (화남)	1	50	150	150	12.25	2.04	6.12
Affect2 (놀람)	1	10	100	180	13.42	0.37	3.73
Affect3 (슬픔)	1	110	200	130	11.40	4.82	8.77

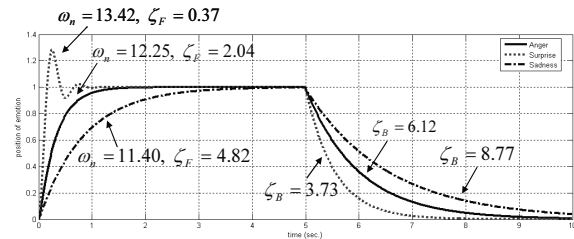


그림 2. 결정된 계수 값에 대한 세 기저의 step response

즉, 현재 로봇의 감정 위치( $e$ )가 결정되면 그에 해당하는 표정( $p$ )이 위의 과정을 통해 얻어진다. 그래서 정서 공간에서 감정의 변화를 동적 모델을 통해 다양한 특성을 갖도록 변화시키면 표정 변화의 특성도 다양한 형태로 얻을 수 있다.

### 2.3.4 동적 감정 모델의 계수 결정

본 논문에 사용된 얼굴 로봇 ‘돌도리’의 경우 정서 공간의 기저로 affect1(화남), affect2(놀람), affect3(슬픔)으로 결정되었다. 2.3.2 절의 두 번째와 세 번째 가정에 의해  $\omega_n$  (natural frequency)은 놀람이 가장 크고 화남, 슬픔 순으로 결정하였고,  $\zeta$  (damping ratio)는 슬픔이 가장 크고 화남, 놀람의 순으로 결정하였다. 놀람의 경우 OS 이 있어야 하므로  $\zeta$ 가 1 보다 작아야 하고 화남과 슬픔의 경우는 OS 이 없으므로  $\zeta$ 가 1 보다 커야 한다. 그리고  $\omega_n$ 이 일정할 때는  $\zeta$ 가 작을수록 외부 자극에 의한 감정과 표정의 변화 반응 속도가 빠르다<sup>[10]</sup>.

$$\zeta_i = \frac{c_i}{2\sqrt{m_i k_i}}, \quad \omega_{n_i} = \sqrt{\frac{k_i}{m_i}} \quad (22)$$

2.3.2절의 네 번째 가정과 식 (2.2)에 의해 같은 종류의 기저에 대해서는  $c_{i_F} < c_{i_B}$ 인 관계가 성립한다. 위의 결과들을 정리하면 표 1과 같다. 표 1에 제시된 파라미터의 상대적인 크기를 바탕으로 ‘돌도리’에서 정서 공간의 세 기저와 관계된 화남, 놀람, 슬픔의 특성에 맞는 2차 미분 방정식의 계수들은 실험적으로 결정했다 (표 2참고). 그림 2는

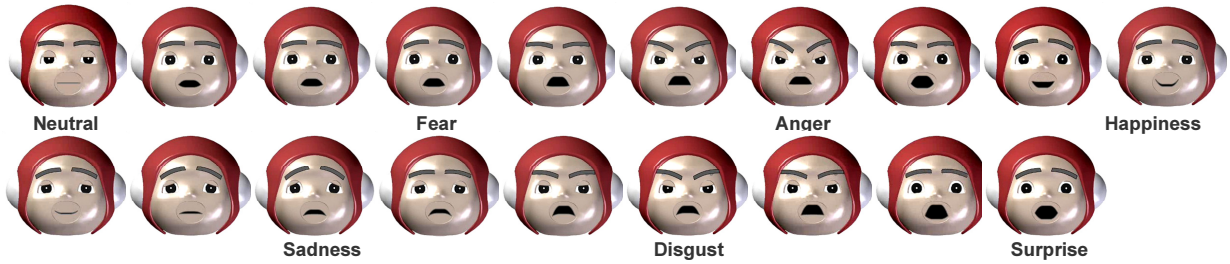
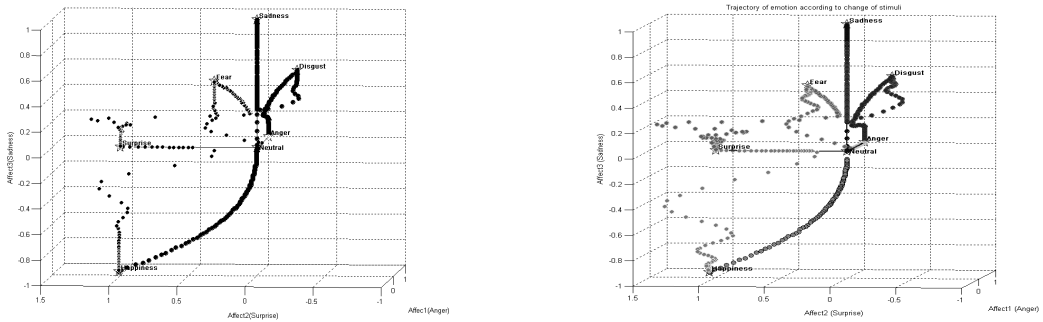


그림 3. 공포, 화남, 기쁨, 슬픔, 혐오, 놀람의 순서로 표정 변화



	$m_i$	$c_{i\_F}$	$c_{i\_B}$	$k_i$	$\omega_n$	$\zeta_F$	$\zeta_B$		$m_i$	$c_{i\_F}$	$c_{i\_B}$	$k_i$	$\omega_n$	$\zeta_F$	$\zeta_B$
Affect1 (화남)	1	50	150	150	12.25	2.04	6.12	Affect1 (화남)	1	10	30	36	6	0.83	2.49
Affect2 (놀람)	1	10	100	180	13.42	0.37	3.73	Affect2 (놀람)	1	3	30	49	7	0.21	2.10
Affect3 (슬픔)	1	110	200	130	11.40	4.82	8.77	Affect3 (슬픔)	1	22	40	25	5	2.2	4.00

case (1)

case (2)

그림 4. 2차 미분 방정식의 계수에 따른 정서 공간에서 감정 변화 특성 비교

결정된  $\zeta$  와  $\omega_n$  을 통해 얻은 세 기저에 대한 계단 응답(step response) 특성을 보여준다. 0~5초의 그래프는 세 기저에 대한 관련성(자극의 세기)이 최대인 1이 입력되었을 때의 반응 특성이며 5~10초의 그래프는 각 상태에서 세 기저에 대한 관련성(자극세기)이 최소인 0이 입력되었을 때 반응 특성이다

### 3. 실험 결과

#### 3.1 시뮬레이터

시뮬레이터는 플래시 8.0 을 이용하여 제작되었다. 초당 30 프레임을 사용하여 샘플링 시간은 1/30 초가 된다. 이것은 자극에 대해 사람의 표정 변화가 가장 빠를 경우를 약 0.1 초 이내에 발생한다고 가정할 경우 Nyquist 이론에 의해 얻어진 샘플링 시간 0.05 초 보다 작으므로 충분히 의미 있는 값이다. 알고리즘 구현을 위해 미분 방정식을 차분 방정식으로 바꾸는 과정에서 바이리니어 변환(bilinear-transform)을 사용하였다.

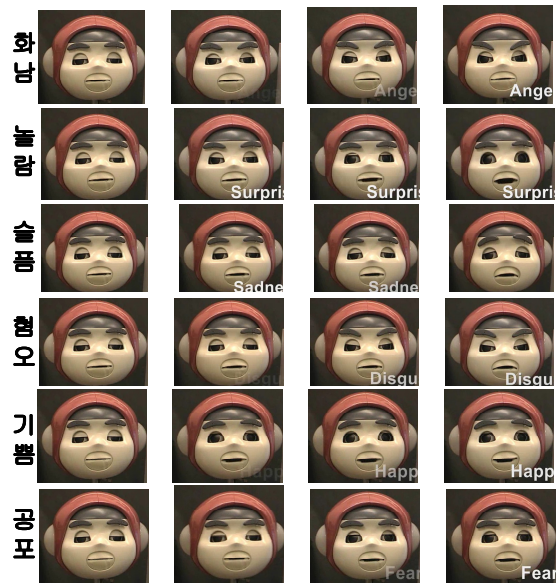


그림 5. 얼굴 로봇 ‘돌도리’의 평상에서 기본 6가지 표정 으로의 변화

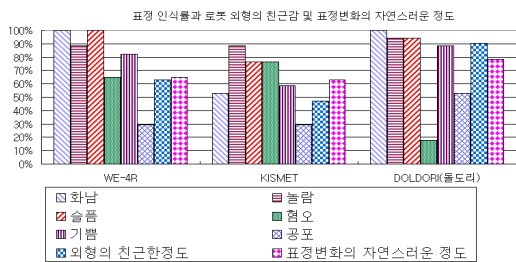


그림 6. 얼굴 로봇의 표정 인식률 및 표정 변화의 자연스러움에 대한 설문조사 결과

개발된 시뮬레이터를 이용하여 6가지 기본 표정간의 변화를 그림 3에 나타내었다. 다음으로 미분 방정식의 계수 변화에 따른 정서공간에서 감정의 움직임의 변화에 대한 실험을 하였다. 그림 4는 평상의 상태에서 슬픔, 혐오, 화남, 공포, 놀람, 기쁨의 값을 순서대로 입력으로 주고 미분 방정식의 계수로 case(1)과 case(2)를 사용하였을 때 정서 공간에서 감정의 변화를 나타낸다. case(2)가 case(1)에 비해 전체적으로 점과 점 사이의 간격이 더 촘촘해졌다. 이것은 같은 시간 동안의 이동 거리가 작다는 것을 의미한다. 즉, 자극에 따른 반응속도가 느려진 것을 알 수 있다. 그리고 공포, 혐오, 놀람, 기쁨으로 감정이 변할 때 진동의 폭이 커지고 진동수도 많아졌다. case(1)이 case(2)에 비해 각각의 기저 특성이 반응속도는 빠르고 OS는 작게 조절하였다. 미분 방정식의 계수를 바꿈으로써 감정의 변화의 특성을 쉽게 바꿀 수 있다.

### 3.2 얼굴 로봇

얼굴 로봇 시스템은 얼굴 외형과 기구부, 디지털제어기 및 사용자 인터페이스로 구성된다. 사용자 인터페이스와 제어기의 통신은 CAN(Control Area Network)프로토콜을 이용하며 통신 속도는 1Mbps를 사용하였다<sup>9)</sup>.

시뮬레이터를 이용하여 동적 감정 모델을 적용한 결과 동적 감정 모델이 없을 때보다 로봇의 감정과 표정이 자연스럽게 다양하게 변화하는 것을 확인할 수 있었다. 이를 바탕으로 실제 로봇 기구부에 동적 감정 모델을 적용하였다. 그림 5는 로봇 기구부가 평상에서 6가지 기본 표정으로 변화하는 과정을 보여 준다.

### 3.3 설문조사 결과

로봇의 얼굴표정 인식률 및 외형의 친근감, 표정 변화의 자연스러운 정도에 대해 기존 연구 결과들과 본 논문에서 적용한 ‘돌도리’에 대해 20-30대 남녀 17명에 대해 설문조사를 실시하였다. KISMET, WE-4, 돌도리의 기본 6가지 표정변화에 대한 동영상을 보여주고 해당 표정을

맞히도록 하였고, 표정 변화가 가장 자연스럽다고 느끼는 순서대로 상, 중, 하를 체크하도록 하였다. 설문조사를 통해 감정의 동적 모델이 적용된 ‘돌도리’의 경우 혐오를 제외한 다른 모든 표정들에서 기존의 얼굴로봇에 비해 표정 인식률이 좋은 것을 알 수 있다. 정서 공간의 기저를 형성하는 화남, 놀람, 슬픔에 관계된 표정은 모두 90% 이상의 높은 인식률을 나타낸다. 그리고 표정 변화의 자연스러움에서도 전체 응답자의 약 80% 정도가 다른 로봇에 비해 표정이 자연스럽게 변한다고 답하였다. 설문 조사를 통해 본 논문에서 제안된 동적 감정 모델을 적용함으로써 표정이ダイナ믹하게 변하여 기존의 로봇들이 표현하지 못했던 미세한 표정 변화가 사람들로 하여금 표정을 좀더 쉽게 인식될 수 있도록 했다고 판단할 수 있다(그림 6 참고).

## 4. 결 론

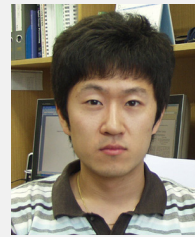
본 논문에서는 표정을 기반으로 만들어진 3차원 정서 공간에서 세 기저의 특성을 고려하여 로봇의 동적 감정 모델을 제안하였다.

기존 연구에서도 2차의 동적 감정 모델을 제안하였지만 정서 공간의 기저가 추상적인 것이라 물리적 특성을 고려할 수 없었다. 그래서 미분 방정식의 계수를 결정하기 위한 기준이 제시되지 않아 개발자 임의로 결정해야 했으며, 결정된 계수 또한 물리적 의미를 가지지 못한다. 하지만 본 논문에서 제안된 동적 감정 모델에서는 정서 공간의 세 기저가 표정과 관련 있다. 그래서 표정 변화의 특성을 반영하여 세 기저의 특성과 관련 있는 미분 방정식 계수의 상대적인 크기가 결정된다. 그러므로 계수 결정이 좀 더 용이 해지며, 결정된 계수들 또한 세 기저의 특성을 나타내므로 의미 있는 값이 될 수 있다. 그리고 동적 감정 모델을 적용하지 않았을 때는 로봇의 모든 표정이 외부 자극에 대해 같은 특성의 변화를 보인 반면, 동적 감정 모델을 적용하였을 때는 외부 자극 종류에 따라 로봇의 얼굴 표정 변화 특성이 다르고, 표정간의 변화가 자연스러워 거부감도 줄었으며, 표정을 인식하기도 쉬워졌다.

사람의 경우 기분이 좋을 때는 화남 자극을 주어도 쉽게 화가 나지 않고, 슬픈 상태에서는 기쁨 자극을 주어도 쉽게 슬픈 감정이 사라지지 않는다. 그래서 추후 과제로는 정서 공간의 세 기저 사이의 연관성 문제에 대해 더 연구해 볼 필요가 있다. 또 사람은 외부 자극에 의해 감정뿐만 아니라 기분(mood), 성격 등 여러 요소가 변한다. 본 논문에서는 자극에 따른 감정의 변화에 대해서만 언급하였는데 동적 방정식의 계수들이 기분에 따라 변하는 것도 추후에 구현되어야 할 것이다.

## 참고문헌

- [1] C. Breazeal, Designing Social Robots, The MIT Press, Cambridge, 2002
- [2] Hiroyasu Miwa, Kazuko Itoh, Hideaki Takanobu, Atsuo Takanishi, "Development of Mental Model for Humanoid Robots," ROMANSY, 2004 Montreal, Canada, June 14-18, 2004
- [3] A.J.N. van Breemen, "Animation Engine for Believable Interactive User-Interface Robots," Proceedings of 2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, September 28 - October 2, 2004, Sendai, Japan
- [4] C. Becker, S. Kopp, and I. Wachsmuth, "Simulating the Emotion Dynamics of a Multimodal Conversational Agent," - Proceedings Tutorial and Research Workshop on Affective Dialogue Systems 2004, LNAI 3068, pp.154-165
- [5] K. Waters, and D. Terzopoulos, "A Physical Model of Facial Tissue and Muscle Articulation," Visualization in Biomedical Computing, Proceedings of the First Conference on 22-25 May 1990, pp.77 - 82
- [6] H.S. Lee, J. Y. Park, and M.J. Chung, "A Study on the Facial Expressions of Robots using a 3-dimensional Linear Emotional Model," KACC2005, pp.586-591, 2005
- [7] P. Ekman and W. V. Friesen, Unmasking the Face, Cambridge: Malor Books, 2003.
- [8] H.S. Lee, J.W. Park, M.J. Chung, "A Linear Affective Space Model based on the Facial Expressions for Mascot-Type Robots", SICE-ICASE International Joint Conference, Busan, Korea, October 18-21, 2006
- [9] D. Terzopoulos, K. Waters, "Physically-Based Facial Modeling, Analysis, and Animation," -Journal of Visualization and Computer Animation, 1(2):73-80, 1990
- [10] Dorf, Bishop, "Modern Control Systems"
- [11] H.S. Lee, Jeong Woo Park, M.J. Chung, "An Affect-Expression Space Model of the Face in a Mascot-Type Robot," Proceeding of IEEE/RAS International Conference on Humanoid Robots, pp. 412-417, Dec. 2006
- [12] Mehrabian: Communication without words, Psychology Today, Vol.2, No.4, 1068, 1968



## 박정우

- 2005 경북대학교 전자전기공학부(공학사)
- 2007 KAIST 전자전산학부 전기및전자공학전공(공학석사)
- 2007~현재 KAIST 전자전산학부 전기및전자공학전공 박사과정

관심분야: Emotional expression of mascot-type robots, Human-robot interaction.



## 이희승

- 2000 KAIST 전기및전자공학과 (공학사)
- 2002 KAIST 전기및전자공학전공 (공학석사)
- 2002~현재 KAIST 전자전산학부 전기및전자공학전공 박사과정

관심분야: 인간-로봇 상호 작용, 디지털 시스템 설계, 음성 합성



## 조수훈

- 2006 전남대학교 전자컴퓨터정보통신공학부(공학사)
- 2006~현재 KAIST 전자전산학부 전기및전자공학전공 석사과정

관심분야: 로봇팔, 감정표현



## 정명진

- 1973 서울대학교 공과대학 전기공학과(공학사)
- 1977 미시간대학교 전기공학과(공학석사)
- 1983 미시간대학교 제어공학과(공학박사)

1976 국방과학연구소 연구원  
1981~1983 미시간대학교 CRIM 연구 조교  
1983~현재 KAIST 전자전산학부 교수  
관심분야: 서비스 로봇, Human-robot interaction