

KOBIE: 애완형 감성로봇

KOBIE: A Pet-type Emotion Robot

류 정 우¹, 박 천 수², 김 재 홍², 강 상 승², 오 진 환³, 손 주 찬⁴, 조 현 규⁵

Joung Woo Ryu¹, Cheonshu Park², Jaehong Kim², Sangseung Kang²,
Jinhwan Oh³, Joochan Sohn⁴, Hyun Kyu Cho⁵

Abstract This paper presents the concept for the development of a pet-type robot with an emotion engine. The pet-type robot named KOBIE (KOala roBot with Intelligent Emotion) is able to interact with a person through touch. KOBIE is equipped with tactile sensors on the body for interaction with a person through recognition of his/her touching behaviors such as “Stroke”, “Tickle”, “Hit”. We have covered KOBIE with synthetic fur fabric in order to can make him/her feel affection as well. KOBIE is able to also express an emotional status that varies according to the circumstances under which it is presented. The emotion engine of KOBIE's emotion expression system generates an emotional status in an emotion vector space which is associated with a predefined needs and mood models. In order to examine the feasibility of our emotion expression system, we verified a changing emotional status in our emotion vector space by a touching behavior. We specially examined the reaction of children who have interacted with three kind of pet-type robots: KOBIE, PARO, AIBO for roughly 10 minutes to investigate the children's preference for pet-type robots.

Keywords: Pet-type Robot, Emotion Engine, Need, Mood, Human Touching Behavior

1. 서 론

최근 맞벌이 부부의 증가 현상으로 출산율이 저하되면서 2인 이하 자녀를 갖는 가구가 증가하고 있으며, 사회의 고령화 현상으로 독거노인들이 증가하고 있다. 맞벌이 부부의 자녀들은 가족 내부의 정서적인 유대감 약화로 정서가 불안해지고, 독거노인들은 거동불편에 따른 고립생활로 외로움과 심리적 우울증에 시달리고 있다. 이러한 사회적 문제로 인해 정서적 안정을 줄 수 있는 새로운 가족 구성원으로 애완동물의 수요가 급증하고 있다. 특히 이러한 목적에서 키워지는 애완동물은 집안에서 가족과 함께 공동생활을 하는 경우가 많다. 그러나 다른 일각에서는 애완동물에 의한 공중보건 문제와 유기동물 발생과 같은 사회적 문제를

지적하는 견해가 점진적으로 대두되고 있다.

로봇 분야에서는 이와 같은 사회적 문제를 해결하기 위해서 정서적 안정을 줄 수 있는 애완형 로봇 개발에 관심을 보이고 있다. 현재까지 발표된 대표적인 애완형 로봇으로는 강아지 모양의 AIBO, 고양이 모양의 NeCoRo, 공룡 모양의 PLEO^[1] 그리고 일본 AIST (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)에서 개발된 바다표범 모양의 PARO가 있다. 특히, 일본에서는 노인보호시설에서 PARO에 의한 로봇치료요법의 연구를 실시하여 노인들의 심리적 우울증 치료에 효과가 있다는 결과를 발표하였다^[2]. 이외에도 NEC사에서는 어린이와 같이 놀아줄 수 있는 개인용 로봇으로 PaPeRo를 개발하고 있다. 이와 같은 로봇들은 사람의 명령이나 특정 조건에 따라 행동을 취할 뿐만 아니라, 애완동물과 같이 보다 정서적으로 사람과 상호작용을 할 수 있도록 자신의 감성 상태에 따라 행동을 선택할 수 있도록 개발되고 있다.

일반적으로 사람들은 자신의 기분에 따라 애완동물에게 행해지는 접촉행동을 달리하므로 접촉을 통한 상호작용은 정서적 교감을 느낄 수 있도록 하는 중요한 의사소통의 수단 중에 하나이다^[3,4].

※ 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장동력핵심 기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2006-S026-02, 능동형 서비스 플랫폼을 위한 URC 서버 프레임워크]

¹ 한국전자통신연구원 연구원(ryu0914@nate.com)

² 한국전자통신연구원 선임연구원

(bettle@etri.re.kr, jhkim504@etri.re.kr, kss@etri.re.kr)

³ 산업자원부 성장동력 기술개발사업 위탁과제 연구원(ohjh37@hanmail.net)

⁴ 한국전자통신연구원 팀장(jsohn@etri.re.kr)

⁵ 한국전자통신연구원 책임연구원(hkcho@etri.re.kr)

본 논문에서는 접촉에 의한 상호작용으로 사람들에게 정서적 안정을 줄 수 있는 코알라 모양의 애완형 감성로봇 KOBIE(KOala roBot with Intelligent Emotion)에 대해서 기술한다. KOBIE는 차가운 금속 재질의 외형이 아닌 따뜻하고 친근한 외형을 갖도록 부드러운 털로 만들어진 외피를 착용하였고, “때리다”, “쓰다듬다”, “간질이다”와 같은 사람의 접촉행동을 감지할 수 있도록 KOBIE의 몸체에 접촉 센서들을 설치하였다. 또한 KOBIE는 사람과 상호작용하는 동안 감성에 따라 행동을 선택하고 행할 수 있도록 감성표현 시스템(Emotion Expression System)을 갖는다.

2장에서는 KOBIE의 하드웨어에 대해서 기술하며, 3장에서는 KOBIE의 감성표현시스템에 대해서 기술하고, 4장에서는 개발된 감성표현시스템에 대한 적합 여부와 KOBIE를 포함한 기존 애완형 로봇에 대한 어린이의 선호를 살펴본다. 마지막으로, 결론에서는 애완형 감성로봇 KOBIE에 대한 향후 연구에 대해서 기술한다.

2. KOBIE의 하드웨어

KOBIE와 상호작용하는 사람들에게 살아있는 애완동물과 같은 느낌을 주기 위해 다중-모달 상호작용(multi-modal interaction) 기반의 감성 행동을 표현할 수 있도록 다양한 센서들을 이용한 다중-모달 인터페이스(multi-modal interface)로 KOBIE를 설계하였다. 표 1은 KOBIE의 세부적인 하드웨어 명세이다.

KOBIE의 하드웨어에서는 외부 소프트웨어와 통신할 수 있도록 RS-232C 통신 방식과 IEEE 802.11b/g

표 1. KOBIE의 하드웨어 명세

크기 (mm)	210(W) × 270(H) × 440(D)
무게 (kg)	Approx. 3.5
프로세서	Freescale i.MX21 (350MHz)
OS	임베디드 리눅스
센서	온도 센서 초음파 거리 센서 적외선 거리 센서 접촉 센서 조도 센서 ON/OFF 센서 동체 감지 센서 마이크로폰 CMOS 카메라 (1.3M pixels)
액추에이터	20 (머리: 2, 눈: 1, 귀:1×2, 다리: 3×4, 등: 1)
통신	RS-232C IEEE 802.11b/g

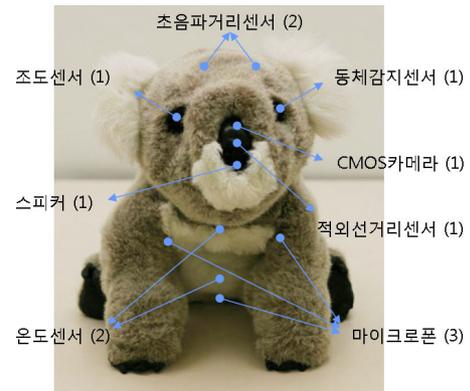


그림 1. KOBIE의 정면

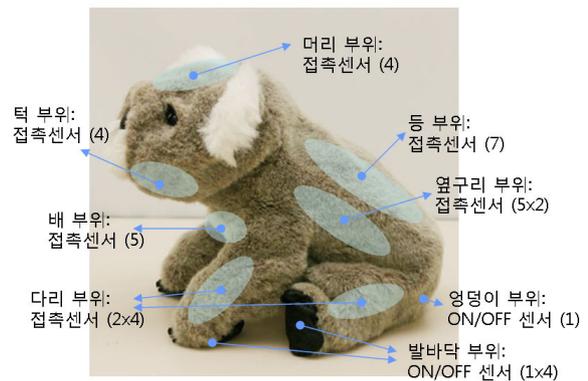


그림 2. KOBIE의 측면

무선 통신 방식을 지원한다. 특히, 무선 통신 방식을 지원하므로 네트워크 기반의 애완형 감성로봇으로 활용할 수 있다.

KOBIE의 정면을 보여주는 그림 1에서는 센서들의 부착 위치를 나타내고 있다. KOBIE는 정면에 있는 물체와의 거리를 측정하기 위해 초음파 거리 센서를 이마 부위에 설치하였고, 지면과의 거리를 측정할 수 있도록 적외선 거리 센서를 코 부위에 설치하였다. 몸체에서 열이 많이 발생하는 부분과 그렇지 않은 부분에 각각 온도 센서를 설치하여 KOBIE의 체온으로 환산하였고, 소리의 방향을 감지할 수 있도록 몸체 내부의 양 측면과 후면에 각각 마이크로폰을 설치하였다.

그림 2에서는 접촉 센서와 ON/OFF 센서의 부착 부위와 각 부위별로 부착된 센서의 개수를 나타내고 있다.

KOBIE의 정지된 자세를 알아내기 위해 엉덩이 부위와 발바닥 부위에 각각 ON/OFF 센서를 부착하였고, KOBIE가 사람의 접촉행동을 감지할 수 있도록 정

된 접촉행동(affective touching behaviors)이 나타나기 쉬운 여섯 부위: 머리, 턱, 등, 배, 옆구리, 다리에 접촉 센서를 설치하였다.

감지된 접촉행동을 특정 접촉행동으로 인식할 때 부위별 접촉 센서의 수가 많을수록 인식의 성능은 높아 지지만, 설치비용, 크기, 무게와 같은 경제적, 물리적 측면에서 효율성이 떨어진다. 따라서 가능한 적은 개수로 인식의 성능을 보일 수 있도록 각 부위별로 접촉 센서 배열의 위치를 결정해야 한다.

3. KOBIE의 감성표현시스템

앞에서 기술하였던 다양한 센서들로부터 감지된 자극에 따라 변화되는 감성을 생성하고 KOBIE가 생성된 감성을 행동으로 표현할 수 있도록 감성표현시스템을 제안한다. 그림 3은 감성표현시스템의 개념도이다.

감성표현시스템은 감성특징생성모듈, 내면상태생성모듈, 행동선택모듈로 구성되어 있다. 감성특징생성모듈은 센서 값으로부터 내면상태에 영향을 줄 수 있는 감성특징을 생성하는 모듈이고, 내면상태생성모듈은 감성특징으로부터 욕구와 변화된 감성을 생성한다. 마지막으로 행동선택모듈은 생성된 감성과 욕구로부터 행동을 선택하는 모듈이다. 본 논문에서 행동선택모듈은 표 2와 같이 일곱 개의 감성에 대한 행동 특업테이블(lookup table)로 구현하였다.

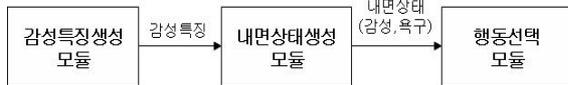


그림 3. 감성표현시스템 개념도

표 2. 행동 특업테이블

내면상태	행동
놀람	웅크리다, 고개를 들고 눈을 뜨다, 큰 소리를 낸다
화남	고개를 좌우로 흔든다, 화난 소리를 낸다
두려움	달아난다, 발버둥 친다
즐거움	고개를 든다, 포옹한다
슬픔	눈을 감는다, 슬픈 소리를 낸다
부끄러움	눈을 깜박거리다, 귀를 흔든다
보통	

3.1 감성특징생성모듈

감성특징생성모듈은 센서 값으로부터 내면상태에 영향을 줄 수 있는 감성특징(emotion feature)을 생성한

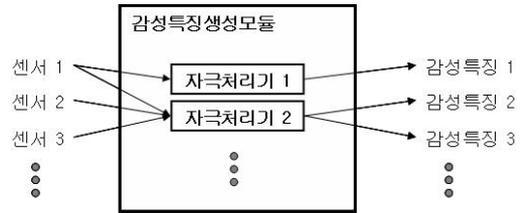


그림 4. 감성특징생성모듈 개념도

표 3. KOBIE에서 정의된 감성특징

자극처리기	센서 (부위)	감성특징
1	조도 센서	어둡다
2	접촉 센서(머리)	때리다, 쓰다듬다, 간질이다, 찌르다
3	접촉 센서(등)	때리다, 쓰다듬다, 간질이다, 대다
4	접촉 센서(턱)	쓰다듬다, 간질이다
5	접촉 센서(옆구리)	만지다, 잡다

다. 감성특징은 사전에 정의되어야 하며, 로봇에 부착된 센서들에 따라 다르게 정의된다. 본 논문에서는 식 (1)과 같이 센서 값으로부터 생성될 수 있는 감성특징명 en_i 과 가능성 p_i , 그리고 내면상태에 영향을 미칠 수 있는 가중치 w_i 의 쌍으로 감성특징 ef_i 을 표현한다. EF 는 사전에 정의된 감성특징의 집합이다.

$$EF = \{ef_i = (en_i, p_i, w_i) \mid 0 \leq p_i, w_i \leq 1\} \quad (1)$$

감성특징생성모듈에서 센서 값으로부터 감성특징이 생성될 수 있는 가능성을 계산하는 프로세서를 자극처리기(stimulus processor)라 하고, 그림 4와 같이 하나의 자극처리기에서는 한 개 이상의 감성특징들이 생성될 수 있으나, 서로 다른 자극처리기에서 동일한 감성특징은 생성할 수 없다. 또한 동일한 감성특징이 서로 다른 자극처리기에서 생성될 수 없다. 표 3은 KOBIE에서 사전에 정의된 감성특징 일부를 보여주고 있다. KOBIE는 접촉에 의한 상호작용으로 사람들에게 정서적 안정을 주기 위해서 접촉행동을 감성특징으로 정의하였으며, KOBIE가 사람의 접촉행동을 인식할 수 있도록 자극처리기를 신경망(neural network) 모델인 다층퍼셉트론(multi-layer perceptron)으로 설계하였다^[5].

3.2 내면상태생성모듈

내면상태생성모듈은 감성특징으로부터 감성과 욕구 같은 내면상태를 생성하는 모듈로, 그림 4와 같이 기

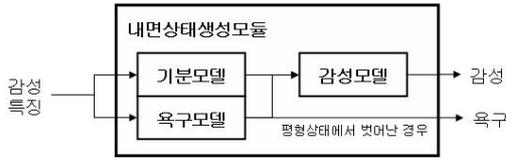


그림 5. 내면상태생성모델 개념도

본모델, 욕구모델, 감성모델로 구성되어 있다. 자극으로부터 생성된 감성특징들은 기본모델과 욕구모델에 영향을 주고, 영향을 받은 각 모델들의 결과에 의해 감성모델이 영향을 받아서 변화된 감성을 나타낸다. 특히 기본모델과 다르게 욕구모델에서는 욕구의 정도(degree)가 평형상태(equilibrium)를 벗어나면 해당 욕구가 활성화되어 내면상태생성모델에서 감성과 함께 나타난다.

3.2.1 기본모델과 욕구모델

기본모델에서 기본요인 m_i 은 식 (2)와 같이 (EFM_i, md_i^t, mc_i^t) 으로 정의된다. EFM_i 는 기본요인 m_i 에 영향을 줄 수 있는 감성특징들의 집합으로 사전에 정의된다. 이 때 동일한 감성특징이 다수의 기본요인에 영향을 줄 수 있다. md_i^t 는 t 시점에서 기본요인의 정도를 의미하고, mc_i^t 는 t 시점에서 기본요인 m_i 에 영향을 미치는 감성특징들의 가능성에 대한 확신도(certainty)를 의미한다. 그림 6의 (가)는 기본모델을 그림으로 도식화한 것이다.

$$M = \{(EFM_i, md_i^t, mc_i^t) \mid 0 \leq md_i^t, mc_i^t \leq 1\}$$

$$EFM_i = \{ef_i \mid \forall ef_i \in EF\}$$
(2)

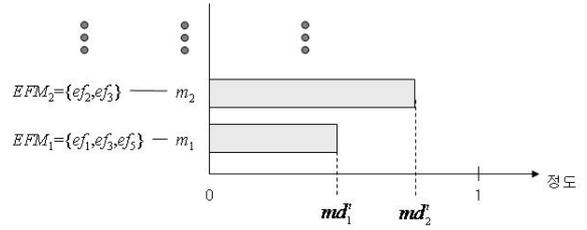
욕구모델에서는 식 (3)과 같이 평형상태 영역을 추가하여 욕구요인 $n_i = (EFN_i, nd_i^t, nc_i^t, l_i, h_i)$ 를 정의한다. 여기서 l_i 와 h_i 는 평형상태 영역의 최소값과 최대값을 의미한다. 사전에 정의된 EFN_i 는 n_i 에 영향을 줄 수 있는 감성특징들의 집합이고, nd_i^t 와 nc_i^t 는 각각 t 시점에서 n_i 의 욕구정도와 n_i 에 영향을 미치는 감성특징의 가능성에 대한 확신도를 나타낸다. 그림 6의 (나)는 욕구모델을 그림으로 도식화한 것이다.

$$N = \left\{ (EFN_i, nd_i^t, nc_i^t, l_i, h_i) \mid 0 \leq nd_i^t, nc_i^t, l_i, h_i \leq 1 \right\}$$

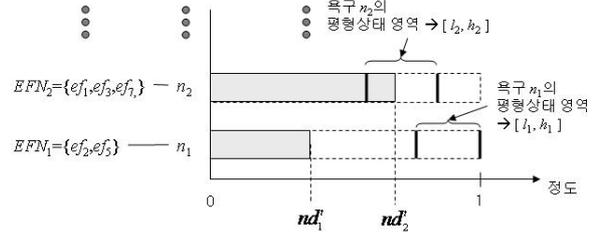
$$EFN_i = \{ef_i \mid \forall ef_i \in EF\}$$
(3)

다음은 욕구모델에서 욕구정도가 조정되는 방법과 확신도가 계산되는 방법에 대해서 기술한다.

먼저, 특정 시점 t 에서 다음과 같은 감성특징생성모



(가) 기본모델



(나) 욕구모델

그림 6. 기본모델과 욕구모델

듈에 의해 감성특징 ef_i^t 의 가능성 p_i^t 이 계산되어 감성특징이 생성되었다고 가정할 때,

$$EF^t = \{ef_i^t = (en_i, p_i^t, w_i) \mid \forall ef_i^t \in EF, 0 \leq p_i^t \leq 1\}$$

식 (4)와 같이 바로 이전 욕구정도에 변화량을 반영하여 t 시점에서의 욕구정도 nd_i^t 를 계산하고 나서, 식 (5)과 같은 전달함수(transfer function)를 이용하여 욕구정도에 대한 제약조건 범위를 만족시킨다.

$$nd_i^t = \begin{cases} nd_i^{t-1} + \Delta nd_i^t, & t \neq 0, EFN_i^t \neq \emptyset \\ nd_i^{t-1} - \beta, & t \neq 0, EFN_i^t = \emptyset \end{cases}$$

$$\Delta nd_i^t = \alpha \times \frac{\sum_{ef_j^t \in EFN_i^t} w_j p_j^t}{\sum_{ef_j^t \in EFN_i^t} p_j^t}$$
(4)

$$f(nd_i^t) = \begin{cases} 1, & 1 < nd_i^t \\ nd_i^t, & 0 \leq nd_i^t \leq 1 \\ 0, & nd_i^t < 0 \end{cases}$$
(5)

만약 EF 집합에 욕구요인 n_i 에 영향을 줄 수 있는 감성특징이 없을 경우 ($EFN_i^t = \emptyset$) 사전에 정의된 감소량, β 만큼 욕구정도를 감소시킨다. 그렇지 않을 경우 ($EFN_i^t \neq \emptyset, EFN_i^t \subseteq EFN_i$)에는 영향을 줄 수 있는 감성특징 ef_j^t 의 가능성 p_j^t 에 대한 가중치 평균(weighted average)으로 변화량 Δnd_i^t 을 계산하여 변화량만큼 욕구정도를 증가시킨다. 이 때 α 는 변화량의 최대 증가

량의 크기를 제어하는 상수이다.

이 때 욕구요인 n_i 에 영향을 미치는 감성특징들의 가능성에 대한 확신도 nc_i^t 를 계산하기 위해서 먼저 감성특징의 가능성이 높은 것, *over*와 낮은 것, *under*로 구분하여 식 (6)과 같이 각각의 경우에 대해서 가중치 평균을 계산한다. 그리고 욕구요인에 영향을 미치는 감성특징의 존재 여부에 따라 식 (7)과 같이 확신도 nc_i^t 를 계산한다. 여기서 욕구요인에 영향을 미치는 감성특징이 없을 경우 ($EFN_i^t = \emptyset$)에는 이전 확신도를 그대로 유지한다.

$$\begin{aligned}
 over &= \{ef_j^t = (p_j^t, w_j) | ef_j^t \in EFN_i^t, 0.5 \leq p_j^t\} \\
 under &= \{ef_j^t = (p_j^t, w_j) | ef_j^t \in EFN_i^t, p_j^t < 0.5\} \\
 \\
 ov_ave &= \frac{\sum_{ef_j^t \in over} w_j p_j^t}{\sum_{ef_j^t \in over} w_j} \\
 un_ave &= \frac{\sum_{ef_j^t \in under} w_j p_j^t}{\sum_{ef_j^t \in under} w_j}
 \end{aligned} \tag{6}$$

$$nc_i^t = \begin{cases} nc_i^{t-1} & , t \neq 0, EFN_i^t = \emptyset \\ ov_ave & , t \neq 0, un_ave = \emptyset \\ un_ave & , t \neq 0, ov_ave = \emptyset \\ ov_ave - un_ave & , t \neq 0 \end{cases} \tag{7}$$

기본모델에서 기본요인의 정도와 확신도도 지금까지 기술한 방법과 동일한 방법으로 계산한다.

3.2.2 감성모델

KOBIE의 감성모델은 WE-4RII에서 사용된 3D 정서 공간(mental space)[6]에서 “싫음”이라는 감성 대신 “부끄러움” 감성을 포함한 7개의 감성(놀람, 두려움, 화남, 즐거움, 부끄러움, 보통)을 표현할 수 있도록 3D 감성벡터공간으로 모델링 하였다.

벡터공간으로 감성을 모델링하는 것은 기준에 대표

표 4. 요인테이블

	즐거움(Pleasantness)		활동적임(Activation)	
	음의 관계 (negative)	양의 관계 (positive)	음의 관계 (negative)	양의 관계 (positive)
기분 요인	우울함, 화남, 무서움, ...	행복, 편안함 ...	편안함, 우울함, ...	행복, 화남, 무서움, ...
욕구 요인	배고픔, 외로움, 자기보호, ...	호기심, ...	배고픔, ...	자기보호, 호기심, ...

적으로 사용된 OCC기반 감성 모델링보다 유용성이 높다. OCC기반 감성 모델링^[7] 같은 경우에는 사전에 정의된 원인(조건)에 따라 해당 감성을 생성함으로 모델의 구현과 평가가 쉽지만, 예측하지 못한 상황에 대해서는 감성을 생성할 수 없기 때문이다. KOBIE의 3D 감성벡터 공간은 3D 정서공간에서 정의된 “즐거움(Pleasantness)”, “활동적임(Activation)”, “확실성(Certainty)”으로 구성되었다. KOBIE에서는 사전에 표 4와 같은 요인테이블(factor table)을 통해 감성벡터공간의 두 차원과 기분/욕구모델의 요인과의 상관관계를 정의한다. 본 논문에서는 요인테이블을 식 (8)과 같이 표현한다. 여기서 *PP*는 “즐거움(pleasantness)” 차원과 양의 관계(positive)에 있는 기분 또는 욕구 요인 f_i 들의 집합을 나타내고, w_i 는 요인 f_i 이 차원에 미치는 가중치를 나타낸다.

$$\begin{aligned}
 PP &= \{(f_i, w_i) | \forall f_i \in MUN, 0 \leq w_i \leq 1\} \\
 PN &= \{(f_i, w_i) | \forall f_i \in MUN, 0 \leq w_i \leq 1\} \\
 \\
 AP &= \{(f_i, w_i) | \forall f_i \in MUN, 0 \leq w_i \leq 1\} \\
 AN &= \{(f_i, w_i) | \forall f_i \in MUN, 0 \leq w_i \leq 1\}
 \end{aligned} \tag{8}$$

다음은 기본모델과 욕구모델에 의해서 생성된 요인들에 의해 3D 감성벡터공간에서 감성이 생성되는 과정을 기술한다.

먼저, 3D 감성벡터공간에서 t 시점의 감성벡터 \vec{e}^t 는 식 (9)와 같이 정의한다. 여기서 차원 P, A, C 는 각각 “즐거움”, “활동적임”, “확실성”을 나타내고, 모든 차원은 [-1,1]의 범위를 갖는다.

$$\vec{e}^t = (pv^t, av^t, cx^t) \in P \times A \times C \tag{9}$$

t 시점에서 P 차원의 값 pv^t 은 식 아래와 같이 계산된다. 이 때 아무런 자극이 없어 감성특징생성모델에서 감성특징이 생성되지 않았다면, 감성벡터가 보통 감성영역으로 이동할 수 있도록 일정한 상수 C 만큼 차원의 값을 수정한다.

$$pv^t = \begin{cases} pv^{t-1} + \Delta pv^t, & t \neq 0, EF^t \neq \emptyset \\ pv^{t-1} - C, & t \neq 0, EF^t = \emptyset, 0 \leq pv^{t-1} \\ pv^{t-1} + C, & t \neq 0, EF^t = \emptyset, pv^{t-1} < 0 \end{cases}$$

만약, 감성특징이 생성되면, 감성특징에 의해서 변화된 기분과 욕구모델의 요인 정도에 의해 차원 값의 변화량 Δpv^t 을 식 (10)과 같이 계산한다. f_i^t 는 해당 요인 f_i^t 가 욕구모델의 요인이면 nd_i^t 을 의미하고, 기본모델의 요인이면 md_i^t 을 의미한다. B 는 차원에서 양의 관계와

음의 관계의 비중을 제어하는 균형(balance) 상수이고 B_{max} 은 B 의 최대값이다.

$$\Delta pv^t = B \times \frac{\sum_{(f_i, w_i) \in PP} w_i f_i^t}{\sum_{(f_i, w_i) \in PP} w_i} - (B_{max} - B) \times \frac{\sum_{(f_i, w_i) \in PN} w_i f_i^t}{\sum_{(f_i, w_i) \in PN} w_i} \quad (10)$$

이와 같이 계산된 차원 값 pv^t 는 감성벡터공간의 차원 범위를 만족시키기 위해 식 (11)과 같은 전달함수를 사용한다.

$$f(pv^t) = \begin{cases} 1, & 1 < pv^t \\ pv^t, & -1 \leq pv^t \leq 1 \\ -1, & pv^t \leq -1 \end{cases} \quad (11)$$

t 시점에서 A 차원의 값 av^t 도 pv^t 와 같은 방법으로 계산된다. C 차원의 값 cv^t 는 생성된 감성특징에 의해 변화된 요인의 정도에 대한 확신도를 나타내기 때문에 두 차원과 다르게 현재 값만을 이용하여 계산한다. 만약 생성된 감성특징이 없을 경우 일정한 상수 C 만큼 cv^t 를 원점으로 이동할 수 있도록 수정한다. 그렇지 않으면 감성특징에 의해 변화된 기분요인과 욕구요인의 확신도에 대한 평균으로 계산한다.

$$cv^t = \begin{cases} \frac{\sum_{j=1}^{|MU, M|} f_{c_j}^t}{|MU, M|}, & t \neq 0, EF^t \neq \emptyset \\ cv^{t-1} - C, & t \neq 0, EF^t = \emptyset, 0 \leq cv^{t-1} \\ cv^{t-1} + C, & t \neq 0, EF^t = \emptyset, cv^{t-1} < 0 \end{cases} \quad (12)$$

여기서 $f_{c_j}^t$ 는 해당 요인 f_i^t 가 욕구모델의 요인이면 mc_i^t 을 의미하고, 기분모델의 요인이면 mc_i^t 을 의미한다. 이와 같이 계산된 cv^t 는 감성벡터공간의 차원 범위를 만족시키기 위해 식 (13)과 같은 전달함수를 사용한다.

$$f(cv^t) = \begin{cases} 1, & 1 < cv^t \\ 2cv^t - 1, & -1 \leq cv^t \leq 1 \\ -1, & cv^t \leq -1 \end{cases} \quad (13)$$

4. 실험

실험에서는 감성특징생성모델에서 생성된 감성특징에 따른 내면상태의 변화를 살펴보면서 KOBIE의 감

성표현시스템에 대한 적합성을 평가하였고, 어린이들이 애완형 로봇을 선호하는지, 그리고 어떠한 애완형 로봇을 선호하는지 조사하였다.

먼저, 기분모델과 욕구모델에서 사용되는 최대 증가량, a 와 감소량, β 를 각각 0.01과 0.001로 설정하였고, 각 모델의 모든 요인 정도의 초기값을 0.5로 설정하였다. 그리고 욕구모델에서 모든 요인의 평형상태 영역을 [0.6, 1.0]으로 설정하였다. 감성모델에서는 균형 상수 최대값 B_{max} 와 균형 상수 B 를 각각 0.2와 0.1로 설정하였고, 감성벡터공간에서 초기 감성벡터를 (0,0,0)으로 설정하였다.

실험은 KOBIE의 등을 계속해서 때렸을 때(사례 1)와 쓰다듬었을 때(사례 2) 각각 내면상태의 변화를 살펴보았다. 각 사례별로 감성특징생성모델에서 생성되는 감성특징들의 집합은 표 5와 같다.

표 6은 생성된 감성특징에 의해 기분모델과 욕구모델에서 활성화되는 요인들을 나타내고, 표 7은 실험에 사용된 요인테이블을 나타낸다.

그림 7과 그림 8은 각각 사례 1과 사례 2의 경우 나타나는 내면상태의 변화이다. 그림의 하단은 기분모델과 욕구모델의 요인 정도의 변화를 나타낸 그래프이고 상단은 감성벡터공간의 각 차원 값의 변화를 나타낸 그래프이다. 그림의 하단에서 요인 정도가 증가하는 시점이 감성특징생성모델에서 감성특징이 생성되는

표 5. 감성특징생성모델에서 생성된 감성특징들의 집합

사례	자극 처리기	센서 (부위)	생성된 감성특징들의 집합
1	3	접촉 센서 (등)	{(때리다, 0.71, 1.0), (쓰다듬다, 0.04, 1.0), (간질이다, 0.00, 1.0), (대다, 0.19, 1.0)}
2	3	접촉 센서 (등)	{(때리다, 0.00, 1.0), (쓰다듬다, 1.00, 1.0), (간질이다, 0.00, 1.0), (대다, 0.02, 1.0)}

표 6. 접촉행동에 의해 활성화되는 모델의 요인

모델	요인	영향을 주는 감성특징들의 집합
기분	Depressed	{때리다}
	Gloomy	{때리다}
	Irritable	{때리다}
	Comfortable	{쓰다듬다}
	Happy	{쓰다듬다, 간질이다}
	Listless	{쓰다듬다}
욕구	Self_Defence	{때리다}
	Curiosity	{쓰다듬다, 간질이다, 대다}
	Sleepiness	{쓰다듬다}

표 7. 실험에서 사용된 요인테이블

		요인들의 집합
즐거움 (Pleasantness)	양의 관계 (Positive)	{{(Comfortable,1.0), (Happy,1.0), (Listless,1.0),(Curiosity,1.0), (Sleepiness,1.0)}
	음의 관계 (Negative)	{{(Depressed,1.0), (Gloomy,1.0), (Irritable,1.0)}
활동적임 (Activation)	양의 관계 (Positive)	{{(Depressed,1.0), (Irritable,1.0), (Self_Defence,1.0)}
	음의 관계 (Negative)	{{(Gloomy,1.0), (Listless,1.0), (Sleepiness,1.0)}

시점이다.

그림에서처럼 KOBIE의 내면상태는 감성벡터공간에서의 감성벡터가 기분모델과 욕구모델에서의 요인 정도에 의해 변화하면서 감성이 바뀐다. 또한 요인 정도의 변화량은 감성특징생성모듈에서 생성된 감성특징의 가능성의 크기에 비례한다. 이와 같이 확실한 상황에서 생성된 감성특징은 요인 정도의 변화량을 크게 하고, 이는 감성벡터공간에서 감성벡터의 움직임을 크게 한다. 따라서 똑같은 자극이라고 기분모델과 욕구모델에서의 요인 정도와 감성벡터공간에서의 감성벡터의 위치에 따라 생성되는 감성이 달라진다. 또한 사례 2와 같이 욕구모델의 요인 정도에 따라 욕구가 발생된

다. 이와 같이 KOBIE의 감성표현시스템은 자극에 의한 상호작용이 아닌 내면상태에 의한 상호작용으로 보다 사람과 정서적으로 상호작용을 할 수 있으며, 단조로운 상호작용에서 벗어나 사람들에게 지속적인 흥미를 줄 수 있다.

다음 실험은 애완형 로봇에 대한 어린이의 선호를 알아보기 위해 어린이집 아동을 대상으로 약 10분간 애완형 로봇을 직접 만져보고 체험하게 한 다음, 로봇에 대한 설문문항에 응답하도록 하였다. 응답자는 5~6세 아동으로 총 30명(남아: 17명, 여아: 13명)이 응답하였으며, 애완형 로봇으로 KOBIE(코알라 형), PARO(물개 형), AIBO(강아지 형)를 사용하였다. KOBIE와 PARO는 부드러운 털로 만들어진 외피를 덮고 있으며 동물 소리를 내고, AIBO는 금속 재질로 되어 있으며 기계음을 내면서 말을 한다. AIBO는 두 로봇과 다르게 다양한 움직임을 나타낼 수 있다.

표 8은 설문문항에 대한 아동들의 응답 자료이다. 표에서처럼 응답자 아동들은 실제 동물처럼 소리를 내면서 부드러운 털로 덮여진 애완형 로봇을 변신형 로봇과 비슷하게 선호하는 것을 알 수 있다.

애완형 로봇에 대한 아동의 선호 조사 실험내용과 결과는 본 사업에서 의뢰하여 진행된 연구보고서,

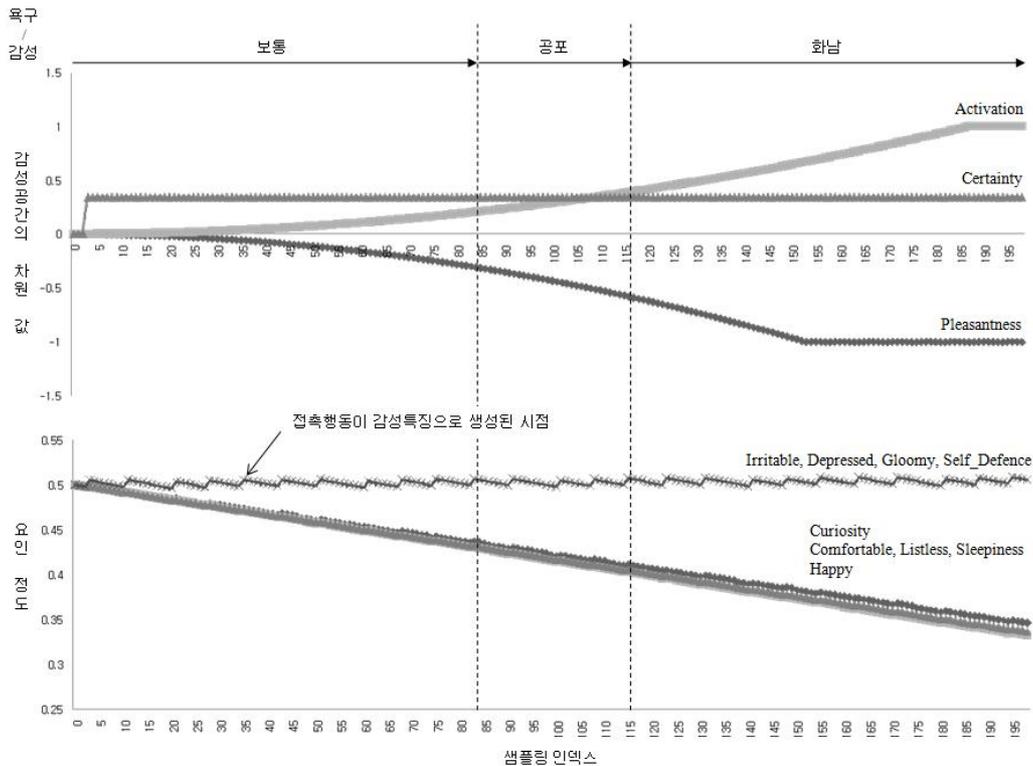


그림 7. 계속 때렸을 경우 내면상태 변화

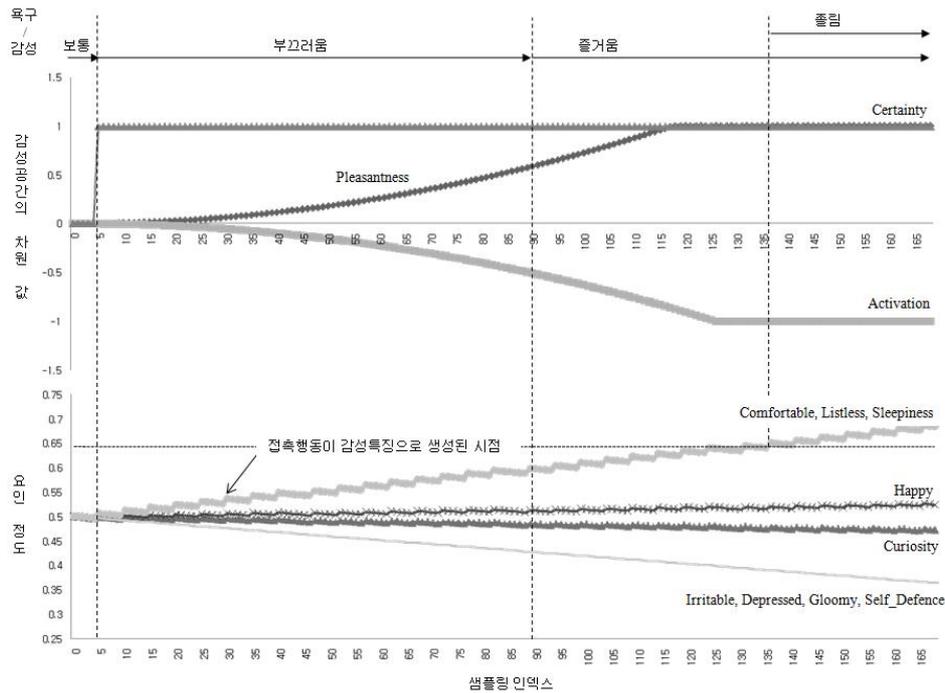


그림 8. 계속 쓰다듬었을 경우 내면상태 변화

표 8. 설문문항에 대한 결과

설문문항	%	응답자 수 (남/여)
1.받고 싶은 로봇의 종류		
귀여운 애완동물 로봇	46.7	14 (8/6)
만화캐릭터 로봇	3.3	1 (1/0)
변신형 로봇	46.7	14 (8/6)
기타 (공주 로봇)	3.3	1 (0/1)
2.좋아하는 로봇의 소리		
여자아이의 목소리	26.7	8 (1/7)
남자아이의 목소리	16.7	5 (4/1)
동물 실제소리	46.7	14 (9/5)
만화주인공 같은 목소리	3.3	1 (1/0)
어른의 친절한 목소리	6.6	2 (2/0)
3.로봇의 외피에 대한 선호도		
털	66.7	20 (11/9)
천	13.3	4 (1/3)
피부같이 말랑한 상태	16.7	5 (4/1)
플라스틱	3.3	1 (1/0)

“로봇매개 놀이활동 프로그램에 대한 실증실험 연구 - 소아혈액중양을 중심으로 - ”^[8]에서 발췌한 것이다.

5. 결 론

본 논문에서는 접촉에 의한 상호작용으로 사람들에게 정서적 안정을 줄 수 있는 코알라 모양의 애완형

감성로봇 KOBIE에 대해 기술하고 있으며, 특히, KOBIE의 감성과 욕구와 같은 내면상태를 생성할 수 있는 감성표현시스템에 대해서 기술하고 있다. 실험을 통해 자극으로부터 생성된 감성특징에 의해 변화되는 내면상태와 애완형 로봇에 대한 5~6세 아동들의 선호를 살펴보았다.

본 논문에서 제시된 감성표현시스템은 자극에 의한 상호작용이 아닌 내면상태에 의한 상호작용으로 보다 사람과 정서적으로 상호작용을 할 수 있으며, 단조로운 상호작용에서 벗어나 사람들에게 지속적인 흥미를 줄 수 있다.

향후 연구로는 감성표현시스템에서 다양한 감성 행동을 상황에 따라 유연하게 선택하여 표현할 수 있도록 행동 특업테이블로 구현된 행동선택모듈을 확장하는 것이다. 그리고 내면상태생성모듈에서 생성된 감성에 강도를 갖게 하여 동시에 여러 개의 감성들이 생성될 수 있도록 감성모델을 확장하여 개발하는 것과 기본모델과 욕구모델의 요인 정도와 감성벡터공간에서 차원 값의 감소 메커니즘을 개선하는 것이다.

본 논문과 같이 로봇에게 내면상태를 모델링하는 연구에 있어서, 모델링된 모듈의 타당성을 검증할 수 있는 일반화된 평가 방법 및 척도를 개발하는 것은 중요한 문제 중에 하나이다.

참고 문헌

- [1] <http://www.pleoworld.com/>
- [2] Kazuyoshi Wada, Takanori Shibata, Tomoko Saito, Kazuo Tanie, "Effects of Three Months Robot Assisted Activity to Depression of Elderly People who stay at a Health Service Facility for the Aged", SICE Annual Conf., pp.2709-2714, 2004.
- [3] Walter Dan Stiehl, Cynthia Breazeal, "Affective Touch for Robotic Companions", LNCS 3748, pp.747-754, 2005.
- [4] Hiroyasu Iwata, Shigeki Sugano, "Human-Robot -Contact-State Identification Based on Tactile Recognition", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol.52, NO.6, pp.1468-1477, 2005.
- [5] Joung Woo Ryu, Cheonshu Park, Joo-Chan, "Human Touching Behavior Recognition Based on Neural Networks", LNCS 4492, pp.730-739, 2007.
- [6] H. Miwa, T. Umetsu, A. Takanishi, H. Takanobu, "Robot Personality based on the Equation of Emotion defined in the 3D Mental Space", Proc. of the IEEE ICRA, pp.21-26, 2001.
- [7] J.Bates, "The Role of Emotion in Believable Agents", Association for Computing Machinery, Vol.37, No.7, pp.122-126, 1994.
- [8] 신윤오, 이경숙, 남해성, 이길영, "로봇매개 놀이활동 프로그램에 대한 실증실험 연구 - 소아혈액중양을 중심으로", 2008년도 사업보고서, 한국전자통신연구원, 2008.



류 정 우

1998 숭실대학교 컴퓨터학부 (학사)
 2000 숭실대학교 컴퓨터학과 (석사)
 2005 숭실대학교 컴퓨터학과 (박사)

2005.9~2008.3 한국전자통신연구원 연구원
 관심분야: 기계학습, 데이터마이닝, soft computing



박 천 수

1999 충남대학교 컴퓨터학과 졸업(학사)
 2001 충남대학교 컴퓨터학과 졸업(석사)
 2001~현재 한국전자통신연구원 선임연구원

관심분야: Emotional Robot, Social Human-Robot Interaction



김 재 홍

1994 경북대학교 컴퓨터공학과(학사)
 1996 경북대학교 컴퓨터공학과(석사)
 2006 경북대학교 컴퓨터공학과(박사)

1998~2001 ㈜필컴 기술연구소
 2001~현재 한국전자통신연구원 선임연구원
 관심분야: 로봇지능, 인간로봇 상호작용



강 상 승

1997 경북대학교 전자공학과 (학사)
 1999 경북대학교 전자공학과 (석사)
 1999~현재 한국전자통신연구원 선임연구원

관심분야: 감성로봇, 지능제어, 로봇매개기술



오 진 환

1988 한양대학교 간호학과(학사)
 2002 한양대학교 간호학과(석사)
 2006 한양대학교 간호학과(박사)
 2007. 4~2008.2 한국전자통신연구원 초빙연구원
 2006.11~현재 산업자원부 성장동력 기술개발사업 위탁과제 연구원

관심분야: 로봇을 매개로 한 healthcare 제공과 그 효과분석



손 주 찬

1988 한국외국어대학교 서반
아어과 졸업(학사)
1990 한국외국어대학교 경영
정보학과 졸업(석사)
1991~현재 한국전자통신연구
원 팀장

관심분야: 로봇 지능/감성, 상황인지



조 현 규

1990 고려대학교 경영학과 졸
업(석사)
1997 한남대학교 경영학과 졸
업(박사)
1990~현재 한국전자통신연구
원 책임연구원

관심분야: URC Proactive Service, Web Robot