

인공 감정 모델의 설계

A Design of Artificial Emotion Model

이인근, 서석태, 정혜천, 권순학

Dept. of Electrical Engineering
Yeungnam University

E-mail : iklee@yun.ac.kr, kenneth78@ynu.ac.kr, doldory@kotmi.re.kr, shkwon@yu.ac.kr

요 약

인간이 생성한 음성, 표정 영상, 문장 등으로부터 인간의 감정 상태를 인식하는 연구와 함께, 인간의 감정을 모방하여 다양한 외부 자극으로 감정을 생성하는 인공 감정(Artificial Emotion)에 관한 연구가 이루어지고 있다. 그러나 기존의 인공 감정 연구는 외부 감정 자극에 대한 감정 변화 상태를 선형적, 지수적으로 변화시킴으로써 감정 상태가 급격하게 변하는 형태를 보인다.

본 논문에서는 외부 감정 자극의 강도와 빈도뿐만 아니라 자극의 반복 주기를 감정 상태에 반영하고, 시간에 따른 감정의 변화를 Sigmoid 곡선 형태로 표현하는 감정 생성 모델을 제안한다. 그리고 기존의 감정 자극에 대한 회상(recollection)을 통해 외부 감정 자극이 없는 상황에서도 감정을 생성할 수 있는 인공 감정 시스템을 제안한다.

Key Words : 인공 감정, 감정 모델, 감정 생성, Artificial Emotion Model

1. 서 론

인간이 생성한 음성, 표정 영상, 문장 등으로부터 인간의 감정 상태를 인식하는 연구와 함께, 인간의 감정을 모방하여 다양한 외부 자극으로 감정을 생성하는 인공 감정(Artificial Emotion)에 관한 연구가 이루어지고 있다. 인공 감정은 외부 자극에 대한 수치적 연산을 통해 특정 감정의 상태를 수치화 하여 표현하는 것이다[1-2].

인간의 감정을 모방하여 인공 감정을 생성하기 위해서는 i)인간이 표현하는 감정의 종류를 정의하고, ii)외부 자극이 인간의 감정에 미치는 영향과 외부 자극에 의한 감정 상태를 파악한다. 그리고 iii)인간의 감정 상태에 따른 감정 표현을 분석하여 인간의 감정을 모델링 하여야 한다.

Wilson[1]은 외부 자극에 의한 감정의 생성과 감정의 표현 행동을 결정하기 위해 “일시적인 감정(Momentary emotions)”, “기분(Mood)”, “성격(Personality)”의 세 개의 계층을 정의하였다. 그리고 외부 자극에 대해 감정을 생성하여 외부에 행동 반응을 보이는

AEE(Artificial Emotion Engine)을 설계하였다. AEE에서 Momentary emotion은 외부 자극으로부터 Ekman[3]이 제안한 6가지의 감정, 즉 “기쁨(joy)”, “노여움(anger)”, “공포(fear)”, “혐오(disgust)”, “놀람(surprise)”, “슬픔(sadness)”에 대해 일시적으로 표현되는 행동이다. Mood는 Momentary emotion의 누적된 효과로 인해 좀 더 오래 지속되는 정서적인 상태이다. Personality는 외부 자극과 무관하게 일반적으로 외부로 표현되는 태도를 나타내는데, Momentary emotion과 Mood의 상태에 대한 기반이 된다. Personality는 Extroversion, Fear, Aggression에 대해 3차원 공간으로 표현한 EFA Space를 이용하여 나타내며, Personality에 따라서 감정의 상승과 완화 속도를 조절함으로써 다양한 감정 표현이 가능한 개체들을 만들 수 있다.

인공 감정 모델과 관련한 기존 연구[4-7]에서는 i)여러 가지 센서의 신호로부터 생성된 외부 감정 자극을 통해 감정 에이전트(emotional agent)의 감정 상태를 결정하고, ii)감정 상태에 따라 에이전트의 표정이나 행동과 같은 외부 반응을 보이도록 하였다. 또한 iii)과거의 일정 자극들을 기억하여 현재의 감정 생

성에 반영하였고, vi)외부 자극에 의해 생성된 감정 상태를 시간에 따라 점차적으로 감소시켜 평정 상태(calm state)를 유지하도록 인공 감정 모델을 설계하였다. 그러나 기존 연구에서는 감정의 자극(excitation)으로 생성된 감정 상태가 시간에 따라 완화(appeasement)되는 정도를 선형적, 지수적으로 변화시킴으로써 감정 상태가 급격하게 변화하는 형태를 보인다 [4,6,7].

본 논문에서는 외부 감정 자극의 강도와 빈도뿐만 아니라 자극의 반복 주기를 감정 상태에 반영하고, 시간에 따른 감정의 변화를 Sigmoid 곡선 형태로 표현하는 감정 생성 모델을 제안한다. 그리고 기존의 감정 자극에 대한 “회상(recollection)”을 통해 외부 감정 자극이 없는 상황에서도 감정을 생성할 수 있는 인공 감정 시스템을 제안한다.

2. 인공 감정 시스템

제안한 인공 감정 시스템은 그림 1과 같이 기존의 일반적인 인공 감정 시스템[8]에 “회상 모듈(Recollection module)”을 추가하여 구성하였다.

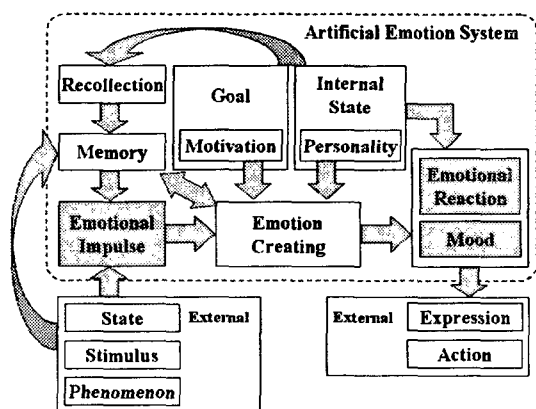


그림 1. 제안한 인공 감정 시스템

“감정 생성 모듈(Emotion Creating module)”에서 “외부 자극(External Stimulus)”의 종류와 강도에 따라 감정의 종류와 감정 상태의 크기를 결정하게 된다. 감정 생성 과정에서 에이전트 고유의 특성을 나타내는 “성격(Personality)”은 생성할 감정 상태의 크기와 에이전트 고유의 감정 변화 속도(moody and stable)를 결정한다. 같은 외부 자극에 대해서 에이전트의 “동기(Motivation)”에 따라 자극의 강도와 자극할 감정의 종류가 달라진다. 지속적인 외부 자극과 생성된 감정 상태는 “기억 공간(Memory)”에 저장되며, 저장된 외부 자극과 감정 상태는 현재의 감정 생성에 영향을 준

다. 생성된 감정에 따라 “감정 반응(Emotional Reaction)”이 결정되며, 에이전트는 감정 반응에 따라 감정 상태를 “표현(Expression)”하거나 특정한 “행동(Action)”을 보이게 된다.

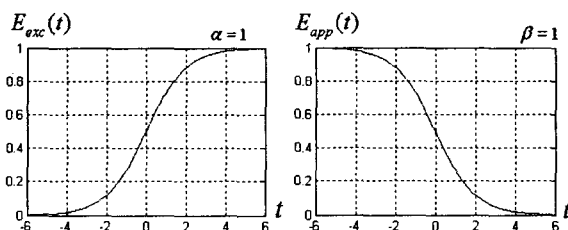
제안한 시스템에서 “회상 모듈(Recollection module)”은 외부 자극이 없는 상황에서 과거의 자극을 기억하여 에이전트 스스로 자극을 생성하는 부분이다. 기존의 인공 감정 시스템에서는 외부 자극이 없는 상황이 지속되면 에이전트의 감정은 평정 상태가 된다. 그러나 제안한 시스템의 회상 모듈은 기억 공간에 저장되어 있는 과거의 자극이나 감정 상태를 이용하여 새로운 감정의 자극으로 이용하는 것이다. 에이전트는 회상을 통해 스스로 감정을 생성할 수 있게 된다. 그리고 회상의 빈도나 회상한 자극의 강도는 에이전트 고유의 성격이나 동기에 의해서 조절된다.

3. 인공 감정 생성 모델

본 논문에서는 감정 상태의 변화를 그림 2와 같은 Sigmoid 곡선 형태로 표현한다. 식 (1)과 식 (2)는 각각 감정의 자극(E_{exc})과 감정의 완화(E_{app})에 대한 기본 함수를 나타내며, 그림 2에서 식 (1)과 식 (2)의 그래프를 보인다.

$$E_{exc}(t) = \frac{1}{1 + e^{\alpha \cdot t}} \quad (1)$$

$$E_{app}(t) = \frac{1}{1 + e^{-\beta \cdot t}} \quad (2)$$



(a)감정의 자극 함수 (b)감정의 완화 함수

그림 2. 감정 상태 기본 함수 그래프

3.1. 감정 상태 함수

그림 2의 곡선을 이용하여 식 (4)의 감정 상태 함수를 제안한다.

$$R_{exc}(t) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha(t - t_{exc}^m - t_{exc}^s)}}, (\alpha > 0, t > 0)$$

$$R_{app}(t) = \frac{1}{1 + e^{\beta(t - t_{app}^m - t_{app}^s - T_{ca})}}, (\beta > 0, t > 0)$$

$$R(t) = \min(R_{exc}(t), R_{app}(t)) \quad (3)$$

$$E(t) = S \cdot R(t) \quad (4)$$

여기서,

$$t_{exc}^s = \left| -\frac{1}{\alpha} \log \left(\frac{1}{r_{exc}^s} - 1 \right) \right|, \quad (0 < r_{exc}^s < 1)$$

$$t_{exc}^c = \left| -\frac{1}{\alpha} \log \left(\frac{1}{r_{exc}^c} - 1 \right) \right|, \quad (0 < r_{exc}^c < 1)$$

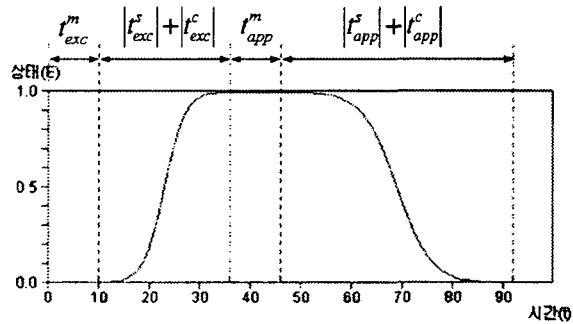
$$t_{app}^s = \left| \frac{1}{\beta} \log \left(\frac{1}{r_{app}^s} - 1 \right) \right|, \quad (0 < r_{app}^s < 1)$$

$$t_{app}^c = \left| \frac{1}{\beta} \log \left(\frac{1}{r_{app}^c} - 1 \right) \right|, \quad (0 < r_{app}^c < 1)$$

$$T_{exc} = t_{exc}^s + t_{exc}^m$$

$R_{exc}(t)$ 와 $R_{app}(t)$ 는 외부 자극에 대한 감정의 상승과 완화의 정도를 나타낸다. 여기서 α 는 감정의 상승 속도, β 는 감정의 완화 속도를 의미한다. 따라서 식 (3)과 같이 시간(t)에 대한 감정 상태의 변화 함수($R(t)$)를 구하고, 식 (4)에서 자극 강도(S)에 대한 감정 상태를 ($E(t)$)를 구한다.

그림 3에서 $t=0$ 에서의 자극($S=1$)에 대한 식 (4)의 감정 상태 함수의 그래프를 나타낸다.



$\alpha = 1, \quad \beta = 0.3, \quad t_{exc}^m = 10, \quad r_{exc}^s = 0.01,$
 $r_{exc}^c = 0.99, \quad t_{app}^m = 10, \quad r_{app}^s = 0.99, \quad r_{app}^c = 0.01$

그림 3. 제안한 감정 상태 함수 그래프

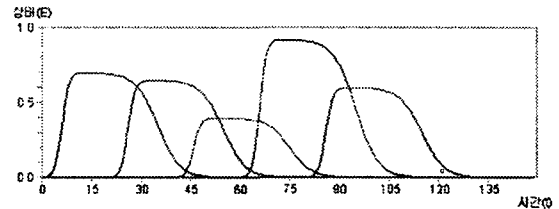
t_{exc}^s 와 t_{exc}^c 는 $E_{exc}(t)$ 가 각각 r_{exc}^s 와 r_{exc}^c 가 되는 시간 값이다. 또한 t_{app}^s 와 t_{app}^c 는 $E_{app}(t)$ 가 각각 r_{app}^s 와 r_{app}^c 가 되는 시간 값이다. 즉 $R(t)$ 곡선에서, 감정이 상승하기 시작하는 지점(t_{exc}^s)과 감정 상승이 끝나는 지점(t_{exc}^c), 감정이 완화되기 시작하는 지점(t_{app}^s)과 감정 완화가 끝나는 지점(t_{app}^c)을 일정 상수값($r_{exc}^s, r_{exc}^c, r_{app}^s, r_{app}^c$)으로 지정한 것이다. 그리고 t_{exc}^m 과 t_{app}^m 은 각각 감정의 상승과 완화가 시작되기 전 현재 감정이 유지되는 시간을 나타낸 것이다.

연속 자극에 대해 생성된 감정은 식 (5)와

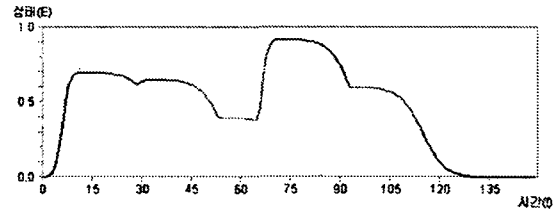
그림 4와같이 각 자극에 대한 중복된 감정 상태에서 최고 가정 상태를 선택하여 표현한다.

$$E_T(t) = \arg \max_{1 \leq i \leq n} (S_i \cdot R_i(t)) \quad (5)$$

여기서 S_i 는 i 번째 자극 강도, $R_i(t)$ 는 i 번째 자극에 대한 감정 변화 함수를 나타낸다.



(a) 중복된 감정 상태



(b)최고 감정 상태

그림 4. 연속 자극에 대한 감정 상태

3.2. 기분 상태 함수

감정 상태 함수는 외부 자극에 대한 일시적인 감정 반응을 나타내기 위한 함수이다. 그러나 과거의 자극의 강도와 빈도에 따라 현재의 동일한 자극에 대해 에이전트마다 다른 감정 상태를 나타낼 수 있다. 이와 같이 과거의 감정들의 누적된 효과로 인해 좀 더 오래 지속되는 정서적인 상태인 기분(Mood)을 표현하는 기분 상태 함수($M(t)$)를 제안한다.

$$M(t) = S \cdot R'(t) \quad (6)$$

$R'(t)$ 는 식 (3)에서 $R_{exc}(t)$ 와 $R_{app}(t)$ 의 α 와 β 를 식 (7)과 식 (8)에서 구한 α' 와 β' 로 치환하여 구한 것이다.

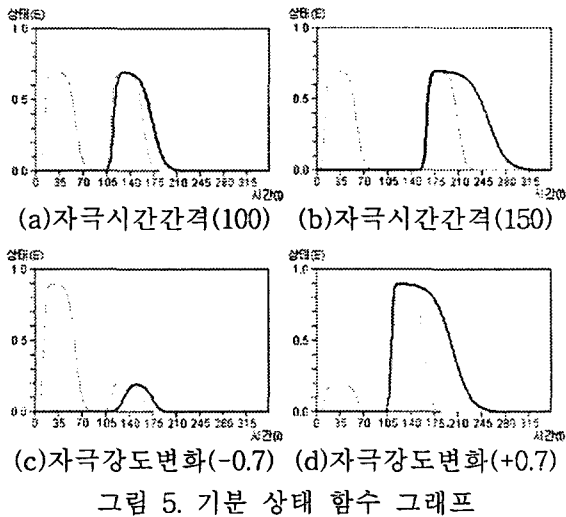
$$\alpha' = \alpha \left(1 + \frac{\sum_{n=2}^{N_E} \left(\frac{S_n}{S_n + S_{n-1}} \left(1 - \frac{1}{C_\alpha^{(t_n - t_{n-1})}} \right) \right)}{N_E - 1} \right) \quad (7)$$

$$\beta' = \beta \left(1 + \frac{\sum_{n=2}^{N_E} \left(\left(1 - \frac{S_n}{S_n + S_{n-1}} \right) \frac{1}{C_\beta^{(t_n - t_{n-1})}} \right)}{N_E - 1} \right) \quad (8)$$

여기서 t_n 과 S_n 은 n 번째 자극이 주어진 시간과 자극의 강도를 뜻한다. 그리고 C_α 와 C_β 는 $C_\alpha > 1, C_\beta > 1$ 인 상수, N_E 는 누적된 감정 자

극의 개수이다.

그림 5는 두 개의 연속 자극에 대해 기분 상태의 변화를 그래프로 보인 것이다. 그림 5(a)와 그림 5(b)에서 자극 강도는 동일하나 두 자극 사이의 시간 간격이 클수록 기분 상승 속도(α')는 커지고 기분 완화 속도(β')는 작아진다. 또한 그림 5(c)와 그림 5(d)에서 강도가 다른 연속 자극에 대해서는 자극 강도가 커질수록 기분 상승 속도(α')는 커지고 기분 완화 속도(β')는 작아진다.



4. 모의 실험

제안한 인공 감정 생성 모델에서 연속 자극

에 대한 감정 변화와 감정 자극원에 대한 행동 상황을 관찰하기 위해 가상의 공간에서 에이전트의 감정 변화와 행동 반응을 모의실험을 통해 확인한다.

그림 6은 가상 환경에서의 에이전트의 감정 생성 실험 결과를 보인다. 에이전트에게 5가지의 목표 수행 대한 동기를 부여하고, 가상공간의 중앙에서 출발하여 5가지의 목표점을 찾아가도록 한다. 가상공간에는 joy, anger, fear, disgust, surprise, sadness의 6가지 감정 자극원을 각 20개씩 분포시키고, 에이전트가 자극원에 접근할 때 자극원마다 각기 다른 강도의 자극을 에이전트에게 전달하도록 하였다. 그리고 에이전트의 현재 감정 상태에 따라 감정 자극원에 대한 행동 반응을 보이도록 하였다.

그림 6의 좌측 가상공간에서의 점선은 에이전트의 이동 경로를 나타낸다. 에이전트가 목표점을 찾아가는 과정에서 자극원에 대해 반응을 보이고, 경로를 조금씩 수정하여 이동하는 것을 확인할 수 있다. 그리고 그림 6의 우측 그래프에서 감정 자극에 대한 에이전트의 감정 반응과 Mood의 변화를 확인할 수 있다.

동일한 환경에서 개체의 Personality를 조정하여 실험한 결과 그림 6의 기분 곡선과 그림 7의 기분 곡선의 형태가 달라짐을 확인할 수 있었다. 즉 외부 자극에 대해 감정의 상승과 완화 폭을 조절함으로써 상황에 따라 감정을 다양하게 생성할 수 있음을 확인하였다.

그림 7의 좌측 그래프는 생성된 감정을 감정 공간(Emotional space)로 표현한 것이다.

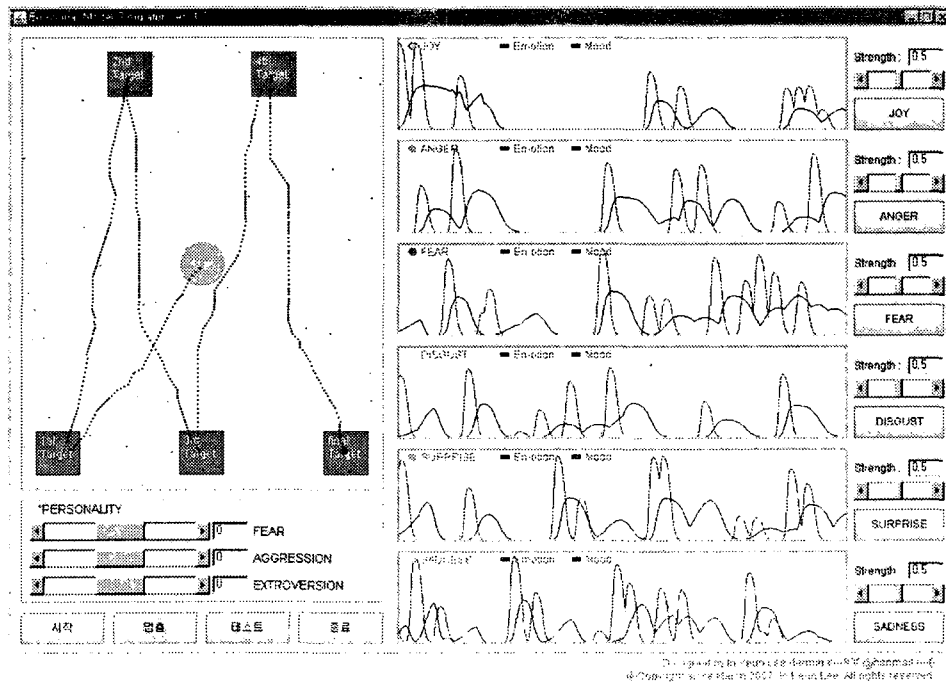


그림 6. 가상 환경에서의 목표 수행에 대한 에이전트의 감정 생성 실험

5. 결론

본 논문에서는 기존의 감정 자극에 대한 “회상(recollection)”을 통해 외부 감정 자극이 없는 상황에서도 감정을 생성할 수 있는 인공 감정 시스템을 제안하였고, 감정의 시간에 따른 변화를 Sigmoid 곡선 형태로 표현하는 감정 생성 모델을 제안하였다. 그리고 가상환경에서의 실험을 통해 감정 자극원에 대한 에이전트의 감정 변화를 확인하고, 각 상황에 대해서 다양한 감정을 생성할 수 있음을 확인하였다.

본 논문에서 제안한 바와 같이, 외부 자극에 의한 감정 생성뿐만 아니라 과거 자극에 대한 기억이 새로운 감정 자극원이 될 수 있다. 또한 에이전트의 동기와 상황에 동일한 자극원에 대해서도 다른 감정이 표현될 수 있다. 따라서 에이전트의 동기와 목적에 따른 감정 생성법과 기억의 회상에 대한 구체적인 감정 표현에 대한 연구가 필요하다.

6. 참고문헌

- [1] Ian Wilson, "The Artificial Emotion Engine : Driving Emotional Behavior," In: AAI Spring Symposium on Artificial Intelligence and Interactive Entertainment, 2000.
- [2] N.Kubota, Y. Nojima, N. Baba, F. Kojima, and T. Fukuda, "Evolving Pet Robot with Emotional Model," Evolutionary Computation, 2000 Proceedings of the 2000 Congress on, Vol. 2, pp.1231-1237, 2000.
- [3] P. Ekman, and R. Davidson, "The Nature of Emotion : Fundamental Questions," Oxford University Press, New York, 1994.
- [4] 이준용, 김창현, 이주장, "외부 환경 감지 센서 모듈을 이용한 소프트웨어 로봇의 감정 모델 구현," 퍼지 및 지능시스템학회 논문지, Vol. 16. No 1, pp.37-42, 2006.
- [5] 우종하, 박정은, 오경환, "강화학습과 감정 모델 기반의 지능적인 가상 캐릭터의 구현," Proceedings of KFIS Autumn Conference, Vol. 15, No. 2, pp.431-435, 2005.
- [6] 김지환, 조성현, 최종학, 양정진, "디지털 캐릭터를 위한 온톨로지 기반의 감성엔진," 한국지능정보시스템학회 06 춘계학술대회, pp.255-261, 2006.
- [7] 안형철, 박명수, 최진영, "동기와 계층화된 감정에 기반한 로봇의 행동 결정," Proceedings of KFIS Autumn Conference, Vol. 15, No. 2, pp.431-435, 2005.
- [8] 안형철, 최진영, "지능로봇의 감성행동 기술 동향," 전자공학회지, 제32권 제1호, pp.50-59, 2005.

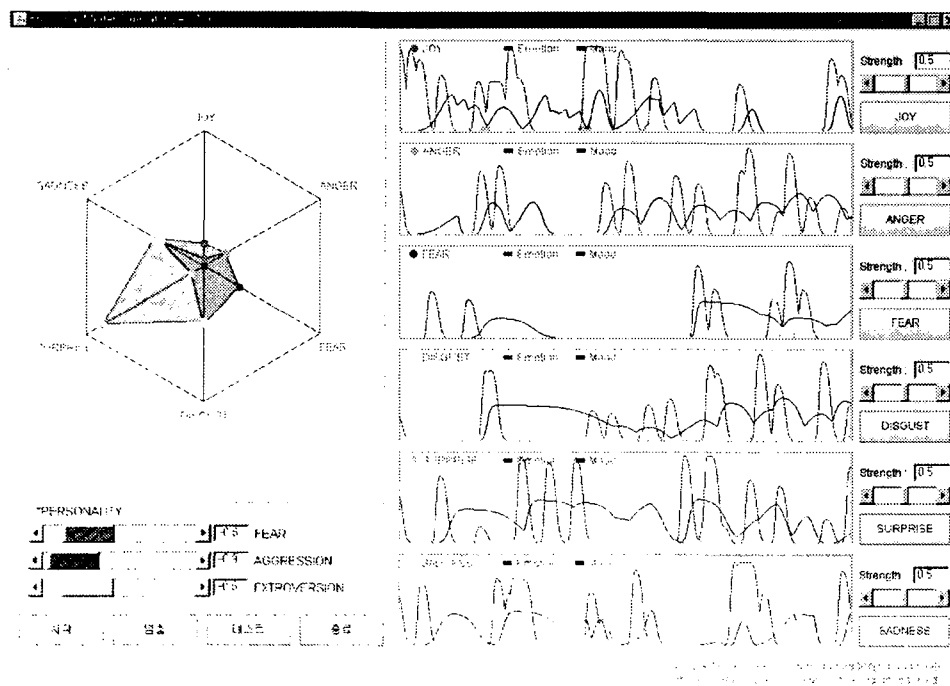


그림 7. 생성된 감정에 대한 감정 공간 그래프