

# 퍼지 결정 방법을 이용한 감정 기반의 적응형 에이전트 모델<sup>1</sup>

이의성<sup>0</sup> 윤소정 오경환  
LG 전자기술원<sup>0</sup>, 서강대학교 컴퓨터학과  
(cubs,sjyoun,khwhan}@ailab.sogang.ac.kr

## An Emotion Based Adaptive Agent Model using a Fuzzy Decision Method

Uee-Song Lee<sup>0</sup> So-Jeong Youn Kyung-Whan Oh  
Dept. of Computer Science, Sogang University

### 요 약

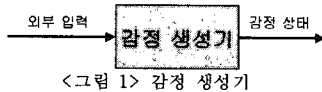
에이전트를 다른 소프트웨어와 구별 시켜주는 요인들은 여러 가지가 있지만 그 중에서도 가장 큰 특징은 에이전트의 자율성, 적응성, 그리고 지능을 들 수 있다. 이러한 것을 가능하게 만들기 위해서는 행동 선택을 유발하는 모티브의 생성이 자동적으로 이루어져야 한다. 이러한 행동 선택에 있어서 자동적인 모티브를 제공해 주는 것이 감정이다. 감정은 그것을 가지고 있는 자율 시스템이 그 동안 겪어온 외부 환경과 내부 상태에 대한 글로벌 상태를 함축하고 있다. 그러므로, 접근 가능한 정보와 자원이 제한되어 있는 자율 시스템이 다중의 목표, 환경에서의 모호성과 다른 에이전트와의 조정 등을 하는데 있어서 감정 모델은 유용한 해결책을 제시해 줄 수 있다. 본 논문에서는 에이전트가 환경과 적응하면서 변화하는 에이전트의 내부 상태의 변화와 외부 사건에 대한 에이전트의 인식과 평가를 계속 반영하여 에이전트가 시스템 환경을 경험하면서 가질 수 있는 에이전트만의 시스템에 대한 광범위한 시야를 갖도록 감정 모델을 구축하는 것을 목적으로 한다. 또한 이렇게 생성된 감정 모델을 통해서 에이전트에 특정 사건이 발생 하였을 때 에이전트가 감정 모델에 기초하여 적절히 행동에 반응할 수 있는 적응적 에이전트 모델을 제시한다.

### 1. 서론

에이전트를 다른 소프트웨어와 구별 시켜주는 요인들은 여러 가지가 있지만 그 중에서도 가장 큰 특징은 에이전트의 자율성, 적응성, 그리고 지능을 들 수 있다. 이러한 것을 가능하게 만들기 위해서는 행동 선택을 유발하는 모티브의 생성이 자동적으로 이루어져야 한다.

‘감정(Emotion)’이라는 단어는 라틴어 동사 ‘movere’에서 유래한 단어로 ‘to move’라는 뜻을 가지고 있다. 즉, ‘감정’은 인간으로 하여금 어떠한 동기를 유발하는 역할을 한다.

실세계에서 발생하는 사건들은 항상 예측 가능하지 않기 때문에 미래에 발생할 수 있는 모든 사건들에 대해서 미리 해결책을 제공하기란 불가능하다. 그러나, 인간은 예측하지 못하는 환경 속에서도 유연하게 대처할 수 있다. 이것은 인간이 가지고 있는 경험이나 지식에 바탕을 둔 이성적인 판단 뿐만이 아니라 매 순간마다 느껴지는 감정이 행동에 많은 영향을 미치기 때문이다.



<그림 1> 감정 생성기

감정은 그것을 가지고 있는 자율 시스템이 그 동안 겪어온 외부 환경과 내부 상태에 대한 글로벌 상태를 함축하고 있다. 그러므로, 접근 가능한 정보와 자원이 제한되어 있는 자율 시스템이 다중의 목표, 환경에서의 모호성과 다른 에이전트와의 조정 등을 하는데 있어서 감정 모델은 유용한 해결책을 제시해 줄 수 있다. 기존의 학습 방법들은 Grid World와 같은

단순한 환경에서는 그 타당성이 입증 되었지만 실험 도메인이 복잡해 질수록 적응력이 현저히 떨어지는 단점이 있다. 즉, 상태 전이가 완전히 결정적인 환경에서는 전통적인 강화학습에 문제가 없지만 로보틱스나 인터넷과 같이 복잡한 환경에서는 내부 또는 외부의 사건이나 행위에 대해 비동기적으로 에이전트의 상태가 변화하므로 전통적인 강화학습을 그대로 사용하면 학습 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서 강화학습에서는 행위들을 세분화하여 미리 정의된 행위들에 대한 학습이 필요하게 되는 데 문제는 행위들 사이의 고차원적인 조정을 찾아내는 것이 힘들다는 사실이다. 즉, 언제 행위를 바꿀 것인가를 결정하는 일이 대단히 어려운 작업이다. 지금까지 감정에 대한 연구는 크게 두 가지로 나누어 볼 수 있다. 첫번째로 에이전트와 에이전트 혹은 에이전트와 인간 사이의 커뮤니케이션을 원활 하게 만들기 위한 연구이다. 감정에 대한 많은 연구들이 이러한 분야에서 이루어지고 있으며 이러한 감정 에이전트(emotional agent)를 의인화 에이전트(believable agent)라고 부른다.

감정에 대한 두번째 연구 분야는 컨트롤 분야이다. 감정을 컨트롤 프로세스의 하나로 인식하면서 의사 결정에 있어서 에이전트의 감정 상태를 이용하는 것이다. 하지만, 이러한 연구는 의인화 에이전트에서 이용하는 감정 에이전트에 비해서 현재 연구 사례가 많지 않다.

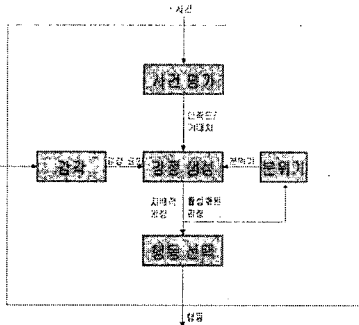
본 논문에서는 에이전트가 환경과 적응하면서 변화하는 에이전트의 내부 상태의 변화와 외부 사건에 대한 에이전트의 인식과 평가를 계속 반영하여 에이전트가 시스템 환

<sup>1</sup> 본 연구는 99 교육부 BK21 project 지원에 의해 이루어졌음.

경을 경험하면서 가질 수 있는 에이전트만의 시스템에 대한 광범위한 시야를 갖도록 감정 모델을 구축하는 것을 목적으로 한다. 또한 이렇게 생성된 감정 모델을 통해서 에이전트에 특정 사건이 발생 하였을 때 에이전트가 감정 모델에 기초하여 적절히 행동에 반응할 수 있는 적응적 에이전트 모델을 제시한다.

2. 퍼지를 이용한 감정 모델 설계

2장에서는 퍼지 추론을 통해서 언어적 외부 사건에 대한 평가와 사건에 대한 기대치를 통해서 감정을 설계한다. 감정 생성에 필요한 입력 요인으로서 인지적 평가뿐만 아니라 감정 요인으로 인해서 발생하는 에이전트 내부 상태의 변화도 감정을 설계하는데 포함된다. 본 논문에서 제안하는 자율 에이전트의 구조는 다음과 같다.



<그림 2> 자율 에이전트 구조

자율 에이전트가 외부 환경에 적응적으로 행동하기 위해서는 환경에서 발생하는 사건에 대한 적절한 평가가 필요하다. 즉, 자율 에이전트가 동적 환경에서 움직이면서 환경에 적응적으로 반응하기 위해서는 사건이 발생 했을 때 에이전트 자신이 환경에서 처한 상황을 정확하게 인식할 수 있어야 한다. 이러한 상황에 대한 인식은 에이전트의 현재 내부 상태와 에이전트가 환경과의 접촉을 통해서 발생한 사건에 대한 평가를 통해서 얻어질 수 있다. 그러므로, 본 논문에서 제시하고 있는 자율 에이전트의 기본적인 모델은 사건 평가와 감정 요인에 의한 에이전트 내부 상태 변화를 반영하는 감정 생성 프로세스와 감정 생성 프로세스에서 얻은 활성화된 감정 상태를 통해서 행동을 결정하는 행동 선택 프로세스로 나뉜다.

2.1 사건의 평가를 통한 인지적 감정 생성

OCC 모델에서는 사건에 대한 평가에 따른 감정 상태를 정의하고 있다. 예를 들어, Joy는 바람직한 사건이 발생하였을 경우에 Joy라는 감정이 형성된다. 일단 사건에 대한 평가가 이루어지면 사건의 기대치와 사건에 대한 만족도를 반영한 D. Price의 감정 생성 규칙을 이용하여 감정을 생성한다.

2.1.1 만족도 결정 방법

만족도는 에이전트의 목표와 관련하여 사건에 대한 에이전트의 평가를 담고 있다. OZ 프로젝트와 Reily의 논문에서 감정 모델은 에이전트의 목표에 따라서 사건을 바람직한 사건과 바람직하지 않은 사건으로 평가한다. 바람직한 사건은 목표의 성공을 야기시키는 사건으로 정의 되고 바람직하지 않은 사건은 목표 실패를 야기시키는 사건으로 정의 된다. 그리고 바람직한 사건인가에 대한 평가는 단순히 True/False로 나타낸다. 이러한 접근 방식에는 두 가지 문제점이 있다. 첫째로 사건에 대한 판단을 이진적 개념으로 파악하고 있기 때문에 사건이 목표를 어느 정도만 만족시켰을 때의 상황을 다루기가 힘들다. 그러므로 목표에 대한 부분적인 성공과 실패는 모델에 반영될 수 없다.

더욱이 사건이 여러 가지 목표를 동시에 만족 시키는 경우도 모델에 반영이 되지 않는다. 하지만 실제세계에서는 목표 달성이 부분적으로 일어나는 경우가 많고 또한 사건에 대한 평가는 에이전트가 가지고 있는 한가지 목표가 아닌 여러 가지 목표를 동시에 고려해야 한다. 이러한 것을 해결하기 위해서 본 감정 모델의 목표와의 만족도에 대한 인지적 평가는 퍼지 로직을 사용하였다.

퍼지 결정 입력에 의해서 얻어진 에이전트의 상태 B(Very Bad, Bad, N/A, Goo d, Very Good)와 에이전트의 자원 획득 상태 S(Very Low, Low, Medium, High, Very High)를 이용하여 만족도가 결정된다. 만족도는 5 가지의 언어 변수(Very Low, Low, Medium, High, Very High)에 의해서 표현된다.

퍼지 매핑 규칙은 사건이 에이전트의 특정 목표에 영향을 미치는 정도에 따라서 결정된다. 목표에 대한 특정 사건의 영향은 삼각 멤버십 함수(triangular membership function)를 이용하여 다섯 가지의 퍼지 세트(VL, L, M, H, VH)로 정의된다. 퍼지 규칙은 다음과 같다.

If Affect(G<sub>1</sub>,E) is A  
and Affect(G<sub>2</sub>,E) is B  
and ...  
and Affect(G<sub>k</sub>,E) is K  
Then Desirability(E) is C

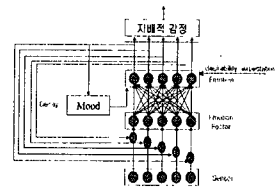
여기서 k는 시스템에서 돌아가는 에이전트의 목표 개수이다. 만약, 목표 G<sub>i</sub>이 사건 E에 의해서 영향을 받는 정도가 A이고 G<sub>2</sub>에 대한 영향이 B이면 사건 E에 대한 만족도(desirability)는 C이다. 여기서 사용한 퍼지 추론 방법은 Mamdani의 모델을 이용하였으며 만족도는 무게 중심법에 의한 비퍼지화 방법을 이용하였다. 비퍼지화 프로세스를 이용하여 얻어진 결과는 에이전트의 목표에 대한 사건의 평가로 사용된다.

2.1.2 사건에 대한 기대치

사건에 대한 기대치는 감정의 폭을 결정한다. 예를 들어 시험을 보고 결과를 기대할 경우에 C를 기대하고 있다가 A를 받을 경우와 A를 기대하고 있다가 A를 받을 경우의 기쁨의 정도는 다르다. 이렇게 사건의 기대치는 행동 결정에 있어서의 성능 항상 보다는 의인화 에이전트에 있어서 believability를 높여주는 역할을 한다. 본 논문에서 사용한 사건의 기대치에 대한 값은 사건의 발생 확률에 따라서 결정된다.

2.2 감정 생성기

감정은 앞에서 정의한 대로 에이전트가 동적인 환경에서 동작하면서 발생하는 에이전트의 내부 상태 변화와 외부 사건에 대한 에이전트의 평가가 포함되어 환경에 대한 에이전트 나름대로의 전체적 시야를 갖는다. 그러므로 본 논문에서는 감정을 설계하는데 있어서도 두 가지 요소를 모두 포함하도록 설계하였다.



<그림 3> 감정 생성기

본 논문에서 제시하고 있는 모델은 기본적으로 4 가지의 감정 상태(Joy, Sad, Anger, Fear)를 가지고 있다. 이러한 감

정 상태는 다음 식에 의해서 얻어진다.

$$\begin{aligned}
 E &= \{Joy, Sad, Anger, Fear\} \\
 F &= \{Hunger, Pain, Eating, Faigue, Sensing\} \\
 E_i(t) &= \rho E_i(t-1) + \alpha \sum F_m W_m + \beta COG_i(t) + \sum \gamma_n E_n(t) \\
 \rho &= \text{decay} \\
 E_i &= \text{agent } i \\
 E_n &= \text{agent } n
 \end{aligned}$$

<식 1> 감정 생성식

기본적으로 감정은 크게 두 가지에 의해서 발생한다. 첫 번째는 목표와 관련된 사건에 대한 인지적 평가이고 두 번째는 에이전트의 내부 상태에 대한 평가이다. 위의 수식에서는 두 가지 요소를 모두 고려하고 있다.  $COG_i(t)$ 는 시간 t 일 때 사건이 발생하였을 경우 이에 대한 에이전트 i의 인지적 판단에 의해서 발생한 감정 상태이다. 에이전트의 내부 상태 변화는  $\sum F_m W_m$

로 얻어지며 에이전트 i의 내부 상태 변화에 의해서 발생한 감정 상태이다. 각각  $\alpha$ 와  $\beta$ 에 의해서 인지적 요소와 에이전트의 내부상태 변화 중 어느 부분에 가중치를 둘 것인가는 설계자와 도메인에서의 중요성에 따라서 결정한다.  $E_i(t-1)$ 는 에이전트 i가 이전에 가지고 있던 감정 상태로, 새로운 감정 상태를 결정할 때 이전 상태를 고려한다.  $E_n(t)$ 는 에이전트 i가 에이전트 n과 접촉했을 때 에이전트 n의 감정 상태를 반영한다. 만약, 에이전트 n의 감정이 Fear 이고 그 감정의 강도가 높을 때는 에이전트 i가 가지고 있는 공포(fear) 감정의 강도 또한 증가된다.

2.3 행동 선택

활성화된 감정들을 이용하여 행동 선택을 하며 이때 다음과 같은 퍼지 로직을 이용한다.

IF emotion<sub>1</sub> is A  
and emotion<sub>2</sub> is B  
and ...  
and emotion<sub>n</sub> is K  
THEN Behavior is C

3. 실험 및 결과

본 제4장에서는 3장에서 제안한 감정 모델의 타당성을 검증하기 위하여, 자율 에이전트 시스템의 대표적인 실험 도메인인 Toda의 Fungus Eater를 변형하여 실험 하였다.

3.1 실험 환경

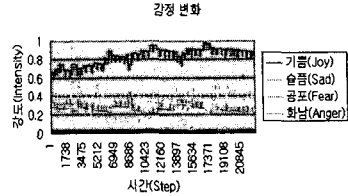
실험은 Toda의 Fungus Eater 도메인을 이용하였다. 기본 규칙은 다음과 같다.

- 우라늄광을 캐는 에이전트는 에너지원으로 버섯을 섭취한다.
- 에너지가 떨어지기 전에 버섯을 섭취해야 하며 에너지가 떨어지면 움직이지 못한다.
- 에이전트가 볼 수 있는 시야는 한정되어 있다. (우라늄광과 버섯의 위치는 알지 못한다.)

본 실험은 크게 두 가지로 이루어진다. 먼저, 에이전트의 감정 상태 변화가 환경 상태에 대한 정보를 제공해 주는가에 대한 실험과 감정 상태에 기반을 둔 행동 선택이 상황에 대한 적절한 행동 선택을 유발하는가에 대한 실험이다.

3.2 감정의 환경 상태 반영에 관한 실험

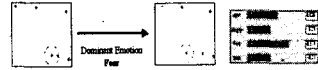
<그림 4>은 에이전트가 환경을 돌아 다니면서 변화하게 되는 에이전트의 감정 상태 변화를 나타낸다. 그림에서 보는 것과 같이 감정에 영향을 미치는 주요 사건이 발생할 때 마다 감정 상태는 변화 하게 된다. 또한 사건이 발생하지 않을 경우에도 에이전트의 내부 상태 변화에 따라서 감정이 변화하는 것을 볼 수 있다.



<그림 4> 시간에 따른 에이전트의 감정 변화

3.3 감정 상태에 따른 행동 선택

<그림 5> ~ <그림 6>는 에이전트가 감정 상태에 기반하여 행동을 선택하는 것을 보여준다. <그림 5>는 에이전트가 위험 요소를 발견하여 공포 감정 상태에 처해 있는 경우이다. 이러한 공포 상태는 즉각적으로 행동 선택 프로세스에 의해서 위험 요소로부터 멀리 달아나는 방향의 행동을 선택한다. <그림 6> 과 <그림 7>는 에이전트가 먹이와 자원이 에이전트의 시야에 동시에 들어왔을 경우이다. 즉, 다중의 목표 중에서 한 가지를 먼저 선택할 경우 목표의 우선 순위를 어느 것에 둘 것인가를 현재 에이전트가 가지고 있는 감정 상태에 따라서 판단하게 된다. 그러므로, <그림 6>와 <그림 7>와 같은 상황에서 에이전트가 먹이를 선택할 것인가 아니면 자원을 선택할 것인가를 결정하는 것은 감정 상태에 기반한 행동 프로세스에 의해서 결정된다.



<그림 5> Fear에 의한 행동 선택



<그림 6> Joy에 의한 행동 선택



<그림 7> Joy와 Hunger에 의한 행동 선택

4. 결론

본 논문에서는 동적 환경에서 발생하는 사건에 대한 에이전트의 평가와 환경 속에서 에이전트가 동작하면서 발생하는 에이전트의 내부 상태 변화를 모두 반영하는 감정 생성 모델을 제안하고 이렇게 생성된 감정 생성 프로세스를 통해서 행동 선택을 하는 적응적 자율 에이전트 모델을 제안 하였다. 또한 <실험 1> 감정의 환경 상태 반영에 관한 실험과 <실험 2> 감정 상태에 따른 행동 선택에 관한 실험을 통해서 모델의 타당성을 보였다.

참고문헌

[1] Eric G. Werk, "Emotional Intelligence in Multi Agent Simulation designing believable agents", 1999  
 [2] Nico H. Frijda & David Moffat, "A model of Emotions and emotion communication", Amsterdam University, IEEE International Workshop on Robot and Human Communication, 1993  
 [3] Sandra Clara Gadanho and John Hallam, "Emotion-triggered Learning for Autonomous Robots", Department of Artificial Intelligence, University of Edinburgh  
 [4] Magy Seif El-Nasr, Thomas R. Loerge, John Yen, "PETEEI: A PET with Evolving Emotional Intelligence"