

# 선형 동적 시스템 기반의 감정 엔진 모델

## Emotional Engine Model based on Linear Dynamic Systems

안호석, 최진영

Ho Seok Ahn, Jin Young Choi

**Abstract** - This paper introduces an emotional behavior decision model for intelligent service robots. An emotional model should make different behavior decisions according to the purpose of the robots. We propose an emotional behavior decision model which can change the character of emotional model and make different behavior decisions although the situation and environment remain the same. We defined each emotional element such as reactive dynamics, internal dynamics, emotional dynamics, and behavior dynamics by state dynamic equations. The proposed system model is a linear system. If you want to add one external stimulus or behavior, you need to add just one dimensional vector to the matrix of external stimulus or behavior dynamics. The case of removing is same. The change of reactive dynamics, internal dynamics, emotional dynamics, and behavior dynamics also follows the same procedure. We implemented the proposed emotional behavior decision model and verified its performance.

**Key Words** : Emotion Engine, Linear Dynamic Systems, Behavior Decision Model, Dynamics, Emotional Robot

### 1. 서론

지금까지 산업용 로봇은 높은 경제 성장을 유도하면서 빠른 속도로 발전되어 왔으며, 여러 분야에 널리 사용되고 있다. 이런 산업용 로봇들은 주변의 다른 로봇들과 협업을 하기도 하지만, 파트너 로봇들의 작업 속도와 결과, 작업 중 발생하는 문제 등 외적인 요소를 고려하여 시스템을 구성하게 된다. 반면 서비스 로봇에 대한 관심이 증가하면서 많은 연구소와 학교에서 서비스 로봇에 대한 연구를 하고 있다. 이런 서비스 로봇들은 사람들과 같은 공간에서 함께 생활하면서 기능을 수행해야 하기 때문에 산업용 로봇에서 고려했던 외적인 요소 뿐 만 아니라 사람과의 의사소통에 필요한 내적인 요소도 함께 고려해야 한다. 그러므로 서비스 로봇에게 감정 메커니즘은 중요한 요소이며, 이에 대한 연구를 진행하는 연구자들이 늘어나고 있다.

기존의 연구에서도 사람과의 감정 기반 의사소통을 위한 서비스 로봇을 찾을 수 있다. MIT의 iCub은 얼굴로 감정 표현을 하는 Kismet이라는 로봇을 개발했다. 언어 대신 얼굴 표정과 목, 귀의 움직임으로 감정 및 의사를 전달한다[1]. Miwa는 얼굴, 팔 및 몸을 움직임으로써 감정 표현을 하는 휴머노이드 로봇을 개발했다[2]. Kshirsagar는 Five-Factor Model을 사용하여 감정을 가진 가상의 인간을 위한 성격을 가진 시스템을 개발했다[3]. Nakajima는 사람과 기계 사이의

효율적인 협업을 위한 감정 모델을 설계하였다[4]. Yingying은 멀티 로봇 시스템에서 충돌을 방지하는 감정 기반 시스템을 개발하였다[5]. Fumio Hara는 harmony 이론을 이용하여 외부 자극을 입력으로 받아 내부 감정을 만들어 얼굴 표정으로 감정을 표현하는 인공 감정 모델을 설계하였다[6].

한편 현재 많은 연구에서 사람과 동물을 모방한 로봇 시스템을 주제로 하고 있다. 사람의 감정 메커니즘 역시 그 중 하나이다. 그러나 감정 메커니즘은 매우 복잡하며, 모방하기 매우 어려운 분야이다. 지금까지 많은 감정 모델들이 사람의 감정 메커니즘을 모방한 매우 복잡한 시스템이 설계되었으나, 연구자들은 더욱 많은 요소들을 고려해야 하는 어려움이 있다. 또한 감정 모델은 서비스 로봇의 종류와 목적에 따라서 다른 결과를 만들어야 한다. 예를 들어, 엔터테인먼트 로봇인 AIBO[7]의 경우, 감정 모델은 친절함 뿐만 아니라 초조함이나 화남을 출력할 수 있다. 하지만 안내 로봇[8-9]의 경우 친절함은 표현해야 하지만 화남은 표현하지 않아야 한다. 따라서 로봇의 종류와 목적에 따라서 출력을 다르게 할 수 있는 감정 모델이 필요하며, 감정에 영향을 미치는 여러 요소들을 간단하게 적용할 수 있어야 한다.

본 논문에서는 로봇에 따라 출력을 달리할 수 있으며, 감정 모델에 영향을 미치는 요소들을 추가하더라도 기존 감정 모델 메커니즘에 간단히 적용될 수 있는 감정 엔진 모델을 제안하고자 한다. 이를 위하여 본 논문에서는 감정 엔진 모델을 설계하였으며, 감정의 출력을 위한 다섯 가지 요소를 가지고 있다. 각 요소들은 선형 시스템이고, 성격이 영향을 미칠 수 있는 행렬을 가지고 있으며, 상태 방정식에 의하여 계산된다. 감정에 영향을 미치는 요소가 추가될 경우, 행렬의 크기가 커지면 된다. 만약 행렬의 값을 0으로 설정하면, 그

#### 저자 소개

\* 안호석 : 서울대학교 전기컴퓨터공학부 석박사통합과정

\*\* 최진영 : 서울대학교 전기컴퓨터공학부 교수

행렬을 가진 요소는 감정에 영향을 미치지 못한다. 제안하는 감정 엔진 모델의 성능을 검증하기 위하여 일꾼 인식 및 음성 인식 결과를 감정 엔진의 입력으로 사용하여 실험을 한다. 2장에서는 감정 엔진 모델을 제안하고, 3장에서는 감정 엔진 모델을 구성하고 있는 선형 동적 방정식을 설명한다. 4장에서는 제안하는 시스템을 실험을 통해 검증하며, 5장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

## 2. 감정 엔진 모델

로봇의 종류와 목적에 따라서 감정 엔진의 결과를 달리해 줄 수 있는 시스템을 설계한다. 그리고 같은 상황에서도 다른 결과를 만들 수 있어야 한다. 그림 1은 본 논문에서 제안하는 감정 엔진 모델 구조도이다. 감정 엔진 모델은 reaction dynamics와 internal dynamics, emotional dynamics, behavior dynamics, 성격 등의 다섯 가지 요소로 구성되어 있다. 외부의 자극은 감정 엔진의 입력으로 사용되며, 자극의 종류에 따라서 reaction dynamics와 internal dynamics로 구분된다. Reaction dynamics는 무의식적인 행동을 유발하는 입력이다. Internal dynamics는 의식에 영향을 미치며, 성격에 의해서 감정의 생성에 영향을 준다. emotional dynamics는 최종적인 감정 상태를 계산하며, 행동을 생성하는 behavior dynamics에 영향을 준다. Behavior dynamics는 reaction dynamics와 emotional dynamics, 적절 행동 등에 의하여 최종 행동을 계산한다.

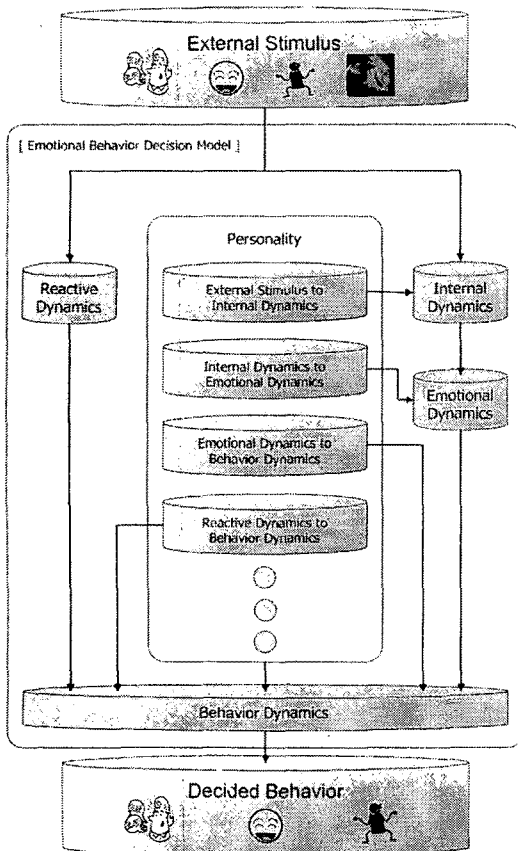


그림 1. 감정 엔진 모델 구조도

## 3. 선형 동적 방정식

출력을 달리하기 위하여 감정 요소는 쉽게 변화될 수 있어야 한다. 제안하는 감정 모델은 이를 위하여 각 요소들을 선형 동적 방정식에 의하여 계산될 수 있도록 설계되었다. 각 요소들은 선형 시스템이며, 다음과 같이 구성된다.

### A. Reactive Dynamics

$$X_R(k+1) = A_R \cdot X_R(k) + B_R \cdot u_R(k)$$

where

- $A_R$  : system matrix (diagonal matrix)
  - = all elements have the range  $(0 < A_R[n][n] < 1)$
  - = Reactive State Memory Influence (Personality)
  - = 무의식적반응의 지속력

$X_R(k)$  : state vector (column vector)

- = Reactive State
- = 기억하고 있는 무의식적반응

$B_R$  : input matrix

- = Input Reactive Sensitivity (Personality)
- = 외부 자극에 대한 무의식적반응 민감도

$u_R(k)$  : input vector (column vector)

- = External Stimulus
- = 외부 자극

### B. Internal Dynamics

$$X_I(k+1) = A_I \cdot X_I(k) + B_I \cdot u_I(k)$$

where

- $A_I$  : system matrix (diagonal matrix)
  - = all elements have the range  $(0 < A_I[n][n] < 1)$
  - = Internal State Memory Influence (Personality)
  - = 내부 상태의 지속력

$X_I(k)$  : state vector (column vector)

- = Internal State
- = 기억하고 있는 내부 상태

$B_I$  : input matrix

- = Input Internal Sensitivity (Personality)
- = 외부 자극에 대한 내부의반응 민감도

$u_I(k)$  : input vector (column vector)

- = External Stimulus
- = 외부 자극

### C. Emotional Dynamics

$$X_E(k+1) = A_E \cdot X_E(k) + B_E \cdot u_E(k)$$

where

- $A_E$  : system matrix (diagonal matrix)
  - = all elements have the range  $(0 < A_E[n][n] < 1)$
  - = Emotion Memory Influence (Personality)
  - = 감정의 지속력

$X_E(k)$  : state vector (column vector)

- = Emotion
- = 기억하고 있는 감정

$B_E$  : input matrix

- = Input Emotional Sensitivity (Personality)
- = 내부 상태가 감정에 미치는 영향 (감정절제력)

$u_E(k)$  : input vector (column vector)

- = Internal State
- = 내부 상태

#### D. Behavior Dynamics

$$Y_B(k+1) = A_B \cdot Y_B(k) + C_E \cdot Y_E(k) + C_R \cdot Y_R(k)$$

where

- $A_B$  : system matrix (diagonal matrix)
  - = all elements have the range  $(0 < A_B[n][n] < 1)$
  - = Behavior Memory Influence (Personality)
  - = 행동의 지속력
- $Y_B(k)$  : state vector (column vector)
  - = Decided Behavior
  - = 결정된 행동
- $C_E$  : output matrix
  - = Output Emotional Sensitivity (Personality)
  - = 감정이 행동의 결정에 미치는 영향
- $X_E(k)$  : state vector (column vector)
  - = Decided Emotion
  - = 결정된 감정
- $C_R$  : output matrix
  - = Output Reactive Sensitivity (Personality)
  - = 무의식적 반응이 행동의 결정에 미치는 영향
- $X_R(k)$  : state vector (column vector)
  - = Reactive State
  - = 무의식적 반응

#### 4. 실험 및 평가

실험을 위하여 본 논문에서 제안한 감정 엔진을 구현하였다. 감정의 입력으로 얼굴 인식 및 음성 인식의 결과를 사용하기 위하여 ICCL 지능 시스템을 사용하였다[10]. 감정 모델을 가진 가상의 로봇은 인식될 사람에 대한 호감도를 기억하고 있다. 그리고 칭찬과 욕을 구분할 수 있다. 그림 2는 실험의 결과인 최종 행동 결정의 그래프이다. 3초에서 로봇이 무서워하는 사람의 얼굴이 인식되자 로봇이 비명을 지르면서 공포심이 증가했다. 하지만 9초에서 이 사람이 칭찬을 하자 당황하다가 서서히 공포심이 감소하고 행복함이 증가했다. 그리고 행복감을 느끼는 상태에서 사랑한다는 말을 하자 로봇이 뽀뽀를 했다. 이 실험을 통해 입력에 따라 감정이 변하고 기억이 변화함을 확인할 수 있었다. 로봇의 성격을 변화시키고 실험을 했을 경우도 같은 결과를 얻을 수 있었다.

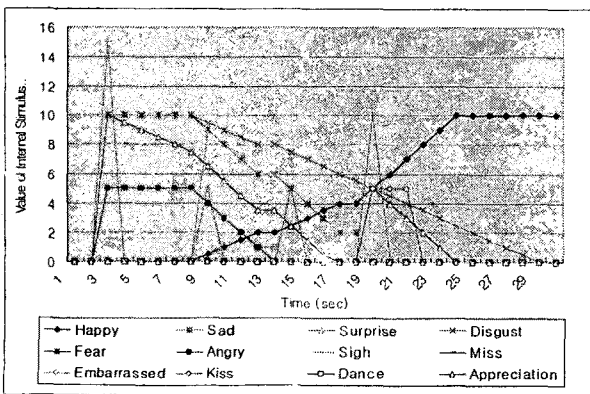


그림 2. 최종 행동 결정 그래프

#### 5. 결론

본 논문에서는 감정 요소의 변화를 쉽게 적용할 수 있고, 성격의 변화에 따라 감정 엔진의 결과를 다르게 만들 수 있는 감정 엔진 모델을 제안하였다. 감정 엔진을 구성하는 다섯 가지 요소는 선형시스템으로 이루어져있으며, 선형 동적 방정식에 의하여 계산된다. 실험을 통해 제안된 감정 엔진 모델의 성능을 확인할 수 있었으며, 앞으로 실제 로봇에 적용하여 성능을 검증할 계획이다. 또한 여러 형태와 목적을 가진 로봇에 적용하여 제안된 감정 엔진의 특징을 실험할 계획이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] C. Breazeal, "Function meets style: insights from emotion theory applied to HRI," *IEEE Transaction on systems, Man, and Cybernetics*, 2004, Vol.34, No.2, pp.187-194.
- [2] Miwa H., et. al., "Effective emotional expressions with expression humanoid robot WE-4RII: integration of humanoid robot hand RCH-1," *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2004 (IROS 2004)*, vol.3, pp.2203-2208.
- [3] S. Kshirsagar, "A multilayer personality model," *Proceedings of 2nd international symposium on smart graphics*, 2002, pp.107-115.
- [4] H. Nakajima, et. al., "The functionality of human-machine collaboration systems mind model and social behavior," *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 2003, vol.3, pp.2381-2387.
- [5] Ding Yingying, Han Yan, Jiang Jing-ping, "Self-organizing multi-robot system based on personality evolution," *2002 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, vol.5.
- [6] Fumio Hara and Shusuke Mogi, "A Computational Model of Artificial Emotion By Using Harmony Theory and Genetic Algorithm," *IEEE International Workshop on Robot and Human Communication*, 1993, pp. 414-419.
- [7] Fujita M., "On activating human communications with per-type robot AIBO," *Proceedings of the IEEE*, Nov. 2004, vol.92, Issue 11, pp. 1804-1813.
- [8] Sakai K., Yasukawa Y., Murase Y., Kanda S., and Sawasaki N., "Developing a service robot with communication abilities," *2005 IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN 2005)*, Aug. 2005, pp. 91-96.
- [9] Koide Y., Kanda T., Sumi Y., Kogure K., and Ishiguro H., "An approach to integrating an interactive guide robot with ubiquitous sensors," *Proceedings of the 2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2004)*, vol. 3, pp. 2500-2505.
- [10] Jin Hee Na, Ho Seok Ahn, Myoung Soo Park, and Jin Young Choi, "Development of Reconfigurable and Evolvable Architecture for Intelligence Implement," *the Journal of Fuzzy Logic and Intelligent System*, Dec. 2005, Vol. 15, No. 6, pp. 35-39.