

논문 2011-48SC-4-8

# 목적과 사양이 다른 다양한 인간 친화 로봇에 적용하기 위한 감성 행동 생성 방법 및 범용성 실험

(Emotional Behavior Decision Method and Its Experiments of  
Generality for Applying to Various Social Robot Systems)

안 호 석\*, 최 진 영\*\*, 이 동 욱\*

(Ho Seok Ahn, Jin Young Choi, and Dong-Wook Lee)

## 요 약

감성 행동을 표현하는 것은 인간 친화 로봇의 필수 요소 중 하나이다. 하지만 감성 행동은 로봇의 목적이나 사양에 따라서 달라지기 때문에 감성 행동을 생성하고 표현하는 방법은 로봇마다 다르다. 따라서 본 논문에서는 로봇의 목적이나 사양에 상관없이 다양한 인간 친화 로봇에 적용될 수 있는 감성 행동 생성 방법을 제안한다. 먼저 감성 행동 생성 방법의 입력 값으로 다중 감정값을 이용한다. 다중 감정 공간을 이용하여 각 감정이 독립적으로 존재할 수 있기 때문에 로봇의 목적에 따라 사용하고자 하는 감정을 취사선택할 수 있다. 로봇의 사양에 따라서 표현할 수 있는 방법이 다르므로, 로봇의 표현 부위를 나누고, 각 표현 부위별로 표현할 수 있는 행동을 데이터화한다. 이렇게 나누어진 행동들을 단위 행동이라고 정의하며, 각 단위 행동이 표현할 수 있는 감정에 대한 반영도를 결정한다. 그리고 이를 이용하여 주어진 다중 감정값에 최적화된 단위 행동 조합을 결정한다. 이 과정을 사양과 목적이 다른 사이버 로봇 시뮬레이터, 3D 캐릭터 헤드 로봇, 기계적인 설계 기반의 헤드 로봇 등에 적용함으로써 제안한 방법의 범용성을 실험한다.

## Abstract

Emotional reaction should be different from the purpose of the robot system. The method for emotional reaction is also different from the specification of the robot system. Therefore, emotional behavior decision model, which is applied to social robots regardless of specifications and purposes, is necessary. This paper introduces a universal emotional behavior decision model designed for applying to various social robots that have different specifications and purposes. Multiple emotions, a set of probability value of every emotion, are calculated independently and expressed according to the purpose of the robot system. Then, behavior, for emotional reaction according to the calculated multiple emotions, is decided regarding the specification of the robot system. The decided behavior is a combination of unit behaviors that indicates the smallest expressible behaviors in each expression parts. It is possible to express various undefined behaviors by generating unit behavior combinations according to multiple emotions. The universal emotional behavior decision model is applied to three kinds of social robot systems that have different specifications and purposes.

**Keywords :** 감성 행동 생성 방법, 단위 행동 조합, 인간 친화 로봇, 다중 감정, 감정 표현

## I. 서 론

인간 친화 로봇은 인간과 같은 공간에서 생활하고,

교감을 하기 때문에 감성 기반 행동은 인간 친화 로봇에게 매우 중요한 요소이다. 이 때문에 많은 연구자들이 인간과 로봇의 상호 교감을 위한 다양한 연구를 진행하고 있으며, 이를 적용한 인간 친화 로봇을 개발하고 있다. ‘AIBO’<sup>[1]</sup>는 세계에서 가장 인기 있는 로봇 중 하나로 애완동물 로봇으로 개발되었으며, Ekman의 여섯 가지 감정<sup>[2]</sup>을 표현한다. 하지만 단순한 반응 때문에

\* 정회원, 한국생산기술연구원 로봇융합연구그룹  
(Korea Institute of Industrial Technology)

\*\* 정회원, 서울대학교 전기컴퓨터공학부, PIRL, ASRI  
(Seoul National University)

접수일자: 2011년4월22일, 수정완료일: 2011년7월6일

시간이 지날수록 로봇에 대한 흥미를 잃는다는 문제점이 있다. 'PARO'<sup>[3]</sup>는 세계 최초의 심리 치료 로봇으로 'AIBO'와 비슷한 기능을 가진다. 하지만 'AIBO'는 인간에게 친숙한 강아지를 모델로 했기 때문에 행동에 기대치가 높다는 문제점이 있었다. 'PARO'는 이 같은 문제점을 해결하고자 인간에게 익숙하지 않지만 호감도가 높은 바다표범을 모델로 하여 기대치를 낮춤으로써 흥미를 유지할 수 있도록 했다. 하지만 'PARO'는 감정과 행동이 일대일로 매핑되어있기 때문에 다양한 표현을 하기에는 한계가 있다.

MIT의 Breazeal은 얼굴을 이용하여 감정을 표현하는 'Kismet'<sup>[4]</sup>이라는 로봇과 얼굴 표정과 몸짓을 함께 이용하는 'Leonardo'<sup>[5]</sup>라는 로봇을 개발했다. 이 로봇들은 욕구에 대한 만족도의 크기를 기준으로 Winner-Take-All 방법을 이용하여 표현할 수 있는 행동들 중 하나의 행동을 선택한다. 이들 로봇 역시 감정과 행동이 일대일로 매핑되어있기 때문에 다양한 표현을 하기에는 한계가 있다. 휴머노이드 로봇 'WE-4RII'<sup>[6]</sup>는 얼굴 표정과 몸짓으로 감정을 표현한다. 일곱 가지의 감정이 각각의 행동과 일대일로 매핑되어 결정된 하나의 감정에 패핑되는 행동이 선택된다. KAIST의 '돌도리'<sup>[7]</sup>는 감정의 변화를 연속적으로 표현하기 위한 헤드 로봇이며, 'MAX'<sup>[8]</sup>는 PAD (Pleasure-Arousal-Dominance) 감정 공간을 기반으로 행동을 결정하는 사이버 로봇이다. '돌도리'와 'MAX'도 역시 'WE-4RII'와 마찬가지로 각 시스템에 특화된 감정 공간 상에 감정이 배치되고, 각 감정에 해당하는 행동들이 일대일로 매핑되어 결정된 감정에 의해 하나의 행동이 선택된다.

위에 제시된 로봇들을 포함한 대부분의 인간 친화 로봇들은 각 시스템과 목적에 특화된 행동 결정 시스템을 가지고 있기 때문에 좋은 성능을 가질 수 있다. 하지만 다른 시스템에 적용되기에는 많은 수정이 필요하다. 예를 들어, 행동이 감정에 매핑되어있는 경우에는 감정 공간의 축을 정의하고 감정 공간 상에 감정을 배치하는 것이 핵심이지만, 사용하고자 하는 감정의 수나 종류가 달라지면 감정 공간 및 감정의 배치를 수정해야하는 문제점이 발생한다.

따라서 본 논문에서는 로봇의 목적이나 사양에 제한 없이 적용 가능한 감성 행동 생성 방법을 제안한다. 이를 위해 독립적으로 존재할 수 있는 다중 감정을 사용함으로써 로봇의 목적에 따라 감정의 종류를 취사선택할 수 있도록 한다. 그리고 로봇의 행동을 표현부위별

로 나누고, 각 표현부위별로 표현 가능한 행동들을 데이터베이스화한다. 이렇게 만들어진 행동들은 표현 가능한 가장 작은 단위의 행동이며, 이를 '단위 행동'이라고 정의한다. 로봇의 사양에 따라서 단위 행동과 각 단위 행동의 감정 반영도만 정의하면 모든 로봇에 적용이 가능하다. 그리고 감성 행동 생성 방법을 이용하여 최적의 단위 행동 조합을 생성한다. 이 때, 최적화 알고리즘으로 모의 담금질 (Simulated Annealing) 방법을 사용한다. 제안한 방법의 범용성을 증명하기 위하여 사양과 목적이 다른 사이버 로봇 시뮬레이터, 3D 캐릭터 헤드 로봇, 기계적인 설계 기반의 헤드 로봇 등에 적용하여 실험을 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. II장에서는 감성 행동 생성 방법을 제안한다. III장에서는 실험에 사용되는 사이버 로봇 시뮬레이터와 단위 행동, IV장에서는 3D 캐릭터 헤드 로봇과 단위 행동, V장에서는 기계적인 설계 기반의 헤드 로봇과 단위 행동을 설명한다. VI장에서는 범용성 실험을 분석하고, VII장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

## II. 감성 행동 생성 방법

감성 행동을 생성하기 위한 기준으로 먼저 로봇의 감정값을 생성한다. 이를 위하여 선형 동적 시스템 기반의 감정 생성 모델<sup>[9]</sup>을 이용한다. 감정 모델은 직접적인 반응, 내부 자극, 감정, 행동 결정의 네 가지 동적 시스템과 각 동적 시스템의 처리에 영향을 미치며 로봇의 특성을 결정하는 성격 등 다섯 가지 요소로 구성되어 있다. 성격은 입출력의 개수를 차수로 가지는 벡터로 구성되며, 목적에 따라 벡터의 차수를 조절할 수 있다. 네 가지 동적 시스템도 성격과 마찬가지로 로봇의 목적에 따라서 사용하는 요소의 종류와 수가 달라질 수 있다.

로봇이 인지하는 자극은 탄성이나 비명과 같은 무의식적인 반응을 유발하는 반응 작용과 사랑이나 호감도와 같이 기억에 의한 반응을 유발하는 내부 작용으로 나누어지지만 동시에 반응 작용과 내부 작용의 입력으로 사용될 수도 있다. 감정 작용은 내부 상태를 기반으로 감정을 생성하며, 행동 작용에서 반응 작용과 감정 작용을 모두 반영하여 행동 결정에 영향을 미치는 최종 감정을 생성한다.

이전 연구에서는 다른 연구<sup>[1, 3~8]</sup>와 비슷하게

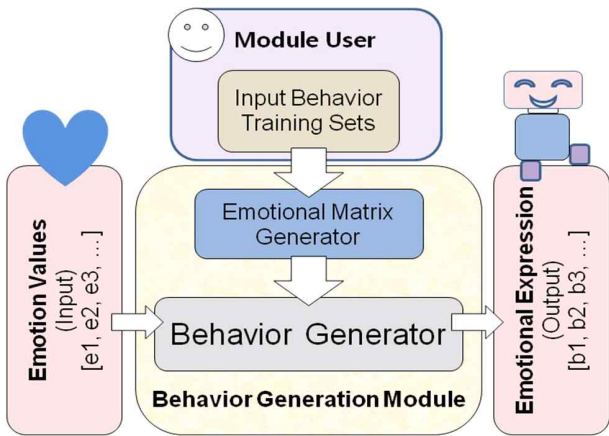


그림 1. 감성 행동 생성 시스템<sup>[11]</sup>  
Fig. 1 Emotional Behavior Generation System<sup>[11]</sup>.

Winner-Take-All 방법을 이용하여 하나의 감정을 선택한 후, 이에 매핑된 행동을 선택하여 표현했다<sup>[9]</sup>. 이후 연구에서는 다양한 감정값을 생성하기 위하여 복합 감정 공간 모델을 도입하여 감정 생성 과정에서는 상호 영향을 미치지만, 독립적으로 존재할 수 있는 복합 감정을 생성했다<sup>[10]</sup>. 이를 통해 새로운 감정이 선택되더라도 선택되지 않은 감정값은 유지됨으로써 각 감정의 특성을 반영할 수 있다. 예를 들어, 기쁜 상태에서 놀람이 선택되더라도 기쁨이 놀람보다 감정의 지속성이 높기 때문에 놀람이 없어진 후, 다시 기쁨이 유지될 수 있다.

복합 감정을 행동에 반영하기 위하여 감정의 섞임을 표현할 수 있는 방법을 연구했다<sup>[11]</sup>. 그림 1은 감성 행동 생성 시스템이다. 로봇의 표현 부위별로 표현할 수 있는 가장 작은 행동인 단위 행동 데이터베이스를 만든다. 그리고 단위 행동이 복합 감정을 표현할 수 있는 지수를 감정 점수로 정의하고, 단위 행동마다 감정 점수를 부여한다. 이 때 감정 점수는 로봇 개발자의 의도를 반영하여 결정한다. 앞서 생성된 복합 감정은 행동 생성 시스템의 입력으로 사용된다. 그리고 각 표현 부위마다 하나의 단위 행동을 선택하여 단위 행동 조합을 구성하며, 모의 담금질 (Simulated Annealing) 방법을 이용하여 입력에 대한 최적의 단위 행동 조합을 찾는다.

### III. 사이버 로봇 시뮬레이터

사이버 로봇 시뮬레이터는 감정 생성뿐만 아니라 영상 처리, 음성 처리 등 다양한 알고리즘들을 보다 효율적으로 구현하기 위해 이들을 통합할 수 있는 확장 가

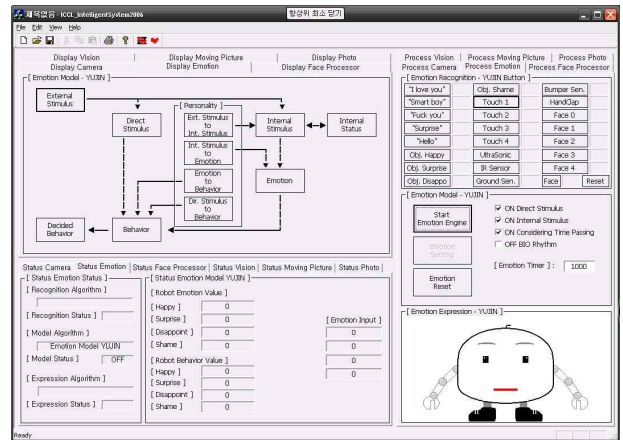


그림 2. 사이버 로봇 시뮬레이터<sup>[11]</sup>  
Fig. 2. Cyber Robot Simulator<sup>[11]</sup>.

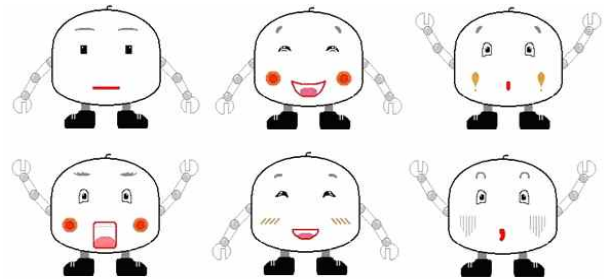


그림 3. 사이버 로봇  
Fig. 3. Cyber Robot.



그림 4. 사이버 로봇의 눈썹 부위에 대한 단위 행동  
Fig. 4. Unit Behavior of eyebrows of Cyber Robot.

능한 시스템 재설정 및 진화를 위한 지능형 소프트웨어 아키텍처를 기반으로 구현되었다<sup>[12]</sup>. 그림 2와 같이 사이버 로봇 시뮬레이터는 감정 모델 등 다양한 지능 알고리즘과 로봇을 선택할 수 있으며, 새로운 알고리즘을 추가하거나 환경에 따라 시스템을 재구성해야 할 경우, 이에 대한 비용과 시간을 단축할 수 있다는 장점을 갖는다. 그림 3은 구현한 사이버 로봇 시스템이며, 눈썹, 눈, 뺨, 입, 팔 등 다섯 가지의 표현 부위로 구성한다. 각 표현 부위별로 표현 가능한 최소의 행동들을 단위 행동으로 정의하며, 그림 4는 다섯 가지 표현 부위 중 눈썹 부위에 대한 단위 행동이다.

구현한 사이버 로봇은 눈썹 부위 22 단위 행동, 눈

부위 23 단위 행동, 뺨 부위 20 단위 행동, 입 부위 20 단위 행동, 팔 부위 10 단위 행동으로 구성된다. 따라서 사이버 로봇이 표현할 수 있는 모든 단위 행동 조합의 개수  $W_c$ 는 다음과 같이 결정된다.

$$W_c = 22 \times 23 \times 20 \times 20 \times 10 = 2024000. \quad (1)$$

기존의 방법은 200만개 이상의 행동 데이터베이스를 직접 정의해야하는 쉽지 않은 작업이 필요하다. 반면 제안한 방법을 이용하면 100개 미만의 행동 정의만으로도 200만개 이상의 행동을 생성할 수 있다. 제안한 방법은 표현 부위별로 행동을 정의하기 때문에 표현할 수 있는 행동은 기하급수적으로 늘어날 수 있다. 다양한 행동 조합을 만들기 위해서는 로봇의 표현 부위를 세분화하는 것이 중요하다.

#### IV. 3D 캐릭터 헤드 로봇 시스템

그림 5는 3D 캐릭터 헤드 로봇 시스템 ‘SALLY’이며, 그림 6은 SALLY의 시스템 구성이다<sup>[13]</sup>. 얼굴 부분에 LCD 화면이 설치되어 있으며, 양 옆으로 두 개의 웹 카메라가 배치되어 있다. 그리고 Pan Tilt 움직임을 위하여 두 개의 DC 모터를 사용하였다. 한 대의

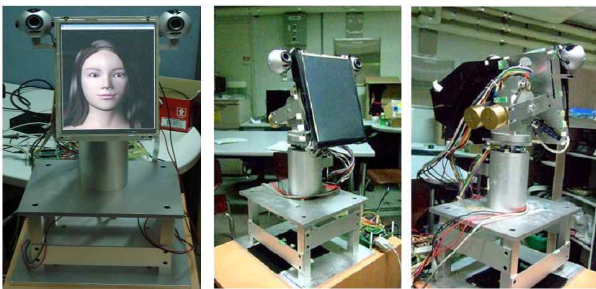


그림 5. 3D 캐릭터 헤드 로봇 시스템 ‘SALLY’<sup>[13]</sup>  
Fig. 5. 3D Character Head Robot System ‘SALLY’<sup>[13]</sup>.

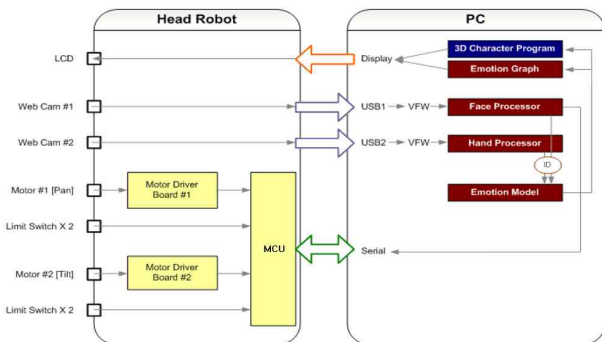


그림 6. SALLY의 시스템 구성도  
Fig. 6. The architecture of the SALLY robot system.

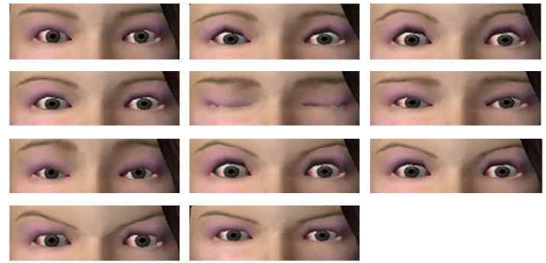


그림 7. SALLY의 눈/눈썹 부위에 대한 단위 행동  
Fig. 7. Unit Behavior of eyes & eyebrows of SALLY.

Windows 기반 PC와 두 개의 MCU를 이용하며, PC에는 얼굴 인식, 손 인식, 물체 인식 등의 영상 처리 엔진과 성격 기반 다차원 복합 감정 엔진이 구동되며, 3D 캐릭터를 이용하여 감정을 표현하기 위하여 캐릭터 엔진이 구동된다. 두 개의 MCU는 SALLY의 Pan과 Tilt 동작을 제어하는 역할을 한다.

SALLY에 설치되어 있는 3D 캐릭터 클라이언트를 통해서 감정 및 립싱크를 표현한다. 이 시스템은 다섯 가지 감정 요소와 다섯 가지 모음 요소의 조합을 이용하여 얼굴 표현을 보여준다. 각 감정 요소 별로 가중치를 달리 두어서 원하는 상태의 표정을 만들 수 있으며, 모음을 조합하여 입술 모양과 입이 벌어진 정도를 조절할 수 있다. SALLY는 눈/눈썹과 입의 두 가지 표현 부위로 구성한다. 그림 7은 두 가지 표현 부위 중 눈/눈썹에 대한 단위 행동이다.

SALLY는 눈/눈썹 부위에 11 단위 행동과 입 부위에 12 단위 행동으로 구성된다. 따라서 SALLY가 표현할 수 있는 모든 단위 행동 조합의 개수  $W_s$ 는 다음과 같이 결정된다.

$$W_s = 11 \times 12 = 132. \quad (2)$$

사이버 로봇과 마찬가지로 23개의 행동 정의만으로도 132개의 행동 조합을 생성할 수 있으며, 표현 부위를 더욱 세분화하면 더 많은 행동 조합을 생성할 수 있다.

#### V. 기계적인 설계 기반의 헤드 로봇 모듈

그림 8은 모듈화 로봇 시스템 ‘MF’이며, 헤드 모듈, 음성처리 모듈, 영상처리 모듈, 네비게이션 모듈 등 8개의 지능 모듈을 가지고 있다<sup>[14]</sup>. 각 지능 모듈은 독립적인 운영 소프트웨어를 가지고 있기 때문에 독립적으로 사용이 가능하며, 두 개 이상의 어떠한 조합도 사용이 가능하다. 그림 9는 기계적인 설계 기반의 헤드 로봇



그림 8. 모듈화 로봇 시스템 'MF'<sup>[14]</sup>  
 Fig. 8. Modular Robot System 'MF'<sup>[14]</sup>



그림 9. 기계적인 설계 기반의 헤드 모듈 'MF Head'<sup>[14]</sup>  
 Fig. 9. Mechanical Design based Head Module 'MF Head'<sup>[14]</sup>

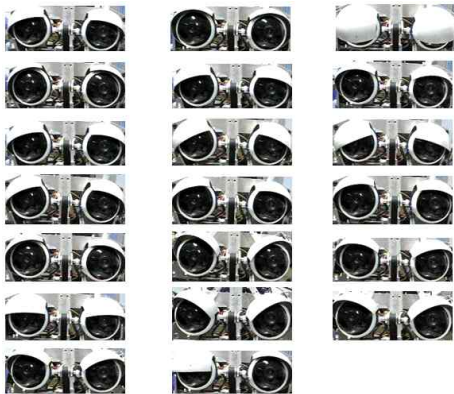


그림 10. ME Head의 눈/눈썹 부위에 대한 단위 행동  
 Fig. 10. Unit Behavior of eyes & eyebrows of MF Head.

모듈 'MF Head'의 얼굴 모듈로써 목과 얼굴을 통해 감정을 표현한다.

목은 Pan-Tilt 구조로 제작하여 카메라의 시야 각을 넓혀줌과 동시에 Face Tracking의 기능을 수행할 수 있다. 그리고 긍정이나 부정의 감정 상태를 표현할 때에도 사용된다. 얼굴 표정은 눈과 입으로 표현하며 로봇의 여러 가지 감정을 표현하는 역할을 한다. 헤드 모

듈은 임베디드 리눅스 기반의 임베디드 보드를 기반으로 운영되며, DC 모터를 이용해 목을 움직이고, 서보모터를 이용해 눈과 눈썹의 감정을 표현하며, LDM (Led Dot Matrix)을 이용해 입과 뺨의 감정을 표현한다. MF 헤드 모듈 시스템은 눈/눈썹과 입/볼의 두 가지 표현 부위로 구성한다. 그림 10은 두 가지 표현 부위 중 눈/눈썹에 대한 단위 행동이다.

MF 헤드 모듈 시스템은 눈과 눈썹 부위에 20개의 단위 행동과 입과 뺨 부위에 50개의 단위 행동으로 구성된다. 따라서 MF 헤드 모듈 시스템이 표현할 수 있는 모든 단위 행동 조합의 개수  $W_M$ 는 다음과 같이 결정된다.

$$W_M = 20 \times 50 = 1000. \tag{3}$$

앞의 로봇들과 마찬가지로 70개의 행동 정의만으로 1000개의 행동 조합을 생성할 수 있으며, 표현 부위를 더욱 세분화하면 더 많은 행동 조합을 생성할 수 있다.

## VI. 범용성 실험 및 분석

II장에서 설명한 감정 생성 시스템과 감성 행동 생성 시스템을 이용하여 로봇의 행동을 생성한다. 그리고 III장부터 V장에서 설명한 세 가지 로봇 시스템을 이용하여 제안한 시스템의 범용성을 실험한다. 실험은 각 로봇 별로 목적이 다른 두 가지의 로봇 시스템을 설정한다. 첫 번째 로봇은 세 가지 감정을 표현하는 안내 로봇이며, 두 번째 로봇은 일곱 가지 감정을 표현하는 엔터테인먼트 로봇이다. 그리고 다음과 같이 로봇이 다양한 감정을 생성할 수 있는 시나리오를 세 종류의 로봇 시스템에 각각 적용한다.

- 1) 2초경, 3초간 즐거운 음악을 들려준다.
- 2) 5초경, 로봇이 좋아하는 사람이 나타난다.
- 3) 7초경, 이 사람이 사랑 고백을 한다.
- 4) 11초경, 장애물을 발견한다.
- 5) 13초경, 로봇이 무언가에 부딪힌다.
- 6) 15초경, 로봇이 싫어하는 사람을 발견한다.
- 7) 16초경, 이 사람이 로봇을 때린다.
- 8) 17초경, 이 사람이 로봇에게 욕을 한다.
- 9) 20초경, 로봇이 좋아하는 사람을 다시 발견한다.
- 10) 22초경, 이 사람이 로봇을 달래준다.
- 11) 24초경, 이 사람이 로봇에게 선물을 준다.

1. 감정 및 행동 생성

앞의 시나리오를 기반으로 감정과 행동을 생성한다. 그림 11은 감정 생성 시스템으로부터 생성된 반응 작용에 대한 결과이며, 그림 12는 내부 작용에 대한 결과이다. 입력이 같기 때문에 목적이 다른 두 로봇 시스템에서의 결과는 같다.

그림 13은 안내 로봇의 감정 작용 결과이며, 그림 14

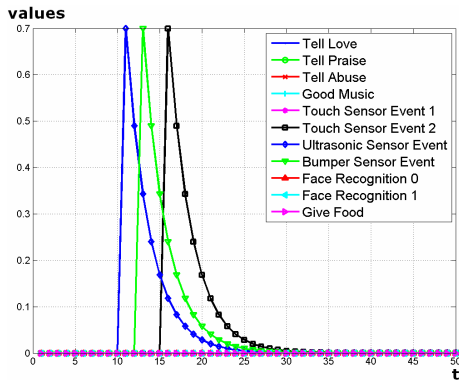


그림 11. 반응 작용에 대한 결과  
Fig. 11. The results of the reactive dynamics.

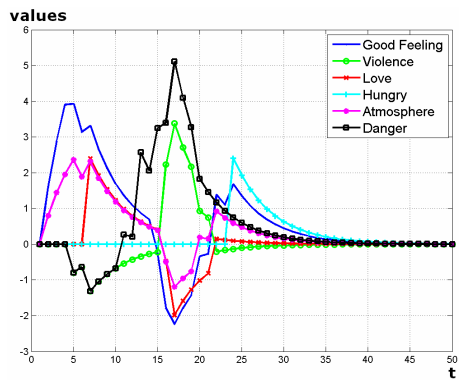


그림 12. 내부 작용에 대한 결과  
Fig. 12. The results of the internal dynamics.

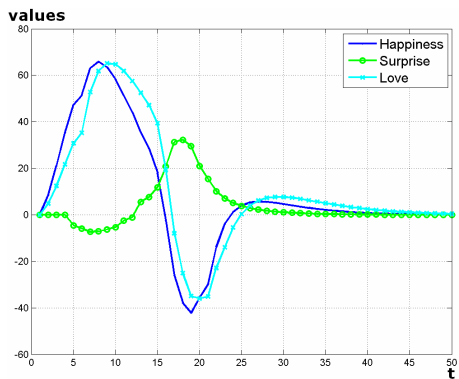


그림 13. 안내 로봇의 감정 작용에 대한 결과  
Fig. 13. The results of the emotional dynamics in the guidance robot.

는 엔터테인먼트 로봇의 감정 작용 결과이다. 이전 작용 결과와는 다르게 두 로봇이 다른 결과를 얻었다. 안내 로봇의 감정 작용 그래프에서의 세 가지 감정은 엔터테인먼트 로봇의 감정 작용 그래프에서 해당 감정과 동일하지만, 엔터테인먼트 로봇은 네 가지의 감정 결과

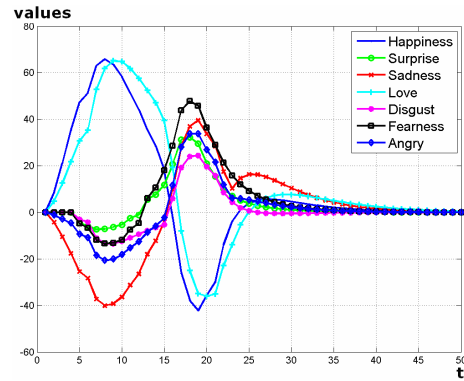


그림 14. 엔터테인먼트 로봇의 감정 작용에 대한 결과  
Fig. 14. The results of the emotional dynamics in the entertainment robot.

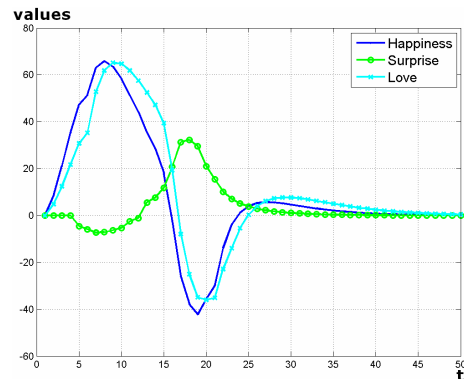


그림 15. 안내 로봇의 행동 작용에 대한 결과  
Fig. 15. The results of the behavior dynamics in the guidance robot.

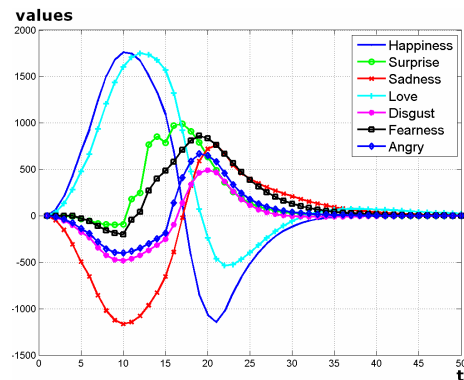


그림 16. 엔터테인먼트 로봇의 행동 작용에 대한 결과  
Fig. 16. The results of the behavior dynamics in the entertainment robot.

를 더 얻었다.

그림 15는 안내 로봇의 행동 작용 결과이며, 그림 16은 엔터테인먼트 로봇의 행동 작용 결과이다. 감성 작용의 결과가 영향을 주었기 때문에 두 로봇의 행동 작용 결과는 다른 값을 가진다. 두 로봇이 사용하는 감정의 종류가 다르기 때문에 감정간 상호 작용이 다르므로 두 로봇의 행동 작용 결과는 전혀 다르게 나타났다.

### 2. 사이버 로봇 시뮬레이터

그림 17은 안내 로봇의 목적을 가진 사이버 로봇의 감정 표현이며, 그림 18은 엔터테인먼트 로봇의 목적을 가진 사이버 로봇의 감정 표현이다. 두 로봇은 각자의 목적에 맞는 감성 행동을 보였다. 예를 들어 18초에서 40초 사이의 행동을 비교해보면, 안내 로봇은 슬픔을 표현하지 않은 반면에 엔터테인먼트 로봇은 슬픔을 표

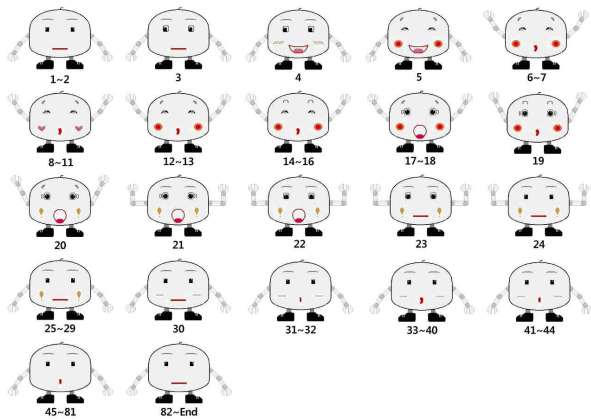


그림 17. 사이버 로봇을 이용한 안내 로봇의 감정 표현  
Fig. 17. The emotional expressions of the guidance robot using the cyber robot.

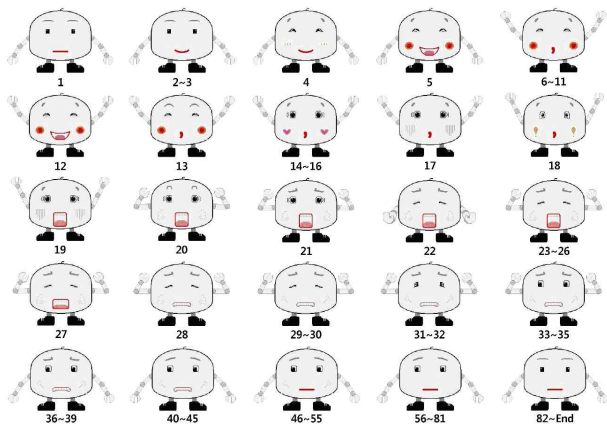


그림 18. 사이버 로봇을 이용한 엔터테인먼트 로봇의 감정 표현  
Fig. 18. The emotional expressions of the entertainment robot using the cyber robot.

현했다. 안내 로봇은 슬픔을 생성하기 않기 때문에 똑같은 상황에서도 슬픔을 표현하지 못하지만, 엔터테인먼트 로봇은 슬픔을 표현할 수 있다.

### 3. 3D 캐릭터 헤드 로봇 시스템

그림 19는 안내 로봇의 목적을 가진 3D 캐릭터 헤드 로봇의 감정 표현이며, 그림 20은 엔터테인먼트 로봇의 목적을 가진 3D 캐릭터 헤드 로봇의 감정 표현이다. 사이버 로봇과 마찬가지로 두 로봇은 각자의 목적에 맞는 감성 행동을 보였다. 그리고 같은 모델에서 만들어진 감정 및 행동이 사양이 다른 로봇에 적용될 수 있음을 확인했다.

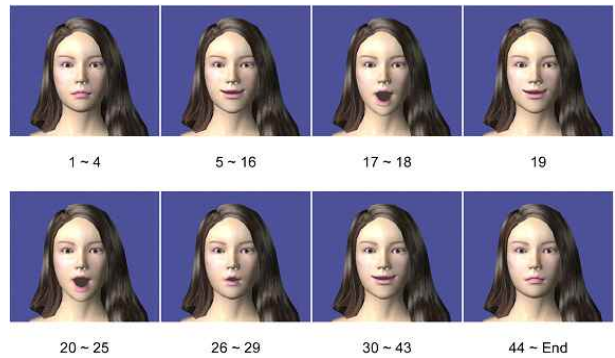


그림 19. 3D 캐릭터 헤드 로봇을 이용한 안내 로봇의 감정 표현  
Fig. 19. The emotional expressions of the guidance robot using the SALLY robot.

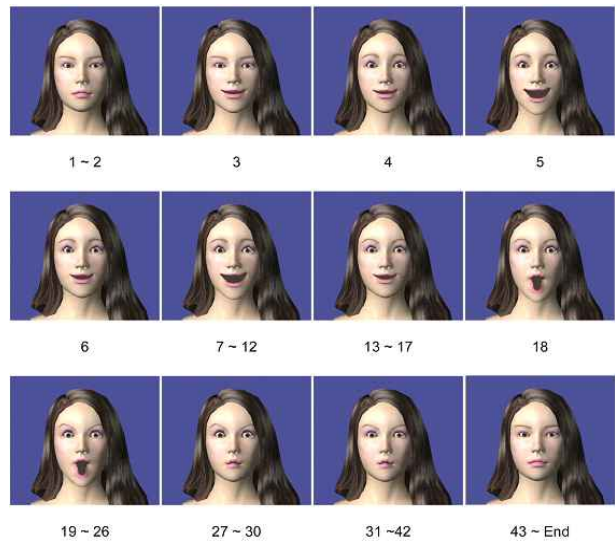


그림 20. 3D 캐릭터 헤드 로봇을 이용한 엔터테인먼트 로봇의 감정 표현  
Fig. 20. The emotional expressions of the entertainment robot using the SALLY robot.

4. 기계적인 설계 기반의 헤드 로봇 모듈

그림 21은 안내 로봇의 목적을 가진 MF 헤드 모듈의 감정 표현이며, 그림 22는 엔터테인먼트 로봇의 목적을 가진 MF 헤드 모듈의 감정 표현이다. 사이버 로봇이나 3D 캐릭터 헤드 로봇과 마찬가지로 두 로봇은 각자의 목적에 맞는 감성 행동을 보였다. 그리고 같은 모델에서 만들어진 감정 및 행동이 사양이 다른 로봇에 적용될 수 있음을 확인했다.

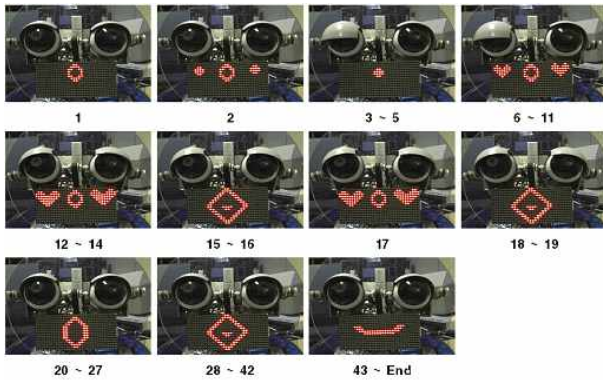


그림 21 MF 헤드 모듈을 이용한 안내 로봇의 감정 표현  
 Fig. 21. The emotional expressions of the guidance robot using the MF head module.

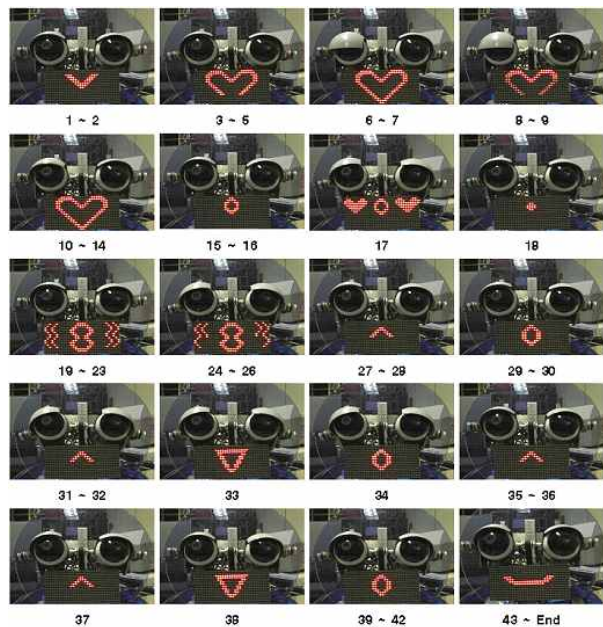


그림 22. MF 헤드 모듈을 이용한 엔터테인먼트 로봇의 감정 표현  
 Fig. 22. The emotional expressions of the entertainment robot using the MF head module.

VII. 결 론

본 논문에서는 사용하는 감정에 의존적이지 않으면서 로봇의 목적이나 사양에 상관없이도 다양한 로봇에 적용할 수 있는 감성 행동 생성 방법을 제안했다. 각 감정이 독립적으로 지속될 수 있는 복합 감정 공간을 이용하여 감정을 생성하고, 로봇의 목적에 맞도록 감정을 선택한다. 그리고 생성된 복합 감정을 사양이 다른 여러 로봇에 적용할 수 있도록 로봇마다 표현할 수 있는 행동을 단위 행동으로 구분하고, 표현하고자 하는 감정에 최적화된 행동 조합을 생성하기 위하여 모의 담금질 (Simulated Annealing) 방법을 이용한다.

제안한 방법의 범용성을 증명하기 위하여 사양이 다른 세 종류의 로봇 시스템을 이용한다. 그리고 각 로봇 시스템을 두 가지의 목적을 가진 로봇 시스템으로 설정한 후 각 로봇 시스템에 같은 상황을 적용하여 어떤 행동을 보이는지 실험했다. 실험 결과, 목적에 따라서 적합한 감정을 생성하고 다양한 행동을 보일 수 있음을 확인했다. 그리고 같은 시스템의 결과를 사양이 다른 로봇 시스템에 적용이 가능함도 확인했다. 추후 로봇이 성격을 가질 수 있고, 성격을 학습할 수 있는 방법을 연구할 계획이다.

참 고 문 헌

- [1] Fujita M., "On activating human communications with pet-type robot AIBO," In Proceedings of the IEEE, vol. 92, Issue 11, pp. 1804-1813, Nov. 2004.
- [2] Paul Ekman, Emotion revealed, Times Books, 2003.
- [3] Shibata T., Ohkawa K., and Tanie K., "Spontaneous Behavior of Robots for Cooperation - Emotionally Intelligent Robot System," In Proceedings of the 1996 IEEE International Conference on Robotics & Automation (ICRA 1996), pp. 2426-2431, 1996.
- [4] C. Breazeal, Designing Sociable Robots, MIT Press, 2002.
- [5] Stiehl, W.D., Lalla, L., and Breazeal, C., "A "somatic alphabet" approach to "sensitive skin", In Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Robotics & Automation (ICRA 2004), pp. 2865-2870, 2004.
- [6] Miwa H., et al., "Effective emotional expressions



with expression humanoid robot WE-4RII: integration of humanoid robot hand RCH-1," In Proceedings of 2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2004), vol. 3, pp. 2203-2208, 2004.

- [7] H. S. Lee, J. W. Park, and M. J. Chung, "A Linear Affect - Expression Space Model and Control Points for Mascot-Type Facial Robots," IEEE Transactions on Robotics, vol. 23, no. 5, pp. 863-873, 2007.
- [8] C. Becker, N. Lessmann, S. Kopp, and I. Wachsmuth, "Connecting feelings and thoughts - Modeling the interaction of emotion and cognition in embodied agents," In Proceedings of the 7th International Conference on Cognitive Modeling (ICCM 2006), pp. 32 - 37, 2006.
- [9] Ho Seok Ahn, et al., "Emotional Behavior Decision Model Based on Linear Dynamic Systems for Intelligent Service Robots," In Proceedings of the IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication 2007 (RO-MAN 2007), pp. 786-791, 2007.
- [10] Ho Seok Ahn, et al., "Multi-Dimensional Emotional Engine with Personality Using Intelligent Service Robot for Children," In Proceedings of the International Conference on Control, Automation and Systems 2008 (ICCAS 2008), pp. 2020-2025, 2008.
- [11] Deukey Lee, Ho Seok Ahn, and Jin Young Choi, "A General Behavior Generation Module for Emotional Robots Using Unit Behavior Combination Method," In Proceedings of the IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication 2009 (RO-MAN 2009), pp. 375-380, 2009.
- [12] Jin Hee Na, Ho Seok Ahn, Myoung Soo Park, and Jin Young Choi, "Development of Reconfigurable and Evolvable Architecture for Intelligence Implement," Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems, vol. 15, no. 6, pp. 35-39, 2005.
- [13] Ho Seok Ahn, and Jin Young Choi, "Multi-Dimensional Complex Emotional Model for Various Complex Emotional Expression using Human Friendly Robot System," The Journal of Korea Robotics Society, vol. 4, no. 3, pp. 210-217, 2009.
- [14] Ho Seok Ahn, et. al., "Design of Reconfigurable Heterogeneous Modular Architecture for Service Robot," In Proceedings of 2008 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2008), pp. 1313-1318, 2008.

---

 저 자 소 개
 

---



안 호 석(정회원)

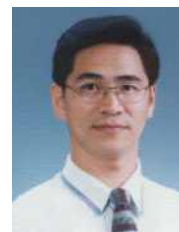
2005년 성균관대학교 정보통신  
공학부 학사 졸업.

2006년 일본 AIST Intelligent  
Systems Research  
Institute 방문연구원.

2010년 서울대학교 전기컴퓨터  
공학부 박사 졸업.

2010년~현재 한국생산기술연구원 로봇융합연구  
그룹 선임연구원.

<주관심분야 : Human-Robot Interaction,  
Artificial Emotion, Android Robot, Intelligent  
Service Robot, Modular Robot>



최 진 영(정회원)

1982년 서울대학교 제어계측  
공학과 학사 졸업.

1984년 서울대학교 제어계측  
공학과 석사 졸업.

1993년 서울대학교 제어계측  
공학과 박사 졸업.

1984년~1994년 한국전자통신연구소 연구원.

1998년~1999년 University of California,  
Riverside 객원교수.

1994년~2004년 서울대학교 전기공학부 부교수.

2005년~현재 서울대학교 전기공학부 교수.

<주관심분야 : 적응제어, 신경회로망>



이 동 욱(정회원)

1996년 중앙대학교 제어계측  
공학과 학사 졸업.

1998년 중앙대학교 제어계측학과  
석사 졸업.

2000년 중앙대학교 제어계측학과  
박사 졸업.

2002년~2004년 중앙대학교 정보통신연구원  
연구전담교수.

2004년~2005년 The Univ. of Tennessee  
박사 후 연구원.

2005년~2010년 한국생산기술연구원 지능형로봇  
연구그룹 선임연구원.

2011년~현재 한국생산기술연구원 로봇융합연구  
그룹 수석연구원.

<주관심분야 : 안드로이드 로봇, 인공지능, 인공  
생명, HRI>