

# 감성 로봇 “ 라이 ” 의 감성적 동작 구현

김연훈\*, 이동연\*, 김병수\*\*, 곽윤근\*\*\*

\*: 한국과학기술원 기계공학과 대학원

\*\* : (주)한울로보틱스

\*\*\*: 한국과학기술원 기계공학과

## Human-Sensitive Motion Interpretation of Emotional Robot “ Rai ”

Yeon Hoon Kim\*, Dong Yeon Lee\*, Byung-Soo Kim\*\*, Yoon Keun Kwak\*\*\*

\*: Dept. of Mechanical Engineering, Graduate School, KAIST

\*\* : Hanwool Robotics Corp.

\*\*\*: Dept. of Mechanical Engineering, KAIST

### Abstract

We made a human-sensitive motion interpretation to the interactive emotional robot, “ Rai ” of which the mechanism design was carried out and completed. Kinematic system of this emotional robot mainly consists of a body and a head. The body contains the total control units, the communication modules and also two wheels and motors for main driving which make kinds of motions like the inverted pendulum. This robot system is designed under the concept on the human-friendly motion and reaction with humans around living room and office environments. Therefore, various scenarios are constructed in order to enable the emotional expressions at those places. Especially, we interpreted technically-possible motions while accommodating to the scenarios constructed. And we performed some experiments to make sure of the possibility of the motion interpretation.

*Keywords: Inverted Pendulum(역진자); Emotional Robot(감성 로봇); Human-Sensitive(감성)*

### 1. 서 론

정보화와 기계화로 뒤덮인 현대사회 속에서 삭막함과 인간성 상실이라는 문제를 해결하기

위한 노력은 사회 전 분야에서 절실히 요구됨을 인식하고 있고, 이미 많이 또는 앞서서 진행되고 있다. 한편, 로봇 개발의 방향도 산업

용 로봇 개발에 주력해 왔던 과거와는 달리 특수 목적을 위한 로봇 개발에 주력하여, 인간의 발이 닿을 수 없는 곳이나, 험로 등에 사용되는 로봇 등이 개발되고 있으며, 아울러 인간과 감성적 교류가 가능한 감성 로봇도 활발히 개발되고 있다.

감성 로봇이 개발되기 위해서는 감성을 인식하는 인식부, 감성의 표현을 담당하는 표현부, 로봇 내/외의 감성적 메커니즘을 결정하는 디자인 등이 시스템적으로 요구된다. 우선, 인식부에서는, 다양한 센서를 통해 사람의 감정 표현을 인지하거나 감성 상태를 파악한다. 인지된 센서 정보는 융합과정을 거쳐, 일련의 로봇 내부의 감성적 메커니즘을 통하여 로봇이 표현할 감정 상태 등을 결정하게 된다. 감성 표현을 하기 위해서는 적합한 기계적 시스템의 선택이 우선되며, 앞서 이미 결정된 감정 상태들이 적절히 그리고 개성적으로 사람에게 표현될 수 있도록 동작이나 표현이 가능한 장치나 기능을 갖추어야 한다.

감성 표현이 가능한 로봇 메커니즘의 예는, 2족 보행 개념으로 복잡한 제어를 요구하는 인간을 닮은 로봇인 Humanoid를 들 수 있다. 실제로 인간과 닮은 2족 보행을 위해서는 제어에 높은 복잡성을 가지고 있는 단점이 있으나, 인간과 가장 비슷한 형태를 가지고 있기 때문에 감성 로봇으로서 가장 적합한 메커니즘이라고 할 수 있다. 또한, 동물을 형상화하여 인간과 감성적으로 쉽게 다가갈 수 있는 외양을 가진 로봇들도 많이 개발 및 제작되어 시장에 나와 대중적으로 많이 알려지고 있다. 이에 본 논문에서는 두 바퀴에 역진자 형태의 몸체가 구성된 로봇 시스템을 적용하였으며, 역진자형 바퀴 메커니즘을 안정화 하려 할 때 보여지는 재미있는 동작들을 포함하여 감성에 호소할 수 있는 로봇을 제작하였다.

한편, 로봇이 사람과 어떤 상황에서 어떤 감

정 표현을 하며 어떤 동작을 할지를 결정하는 감성 시나리오 중에서 동작과 관련되어 로봇 시스템에 적용이 필요한 사항을 뽑아내어, 그 동작들의 구현 가능성을 타진하기 위한 실험을 수행하였다.

2장에서는 감성 로봇 시스템의 기계적인 메커니즘을 설명하며, 3장에서는 감성적 시나리오 중에서 동작과 관련된 내용에 대하여 간략히 소개한다. 로봇의 주구동부에서 구현해야 하는 동작들을 4장에서 설명하고, 그에 대한 실험결과를 5장에서 보여준다.

## 2. 감성로봇 시스템

제작된 감성로봇 시스템의 기계적인 구성은 그림 1과 같이 머리와 바퀴가 달린 몸통으로 크게 나뉘어진다.

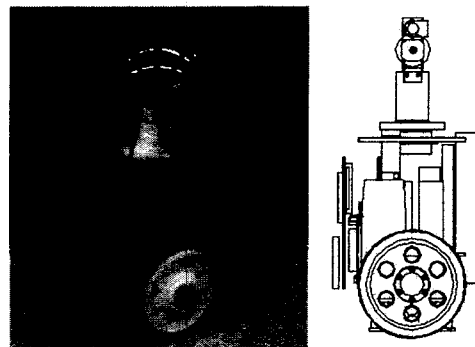


Fig. 1. Exterior of the Emotional Robot " Rai "

우선, 머리에는 두 개의 모터를 구동시켜, 좌우 및 상하 방향의 회전이 가능하도록 하였다. 몸통에는 두 개의 바퀴가 대칭으로 구성되어 있으며, 캐스터 등의 보조기구가 부착되어 있지 않아서 기본적으로 불안정한 시스템이다. 그림 2에서와 같이 외부 좌표계에서 로봇 시스템의 평면운동과 기울어진 각을 표현하기 위하여, 시스템 내부의 몸통의 중심  $S_c$  에 대하여

$n_1, n_2, n_3$  의 좌표계를 두었고, 이를 중심으로 generalized speed를 그림과 같이 세 개로 정의하였다.

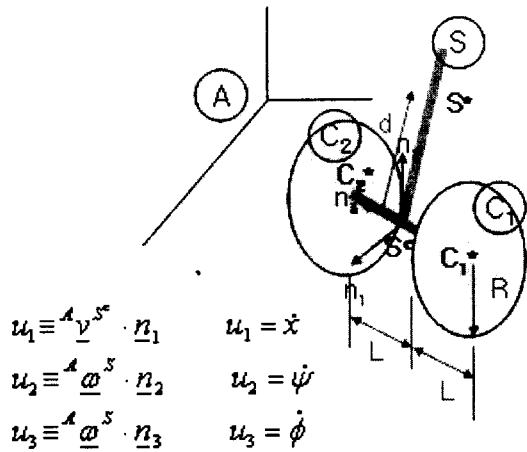


Fig. 2. Coordinate System and Generalized Speeds

### 3. 감성적 동작 시나리오

가정 환경에서 사용된다는 설정 하에, 인간과 감성을 교감하고, 자신의 감정을 표출할 수 있는 다양한 시나리오를 디자인 팀(KAIST 산업디자인학과, 김명석, 팍소나)에서 제작하였다.

시나리오는 시간적 전개방식을 바탕으로 아침 인사로부터 시작하여, 인간의 생활방식을 따라 일상생활을 여러 단계로 표현하고 있다. 예를 들어, 주위를 배회하는 동작으로 자기 혼자 스스로 행동을 표현할 때도 있으며, 춤을 추거나, 노래를 부르며, 운동을 하는 등 동작 형태나 감정상태들을 LED로 표시도 해준다. 한편, 머리에 부착된 터치 센서를 통해, 사람이 쓰다듬는 것을 감지하여 라이만의 소리를 내거나 동작으로 반응을 하게 되는데, 기본적으로 냉소적인 개념을 지닌 로봇이기에 자기만의 행동에 더 중점을 두고 행동하게 된다. 또한, 오늘 날씨나 생일, 행사 등의 정보를 메모리로 가지고 있어 타이머를 이용하여 필요할 때 일

정을 알려주는 내용도 포함되어 있다.

### 4. 주구동부 모션 구현

3장에서는 감성 로봇 라이의 시나리오를 간략히 소개해 보았다. 이렇게 디자인된 시나리오를 바탕으로 기술적인 동작 구현을 가능하게 하는 기본적인 운동 요소를 뽑아보면 아래와 같다.

- 제자리 정지(Idle State)
- 일어서기(Wake-Up)
- 직선 운동(Rectilinear Motion)
- 좌우 회전(Spin and Curve)
- 밀기 대응(Anti-pushing)

위의 동작들을 수행하기 위하여 Kane의 방법을 이용하여 로봇 시스템의 동역학을 수식과 같이 구하였고, 동작구현을 위한 제어 시스템은 그림 3과 같이 구성된다.

제어 시스템의 입력은 그림 4에서 보는 바와 같이 좌측 바퀴와 우측 바퀴의 모터 속도로 환산되어 전달되며, 제어를 위한 센서의 출력 값은 각 여섯 개의 상태(state)에 대하여 그림 5처럼 구성된다.

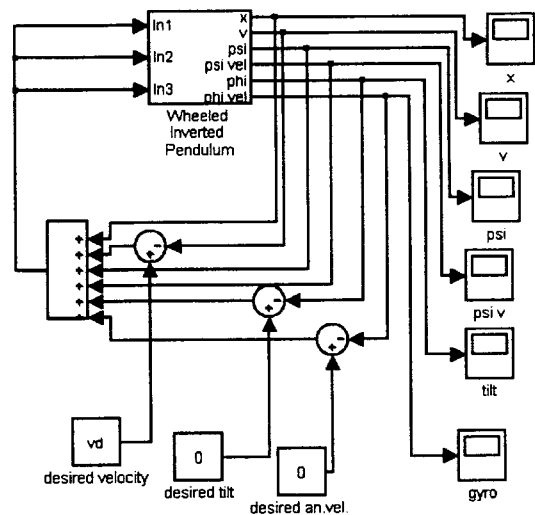


Fig. 3. The Control System

$$-\frac{\alpha_3 + \beta_3}{R} - 3m_c \dot{\alpha}_1 - m_s \dot{\alpha}_1 + m_s \dot{\alpha}_3 d \cos \phi - m_s (u_2^2 + 2u_3^2) d \sin \phi = 0$$

$$\frac{L(\alpha_3 - \beta_3)}{R} - 3L^2 m_c \dot{\alpha}_2 - \frac{R^2 m_c}{2} \dot{\alpha}_2 + m_s d \sin \phi u_1 u_2 - 2m_s d^2 \sin^2 \phi - 2m_s d^2 \sin \phi \cos \phi u_2 u_3 = 0$$

$$mgd \sin \phi - (\alpha_3 + \beta_3) + m_s d \cos \phi \dot{\alpha}_1 - 2m_s d^2 \dot{\alpha}_2 + m_s d \sin \phi u_1 u_3 + m_s d^2 \cos \phi \sin \phi u_2^2 = 0$$

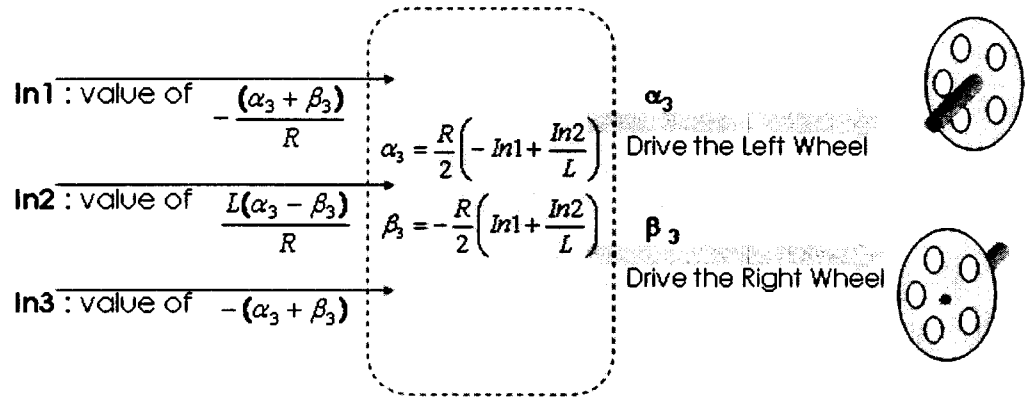


Fig. 4. Input Interpretation

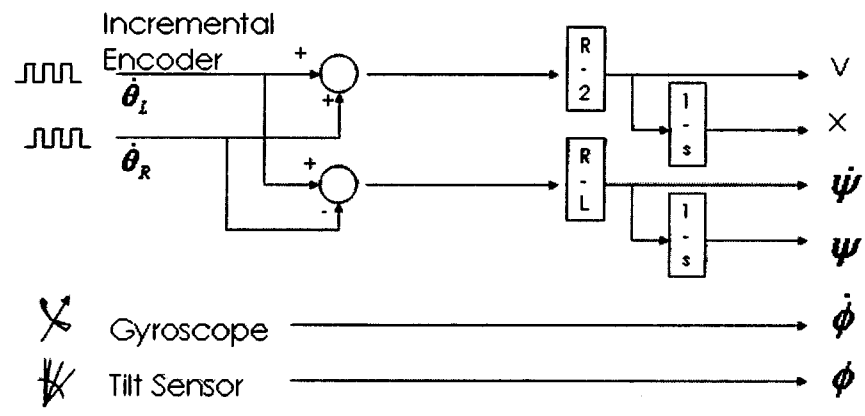


Fig. 5. Output Interpretation

### 5. 동작 구현 실험결과

감성적 동작 시나리오에서 요구되는 주구 동부의 모션에 대한 가능성을 검증하며 그러한 모션을 구현하기 위한 일련의 실험을 수행하였다. 역진자(inverted pendulum) 형태로 제자리에 서있는 자세제어를 바탕으로 일어서기와 전진, 후진의 직선운동에 대한

동작 및 밀기에 대응하는 동작 등을 구현하였다.

#### 5.1 일어서기(Wake-Up)

일어서기란 12°정도로 기울어져 누워있는 상태에서 0°의 상태로 균형을 잡고 서기까지의 동작을 뜻한다. 동작을 수행하기 위하

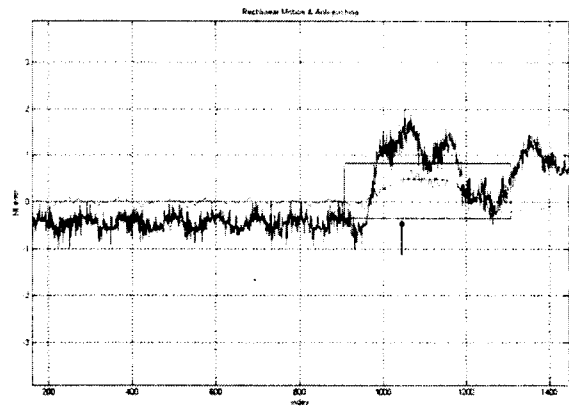
여, 처음에 상대적으로 큰 가속영역을 주어로봇을 일어서게 하였으며, 실험을 통하여 0.7초 이내에 직립 안정화되며, 오차의 범위는  $\pm 0.5^\circ$  이내임을 그림 6의 (a)를 통해 확인하였다.

### 5.2 직선운동(Rectilinear Motion)

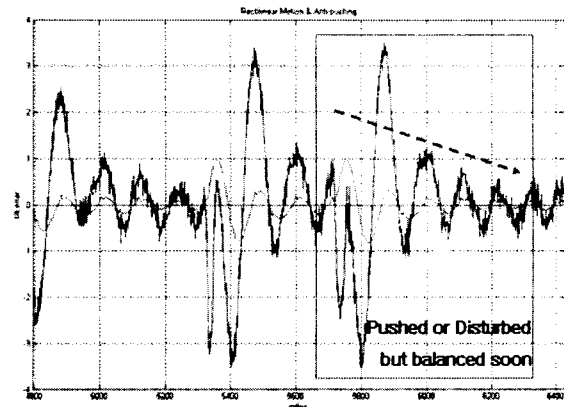
그림 6의 (b)는 전진 및 후진의 직선운동에 대한 실험 결과로 구동중의 기울어짐 각의 변화를 보여주고 있다. 박스 내의 가속-동속-감속 구간을 통해 직선 운동시 진행방향 쪽으로 각이 기울어져 관성의 영향을 이겨내며 등속운동 하려고 함을 보여주고 있다.

### 5.3 밀기 대응(Anti-Pushing)

가만히 서있는 상태에서 사람이 살짝 밀는 동작이 부여될 때 안정화 상태로 즉시 돌아오는가를 확인하기 위해 실험을 수행해 보았다. 그림 6의 (c)처럼 수초 이내에 원래의 안정한 상태의 기울어짐 각으로 돌아옴을 확인할 수 있다.

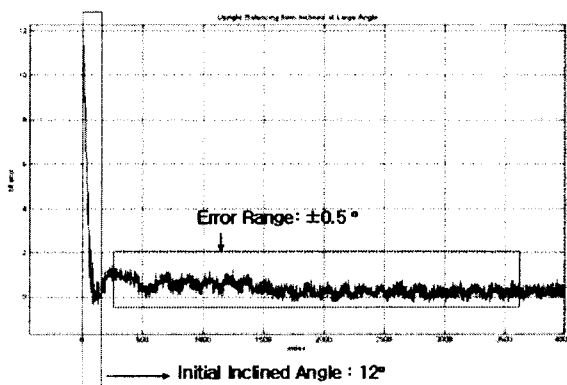


(b) Rectilinear Motion



(c) Anti-Pushing

Fig. 6. Experiment Result (Tilt Angle)



(a) Wake-Up

## 6. 결론

바퀴형 역진자 몸체를 (Wheeled Inverted Pendulum Body) 갖춘 감성로봇이 실제로 감성적 동작을 구현할 수 있도록 모션을 제안하고 실험을 수행해 보았다. 실제 주거환경을 바탕으로, 디자인을 통해 얻어진 시나리오로부터 요구되는 감성적 동작들에 대하여 각각의 실험을 수행하고 그 적용 가능성을 확인하였다.

역진자 형태의 몸체의 채택을 통하여, 로봇이 가지는 근본적인 감성 표현이라는 장점이 있으며, 자세 제어에 이용되는 에너지

소모의 단점도 가지고 있으나, 캐스터가 없기 때문에 회전 운동 성능이 뛰어나고 같은 목적지 이동에 소요되는 에너지는 적으며, 돌출 면에 걸리는 현상이 없는 등의 장점을 지니고 있다.

이런 개념으로 개발된 감성 로봇이 가지는 동작 형태들 중, 기본적인 자세 제어는 물론, 제자리 일어서기, 직진운동 및 밀기 대응 등의 실험에서 안정화될 수 있는 각으로 쉽게 접근되었다. 이를 통해, 개발된 감성 로봇이, 주거 및 사무환경 내에서 여러 가지 충분한 감성 표현이 가능한 로봇 시스템임을 확인 할 수 있었다.

## 후 기

본 연구는 G-7 감성공학 기반기술개발사업의 일환으로 수행되었습니다.

## 참 고 문 헌

- [1] Kim, Y. H., Lee, D. Y., Kim, B. -S., Kwak, Y. K., "Mechanism Design & Dynamic Analysis of the Interactive Emotional Robot," Proc. of the 7<sup>th</sup> Int. Symp. on AROB, Beppu, Japan, 2002, 463-466.
- [2] 김연훈, 외 "대화형 감성로봇의 메커니즘 설계," 한국감성과학회 추계 학술대회 논문집, 2001,
- [3] Kwak, S., et al., "Scenario-based design of an emotional robot using by hamster characterization," 5<sup>th</sup> Asian Design Conference: International Symposium on Design Science, Seoul, Korea, 2001.
- [4] Ha, Y. -S., Yuta, S., "Trajectory tracking control for navigation of the inverse pendulum type self-contained mobile robot," Robotics and Autonomous Systems, Vol. 17, 1996, 65-80.
- [5] Plutchik, R., "Emotions in the Practice of Psychotherapy -clinical implications of affect theories," 2000, American Psychological Association.