

# 자폐아 치료를 위한 로봇 설계 및 동작 연구

## Robot Design and Action Study for the Treatment of Autistic Spectrum Disorders Children

이진규\*, 이보희\*<sup>★</sup>, 정진순\*\*, 권자영\*\*\*

Jin-Gyu Lee\*, Bo-Hee Lee\*<sup>★</sup>, Jin-Soun Jung\*\*, Ja-Young Kwon\*\*\*

### Abstract

As the children with Autistic Spectrum Disorders(ASD) are increasing, and study of intelligent robot is dynamically proceeding, therapeutic robots are needed to help ASD children who have a lack of social interaction, inadequacy of communication. This paper deals with the design and operation of a cat robot for the treatment. To configure the behavior based on the results of field experiments, emotional treatment is suggested and robot structure considering ASD characteristic is designed with some sensors. In addition, we verified the effectiveness of the operation by field test.

### 요 약

자폐 범주성 장애를 갖는 아이들이 늘어나고 있으며 지능형 로봇의 연구가 활발하게 진행됨에 따라 사회적 상호작용의 결여, 의사소통의 부적절함 등 특징적 증상을 보이는 자폐성 장애 아동들의 치료 및 교육을 위한 치료용 로봇이 필요하다. 본 논문에서는 고양이 형태의 치료용 로봇에 대한 설계 및 동작을 다루고 있다. 현장 실험의 결과를 토대로 동작을 구상하여 감성 치료를 유도하였으며 동작에 필요한 센서, 자폐아 특성을 고려한 로봇 구조를 설계하였다. 아울러 현장 실험을 진행하여 동작의 효율성을 보였다.

*Key words* : Autistic Spectrum Disorders, ASD children, cat robot, emotional treatment, robot for ASD

\* Dept. of Electrical Engineering  
{\*\*Fashion Design,\*\*\*Social Welfare}, Semyung University,  
★ Corresponding author,  
E-mail : bhlee420@nate.com, TEL : 043-649-1305

※ Acknowledgment  
This study was supported by the National Research Foundation of Korea Grant funded by the Korean Government (NRF-2013R1A2A2A04014808)

Manuscript received Apr. 7, 2016; revised Jun. 28, 2016; accepted Jun. 28, 2016

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

### 1. 서론

역학조사에 따르면 우리나라의 자폐 아동 발생 비율은 인구 1만 명당 9명 정도로 나타났으며, 미국 정신의학회의 정신장애의 진단 및 통계 편람(DSM-IV -TR)에 따르면 인구 1만 명당 2-20명이 나타나는 것으로 나와 있다[1],[2]. 자폐성 장애의 특징적 증상은 다섯 가지 분야에서 나타날 수 있는데, 사회적 상호작용의 결여 또는 부적절성, 언어와 의사소통에서의 부적절함, 그리고 상징적이며 상상적인 놀이의 결여, 지적능력의 지체 또는 이상한 형태, 반복적이며 상동적인 행

등 등에서 비정상적이며 발달적인 장애를 보인다[2] 이러한 자폐성 장애를 갖는 아이들의 치료 및 교육을 위해 동물보조치료를 모방할 수 있는 고양이 로봇을 제작하였다. 동물보조치료는 말을 하지 않고, 감정이 내면에 억제되었거나, 자폐성 장애, 수줍음이 많거나 문화 사회적으로 결핍된 아동들에게 도움이 된다고 하여[2] 로봇을 동물처럼 제작하였으며 여러 장애 복지 시설의 설문 조사를 통하여 동물의 대상을 고양이로 선정하였다.

## II. 로봇설계

### 1. 구조 및 외관 설계

로봇 링크의 구조물은 플라스틱 재질로서 3D 프린터를 이용하여 제작 되었으며 동물보조치료를 모방하기 위해 로봇에 외피를 입혀 동작시키기 때문에 뼈대를 형성하듯 제작 하였고 이로 인하여 귀, 눈썹, 눈꺼풀, 목, 앞다리, 뒷다리의 움직임이 가능하다. 귀, 눈꺼풀, 입에 각각 1 자유도, 눈썹에 2 자유도로 설계 하였으며 목, 앞다리의 어깨부위는 2 DOF(pitch 및 yaw)를 만들었고 팔 부위 및 뒷다리는 각각 1 자유도를 가지고 있다. 목은 3 자유도 이상을 갖는 것이 일반적이거나 로봇의 제한적인 용도와 시나리오에 따라, 대상이 되는 사람의 얼굴을 추적하고 외부 자극에 대응하는 제스처를 취할 수 있는 2 자유도로 설계 하였다[3].

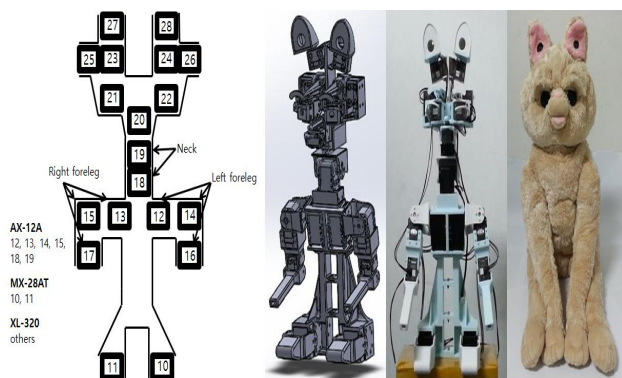


Fig. 1. Robot structure and skin  
그림 1. 로봇 구조물과 외피

고양이 로봇 왼쪽 앞다리의 D-H변수는 그림 2와 같으며 역기구학의 해석은 아래와 같다.

$$\theta_3 = \cos^{-1} \left( \frac{(f_y - 47)^2 + (f_z - 22.5)^2 + (77.5 - f_x)^2 - 100^2 - 80^2}{2 * 80 * 100} \right) \quad (1)$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left( \frac{77.5 - f_x}{(100 * \cos \theta_3) + 80} \right) \quad (2)$$

$$\theta_1 = \sin^{-1} \left( \frac{(\cos \theta_2 * (100 * \cos \theta_3 + 80) * (f_z - 22.5)) - (100 * \sin \theta_3 * (f_y - 47))}{(f_y - 47)^2 + (f_z - 22.5)^2} \right) \quad (3)$$

여기서  $f_x, f_y, f_z$  는 로봇 다리의 끝점의 방향 좌표값이다. 궤적 계획은 관절 공간에서 사다리꼴 속도 함수를 사용하여 시간에 따라 속도의 변화를 주어 구현하였으며 이에 따른 동작은 식 (4)과 같다. 여기서  $q_i, \ddot{q}_c, q_f, t_c, t_f$  는 초기치, 가속구간의 값, 최종치 및 가속시간, 최종시간을 의미한다.

$$q(t) = \begin{cases} q_i + \frac{1}{2} \ddot{q}_c t^2 & 0 \leq t \leq t_c \\ q_i + \ddot{q}_c t_c (t - \frac{t_c}{2}) & t_c < t \leq t_f - t_c \\ q_f - \frac{1}{2} \ddot{q}_c (t_f - t)^2 & t_f - t_c < t \leq t_f \end{cases} \quad (4)$$

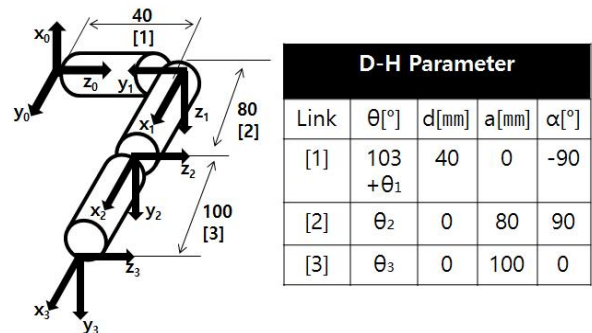


Fig. 2. D-H parameter of left foreleg

그림 2. 왼쪽 앞다리의 D-H 변수

### 2. 제어기 설계

주제어기로는 Cortex-M3 칩을 사용하는 LPC1768이며 이는 모터와의 232-TTL 통신, 센싱, codec을 이용한 소리 재생, 시간 제어 등의 데이터 처리에 적합하다. 보조제어기는 TI사의 CC3200이며 센서 데이터를 나누어 처리하고 비상시에 로봇을 제어하는 역할을 한다. 리눅스가 내장된 Edison 모듈은 주제어기로부터 실험 데이터를 받고 카메라로 현장의 모습을 외부에서 확인 할 수 있어 데이터를 실시간으로 의사에게 진단 받을 수 있을 수 있게 설계 되었다.

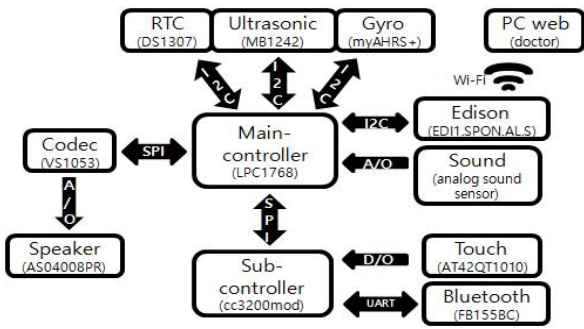


Fig. 3. Controller block diagram  
그림 3. 제어부 구조

로봇의 모터로는 ROBOTIS사의 서보모터를 사용하였다. 얼굴에 배치하여 표정을 연출하기 위해서는 XL-320, 목과 어깨 같은 큰 토크를 필요로 하는 곳에는 AX-12A, 로봇 전체를 지지하기 위한 다리 부위에는 발열이 적고 큰 토크를 유지할 수 있는 MX-28AT를 사용하였다.

그림 3과 같이 사용된 센서로는 눈 맞춤 동작을 위한 2개의 초음파 센서, 상호작용을 위한 각 부위 8개의 터치센서, 소리 감지를 위한 사운드 센서, 로봇의 자세를 감지하기 위한 자이로 센서, 아이가 로봇을 터치하는 상호작용 데이터를 수집하기 위한 실시간 클럭(RTC: Real Time Clock)이 있다.

III. 로봇 동작 설계

고양이 로봇의 간략한 동작 설명은 표 1과 같으며 아이가 로봇을 만지는 부위에 따라 소리 재생과 함께 빼짐, 즐거움의 표현과 기쁨, 슬픔, 짜증 등의 감정 표현 동작이 가능하며 눈 맞춤 동작을 통해 상호작용을 하고 허그 동작으로 감정적 안정시키는 목적을 갖는다.

자폐아동의 특성상 자신이 흥미를 갖는 대상 외에는 관심이 없는 점을 고려하여 타이머 인터럽트를 이용하였으며 치료 활동에 참여를 유도할 목적을 갖는다. 로봇은 2분 간격으로 소리를 재생하고 동작을 하는 것으로 주의집중을 유도한다.

또한, 실제 현장 실험에서는 자폐아동의 과격한 행동에 의해 로봇이 쓰러지거나[4] 부분별하게 소리를 지르는 경우가 빈번하므로 이는 잘못된 행동임을 피드백 시켜주기 위해 로봇이 아파하는 행위와 싫어하는 동작을 한다.

Table1. Action table of robot

표 1. 고양이 로봇의 동작 테이블

Action	Description	Related Hardware	Purpose
Pleasure	Wave forelegs up and down.	Touch, codec, and motors	Positive action
Sadness	Wave forelegs and neck side by side.	Touch, codec, and motors	Improper action
Irritation	Wave right foreleg up and down, and move neck right.	Sound,touch, codec, motors	Strong improper action.
Eye-contact	Wave ears left and right, operate neck toward child.	Ultrasonic, touch, codec, motors	Emotion exchange
Fall	Release the torques and play sound.	Gyro, codec, motors	Strong improper action
Hug	Operate each foreleg to outside	Touch, Gyro, codec, motors	Strong emotion exchange

IV. 현장실험

새롭게 설계된 동작과 특수외피를 가지고 재실험을 진행하였다. 대상아이는 1명으로 주 1회 40분으로 총 5회 실험을 진행한다. 첫 실험 당시 아이는 다른 자폐아동과 같은 행동 패턴으로[4] 자신이 관심 있는 장난감을 가지고 놀았으며 치료사의 도움을 받아 로봇이 동작하였으나 아이는 눈길도 주지 않고 전혀 관심을 갖지 않는 행동을 보였다. 동작의 효력을 보인 것은 3일 후 부터였으며 아이는 장난감을 가지고 놀다가 로봇에서 소리가 나면 쳐다보고 로봇을 가리키기도 하였다. 그리고 실험을 마칠 때 고양이 로봇을 쓰다듬고 악수하는 모습을 보였다. 이로써 타이머 인터럽트를 이용한 주의집중의 유도가 효력이 있는 것으로 보이며 지속적인 관심유도로 로봇에게 친근함을 느끼게 하는데 효과를 얻었다. 모든 실험은 전 과정을 녹화를 진행하였기 때문에 향후 전

문적인 기관에 의뢰하여 정밀 분석할 예정이다.



Fig. 4. Field test  
그림 4. 현장 실험

## V. 결론

현장 실험의 결과를 토대로 로봇의 동작 및 구조를 변경하고 반복 실험을 하여 치료 목적의 결과를 얻어냈으며 이는 타이머 인터럽트를 이용한 것으로써 고양이 로봇에게 무관심했던 자폐아동의 관심을 소리와 연계된 동작을 이용하여 얻어 치료 활동에 참여를 유도할 수 있었고 이후 고양이 로봇에게 친밀감을 느끼며 만지는 상호작용을 하였다. 하지만 현장 실험 시간이 일주일에 40분 정도로 짧기 때문에 의도한 결과를 빠르게 얻어 내지 못하므로 지속적으로 실험을 진행하여야 의도한 다른 동작들의 결과를 얻어낼 수 있을 것이다. 따라서 고양이 로봇을 여러 기관에 현장 실험하여 많은 데이터를 수집하고 분석하여 감성 치료의 효과를 얻어낼 것이며 로봇 동작 패턴의 알고리즘에 인공지능을 이용하여 상황에 따른 자연스러운 동작이 가능함으로써 감성치료에 효과적으로 적용될 수 있도록 할 것이다.

## References

- [1] Ministry of Health & Welfare, *Early case finding and early intervention of autistic children: development and implementation of parent training computer package*, Gwacheon: Ministry of Health & Welfare, pp.16-24, 1999.
- [2] Yang-Soon Kim, "A Case Study of an

Animal Assisted Play Therapy with Two Autistic Children", *The Korea Journal of Counseling*, Vol.6, No.2, pp.485-497, 2005.1.

[3] Myoung-Soo Jang, Kyung-Geune Oh, Seung-Jong Kim, Shin-suk Park, "Mechanism for Emotional Expression and Lip Sync of a Face Robot", *Fall Mechanical Engineers Dynamics and Control Division for the 2008 Conference Proceedings and lectures.*, pp.171-173, 2008.5.

[4] Ja-Young Kwon, Bo-Hee Lee, Keum-Hi Mun, Jin-Soun Jung, "A Study on the Effects of using an Eco-Friendly Cat Robot to Treat Children with Autism Spectrum Disorder", *Indian Journal of Science and Technology*, Vol.8, No 23, IPL0304, pp.1-10, 2015.9.