

# 화초로봇의 운동메커니즘에 관한 연구

## A study on the moving mechanism for flower robot

박현구<sup>1</sup>, 정세미<sup>1</sup>, \*박석호<sup>1</sup>, 윤철호<sup>2</sup>, #박종오<sup>1</sup>

H. K. Park, S. M. Jung, \*S. H. Park, C. H. Yoon, #J. O. Park(jop@chonnam.ac.kr)

<sup>1</sup>전남대학교, <sup>2</sup>한국생산기술연구원

Key words : Flower Robot, Stem, Tendon, Mechanism, Service Robot

### 1. 서론

현대사회에서 로봇기술의 발달과 로봇산업의 성장으로 인해 산업로봇을 바탕으로한 다양한 기능의 로봇들이 개발되고 있다. 그 중에서 일반 소비자들과 밀접한 관련이 있는 지능형 서비스 로봇의 수요는 날로 늘어나게 될 것으로 예상된다. 또한, 향후 2020년이 되면 '1가구1로봇의 시대'가 열릴 것이라 내다보고 있다. 이러한 서비스로봇중에서 가사도우미 로봇, 노인을 위한 실버 로봇[1]-[3] 등은 이미 개발되어 상용화 되고 있다. 실버 로봇의 하나인 Care-O-bot[1]은 몸이 불편한 장애인이나 노인들을 위해 만들어졌다. Care-O-bot은 다음의 세가지 기능을 가지고 있다. 첫째, 사람을 대신하여 물건을 가져다 주는 기능이다. 둘째, 사람을 태우고 이동하는 기능이다. 마지막으로 세척, 통신기능으로 사용자에게 정보를 제공하고 다른 가전기기를 제어하는 기능을 수행한다. 일반적으로 서비스 로봇은 직접적으로 인간과 상호작용을 하기 때문에 자연 친화적이고 사용자가 친숙하게 접할 수 있는 것이어야만 한다. 본 논문에서는 서비스 로봇의 일종인 화초로봇에 대해 다루고자 한다. 화초로봇은 꽃, 줄기, 잎으로 이루어진 화초의 외형을 가지면서 빛이나 물체의 움직임에 반응하고 인간과의 상호작용을 위한 운동기능과 환경변수를 측정하기 위한 센서기능, 가습기나 공기청정기와 같은 가전기능, 그리고 다른 가전기능과의 통신을 통한 환경제어기능 등을 포함할 수 있도록 제안되었다. 여기서는 화초로봇의 여러기능 중에서 운동기능에 대해 소개하고 운동기능 중에서도 줄기의 운동에 대해 다루고자 한다. 화초로봇의 줄기 구동을 위해 Tendon 구동방식을 도입하고 줄기 구동에 적합하도록 제작하였다. 일반적으로 Tendon 구동방식은 힘의 전달 메커니즘을 제어하기 어려워지는 단점이 있으나 간결한 디자인의 이점 때문에 로봇팔의 설계에 채택되어지기도 했고[4], SMA의 Tendon을 이용하여 로봇팔에 적용되어지기도 했다[5]. 본 논문에서는 화초의 줄기부분의 구동에 적합한 Tendon 메커니즘을 제안하고 실제 제작을 통하여 화초로봇의 줄기부를 제작하였다. 구동실험을 통해 제작된 화초로봇의 줄기가 원하는 방향과 굽힘정도에 따라 운동하는 것을 검증하고자 한다.

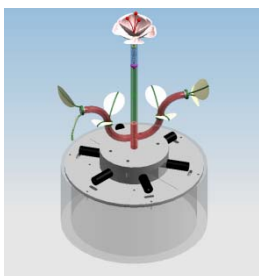


Fig. 1 Structure of Flower Robot

### 2. 화초로봇의 구성

제안된 화초로봇은 Fig. 1과 같이 외형적으로 줄기, 꽃, 잎의 구조로 이루어져 있다. 따라서 화초로봇의 운동기능은 줄기, 꽃, 잎사귀의 운동을 정의할 수 있다. 본 논문에서는

줄기의 운동기능에 대해 연구를 진행하였다.

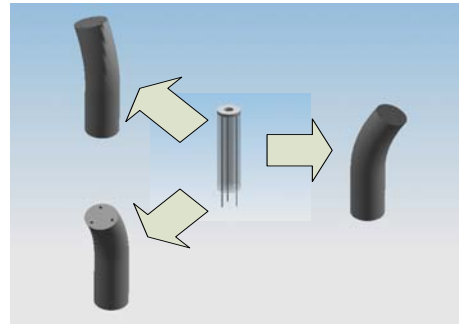


Fig.2(a) Moving Patterns of Stem Structure

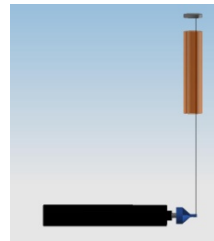


Fig.2(b) Tendon Actuation Fig.2(c) Groove Shape in Motor Shaft  
Fig.2 Moving Mechanism of Stem Structure

### 2.1 줄기 운동 메커니즘

화초로봇 줄기부분의 구동을 위해 Tendon과 DC모터를 이용하였다. 우선 Fig.2(a)와 같이 줄기부분은 세 개의 채널을 갖는 실리콘 튜브와 각 채널에 연결된 Tendon으로 이루어진다. Tendon의 구동을 통해 전체 줄기구조는 임의의 방향으로 원하는 각 변위만큼의 굽힘변형을 발생시킬 수 있다. Tendon의 구동은 Fig. 2(b),(c)와 같이 DC모터와 축에 연결된 나사에 의해 이루어진다. 즉, 모터가 회전하면 Tendon이 나사산을 따라 감기거나 풀리게 되고 이를 통해 줄기구조의 변형을 발생시킨다. 이와 같은 방법으로 세 개의 동일한 메커니즘을 사용하여 각 축 Tendon의 감고 풀기를 조합하면, Fig.2(a)와 같은 움직임이 가능하게 된다. 이 메커니즘은 길이 방향 수축변형(1자유도)과 굽어지는 움직임(2자유도)의 총 3자유도를 갖는다.

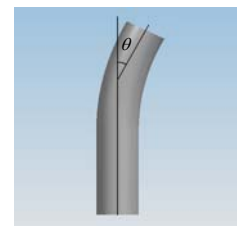
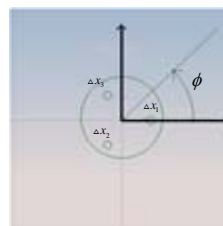


Fig.3(a) Direction  $\phi$  Fig.3(b) Bending angle  $\theta$

Fig.3 Definition of Coordinate

### 2.2 제어 시스템의 구성

줄기의 구동을 위해 Fig. 3과 같이 Direction과 Bending Angle의 2개의 Coordinate를 선정한다. 화초로봇의 줄기부

분의 원하는 Direction 값과 Bending angle 값이 주어졌을 때 그 변형을 가능하게 하는 모터 회전 각도를 산출하기 위해 다음과 같은 Inverse kinematics equation 을 구하였다.

$$\begin{aligned} x_1 &= -k\theta \cos(\phi) \\ x_2 &= -k\theta \cos(\phi - 120^\circ) \\ x_3 &= -k\theta \cos(\phi - 240^\circ) \end{aligned}$$

위 식에서  $k$  는 상수 값으로 이 값을 실험을 통해 구하여졌다. 즉, 실험적으로 모터의 구동변위 ( $x$ )에 대한 줄기의 Bending Angle 을 측정하였고 LSM (Least Square Method)에 의해  $k$  값( $k=24.90$ )을 구하였다.

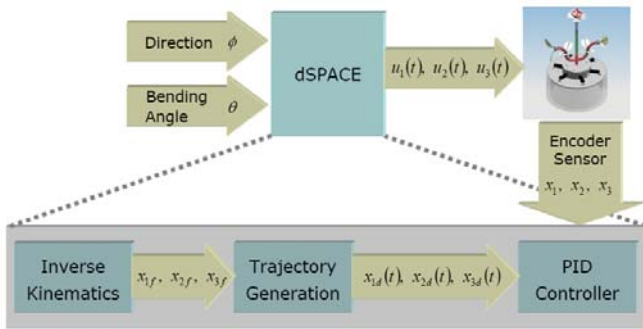


Fig.4 Control Block Diagram

Fig. 4 는 줄기구조의 제어를 위한 block diagram 이다. Bending angle 과 direction 이 주어지면 inverse kinematics 에 의해 3 개의 모터에 대한 최종 변위를 계산하고 그 값들은 trajectory generation 을 통해 완만한 형태의 desired reference inputs 이 된다. Reference inputs 과 줄기의 각 모터에서 나오는 encoder 신호를 이용하여 PID 제어를 하게 된다. 최종적으로 PID 제어를 통해 각 모터단의 입력을 생성한다. 전체적인 제어시스템은 dSPACE 시스템을 이용하여 이루어졌다. 실험을 위해 Control Desk 와 MATLAB Simulink 를 이용하여 GUI 를 Fig. 5 와 같이 구성하였다. 사용자가 원하는 bending angle 과 direction 을 Control Desk 의 GUI 상에 입력하면 각 축에 대한 desired reference input 과 각 변위를 plot 하도록 작성되었다.

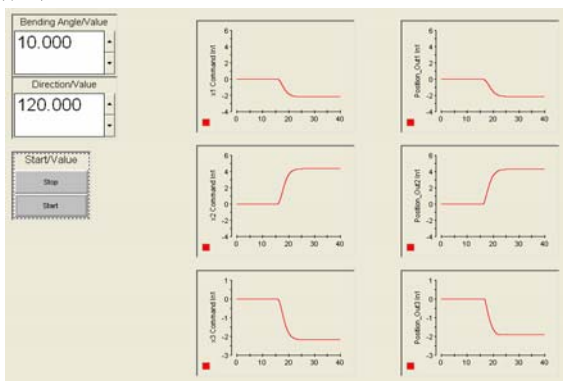
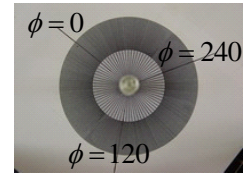


Fig.5 GUI on Control Desk

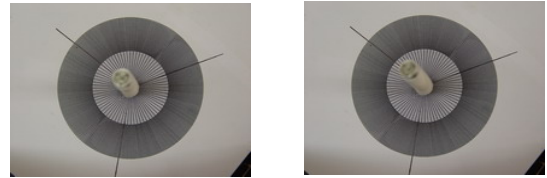
### 3. 화초로봇 줄기 변위 실험

제작된 화초로봇의 줄기부분에 대해 변위 실험을 수행하였다. Control Desk 상의 GUI 에 원하는 bending angle 과 direction 을 입력하면서 줄기의 구조에서 주어진 값에 상응하는 변위가 발생하는지에 대해 실험하였다. Bending angle 은 5 Deg.와 10 Deg.로 변화시켰으며 direction 은 30 Deg.간격으로 360 Deg.에 대해 실험하였다. 실험결과는 bending angle (5 Deg, 10 Deg)의 2 가지 경우, direction(0 Deg, 120 Deg, 240 Deg)의 3 가지 경우에 대해 총 6 개의 실험에 대해 Fig. 6 에 나타나 있다. 실험결과를 보면 원하는 direction 으로

변형이 이루어진 것을 확인할 수 있었고 bending angle 도 주어진 명령에 대해 대략적으로 비례적인 변형을 보이는 것을 볼 수 있다.

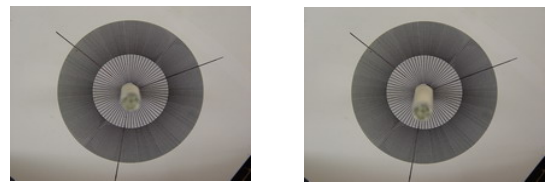


(a)  $\theta = 0, \phi = 0$



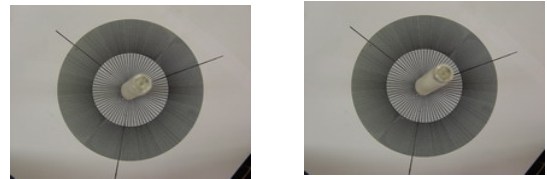
(b)  $\theta = 5, \phi = 0$

(c)  $\theta = 10, \phi = 0$



(d)  $\theta = 5, \phi = 120$

(e)  $\theta = 10, \phi = 120$



(f)  $\theta = 5, \phi = 240$

(g)  $\theta = 10, \phi = 240$

Fig.6 Experimental results

### 4. 결론

본 연구에서는 화초로봇에서의 줄기 메커니즘을 소개하고 제작하였다. 줄기를 움직이게 하기 위한 세 개의 모터 축에 각각의 와이어를 연결하여 실리콘 재질의 튜브 구멍에 삽입하고 각 각의 모터에 일정량의 와이어를 감게 하는 명령을 주면 굽힘 움직임을 하는 줄기 메커니즘을 제작하였다. 그리고 줄기 변위실험을 통해 일정 반경 내에서 정밀하게 움직임이 가능한 줄기의 변위 성능을 검증하였다.

### 참고문헌

- [1] M. Hans, B. Graf, R.D. Schraft, "Robotic Home Assistant Care-O-bot: Past - Present - Future," Proc. of ROMAN-2002, pp. 380-385.
- [2] N. Roy, G. Baltus, D. Fox, F. Gemperle, J. Goetz, T. Hirsch D. Margaritis, M. Montemerlo, J. Pineau, J. Schulte, and S. Thren, "Towards Personal Service Robots for the Elderly," Workshop on Interactive Robots and Entertainment, 2000.
- [3] F. Michaud, P. Boissy, H. Corriveau, A. Grant, M. Lauria, D. Labonte, R. Cloutier, M.-A. Roux, M.-P. Royer, and D. Iannuzzi, "Telepresence Robot for Home Care Assistance," AAI-Spring Symposium, 2007.
- [4] J.C. Becker, N.V. Thakor, and K.G. Gruben, "A study of human hand tendon kinematics with applications to robot hand design," IEEE Proc. of ICRA, pp. 1540-154, 1986.
- [5] Y. Lee, J. Kim, W. Chung and Y. Youm, "Stiffness Control of the Coupled Tendon-Driven Robot Hand," IEEE Control Systems Magazine, 14, pp. 10-19, 1994.