

## 다양한 선 두께들을 인식하고 그리는 로봇 팔

# Robot Arm Recognizing and Drawing Various Line Thicknesses

조원서, 김동한, 류근호\*  
(Won-Se Jo<sup>1</sup>, Dong-Han Kim<sup>2</sup>, and Keun-Ho Rew<sup>1,\*</sup>)

<sup>1</sup>Department of Robot-Automation Engineering, Hoseo University

<sup>2</sup>Department of Electronics and Radio Engineering, Kyunghee University

**Abstract:** In this paper, a robot arm capable of recognizing and drawing various line thicknesses is developed. Conventional line drawing robots are not capable of adjusting the thickness of lines. However, to draw faster and to enrich the expression of line drawing robots, it is necessary to adjust line thickness using a brush pen. Simple images are acquired and various line thicknesses are recognized by image processing. Trajectories of lines are generated with distance sorting using thinning and corner point detections for each label. Information on line thickness and trajectory is sent to the controller of a robot arm taking into consideration 2D inverse kinematics. Through this process, the robot arm can draw various lines thicknesses along 2D trajectories with 3 motors. Robot arm for detailed drawing will be studied in the future.

**Keywords:** line drawing robot, robot arm, open CV, image processing, inverse kinematics, line thickness

### I. 서론

선 그리는 로봇 팔(line drawing robot arm)은 로봇 팔(robot arm)을 이용하여 그림 그리는 자동화된 시스템이다. 일반적으로 선 그리는 로봇 팔은 외부 카메라를 통해 영상을 취득하여 영상처리 후 로봇 팔의 경로를 설정하여 그린다. 실제 화가가 그린 예술적인 그림과 흡사한 결과를 얻기 위해서 그림 그리는 순서와 방법은 실제 화가와 유사해야 한다[1].

기존 선 그리는 로봇 팔 중 Calinon 등은 휴머노이드 로봇 HOAP2와 Webcam 등을 이용하여 영상 정보를 획득한 후 Haar-like 기법으로 물체를 인식하여 명암을 조절하며 선 그리는 로봇 팔을 연구했다[2]. Tresset 등은 실제 화가의 그림 그리는 방식을 모방하여 그리는 선 그리는 로봇 팔을 개발하였다. 그림을 그리기 전 입력된 영상을 패턴 인식하고, 과거 그림의 저장된 데이터와 비교 하여 영상을 유사하게 그리는 시스템이다. 어둡고 두꺼운 부분은 반복하여 선을 그려서 명암을 조절하는 화가로봇 시스템을 연구했다[3]. Baltes 등은 점을 여러 개 찍는 방식으로 그림을 그리는 두 팔 로봇을 개발하였다[4].

본 논문에서는 기존에 연구되고 있는 선 그리는 로봇 팔의 말단 위치에 펜이나 연필 대신 두께 조절이 가능한 붓 펜을 장착하여 선의 두께를 조절할 수 있는 화가로봇을 개발하였다. 본 논문에서 제시한 방법의 장점은 두꺼운 선을 한번에 그려 그림 그리는 시간을 대폭 단축시킬 수 있고, 선 두께를 조절하여 다양한 분위기를 만들어 낼 수 있다는 것이다.

본 논문의 II장에서는 선 그리는 로봇 팔 제작 과정, II 장 1절은 선 그리는 로봇 팔의 전체적인 시스템 구성에 대한 소개, II 장 2절은 사용되고 있는 영상처리 과정, II 장 3절은 역기구학 과정 그리고 III 장은 선 그리는 로봇 팔 결과 대해서 소개한다.

### II. 선 그리는 로봇 팔 제작

#### 1. 시스템 구성

하드웨어에 사용되는 구동 모터는 AX-12를 사용한다. 이 모터는 다수의 모터를 제어하기 위해 통신기능이 탑재되고, 위치를 인식할 수 있는 자기형 엔코더가 장착된 서보 모터이다. 300도를 1023 등분하여 엔코더 신호가 나오기 때문에 모터의 분해능(resolution)은 식 (1)과 같다.

$$Resolution = \frac{\angle 300}{1023} \cong \angle 0.3 \quad (1)$$

무게는 54.6g이고 동작 온도는 -5°C ~ +70°C이다. 저전류/전압에서 구동이 가능하여 제어시스템의 안정성이 높다. 전압 12V, 전류 1.5A 에서 기동토크(stall torque)는 1.5Nm이며 무부하속도(no load speed)는 59rpm이다. 이 모터는 데이지 체인(daisy chain)으로 연결되어 모터를 연속적으로 연결이 가능하기 때문에 배선이 간단하고 0 ~ 253 ID값을 설정하여 254개의 모터를 동시에 제어가 가능하다[11].

로봇 팔은 3 자유도(degree of freedom)이며 로봇 팔의 설계는 그림 1과 같이 3D CAD 프로그램을 사용하여 설계하였다.

로봇의 말단 부에 두께 조절이 가능한 붓 펜을 고정시켰다. 이동 시에 속도를 높이고, 그릴 때에는 속도를 낮추는 방식으로 속도를 제어하였다.

로봇 팔 제어기는 ARM계열 CORTEX-M3인 STM32F103RE가 장착된 CM-530을 사용한다. 이 CPU는 32bit MCU이며 최대 주파수는 73MHz, 512Kbytes 플래시메모리(flash memory), 12bit ADC 변환기(ADC converter), 모터제어기(motor control),

\* Corresponding Author

Manuscript received August 7, 2013 / revised August 12, 2013 / accepted September 30, 2013

조원서, 류근호: 호서대학교 로봇공학과

(wonsu0513@khu.ac.kr/khrew@hoseo.edu)

김동한: 경희대학교 전자정보대학(donghani@khu.ac.kr)

\* 이 논문은 2013년도 산업통상자원부의 '산업융합 특성화 인재양성 사업'의 지원을 받아 연구되었음.

USB, CAN 등 다양한 통신기능(communication interface) 등을 가진다[11].

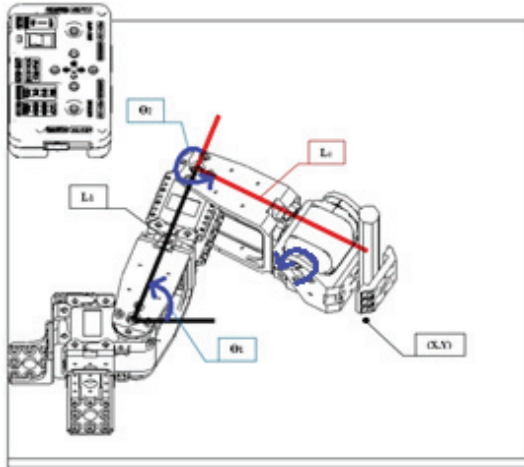


그림 1. 설계된 선 그리는 로봇 팔.  
Fig. 1. Designed line drawing robot arm.

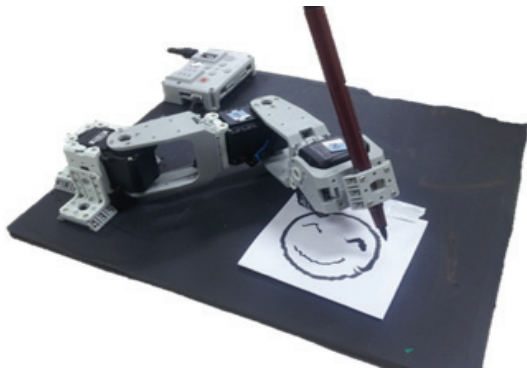


그림 2. 선 그리는 로봇 팔 구성.  
Fig. 2. Configuration of line drawing robot arm.

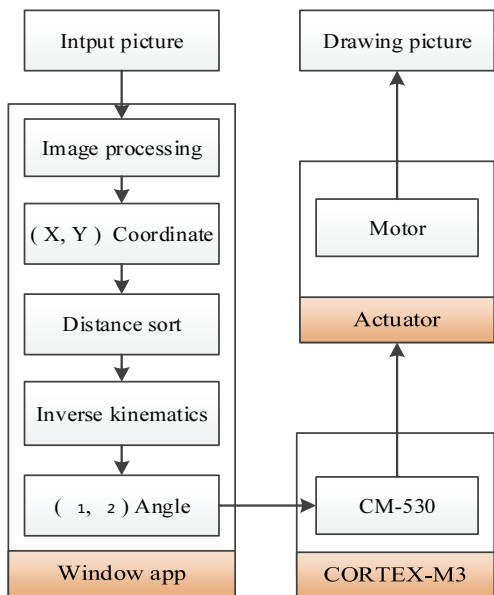


그림 3. 선 그리는 로봇 팔의 시스템 흐름도.  
Fig. 3. System architecture of line drawing robot arm.

제어기와 PC는 직렬 통신(RS-232)을 이용하여 PC에서 명령어를 전송 받아 서보 모터를 구동시킨다. 그림 3은 화가로봇 시스템의 상세 흐름도이다.

영상처리(image processing) 부분은 원래의 영상을 라벨링(labeling) 통해 선 두께를 측정하고, 세선화(thinning)와 특이점 추출(corner point detection) 함수를 이용하여 경로를 설정한다 [12-14]. 일정 두께 이상인 부분은 붓 펜의 모터를 제어하여 선의 두께를 조절하는 과정을 소개한다.

역기구학(inverse kinematics) 부분은 영상 처리 데이터를 이용하여 로봇 팔의 관절마다 움직이는 각 관절의 값을 정해준다. 기존의 역기구학 방식 대신 오일러 공식(Euler's formula)을 사용하기 위해서 직교좌표평면을 복소수 평면으로 변환한다. 로봇이의 목표점에서 각 관절 값을 구한다. 구해진 정보를 제어기로 전송하여, 로봇 팔이 구동되는 과정을 소개한다.

2. 영상 처리 과정

촬영된 단순화된 영상을 이용하여 그림 4의 흐름도와 같이 영상 처리한다.

그림 4(a)의 입력된 영상을 그림 4(b)와 같이 RGB 영상을 Gray 영상으로 변환한다. 그림 4(d)에서 사용되는 Canny 윤곽선 추출 방식은 영상의 밝기 변화가 급격히 일어나는 부분을 인식하기 때문에 잡음에 민감하다. 입력된 영상의 잡음을 제거하기 위해서 그림 4(c)의 평활화(smoothing)을 사용했다. 평활화는 명암 값의 분포가 한쪽으로 균일하지 못한 영상을 일정한 분포로 균일화시켜 영상을 항상 시키고 잡음을 제거하는 것이다. 라벨링은 물체인식(object detection)을 위한 영상처리 기법이다. 현재의 픽셀위치의 주변을 검색하여 연결된 영역이거나 또는 같은 픽셀 범위를 갖는 영역들을 하나의 라벨로 간주하여 물체를 추출하는 과정이다. 그림 5(d)에서 원의 곡선 부분같이 선이 고르지 않은 영상에 그림 4(g)의 라벨링을 바로 적용할 경우 한 개의 선을 두 개의 선으로 인식하며 얇은 선이 떨어져서 다른 라벨로 인식한다. 그림 5(e)와 같이 인식된 윤곽선을 일정 배율로 팽창(dilate)시켜 인식된 선의 비워진 공간을 채운다. 하지만 팽창과정의 결과는 선이 고르지 않다. 원 영상을 팽창으로 일정 배율만큼 이동하기 때문

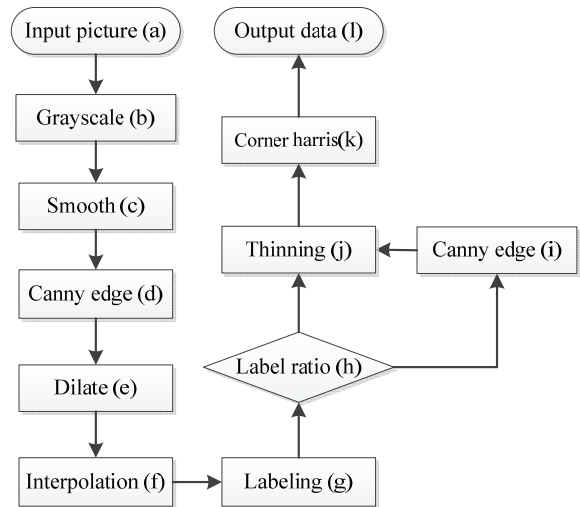


그림 4. 영상 처리 흐름도.  
Fig. 4. Flow chart of image processing.

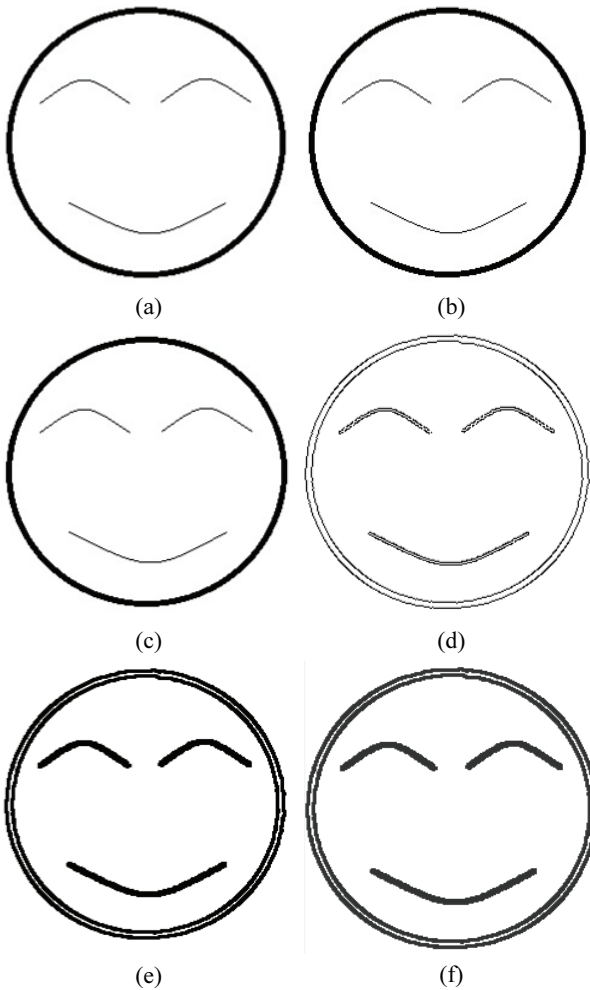


그림 5. 기본 영상처리 과정.  
Fig. 5. Basic image processing.

에 영상 확대 시 픽셀의 값을 할당 받지 못한 픽셀들이 존재한다. 이것을 홀(hole)이라고 한다. 빈 픽셀에 적당한 데이터 값을 할당하기 위해서 그림 4(f)의 보간법(interpolation)을 적용시켜 추출된 선을 고르게 변환 시킨다. 그림 4(g)의 라벨링을 하여 각 라벨 지정한다. 그림 4(j)의 세선화와 그림 4(k)의 특이점 추출(corner detection)을 적용하여 로봇 팔의 최소 경로를 설정한다.

촬영된 영상이 그림 5(a)이고, 그림 4(a-f)의 과정을 거쳐 그림 5(f)와 같은 결과를 얻는다[12-14].

라벨링 알고리즘은 기준 픽셀에 모여있는 픽셀은 하나의 라벨로 인식하여 하나의 색으로 표시하고 다른 위치에 모여있는 픽셀은 다른 라벨로 인식하여 다른 색으로 표시한다[9]. 두께가 서로 다른 그림 6의 영상에 라벨링을 적용하면 그림 7과 같이 라벨 별로 다른 색이 지정되는 것을 볼 수 있다.

추출된 라벨 데이터를 이용하여 각각의 라벨의 선 두께를 측정한다. 두께는 식 (2)를 이용하여 각 라벨 별 두께를 구한다. 구해진 폭에 따라 말단 위치의 모터를 제어하여 두께를 조절한다.

$$Thickness = \frac{Area\ of\ the\ pixel}{Biggest\ perimeter} \quad (2)$$



그림 6. 원본 선.  
Fig. 6. Original line.

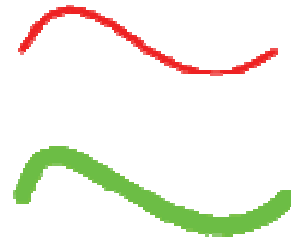


그림 7. 그린 선.  
Fig. 7. Drawn line.

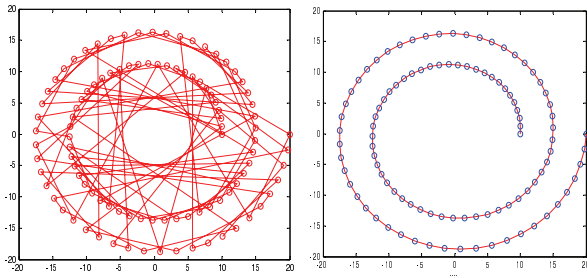
표 1. 붓 펜의 두께 조절 범위.

Table 1. Adjustment range of the thickness of brush pen.

모터 각도 [degree]	모터 값 [value]	두께 [mm]	비고
0°	512	2.45	기준점
3°	505	2.10	
4°	500	1.10	
5°	495	0.55	
7°	490	0.1	

표 1은 말단 위치의 모터 회전 각도에 따라 그리는 선의 두께를 나타낸 표이다. 기준점은 말단위치의 모터와 평면 사이의 각도가 직각이고 붓 펜의 두께가 최대의 값을 가질 때이다. 표 1의 선 두께는 말단 위치의 모터 값을 제어하여 직 선을 그려 측정된 값이다. 두께는 0.1mm ~ 2.45mm 값을 가지며 라벨링을 통해 얻어진 두께 값과 비교하여 로봇 팔이 인식된 선을 그린다.

그림 4(j)와 그림 4(k)에서 로봇 팔의 경로 설정을 위해 라벨링이 적용된 영상 정보를 이용하여 세선화와 특이점 추출을 적용한다. 그림 4(j)의 세선화 알고리즘은 두꺼운 선을 1 픽셀 값을 가지는 얇은 선으로 변환시키는 것이다. 이 과정은 추출된 선의 한가지 경로를 설정하기 위한 방법이다. 그림 4(k)의 특이점 추출기능은 세선화를 통해 생성된 경로의 특이점을 추출한다. 특이점(corner)이란 물체를 표현하는데 있어서 중복되고 불필요한 점은 제거하여 최소한의 점으로 물체의 특징을 표현하는 점이다. 세선화의 경로를 이용하여 특이점을 추출해 각 라벨별 세선화된 영상으로 로봇 팔의 이동 경로를 설정해준다. 여기서 사용되는 특이점 추출 방식은 해리스 코너 검출방식(Harris corner detection)으로 화소 값의 변화를 분석하여 특이점을 찾는 방식을 사용한다[20]. 하지만 추출된 특이점은 정해진 순서가 없이 무작위로 추출되어 이동 경로를 설정하지 못하는 문제가 발생한다.



(a) Acquired position information. (b) Sorted position information.

그림 8. 거리 정렬 알고리즘 적용된 결과.

Fig. 8. Applied result of distance sorting algorithm.

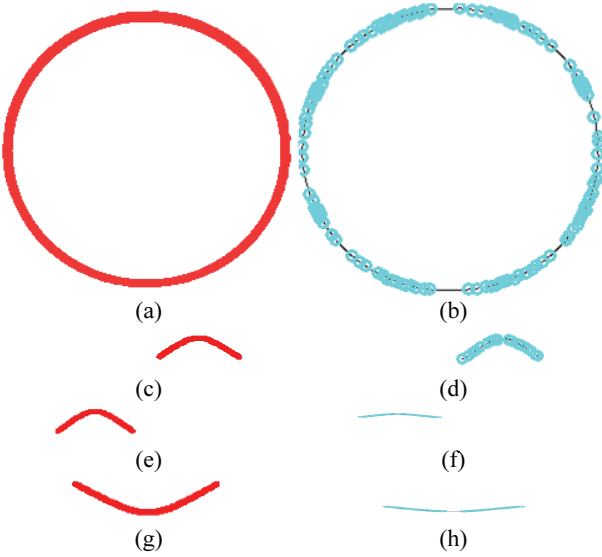


그림 9. 라벨 별 정렬된 데이터.

Fig. 9. Data sorted by each label.

그림 8(a)와 같이 순서가 무작위인 데이터를 정렬(sorting)하기 위해 거리 정렬 알고리즘을 사용하였다. 이 알고리즘은 모든 픽셀 좌표 위치 값을 초기 위치 픽셀 좌표 값과 비교하여 각 픽셀 간의 거리가 짧은 픽셀을 다음 번 픽셀로 순서대로 정렬하는 알고리즘이다. 그림 8(b)와 같이 정렬 결과를 확인하였다.

이와 같이 거리 정렬 알고리즘을 각 라벨의 점들에 적용하였다. 그림 8(a)와 같이 알고리즘 적용 전의 좌표 순서는 무작위였지만, 알고리즘을 적용한 결과 그림 9(a-d)와 같이 각각의 라벨들 좌표가 순서대로 정렬되었다. 정렬된 데이터들은 각각의 라벨링된 영상에 원으로 표시하였다.

### 3. 역기구학 과정

역기구학은 직교 좌표상의 위치 및 자세가 주어졌을 때 로봇 팔의 관절 각을 구하는 방법이다[18]. 아래의 식 (3a)-(3b)는 그림 1의 값들을 이용하여 직교좌표 평면에서 역기구학 공식으로 각을 구하는 방법이다[12].

$$x = L_1 \cos \theta_1 + L_2 \cos \theta_2 \quad (3a)$$

$$y = L_1 \sin \theta_1 + L_2 \sin \theta_2 \quad (3b)$$

하지만 식 (3a)-(3b)의 역기구학 방정식으로 원하는 모터 값을 구하는 방식은 처리 속도가 느리다. 이러한 문제점을

해결하기 위해서 직교좌표 평면의 값을 복소수 평면으로 변환 후에 오일러 공식을 이용한다. 각 모터의 축의 거리를 복소수 평면에 나타내어 식 (4a)-(4c)로 정의한다.

$$L_1 = \|z - L_2 e^{i\theta_2}\| \quad (4a)$$

$$L_2 = \|z - L_1 e^{i\theta_1}\| \quad (4b)$$

$$z = x + iy \quad (4c)$$

식 (5a)-(5b)을 이용하여 선 그리는 로봇 팔의 각도  $\theta_1$  을 구한다.

$$L_2^2 = (z - L_1 e^{i\theta_1})(\bar{z} - L_1 e^{-i\theta_1}) \quad (5a)$$

$$R_1 \triangleq \frac{z\bar{z} + L_1^2 - L_2^2}{L_1} = (e^{i\theta_1} \bar{z} + e^{-i\theta_1} z) \quad (5b)$$

여기서  $\theta_1$  값은 2개가 얻어진다. 정확한 값을 구하기 위해서 식 (5b)을 통해 얻은 복소수의 허수 값  $i \sin(\theta_1)$ 의 부호를 이용하여 적절한  $\theta_1$  값을 선택한다.

$$\theta_1 = \cos^{-1}(Rm) = \frac{\ln T}{i} \quad (6)$$

$\theta_2$ 는 식 (6)에서 구해진  $\theta_1$ 을 이용하여 식 (7) 조건에 만족하는  $\theta_2$ 를 선택한다.

$$z - L_1 e^{i\theta_1} - L_2 e^{i\theta_2} = 0 \quad (7a)$$

$$x - L_1 \cos \theta_1 - L_2 \cos \theta_2 = 0 \quad (7b)$$

$$y - L_1 \sin \theta_1 - L_2 \sin \theta_2 = 0 \quad (7c)$$

역기구학 결과로  $\theta_1$ 과  $\theta_2$ 을 얻어진 값을 서보 모터의 이동 범위 값으로 변환한다. 이때 영상처리에서 각 라벨로 별로 정리하여 측정된 두께 정보도 추가하여 하나의 통합 배열을 작성한다. PC와 제어기에 직렬통신으로 작성된 배열을 전송하여 로봇 팔을 작동시킨다.

### III. 선 그리는 로봇 팔 결과

PC webcam으로 단순 이미지를 이용한 영상처리를 한다. 기본적인 영상처리 과정으로는 입력된 이미지를 영상처리를 한다. Canny 윤곽선 추출기능을 통해 추출된 데이터를 통해 라벨링 한다. 이때 일정 값보다 작은 데이터는 필터 기능을 이용하여 제거 후 중요한 부분의 결과를 얻는다. 그 후 현재 위치의 픽셀들에서 인근의 데이터끼리 모은 후 저장된 데이터의 넓이, 개수의 비율을 통해 선의 두께를 측정한다. 두께 조절 위해 말단 위치의 모터 값을 설정해준다. 마지막 단계로 경로 설정을 위해 각 라벨마다 세선화 작업 후 특이점 추출 함수를 이용하여 데이터를 얻는다. 하지만 여기서 얻어진 데이터들은 무작위임으로 정렬 알고리즘을 이용하여 거리가 짧은 순서대로 정렬을 한다. 이러한 영상처리에서 처리된 직교 좌표 위치 값들을 복소수 평면에서 오일러 공식으로 역기구학의 각 모터 관절 값들로 변환한다. 일정 두께 이상인 데이터는 말단위치의 모터 값을 증가시켜 붓 펜의 누르는 힘을 조절하여 선의 두께를 조절하여 이미지를 그린다.



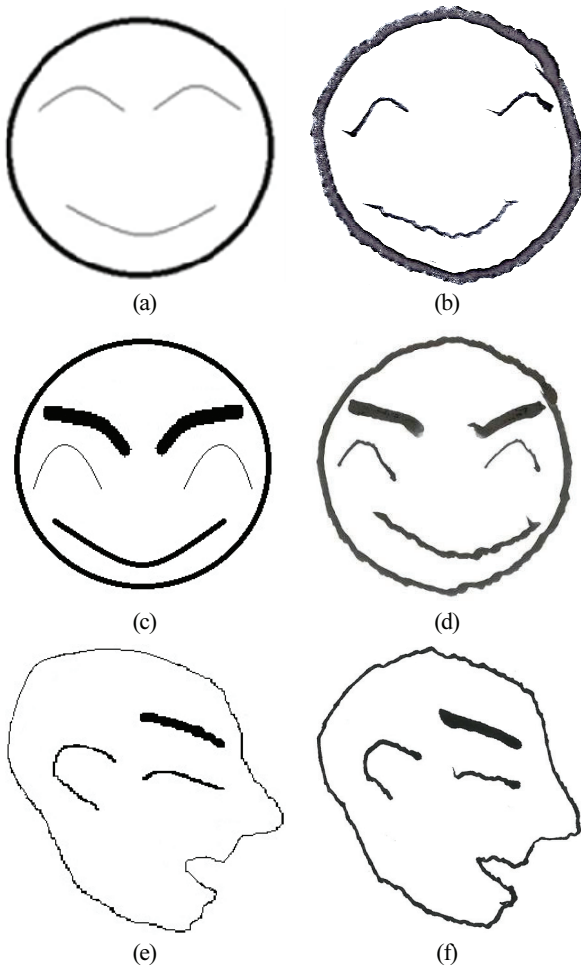


그림 10. 원본 및 선 그리는 로봇 팔이 그린 그림들.  
Fig. 10. Original and drawn figures by robot arm.

그림 10과 같이 중간 및 가는 두께의 선에서 진동 현상이 발생하는 이유는 3 가지이다. 첫번째는 영상을 획득할 때 조명의 영향으로 발생한 잡음에 의한 오차이고, 두번째는 붓펜과 종이의 마찰로 인해 원하는 위치까지 가지 못해서 생기는 오차이고, 세번째는 모터에 달린 감속기어의 백래쉬 오차가 쌓여서 발생한 오차이다. 이러한 오차들이 쌓여서 붓 펜 말단 위치에서는 오차가 더 크게 존재한다고 볼 수 있다. 이 현상을 개선하기 위해 붓 펜이 종이에서 떨어져 이동할 때에는 빠르게, 그림을 그릴 때에는 느리게 동작하도록 모터 속도제어를 실시하였다. 또한, 가는 두께의 선은 모터 진동에 더 취약하며, 붓 펜이 종이에 닿거나 떨어질 때 선의 삐침 현상이 발생함을 관찰할 수 있다.

**IV. 결론**

본 논문에서는 화가로봇에 적용한 결과 두께 조절이 가능한 선 그리는 로봇 팔을 개발하였다. 단순한 얼굴 영상의 라벨링을 한 후 특이점들을 추출하여 이 점들 간의 거리가 짧은 순서로 정렬한다. 정렬된 데이터는 로봇 팔 제어기에 전송되어 붓 펜을 이용하여 선 두께를 조절하는 선 그리는 로봇 팔을 개발하였다. 본 선 그리는 로봇 팔을 통하여 더 빠르게 예술적인 그림을 그릴 수 있는 가능성을 확인하였다.

향후 보다 더 매끄러운 직선을 그리고 성능을 향상시키기 위해 선 그리는 로봇 팔에 손목 모터를 추가하여 제어하는 연구가 필요하다.

**REFERENCES**

- [1] A. Srikaew, M. E. Cambron, S. Northrup, R. A. Peters II, D. M. Wilkes, and K. Kawamura, "Humanoid drawing robot," *LASTED International Conference on Robotics and Manufacturing*, Banff, Canada, July, 1998.
- [2] S. Calinon, J. Epiney, and A. Billard, "A humanoid robot drawing human portraits," *IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots (HUMANOIDS)*, 2005.
- [3] P. Tresset and F. F. Leymarie, "Generative portrait sketching," *11th Int. Conf. on Virtual Systems and Multi Media*, Hal Twites, ed., Archaeolingua pub., pp. 739-748, 2005.
- [4] J. Baltes, C. T. Cheng, M. C. Lau, and J. Anderson, "Cost oriented automation approach to upper body humanoid robot," *18th Int. Federation of Automatic Control (IFAC) World Congress Milano (Italy)*, pp. 12674-12679, 2011.
- [5] G. J. Lee and S. W. Kim, "Trajectory optimization method for portrait drawing robot," *Korea Information Processing Society*, vol. 18, no. 1, pp. 1165-1168, 2011.
- [6] R. Brunelli and T. Poggio, "Face recognition: Features versus templates," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 15, no. 10, pp. 1042-1052, 1993.
- [7] B. Heisele, P. Ho, and T. Poggio, "Face recognition with support vector machines: Global versus component based approach," *In Proc. 8th International Conference on Computer Vision*, vol. 2, pp. 688-694, Vancouver, 2001.
- [8] B. Heisele, T. Serre, M. Pontil, and T. Poggio, "Component-based face detection," *In Proc. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 1, pp. 657-662, Hawaii, 2001.
- [9] A. Mohan, C. Papageorgiou, and T. Poggio, "Example-based object detection in images by components," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 23, pp. 349-361, Apr. 2001.
- [10] H. Schneiderman and T. Kanade, "A statistical method for 3D object detection applied to faces and cars," *In Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 746-751, 2000.
- [11] AX-12A Motor manual: [http://support.robotis.com/ko/product/dynamixel/ax\\_series/dxl\\_ax\\_actuator.htm](http://support.robotis.com/ko/product/dynamixel/ax_series/dxl_ax_actuator.htm)
- [12] Basic examples for robots: [http://support.robotis.com/ko/software/embedded\\_c/cm530/example\\_stm.htm](http://support.robotis.com/ko/software/embedded_c/cm530/example_stm.htm)
- [13] S. H. Park and Y. Oh, *ARM Cortex-M3 system programming I (Korean)*, D&R Wave pub., 2011.
- [14] S. H. Park and Y. Oh, *ARM Cortex-M3 system programming II (Korean)*, D&R Wave pub., 2011.
- [15] D. K. Kim, *OpenCV Programming*, Kame Pub., 2011.
- [16] R. Laganire, *OpenCV 2 Computer Vision Application Programming Cookbook*, Acorn Pub., 2012.
- [17] G. R. Bradski, *Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library*, Hanbit Media Pub., 2009.
- [18] J. J. Craig, *Introduction to Robotics*, Pearson Pub., 2005.
- [19] Robot Arm Recognizing and Drawing Various Line Thicknesses by Authors: <http://www.youtube.com/watch?v=dbpyquefRUK>
- [20] H. Chris and M. Stephens, "A combined corner and edge detector," *Alvey Vision Conference*, vol. 15, 1988.

- [21] T.-H. Kang and B.-K. Kim, "Efficient online path planning algorithm for mobile robots in dynamic indoor environments," *Automatica (in Korean)*, vol. 7, no. 17, pp. 619-729, Jul. 2011.
- [22] S. H. Joo, and J. H. Lee, "A dynamic modeling of 6×6 skid type vehicle for real time traversability analysis over curved driving path," *Automatica (in Korean)*, vol. 4, no. 18, pp. 295-399, Apr. 2012.



### 조원서

2013년 호서대학교 로봇공학과(공학사).  
2013년~현재 경희대학교 전자정보대학  
석사 재학. 관심분야는 로보틱스, 로봇  
제어, 교육용 로봇, 연주 로봇.



### 김동한

2003년 KAIST 전기 및 전자공학과 박사  
학위. 2003년~2004년 일리노이 주립대학  
Post Doc. 2004년~2007년 삼성전자 무선사  
업부 책임연구원. 2007년~현재 경희대학  
교 전자정보대학 교수. 관심분야는 로봇  
제어, 다개체 지능제어.



### 류근호

1994년 KAIST 기계공학과(공학사).  
1996년 동 대학원(공학석사). 2001년 동  
대학원(공학박사). 1998년~2003년 미래  
산업. 2003년~2005년 파인디앤씨. 2005년  
~현재 호서대학교 로봇공학과 교수. 관  
심분야는 모터 제어, 반도체/디스플레이  
장비 개발, 영상 및 신호 처리, 엔터테인먼트 로봇.