

# 손동작 인식 로봇 동작 제어

안효민 · 이용규 · 김형종 · 현웅근\*

호남대학교

## A motion control of robot manipulator by hand glove gesture

Hyo-min An · Yong-Gyu Lee · Hyung-Jong Kim · Woong-Keun Hyun\*

Honam University

E-mail : wkh Hyun@honam.ac.kr

### 요 약

비전 카메라를 이용하여 작업자의 장갑 칼라 및 위치를 인식하고 이를 기반으로 로봇팔의 모션을 제어하는 시스템을 개발하였다. 시스템은 물체의 영상정보를 인식하는 카메라, 로봇팔 제어 알고리즘, 자체 로봇팔 및 제어 시스템으로 구성된다. 카메라는 작업자가 착용한 장갑의 모양과 색을 인지하여 크기 및 위치정보를 출력하게 되며, 본 연구에서는 이러한 위치 및 물체를 둘러싼 크기 정보를 이용하여 로봇 팔의 모션 속도를 제어한다. 연구 방법의 검증은 6축 로봇으로 실행하였으며, 조종자의 손동작 조종에 의한 실험을 통해 제안한 영상정보 제어 및 로봇 선단 제어 방법이 성공적으로 동작함을 확인하였다.

### ABSTRACT

In this paper, the algorithm was developed to recognize hand golve gesture and implemented a system to remotely control the robot. The system consists of a camera and a controller that controls robot motion by hand position gesture. The camera recognizes the specific color of the glove and outputs the recognized range and position by including the color area of the glove. We recognize the velocity vector of robot motion and control the robot by the output data of the position and the detected rectangle. Through the several experiments, it was confirmed that the robot motion control was successfully performed.

### 키워드

hand gesture, robot motion, camera, visual information

### 1. 서 론

작업환경의 변화가 심하고 위험한 심해저나 원자력 발전소 사고, 우주공간에서의 작업등은 인간이 맡게 예는 위험하고 안전을 보장할 수가 없게 된다. 로봇을 이용하여 이러한 작업들을 대체하게 될경우 무엇보다도 작업자를 보호할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 순간적인 판단과 돌발적인 사고에 대처하는 능력이 로봇에게는 부족하기 때문에

로봇팔 원격 제어 시스템이 필요하게 된다. 위험한 환경에서 로봇팔을 원격제어 할 때 조작자는 작업대상을 계속 주시하면서 작업을 진행해야 하는 바, 일반적인 티칭 펜던트나 조이스틱, 마우스 같은 기기를 사용하는 경우 조작자의 경우는 조종기와 작업대상을 번갈아 주시해야 하므로 긴급히 발생하는 문제가 발생할 수 있다. 이에 최근에는 로봇팔 원격 제어에 관한 조작기기로써 자연스러운 사용자 조작환경이라고 할 수 있는 NUI(Natural User Interface)라는 신체의 동작을 인식하는 기기를 사용하는 추세이다[1,2,3].

\* speaker

현재까지 많은 연구들에서는 사용자의 맨손을 강건하게 검출하기 위해 배경과 전경을 분리하기 쉬운 깊이 (depth) 정보를 제공하는 카메라를 사용하였다. Ren은 마이크로소프트사의 키넥트를 사용해 획득한 깊이 정보로 고정된 일정한 거리에서만 대상 객체를 검출 하였다 그리고 제스처 인식에 사용하기 위해 손 외곽선과 중심점과의 거리를 계산하여 손의 형태 정보를 재표현하고 펼쳐진 손가락을 검출하였다[4,5]. 또한 빠르게 손 제스처 영상의 인식을 위해 다양한 손모양의 영상을 R-CNN 신경망을 통해 학습시켜 특정 제스처를 검출하는 방법도 연구되어 졌다[6].

본 연구에서는 2차원 카메라를 통해 조종자의 손동작을 인식하고 이를 기반으로 원격으로 로봇을 동작 제어하는 시스템을 개발하였다.

II. 원격제어를 위한 로봇 제어

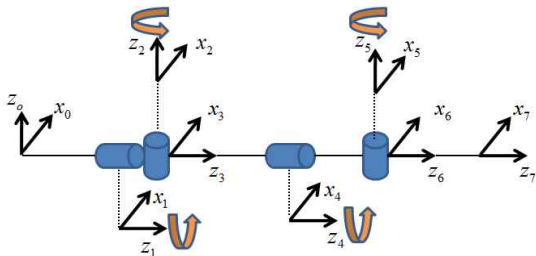


그림 1. 6축 로봇팔의 DH파라미터 분석을 위한 리셋포지션

인간형 팔을 모사한 일반적인 6축 로봇 팔의 경우 베이스부터 3축은 로봇 팔의 선단(End Effector)의 위치, 끝부분의 3축은 로봇 팔 선단의 자세(Orientation)를 제어한다. 인간이 직감적으로 조종하는 로봇팔의 원격 제어는 3차원 직교 좌표 공간상에서 로봇의 선단부의 위치 또는 속도를 제어한다. 본 연구에서는 영상을 통해 인식한 조종자의 손 영역을 로봇팔에 대한 3차원 속도제어 명령으로 환산한다. 그림 2는 그림 1의 로봇 팔에 대한 기구학을 분석하기 위한 리셋자세 이며 그림 3은 DH 파라미터이다.

	$\theta$	$d$	$a$	$\alpha$
1	$\theta_1$	$d_1$	0	-90
2	$\theta_2$	0	0	90
3	0	$d_3$	0	0
4	$\theta_4$	$d_4$	0	-90
5	$\theta_5$	0	0	90
6	0	$d_6$	0	0

그림 2. 설계된 6축 로봇팔의 기구학을 위한 DH 파라미터

원격제어 6축 로봇팔에 대한 영상 데이터 명령은 3차원 직교 좌표계(Cartesian space)에서 로봇팔 선단의 속도 명령인  $\dot{x}, \dot{y}, \dot{z}$  영상으로 부터 산출된 직각 좌표계의 속도 명령을 선단의 위치를 결정하는 관절  $\theta_1 \sim \theta_6$ 의 관절 속도 각속도 명령으로 전환시켜준다 로봇의 관절값과 선단위치를 나타내는 기구학적 수식(kinematics)에서 (수식 (1) 참조)

$$P(x, y, z, \delta, \rho, \gamma) = f(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5, \theta_6) \quad (1)$$

로봇의 관절값  $\{\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5, \theta_6\}$ 과 선단의 위치값  $\{x, y, z\}$ 사이의 관계는 복잡한 삼각함수로 구성된 비선형 함수이므로 이를 선단 속도 대비 관절 속도 값으로 수식을 전환하면 관계 수식이 선형화되어 제어가 용이해진다. 이를 위해서 식(1)에 대한 편미분 방식인 자코비언(Jacobian) 수식을 구하면,

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_x}{\partial \theta_1} & \frac{\partial P_x}{\partial \theta_2} & \frac{\partial P_x}{\partial \theta_3} \\ \frac{\partial P_y}{\partial \theta_1} & \frac{\partial P_y}{\partial \theta_2} & \frac{\partial P_y}{\partial \theta_3} \\ \frac{\partial P_z}{\partial \theta_1} & \frac{\partial P_z}{\partial \theta_2} & \frac{\partial P_z}{\partial \theta_3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\theta}_1 \\ \dot{\theta}_2 \\ \dot{\theta}_3 \end{bmatrix} \quad (2)$$

식(2)와 같이 선형화되며, 이를 식(3)으로 표현하면  $\dot{x} = J \dot{\theta}$  (3)

이된다. 자코비언  $J$ 는 각도에 대한 식(1)의 편미분한 3x3 행렬이다. 이에 대해 식(4)와 같이 역행렬로 표현하면,

$$\dot{\theta} = J^{-1} \dot{x} \quad (4)$$

입력속도  $\{\dot{x}, \dot{y}, \dot{z}\}$ 에 대한 관절속도  $\{\dot{\theta}_1, \dot{\theta}_2, \dot{\theta}_3\}$ 를 구할 수가 있다. 여기서  $\dot{x}$ 은 원격 제어 명령의 선단 속도,  $J^{-1}$ 는 역 자코비언이다.

그림 1의 6축 로봇 팔은 6개의 제어기 내장형 모터를 사용하여 제작하였으며 각 모터(ROBOTIS XM430-W350R)는 데이지체인 (Dasey chain)방식의 485통신으로 통신 제어되며, 선단의 제어는 매 2msec의 마다 계산되어 제어를 수행한다. 그림 3은 로봇팔을 제어하기 위해 개발된 시스템의 HW 블록도이다.

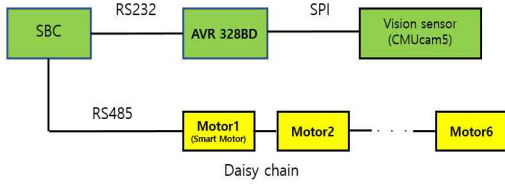


그림 3. 원격제어 로봇 제어기 HW 구성도

### III. 영상 센서의 추적 대상 물체 검출

영상 센서는 조종자의 손에 씌워진 장갑의 특정 색깔을 인지하고 장갑의 칼라 영역을 사각형에 포함하여 인식범위 및 위치를 출력한다. 영상 센서는 *PIXY* CMUCam5를 사용하는 바, 2m까지의 거리에서 최소 면적  $2cm^2$ 까지 인식하여 인식 대상 칼라의 면적, 2차원상에서의 중심점의 위치를 출력한다.

영상 센서는 조작자의 손에 씌워진 장갑의 특정색을 인지하고 장갑의 특정색 영역을 4각형으로 씌운 인식 범위의 면적 및 위치를 출력한다. 특정 칼라로 인지된 사각영역은 배경색과 유사할 경우 많이 생기게 되어 인지 잡음이 발생하게 되는 바, 이 경우 최대 면적의 사각형 영역을 검출하여 이에 대한 위치, 면적을 선정한다. 영상 센서는 hue-based color filtering 알고리즘을 사용하여 인식하여 빛의 밝기 및 노출에 따른 색값 변화에 대해 강인한 장점이 있다. 영상 센서에서는 50msec마다 영상을 캡처하여 인지 데이터를 출력한다. 캡처된 영상은 추적하고자 입력 설정된 특정 색깔(칼라 코드: color code)의 색상과 채도를 기반으로(HSV모델) Hue 및 Saturation filtering을 한 후 칼라 코드(color code)와 가장 근접한 칼라 코드 그룹(color code group)을 검출하여 4각형 형태로 둘러싸고 검출된 4각형 물체의 2차원 화면상에서의 위치 및 크기 정보를 출력한다. 영상 센서 물체 검출 프로세스는 그림 6과 같다.

그림 6에서 기술된 원격 제어를 위한 3차원 속도 명령 벡터  $X_a$ 는 다음과 같이 영상정보로부터 생성한다. 캡처된 이미지상에서 그림 8과 같이 영역을 9등분으로 분할하여 인지된 장갑색의 위치가 (1)부터 (5)까지 5개 영역중 어느 위치에 있는가에 따라 그림 9에서와 같은 x-y-z축의 속도 명령으로 간주하며 일정한 스칼라값의 속도 명령 벡터  $X_a$ 를 생성한다.

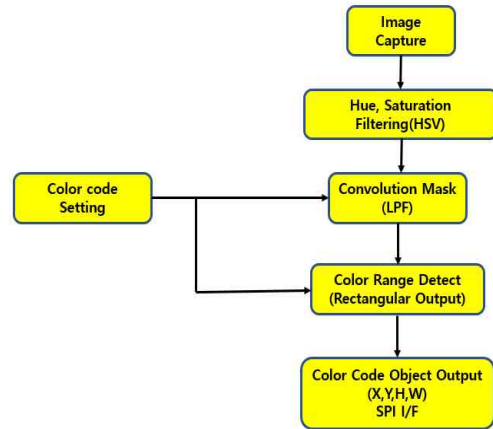


그림 6. 영상 센서 물체검출 프로세스

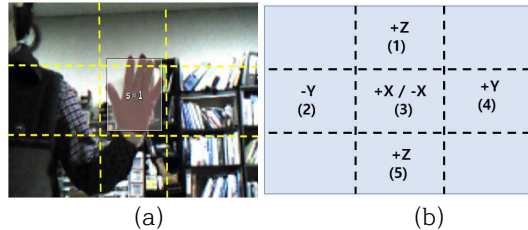


그림 4. 로봇 제어를 위해 9개로 분할된 화면

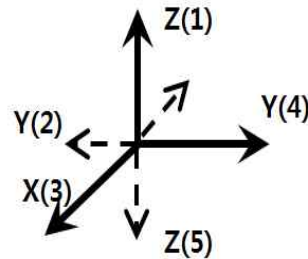


그림 5 분할된 화면에 대비되는 로봇 선단 제어 방향 좌표계

그림4의 (a)는 9분할된 스크린 영역에서 조작자의 장갑 영상이 중앙 센터에 위치한 모습을 나타내며, 그림 5는 분할된 화면에 대비되는 로봇 선단 제어 방향 좌표계를 표시한다. 그림 4(b)는 9분할 된 스크린에서 (1)~(5)까지의 5개 십자모양의 영역을 나타낸다. 각 각의 영역은 (1)이 +Z, (2)는 +Y, (3)은 +/-X, (4)는 -Y, (5)는 -Z 영역을 나타낸다.

#### IV. 제어 실험

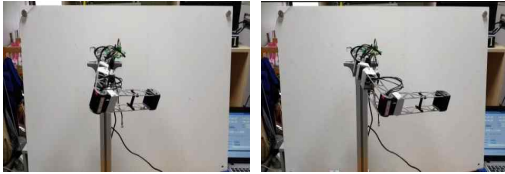
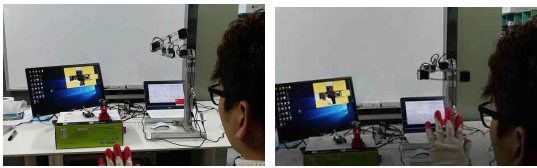


그림 6. 로봇 팔 선단을 수평 오른쪽으로 이동 제어되는 모습



(a) (b)  
그림 7. 로봇 원격 영상제어 실험 모습

그림 6은 로봇 팔을 제어하기 위하여 조종자의 장갑을 그림 7의 분할 영역에 놓는 모습을 보이며 그림 6은 조종자의 손이 그림 7의 (4)영역에 놓여 있을 때 로봇 팔이 오른쪽으로 이동하는 모습을 보인다. 그림 7(a)는 조종자의 장갑이 그림 4의 (2),(3) 그리고 (4)의 영역을 순차적으로 왕복하는 실험을 보인다. 이 경우 로봇의 선단은 Z축을 구간을 왕복하면서 이동한다.

#### V. 결 론

본 논문에서는 영상 센서를 이용하여 조종자의 손 동작 영역을 인식하고 이를 기반으로 원격으로 로봇 팔의 제어 시스템을 구현하였다.

추적 대상 물체의 칼라코드를 검출하여 그 물체를 둘러싼 크기 및 위치를 출력하는 영상 센서를 이용하여 원격 로봇팔 제어를 수행하는 시스템을 개발하였다. 실험을 통해 손동작 조종 실험을 통해 손동작 인식의 로봇팔 원격 제어가 성공적으로 수행됨을 확인하였다.

#### References

[1] Wenkai Xu, Eung-Joo Lee, "A New NUI Method for Hand Tracking and Gesture recognition Based on User Experience," International Journal of Security and Its Applications, vol. 7, no. 2, 2013, pp. 149-158.

[2] M. A. Kassab, M. Ahmed, A. Maher and B. Zhang, "Real-Time Human-UAV Interaction: New Dataset and Two Novel Gesture-Based Interacting Systems," IEEE Access, vol. 8, September, 2020, pp. 503-509.

[3] Myeongseop Kim, Dohyeon Yeo, Won Kim, Jieun Lee, "Large-Area Windshield Head-Up Display and In-Vehicle Multimodal NUI Interface: Touch Gesture, Voice Command," Proc. HCI, 02, 2019, pp. 501-506.

[4] Hyang-Joon Yoo, Seung-Su Mok, Jun-Seo Kim, "Control Technology Based on the Finger Recognition of Robot Cleaners," Journal of the KIECS, vol. 15, no. 1, 2020, pp. 139-146.

[5] Denilson Vilcapaza Goyzueta, Joseph Guevara Mamani, "Evaluation of a NUI Interface for an Explosives Deactivator Robotic Arm to Improve the User Experience," Proc. CCIS (Communications in Computer and Information Science), vol. 1498, November, 2021, pp. 288-293.

[6] Daxing Jin, Seoungjae Cho, Yunsick Sung, Reactive virtual agent learning for NUI-based HRI applications, Vol. 75, SpringerLink, 2016