

# KINECT를 이용한 손가락 움직임 인식 및 로봇핸드 제어

정용열† · 인치현†† · 조재민†† · 이준혁†† · 이영준†  
† 한국교원대학교 · ††경기북과학고등학교

## The Motion Control of the Hand and Arm with KINECT based Robot System

Ungyeol Jung† · Chi-Hyeon In†† · Jae-Min Cho†† ·  
Jun-Hyuk Lee†† · Young-Jun Lee†

† Korea National University of Education · ††Gyeonggi Buk High School

### 요 약

재난 상황이나 우주 공간과 같은 환경에서는 인간이 직접 작업을 수행하기가 매우 어렵다. 따라서 이러한 환경에서 인명 구조나 탐사 등을 진행할 때에는 원격으로 제어가능한 로봇을 활용하는 것이 효과적이다. 특히 이 로봇이 인간의 움직임을 실시간으로 모방한다면 직관적이고 순발력 있는 제어가 가능해진다. 본 연구에서는 키넥트 센서를 이용해 인간의 움직임을 인식하고 이 움직임을 모방하는 로봇핸드와 로봇암을 구현하였다. 하드웨어는 TETRIS와 EV3 플랫폼을 이용하여 설계하였고, 소프트웨어는 C# 기반의 KINECT for Windows SDK와 Visual Studio 2015로 구현하였다. 본 연구에서 구현한 시스템은 재난 현장에서의 인명 구조, 복구 상황에서와 우주 공간에서의 탐사 상황에서 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

## 1. 서 론

언제 어디서 발생할지 모르는 수많은 재난상황은 매우 복잡하고 위험하다. 따라서 사람이 직접 재난현장에 투입되어 이재민을 구조하거나 구조물을 복구하는 일은 쉽지 않다. 이때 사람이 재난현장과 멀리 떨어진 곳에서 로봇을 원격으로 제어해 다양한 작업을 안전하고 효율적으로 수행하는 것이 필요하다. 또한 우주와 같은 극한 환경에서 다양한 작업을 수행할 때 사람이 로봇핸드와 로봇암을 원격으로 제어할 때 더 안전하고 효율적인 작업이 가능할 수 있을 것이다.

재난현장과 우주와 같은 극한 환경에서는 예측이 어려운 다양한 사건들이 발생하기 때문에 급작스럽게 발생하는 일에 대해 빠르고 정확하게 대응하는 것이 중요하다. 따라서 그러한 곳에서 사용되는 로봇을 제어하는 방식은 직관적이고 정확해야 한다. KINECT(키넥트)를 이용하여 인간의 손과 팔 움직임을 인식하고 인식된 정보를 바탕으로 로봇핸드와 로봇암을 제어하는 시스템은 이러한 조건을 충족시킨다.

따라서 본 연구에서는 손의 3차원 좌표를 인식하고 역기구학을 이용하여 제어할 수 있는 로봇암과 손가락 관절의 움직임을 인식하여 제어할 수 있는 로봇핸드를 개발하고자 한다. 이와 같이 제어되는 시스템을 이용하면 인간이 로봇을 제어할 때 별도의 훈련이 필요하지 않으며, 정교하고 순발력 있는 제어가 필요한 재난

현장에서의 인명 구조, 복구 상황에서 효과적으로 이용될 수 있을 것이다.

## 2. 본론

### 2.1 이론적 배경

#### 2.1.1 관련 연구

본 연구에 관련된 연구로는 NASA Jet Propulsion Lab.에서 키넥트를 이용한 로봇암과 로봇핸드를 제어하는 연구가 있다. 이 연구는 VR시스템을 이용하여 거리가 먼 곳에서도 사용자에게 현장의 시각 정보를 제공한다. 또한 키넥트로 사용자의 움직임을 인식하여 로봇암과 로봇핸드로 물체를 잡고 운반하는데 성공하였다[1].

그러나 손가락 하나하나를 제어하는 것이 아니라 물체를 잡고 운반하는 것에 초점을 맞춰서 보다 정교한 동작을 만들어 내기 힘들다는 점이 있고, 팔의 모든 관절 정보를 사용하여 팔의 움직임을 그대로 구현하였기 때문에 로봇암을 움직이는데 불필요한 움직임을 만들 수 있다.

#### 2.1.2 순기구학과 역기구학

순기구학은 로봇의 각 조인트 공간에서 각이 주어졌

을 경우 직교공간에서 로봇 위치를 나타내는 것이다. 순기구학의 목적은 직교 공간에서 로봇 위치와 오리엔테이션(Orientation)을 각 조인트 개수와 링크의 길이로 나타내는 것이다.

역기구학은 순기구학과 반대로 직교좌표 변수로부터 조인트 변수를 구하는 것을 말한다. 순기구학에서는 각 조인트의 각이 주어지면 로봇 팔 끝의 위치가 정해졌다. 하지만 로봇 팔 끝의 위치가 주어지고 각 조인트의 각을 구하는 데는 여러 개의 각이 존재하게 된다. 직교좌표 로봇의 예를 살펴보자. 직교좌표에서 같은 한 점을 나타내는 로봇의 자세는 모두 4가지 경우의 각이 생기게 된다. 이처럼 역기구학의 해는 유일해가 아닌 여러 가지 해가 존재한다[2].

### 1.1.3 역기구학적 분석

편의상  $\cos\theta_1$ 과  $\sin\theta_1$ 은 각각  $c_1$ 과  $s_1$ 로,  $\cos(\theta_1 + \theta_2)$ 는  $c_{12}$ 와 같이 표기한다. 손의 좌표  $(x, y, z)$ 가 주어질 때,

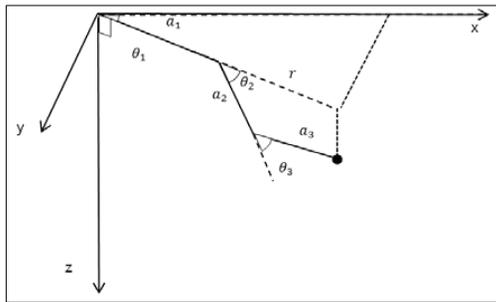
$$r = \sqrt{x^2 + y^2} - a_1, \quad D \equiv \frac{r^2 + z^2 - a_2^2 - a_3^2}{2a_2a_3}$$

라고 나타내면,

$$\theta_1 = \text{atan2}(y, x), \quad \theta_3 = \text{atan2}(-\sqrt{1 - D^2}, D),$$

$$\theta_2 = \text{atan2}(r, z) - \text{atan2}(a_3s_3, a_2 + a_3c_3) - \frac{\pi}{2}$$

나타낼 수 있다.



[그림 1] 역기구학 분석 모델

## 2.2 로봇암과 핸드제어 시스템의 구현

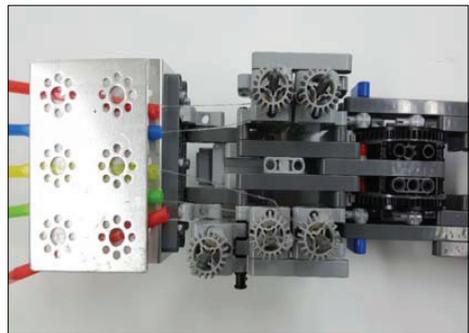
### 2.2.1 로봇암과 핸드의 제작

사람의 어깨부터 손가락까지 한쪽 팔 전체를 모델링하여 효율적인 움직임을 표현하고자 한다. 어깨는 2축으로 하여 사람의 움직임을 그대로 모방할 수 있도록 했다. 또한 어깨는 로봇 움직임의 시작점으로 로봇 전체의 무게를 견딜 수 있어야 한다. 따라서 로봇 플랫폼 TETRIX를 사용하여 수직축의 기어비 1:6, 수평축의 기어비는 1:3을 사용하였다.



[그림 2] 로봇암의 기어구조

EV3 LARGE MOTOR를 사용하여 팔꿈치와 손목의 접힘이 가능하도록 하였다. 손은 와이어구조를 사용하였다. 빨대에 구멍을 내어 손가락의 접힘을 표현할 수 있도록 하였고, 손가락마다 와이어로 연결한 후 각각을 EV3 MEDIUM MOTOR를 이용해 다섯 손가락이 사람의 움직임을 그대로 모방할 수 있도록 하였다[3].

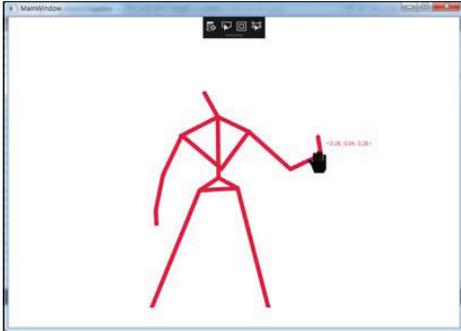


[그림 3] 로봇핸드의 구조

### 2.2.2 로봇암의 제어

기존 연구에서는 로봇암을 제어하기 위해 키넥트의 스켈레톤 트래킹을 기반으로 팔의 관절들을 추출하여 그 움직임을 인식하며 모터를 제어하였다[4]. 하지만 본 연구에서는 모든 팔의 관절 좌표가 아닌 [그림 4]과 같이 손 관절의 3차원 좌표만을 추출하였다. 이때 사용자의 위치를 공간좌표의 영점으로 해야 하므로 로봇팔의 구동 범위를 고려하면 키넥트와 사용자의 거리를 1.5m로 지정할 수 있다. 키넥트에서 얻은 거리 정보에서 1.5m를 빼면 손의 공간좌표를 표현할 수 있다.

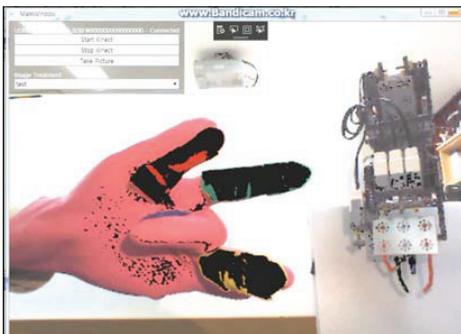
얻어낸 좌표 값을 기반으로 역기구학을 통해 모터의 관절각을 계산하여 가장 효율적인 경로로 선택할 수 있다. 이러한 로봇암 제어방식은 가장 효율적인 경로를 선택할 수 있고, 사람의 팔과 구조가 다른 로봇암도 제어할 수 있다[5].



[그림 4] 스켈레톤 트래킹으로 나타낸 손의 좌표

### 2.2.3 로봇핸드의 제어

로봇핸드를 제어하기 위해서는 먼저 사용자의 손의 상태를 실시간으로 알아야 한다. 하지만 키넥트는 한 시점에서 손을 바라보게 되므로 손의 입체적인 정보를 알기 힘들기 때문에 손가락 하나하나 세밀한 제어가 힘들다. 기존 연구에서도 이러한 문제 때문에 다섯 손가락을 모두 펼치거나 접은 상태만 고려하였다.



[그림 5] 영상 처리 과정과 로봇핸드의 움직임

본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 색상 인식을 사용하였다. 사용자가 손가락 끝의 색상이 각기 다른 장갑을 착용하고 손가락 하나를 접게 되면, 해당 손가락 색상의 넓이가 달라진다. 이것을 키넥트의 RGB카메라를 이용하여 특정 RGB 값의 픽셀 넓이를 알 수 있고, 손가락을 접게 되면 해당 색상의 넓이가 줄어들게 된다. 빨간색, 파란색, 초록색, 노란색에 해당하는 RGB값을 파악하고 각각의 픽셀 넓이에 따라 손가락의 상태를 파악하여 손가락을 움직인다[6][7].

본 연구에서는 손가락을 접고 핀 상태만 제어할 수 있으며 이를 구별하는 픽셀 넓이의 경계값이 800임을 실험적으로 알아내었다. 이러한 원리로 각 손가락의 상태를 파악하고 손가락 하나하나를 움직이는 정밀한 제어가 가능하다.

## 3. 결론

본 연구에서는 사람이 갈 수 없는 위험한 공간이나 먼 거리에서 로봇암과 핸드를 조종하기 위한 제어 방식을 고안하였다. 또한 키넥트를 사용하여 손의 3차원 좌표를 얻어내서 역기구학을 통해 로봇암을 제어하고, 손가락 끝의 색상 인식을 통하여 로봇핸드의 손가락을 제어하는데 성공하였다.

본 연구에서 구현한 시스템은 로봇을 제어하는 데에 별도의 훈련이 필요하지 않고 직관적으로 로봇핸드와 로봇 팔을 함께 제어할 수 있기 있다. 본 연구 결과를 통해 개발한 로봇암과 로봇핸드는 재난 현장에서의 인명 구조, 우주 공간 탐사에 효율적으로 사용될 수 있을 것이다.

한편, 이러한 결론과 함께 다음과 같이 제언한다. 본 연구에서는 손이 정면을 바라보고 있을 경우만을 고려하였는데, 다양한 상황에서 로봇핸드와 로봇암을 제어하기 위한 추가 연구가 필요하다. 또한 역기구학을 사용하여 제어 각을 구할 때 보다 효율적인 모터 사용이 가능하도록 하는 추가 연구가 필요하다.

## 참고 문헌

- [1] NASA (2013). Robot Arm Control with KINECT.
- [2] 이경문, 이강희 (2014). 비전문가를 위한 로봇 팔 역기구학의 해석. 한국컴퓨터정보학회 학술발표논문집, 22(2), 259-260.
- [3] 유홍선, 김민철, 송재복 (2014). 와이어 기반의 적응형 로봇핸드. 한국로봇학회 논문지, 9(4), 258-263.
- [4] 경다운, 이선경, 이준혁, 조재민 (2015) 동차 좌표변환 행렬을 이용한 로봇 팔의 볼 트래킹. 2016 한국로봇학회 동계학술대회 발표자료(RnE세션).
- [5] 유재훈, 한조영 (2015) KINECT를 이용한 로봇팔 컨트롤 시스템 설계. 2016 한국로봇학회 동계학술대회 발표자료(RnE세션).
- [6] 조선영, 변해란, 이희경, 차지훈 (2012). 키넥트 센서 데이터를 이용한 손 제스처 인식. 방송공학회논문지, 17(3), 447-458.
- [7] 박한훈, 최준영, 박종일, 문광식 (2013). KINECT 기반 손 모양 인식을 위한 손 영역 검출에 관한 연구. 방송공학회논문지, 18(3), 393-400.