

# 발 움직임 검출을 통한 로봇 팔 제어에 관한 연구

## A Study on Robot Arm Control System using Detection of Foot Movement

지 훈\*, 이동훈  
H. Ji, D. H. Lee

### 요 약

팔의 사용이 자유롭지 못한 장애인들을 위하여 발의 움직임 검출을 통하여 로봇 팔을 제어할 수 있는 시스템을 구현하였다. 발의 움직임에 대한 영상을 얻기 위하여 양쪽 발 앞에 두 대의 카메라를 설치하였으며, 획득된 영상에 대해 LabView 기반 Vision Assistant를 이용하여 다중 관심영역을 설정한 후, 좌/우영역내에서 검출된 좌/우, 상/하 엣지를 기반으로 발의 움직임을 검출하였다. 좌/우 두발의 영상으로부터 좌/우 엣지와 상/하 엣지 검출 수에 따라 6관절 로봇 팔을 제어할 수 있는 제어용 데이터를 시리얼 통신을 통해 전송한 후 로봇 팔을 발로 상/하, 좌/우 제어할 수 있는 시스템을 구현하였다. 실험 결과 0.5초 이내의 반응속도와 88% 이상의 동작 인식률을 얻을 수 있었다.

### ABSTRACT

The system for controlling the robotic arm through the foot motion detection was implemented for the disabled who not free to use of the arm. In order to get an image on foot movement, two cameras were setup in front of both foot. After defining multiple regions of interest by using LabView-based Vision Assistant from acquired images, we could detect foot movement based on left/right and up/down edge detection within the left/right image area. After transferring control data which was obtained according to left/right and up/down edge detection numbers from two foot images of left/right sides through serial communication, control system was implemented to control 6-joint robotic arm into up/down and left/right direction by foot. As a result of experiment, we was able to get within 0.5 second reaction time and operational recognition rate of more 88%.

**Keyword** : LabView, Vision Assistant, ROI, Edge, 6-Joint Robot Arm

### 1. 서론

교통사고나 산업재해 등으로 인한 후천적 요인에 의해 장애발생빈도는 증가하고 있는 실정이다. 2003년 7월 이후에는 장애범주가 기존의 10종에서 15종으로 확대 되었고, 장애복지시책도 다양화 되면서

장애인 등록수가 더욱 증가(한국보건사회연구원, 2005)하였다. 보건복지가족부(2013)의 전국 장애인 현황자료에 의하면 2013년 12월 말을 기준으로 장애인 등록 수는 2,501,112명으로 이중 지체장애인이 전체의 52.3%를 차지하고 있다. 이를 연령대별로 살펴보면 0~10세 2만 7,345명, 11~20세 7만 3,047명, 21~30세 9만 3,015명, 31~40세 18만 8,396명, 41~50세 35만 3,961명, 51~60세 54만 8,406명, 61~70세 52만 6,653명, 71~80세 51만 5,319명, 81세 이상은 20만 9,337명으로 보고되고 있다. 지체장애인들은 비장애인 보다 부족한 부분을 여러 의료 용품으로 채워 편의성을 추구하고 있는 실정이다[1-5]. 본 논문은 장애인들 중 팔의 사용이 자유롭지 못한 장애인들이 발을 이용해서 팔의 역할을 일부 수행함

접 수 일 : 2015.02.06

심사완료일 : 2015.02.17

게재확정일 : 2015.02.28

\*지 훈 : 동명대학교 전기전자정보통신공학과 석사과정  
protec25@naver.com(주저자)

이동훈 : 동명대학교 의용공학과 부교수  
ldh5522@tu.ac.kr (교신저자)

으로써 생활에 도움이 되고자 기초적인 연구를 수행하였다. 양쪽 발에서 각각 좌·우 영상과 상·하 영상을 획득한 후 영상처리를 통하여 좌·우, 상·하 위치여부를 검출하여 팔의 역할을 대신하는 로봇 팔을 좌·우, 상·하로 제어할 수 있는 시스템을 구현하고 성능을 분석하였다. 향후, 발 움직임 영상을 이용하여 마우스제어, 생활용품제어 등 다양한 재활시스템으로 확대가 가능하리라 본다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 발 움직임 감지 영상제어 시스템

웹캠(C170, Logitech, SWISS)을 통해 획득한 발 영상을 Labview 2010(National Instruments, USA)을 이용하여 엣지 값 검출 및 제어데이터 변환 후 시리얼 통신을 통해 로봇 팔을 제어 할 수 있게 하였다. 그림1은 발 움직임 감지 영상제어 시스템의 개요도이다.

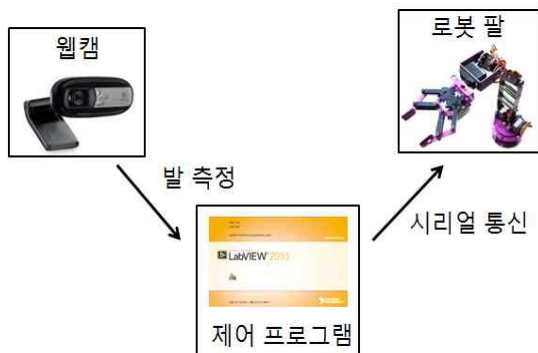


그림 1. 발 움직임 감지를 위한 영상제어 시스템 개요도

### 2.2 제어 대상

본 연구는 선천적 또는 후천적으로 장애를 얻어 살아가는 사람들 중 팔의 사용이 자유롭지 못한 장애인들을 대상으로 팔을 대체 할 수 있는 로봇 팔을 제어대상으로 실험에 활용하였다. 그림 2는 산업현장과 의료현장에서 쓰이는 로봇 팔을 축소한 모형으로서 6축 다관절 로봇을 보여주고 있다[6].

본 실험에 사용된 로봇 팔은 7개의 서보모터가 장착되어 있으며, 각각의 기능과 위치에 따라 상하 좌우 180도의 움직임이 가능한 로봇 팔이다. 로봇 팔의 제어는 서보모터 제어 전용 모듈인

NT-SERVO-16CH를 이용하여 작동시킬 수 있다. 표 1은 로봇 팔 제어데이터 설정을 위한 명령어 코

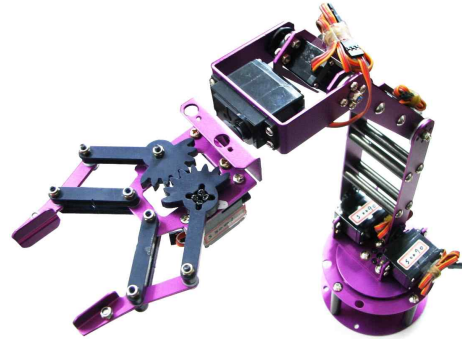


그림 2. 장애인의 팔의 역할을 담당하는 NT-Robot ARM-RC 6관절 로봇 팔의 모습

드의 역할을 보여주고 있다. NT-SERVO-16CH 제어기의 통신 방법은 RS-232C 통신형식으로 기본적으로 문자열(string) 형태를 주고받아 명령과 제어가 이루어진다. 문자열 명령 기본 형식은 “<”로 시작하여, “>”로 끝나는 구조로 되어 있다[7].

표 1. 로봇 팔 제어 데이터 설정 방법 예

1. 모든 채널 동시 출력	<VA807000800090010001100120013001400>
"<"	-> 시작문자
"V"	-> PWM 출력 Command
"A"	-> 포트번호(A= port#0, B= port#1)
"8"	-> 채널번호(8: 0~7 전 채널 동시 출력)
"XXXX"	-> 채널별 PWM 데이터: 4자리수로 고정(0700 ~ 2300) (여기서 0700 ~ 2300은 회전하는 각도를 의미한다)
">"	-> 끝문자
2. 개시, 정지	<JA>: 포트 A의 PWM Enable <KA>: 포트 A의 PWM Disable

### 2.3 발 영상 감지 및 제어 사용자 인터페이스

#### 2.3.1 사용자 인터페이스

그림 3은 LabView를 이용한 로봇 팔 제어용 영상처리 사용자 인터페이스이다. 로봇 팔을 쉽게 제어하기 위해 발의 좌·우 영상, 상·하 영상을 각각 촬영할 수 있도록 두 개의 카메라를 사용자 인터페이스에 구성하였다. 기존 영상화면을 이진영상으로 변환하기 위해 문턱 값(threshold value)을 조정 할

수 있도록 하였다. 또한 로봇 손을 제어하기 위한 신호를 얻기 위해 카메라를 통해 획득한 영상에서 발에 대한 엣지의 개수를 검출하도록 하는 자동화 프로그램을 구현하였다.

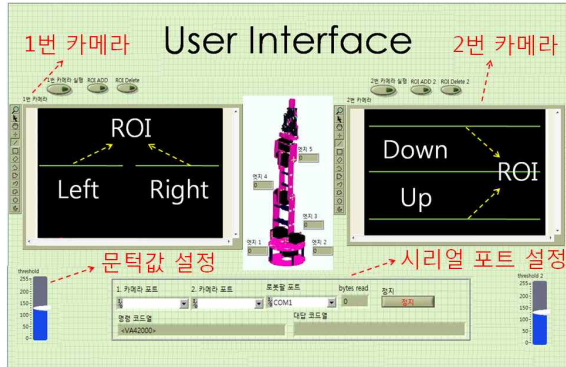


그림 3. 로봇 팔 제어를 위한 사용자 인터페이스

### 2.3.2 발 영상 감지 및 로봇 제어 프로그램

그림 4는 로봇 팔 제어를 위한 영상처리, 제어데이터 변환 및 제어신호 시리얼 통신을 위한 기본 소프트웨어 구성도이다. 큰 While 루프 안에 3개의 플랫폼 구조가 있으며, 왼쪽으로부터 첫 번째 프레임 안에는 1번 카메라와 2번 카메라를 의미하는 다중 시퀀스 구조로 프로그래밍을 하였으며, 그 안에는 관심영역(ROI : Region of Interest)를 설정하기 위해 이벤트 구조를 추가 하였다. 두 번째 프레임은 모션을 인식해서 엣지의 개수에 따른 로봇 팔 제어데이터 변환을 위한 부분이다. 그리고 세 번째 프레임은 제어코드를 로봇이 응답하고 읽어서 실행하도록 명령어를 시리얼 통신을 이용하여 로봇 팔에 보내는 과정으로 프로그램 순서를 구성하였다.

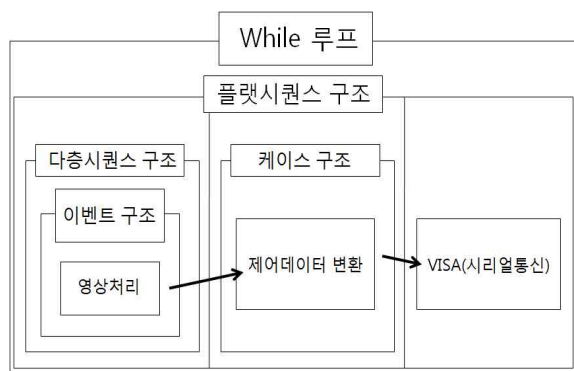


그림 4 . 로봇 팔 제어를 위한 영상처리 순서 구성도

### 2.3.2.1 영상처리부

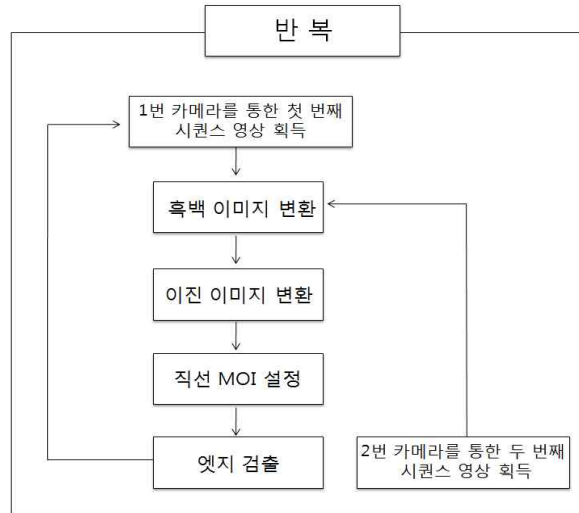


그림 5. 영상처리 알고리즘

그림 5는 카메라에서 획득된 영상을 처리하기 위한 영상처리 알고리즘이다. 첫 번째 시퀀스에서 획득된 최초영상은 컬러임으로 영상처리 속도를 높이고 단순화로 인식률을 높이기 위해 흑백 이미지로 변환 과정을 거치게 된다. 영상정보를 단순화시키기 위해 문턱 값을 이용하여 관심물체와 배경이미지를 분리함으로써 이진영상을 획득 할 수 있었다[8]. 이진 이미지로 변환 하여 이를 통해 검출하고자 하는 발의 엣지만 검출할 수 있도록 단순화하였다. 이벤트 구조를 이용하여 관심영역 배열을 만들어 영상에서 만들어지는 관심영역 값의 정보를 추가함으로써 여러 영역을 동시에 분석할 수 있는 다중 관심영역(MOI : Multiple ROI)를 구현하였다. 설정된 다중 관심영역에 앞발(전족부)이 닿게 되면 양 끝에서 생기는 엣지를 찾아내게 된다. 첫 번째 시퀀스에서 엣지값 검출이 끝난 후 두 번째 시퀀스로 넘어가게 되고 첫 번째 시퀀스와 같은 과정으로 2번 카메라에 대한 엣지 값을 얻을 수 있다[9-11].

### 2.3.2.2 제어 데이터 처리부

그림 6은 영상처리로부터 얻은 발의 엣지 값에 따라서 로봇 팔을 좌·우, 상·하로 제어하기 위한 데이터 비교, 추출 및 저장을 담당하는 처리부이다. 실시간으로 검출한 엣지 값을 비교 연산과 케이스 구조문을 통해 로봇 팔 제어에 필요한 참 거짓 논리정보인 제어데이터 정보를 추출하고 저장할 수 있도록 설정하였다.



그림 6. 엇지 개수에 따른 제어데이터 변환

2.3.2.3 시리얼 통신부

엇지 개수에 따라서 좌·우 방향 및 상·하 방향으로 움직이기 위한 제어데이터를 로봇 팔이 시리얼 통신으로 전달 받고 구동하게 되는 시리얼 통신부이다. 시리얼 통신은 RS-232, RS-485, RS-422 등으로 지원이 가능하며 두 개의 데이터 라인을 이용하여 직렬로 통신하는 방식으로 짧은 거리에 추가 비용 없이 사용할 수 있는 최고 간단한 통신방식이다[12]. 그림 7은 LabView에서 이용되는 시리얼 통신으로 VISA 함수를 사용하여 전송하는 프로그램 순서도이다.

RS-232 설정부분에서 쓰기와 읽기 작업의 타임아웃을 기본 10000ms, 들어오는 데이터(Data) 비트수를 기본 값 8로 설정하였다. 그리고 전송속도인 baud rate를 기본 9600보다 많은 115200으로 설정하여 제어속도를 최대한 높게 설정하였다. 또한, 전송 및 수신되는 데이터 오류를 검지할 수 있는 패리티(Parity) 비트를 홀수 나 짝수로 설정하도록 구성되어 있다.



그림 7. LabView VISA함수를 이용한 시리얼 통신 프로그램 순서도

설정완료 후 PC에서 로봇 팔로 제어데이터에 관한 명령어를 보내고 로봇 팔이 명령에 대해 응답한 것을 읽어오고 마지막으로 통신을 종료하게 된다.

3. 실험 방법

그림 8은 발 영상을 획득하여 검출한 엇지 값을 통해 로봇 제어를 하는 실험이다.

발 영상을 획득하기 위한 카메라 위치는 지상에서 약 0.3m 높이에 설치하고 발과 카메라와의 거리는 0.25m 정도로 구성하였다. 촬영 시에는 외부적인 영향을 최소화하기 위해 흰색 배경에 위에서 바로 비춰지는 조명을 사용하였다. 측정 부위는 가능한 일정하고 안정적으로 영상을 획득하기 위해 앞발을 측정 기준으로 가로 0.2m 세로 0.1m 범위 안에서 측정하고자 하였다. 실험에 사용한 프로그램 소프트웨어 환경은 윈도우 7의 OS 환경하에서 LabView 2010을 이용하였다.

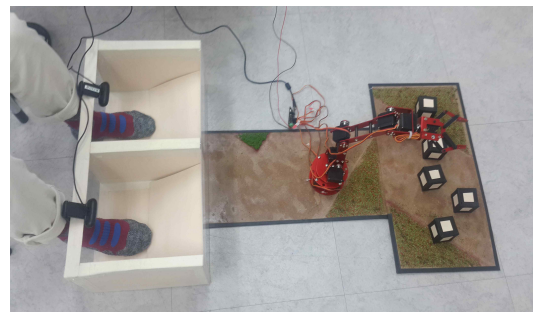


그림 8. 발 방향 획득 검출 실험

실험은 LabView모니터링화면의 1번 카메라, 2번 카메라, 로봇 팔에 해당하는 시리얼 포트를 설정한다. 1번 카메라에 좌측과 우측에 해당하는 다중 관심영역을 설정하고 2번 카메라에 상하를 3단계로 구성할 수 있게 다중 관심영역을 설정한다. 슬라이드 바를 움직이면서 물체의 이미지 값이 1로 바뀌고 배경이 0의 값으로 만드는 것을 확인하면서 문턱 값을 조절 한다. 설정된 다중 관심영역과 문턱 값은 수동으로 조정할 수 있으며 프로그램을 다시 켜면 시 다시 설정 하여야 한다.

설정을 마친 후 카메라 측정 영역에 양쪽 발을 집어넣고 LabView 모니터링화면에서 앞발을 다중 관심영역구간에 오도록 확인한다. 왼발을 좌우에 해당하는 관심영역에 각각 닿게 하여 로봇이 좌우로 움직이는지 관찰한다. 오른발을 상하에 해당하는 관

심영역에 닿게 하면서 로봇이 상하로 움직이는지 관찰한다. 마지막으로 왼발과 오른발을 상하좌우 동시에 움직여 로봇도 함께 움직이는지 확인하였다. 제어 신호에 대한 반응속도와 로봇 팔의 인식률을 구하기 위해 위와 같은 방법을 좌우, 상하, 동시 각 100회씩 반복하여 실험하였다.

#### 4. 실험 결과

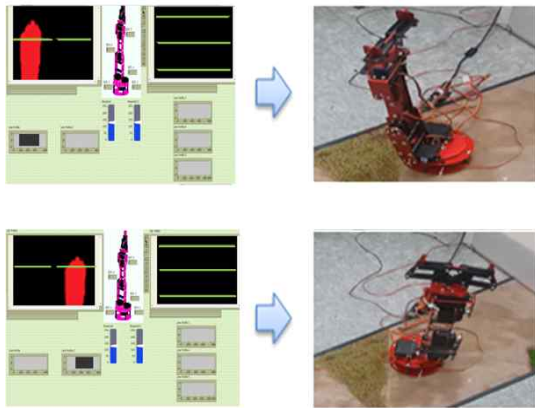


그림 9. 좌측발의 엣지 감지 및 로봇 팔 좌우 구동 결과

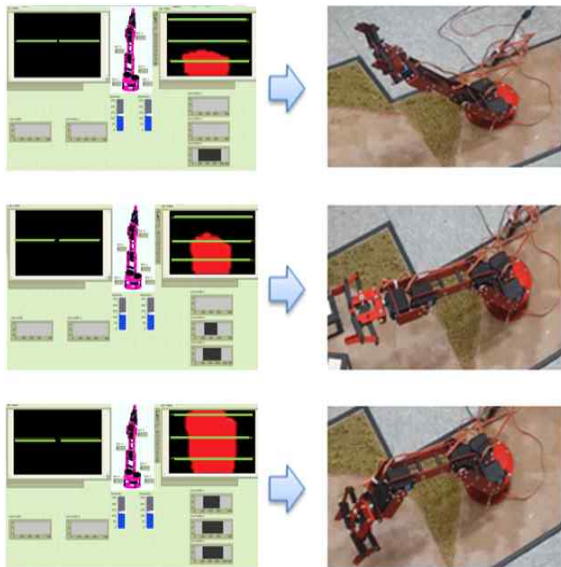


그림 10. 우측발의 엣지 감지 및 로봇 팔 상하 구동 결과

그림 9는 좌측발이 좌측 관심영역에 감지되면 로봇은 좌측으로 움직이고 우측 관심영역에 감지되면 우측으로 이동하는 모습을 보여주고 있다. 그림 10은 우측발이 상하선에 설정된 관심영역에 감지되는

엣지 감지 모습 및 감지 정도에 따라 상, 하로 움직이는 로봇 팔의 모습을 보여주고 있다. 그림 11은 좌, 우측발이 동시에 설정된 관심영역에 감지되었을 때 좌·우, 상·하로 동시에 움직이는 로봇 팔의 모습을 보여주고 있다.

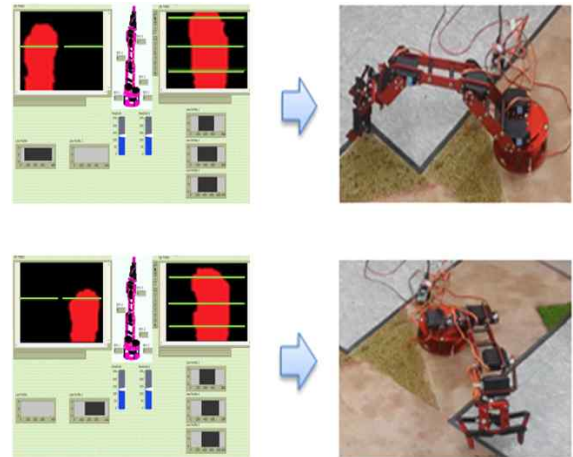


그림 11. 양쪽 발의 엣지 감지 및 로봇 팔 상하 좌우 동시 구동 결과

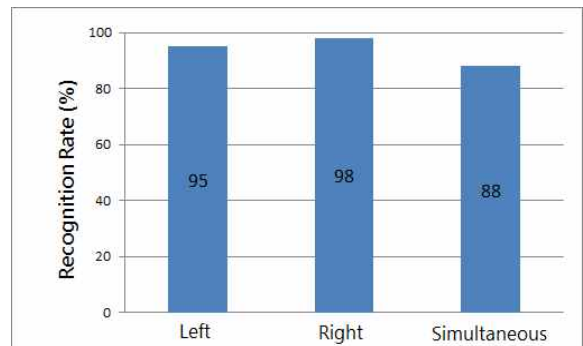


그림 12. 좌측 발, 우측 발 및 양쪽 발을 넣었을 때 획득 영상으로부터 로봇 팔의 움직임 인식률

그림 12는 카메라 설치영역과 발의 위치, 화면에 이미지가 생성되는 속도를 고려하여 발의 위치에 따라서 로봇이 올바르게 작동한 횟수를 측정하여 본 결과 좌측 발 우측 발 각각 95%, 98%의 높은 인식률을 보였다. 그러나 양쪽 발을 사용한 결과를 측정하였을 때, 로봇 팔이 움직이는 인식률은 88%로 다소 낮은 수치를 보였다. 이러한 결과는 정확한 조명 환경과 발의 위치를 고정할 수 있는 발 위치 가이드부분을 보완한다면 보다 높은 인식률을 얻을 수 있으리라 본다.

같은 조건으로 그림 13은 카메라 측정영역에 앞발을 측정하는 순간부터 로봇이 반응하는 시간의



평균값을 나타내는 그림이다. 결과는 좌측 발, 우측 발, 양쪽 발 각각 0.325, 0.317, 0.468초를 나타냈으며, 양쪽 발 동시에 측정하였을 때 반응속도가 가장 느린 것으로 나타났다.

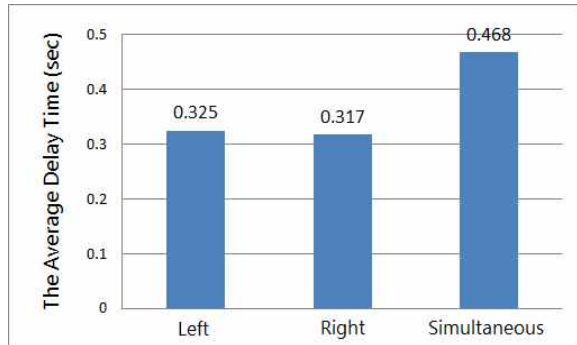


그림 13. 카메라 측정영역에 앞발을 측정하는 순간부터 로봇이 반응하는 시간의 평균값

#### 4. 결 론

본 연구는 팔의 사용이 자유롭지 못한 장애인들을 대상으로 정상적인 발을 이용하여 팔의 역할을 일부 수행할 수 있는 시스템을 구현하고자 하였다. 좌·우, 상·하로 움직이는 발 위치를 두 대의 카메라를 이용하여 영상을 획득했고, 영상처리를 통하여 로봇 팔을 제어 할 수 있는 실험을 수행해 보았다. 로봇 팔을 동시에 제어한 결과 88% 이상의 동작 인식률과 0.5초 이내의 반응속도를 보였다. 본 연구를 통해 손의 역할을 일부 대체 할 수 있는 시스템 개발은 향후 장애인의 삶의 질을 높이는데 도움을 줄 수 있을 것으로 사료 된다.

#### 참고 문헌

[1] 윤상용, "재가 장애인의 우선적 욕구에 영향을 미치는 요인에 관한 연구", 국내석사, 성공회대학교 시민사회복지대학원, pp.1, 2002

[2] 최훈서, "장애인 직업재활시설의 실태와 개선방안에 관한 연구", 국내석사, 성결대학교 사회복지대학원, pp.4, 2013

[3] 맹준남, 이광희, 김대업, 배상만, "정신지체장애인과 정상인의 우식경험도 비교 조사 연구", 대한소아치과학회, Vol.27 No.2, pp.202, 2000

[4] 김성진, "지체장애인의 생활체육 참여에 따른 자신감과 생활만족도", 한국장애인재활협회, Vol.13 No.3, pp.162, 2009

[5] 오세란, "장애인과 비장애인의 삶의 질 비교연구", 한국장애인재활협회, Vol.10 No.2, pp.97, 2007

[6] 정선환, 최성대, 권현규, 최은환, "다축 절삭가공용으로의 육관절 산업용 로봇의 적용평가", 한국기계가공학회지 Vol.2 No.4 p.33-39 [2003]

[7] 최명환, 이우원, "산업용 6관절 로봇의 원격제어를 위한 실시간 병렬데이터통신 인터페이스", 産業技術研究(RESEARCH REPORT THE INSTITUTE OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY) Vol.21 No.A p.97-103 [2001]

[8]. 최경주, 변혜란, 이일병, "효과적인 이진화를 위한 영상개선기법의 정의 및 구현", 정보과학회 논문지 Vol.26 No.2 p.284-296 [1999]

[9]. 서영건, 홍도순, 박재홍, "다중 관심영역의 자동 추출 및 부호화 방법", 한국디지털콘텐츠학회논문지 Vol.12 No.1 p.1-9 [2011]

[10] 이지민, 박종안, "ROI의 재배열을 이용한 특징 추출",국정보기술학회논문지 Vol.10 No.8 p.145-152 [2012]

[11] 오동언, 이민채, 선우명호, "Morphology와 다중 ROI를 이용한 차선 인식 및 추적", 한국자동차공학회 Vol.2010 No.5 p.1263-1267 [2010]

[12] 최문용, 김상진, "RS-232C을 이용한 컴퓨터 통신", 통계학술논집 Vol.8 No.- p.73-84 [1993]

#### 지 훈



2015년 2월 동명대학교 의용공학과 졸업(학사)  
2015년-현재 동명대학교 의용공학과 석사과정

관심분야 : 재활공학, 의공학

#### 이 동 훈



1987년 인하대학교 전자공학과 (학사)  
1993년 인하대학교 전자공학과 (석사)  
2001년 인하대학교 전자공학과 (박사)  
1988년-2006년 원자력의학원 책임연구원  
2006년-현재 동명대학교 의용공학과 부교수

관심분야 : 바이오메디칼시스템, 의료방사선 기기, HMI