



결과보고서

교과목명	기계자동화 캡스톤디자인			
과제명	로봇팔제어를 위한 핸드마우스 기반 다자유도 컨트롤러			
팀명	기계5조			
지도교수 (과제 책임자)	소속	기계전자공학부	성명	우윤환
저작권	저작자 표시(CC BY)			

○ 팀원현황

직책	성명	소속학과
팀장	문용준	기계전자공학부
팀원	이제원	기계전자공학부
팀원	윤현식	기계전자공학부

5학년 0명	4학년 3명	3학년 0명	2학년 0명	1학년 0명	총 3명
--------	--------	--------	--------	--------	------

○ 과제소개

<p>과제개요</p>	<p>본 프로젝트는 로봇팔을 보다 직관적으로 조작할 수 있는 컨트롤러를 설계하고 제작하는 것을 목표로 한다. 최근 로봇 분야에서는 머신러닝 기반의 자율 동작 기술이 널리 활용되고 있지만, 일상생활과 작업 환경에서는 여전히 사람이 직접 조작하는 로봇팔의 수요가 꾸준히 존재한다. 기존의 로봇팔은 레버나 버튼을 이용해 조작하는 방식이 일반적이며, 이러한 방식은 기본적인 구동은 가능하지만, 사용자가 원하는 움직임을 직관적으로 구현하기 어렵다는 한계가 있다.</p> <p>이 문제를 해결하기 위해 마스터-슬레이브 구조의 로봇팔이 활용되기도 한다. 사용자가 직접 움직이는 마스터 장치를 통해 슬레이브 로봇팔이 동일한 동작을 수행하는 방식으로, 직관적인 조작이 가능하다는 장점이 있다. 그러나 이 구조는 제어해야 하는 링크 수만큼 마스터 장치에도 동일한 링크가 필요하다는 특성이 있어, 로봇팔의 구조가 복잡해질수록 컨트롤러 역시 커지고 복잡해지는 문제가 발생한다. 특히 링크 수가 많은 로봇팔을 제어할 경우 컨트롤러의 부피가 커져 휴대성과 실용성이 감소한다.</p> <p>따라서 본 프로젝트는 직관성을 유지하면서도 구조적 복잡성을 줄일 수 있는 새로운 형태의 로봇팔 컨트롤러를 제안한다. 마스터 장치의 링크 수를 최소화하고, 대신 핸드마우스 기반의 버튼 조작을 통해 다수의 링크를 효율적으로 제어할 수 있도록 설계하였다. 이를 통해 기존 마스터-슬레이브 방식의 장점을 유지하면서도 컨트롤러의 부피를 줄이고 사용성을 높이는 것을 목표로 한다. 이러한 접근은 다양한 작업 환경에서 직관적이고 간편한 로봇팔 조작을 가능하게 하며, 복잡한 구조의 로봇팔에도 유연하게 대응할 수 있는 실용적인 솔루션을 제공한다.</p>
<p>과제목표 및 필요성</p>	<p>일상생활에서 사용되는 로봇팔뿐만 아니라 산업 현장의 크레인, 굴착기와 같은 중장비는 대부분 레버 기반의 조작 방식을 사용한다. 이러한 방식은 여러 개의 레버를 통해 출력부의 각 관절을 개별적으로 제어해야 하므로, 장비의 실제 움직임을 직관적으로 이해하기 어렵다는 한계가 있다. 사용자는 각 레버가 어떤 관절을 담당하는지 기억해야 하고, 원하는 동작을 구현하기 위해 여러 레버를 동시에 조작해야 한다. 그 결과 숙련된 조작을 위해 상당한 학습 시간이 필요하며, 특히 산업 현장에서는 조작 미숙이나 순간적인 실수로 인해 다양한 안전사고가 지속해서 발생하고 있다.</p> <p>이 문제를 해결하기 위해 본 프로젝트에서는 기존 레버 방식보다 출력부의 움직임을 직관적으로 체감할 수 있는 새로운 형태의 컨트롤러를 기획하였다. 핵심 아이디어는 복잡한 링크 구조를 단순화하면서도 사용자가 실제 장비의 움직임을 자연스럽게 느낄 수 있도록 하는 것이다. 이를 위해 컨트롤러 끝단에 핸드마우스를 장착하는 방식을 도입하였다. 우선 마스터-슬레이브 작동 방식을 통해 사용자가 손을 움직이는 방향과 속도에 따라 출력부가 직관적으로 반응하도록 설계하였다. 또한 버튼 조작을 통해 다수의 링크를 선택적으로 제어할 수 있어, 링크 수가 많은 장비라도 컨트롤러의 구조를 복잡하게 만들지 않고 효율적으로 대응할 수 있다. 이러한 접근은 기존 레버 방식의 비직관성을 개선하고, 조작자의 부담을 줄이며, 산업 현장에서의 안전성과 작업 효율을 높일 가능성을 제시한다. 동시에 컨트롤러의 부피를 줄이고 활용성을 높여 다양한 장비에 적용할 수 있는 확장성을 확보하는 것을 목표로 한다.</p>
<p>과제내용</p>	<p>현재 산업 장비뿐만 아니라 일상생활에서 널리 사용되는 레버 기반 조작 방식은 구조가 단순하다는 장점이 있지만, 사용자가 장비의 실제 움직임을 직관적으로 이해하기 어렵다는 근본적인 한계를 갖고 있다. 레버 방식은 각 관절이나 기능을 개별적으로 제어해야 하므로, 사용자는 여러 레버의 조합을 숙달해야 원하는 동작을 정확히 구현할 수 있다. 이러한 특성은 조작 난이도를 높이고, 특히 산업 현장에서는 숙련도 부족이나 순간적인 실수로 인해 안전사고가 발생하는 주요 원인으로 지적되고 있다. 따라서 보다 직관적이고 안전한 조작 방식을 개발하는 것은 산업 장비뿐만 아니라 다양한 로봇 시스템에서 중요한 과제로 여겨진다.</p> <p>본 프로젝트는 이러한 문제점을 해결하기 위해 기존 레버 기반 조작 방식을 대체할 수 있는 새로운 형태의 입력 컨트롤러를 개발하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 다양한 종류의 컨트롤러와 핸드마우스를 조사하여 각각의 장단점을 분석하고, 그 결과를 바탕으로 직관성과 활용성을 동시에 향상시킨 입력 장치를 설계할 계획이다. 마스터-슬레이브 작동 방식을 통해 직관적인 움직임을 구현하고 핸드마우스를 컨트롤러 끝단에 장착함으로써 복잡한 링크 구조를 단순화하고, 사용자가 실제 출력부의 움직임을 자연스럽게 체감할 수 있도록 하는 것이 핵심이다.</p> <p>출력부 역할을 수행할 로봇팔은 시중에 공개된 상용 로봇팔을 활용하여 개발된 컨트롤러의 성능을 검증할 예정이다. 이를 통해 새로운 입력 방식이 실제 장비를 얼마나 안정적이고 정밀하게 제어할 수 있는지 평가할 수 있으며, 산업 장비나 일상용 로봇팔에도 적용 가능한지 확인할 수 있다. 입력 컨트롤러의 설계는 의료용 로봇 수술 장비인 Da Vinci 시스템의 링크 구조를 참고하여 직관적인 동작 구현을 목표로 한다. 다만 Da Vinci 시스템은 복잡하고 다단한 링크 구조로 인해 부피가 크고 제작 난이도가 높다는 한계를 갖고 있어, 본 프로젝트에서는 이를 핸드마우스 기반의 단순화된 구조로 재해석하여 실용성과 제작 용이성을 확보하고자 한다.</p>

<p>과제결과</p>	<p>입력 컨트롤러에 장착된 각도센서를 통해 로봇팔을 제어하는 방식은 전반적으로 편리하고 직관적이라는 긍정적인 평가를 받았다. 사용자가 손목과 팔의 움직임을 그대로 반영하여 로봇팔을 조작할 수 있었기 때문에, 기존 레버 기반 방식보다 자연스러운 동작 구현이 가능했다는 점은 분명한 장점으로 확인되었다. 그러나 핸드마우스를 활용한 조작 부분에서는 기대만큼의 직관성이 확보되지 못했다는 의견이 다수 제기되었다. 본 프로젝트에서는 로봇팔의 그리퍼 동작을 핸드마우스의 마이크로 스위치에 할당하여 제어했는데, 그리퍼의 여닫이와 X축 회전을 위해 각각 두 개씩 총 네 개의 스위치를 사용하였다. 문제는 이 스위치들이 손의 자연스러운 움직임과 일치하지 않는 위치에 배치되어 있어, 사용자가 원하는 동작을 직관적으로 수행하기 어렵다는 점이었다. 스위치의 배치가 조작 경험에 큰 영향을 미친 것으로 보이며, 향후 설계에서는 버튼의 위치와 조작 방식에 대한 재검토가 필요할 것으로 판단된다.</p> <p>또한 로봇팔 조작 과정에서 센서가 아날로그값을 입력받는 특성 때문에 출력 신호가 불안정하게 튀는 현상이 자주 발생했다. 이로 인해 로봇팔이 미세하게 떨리거나 의도하지 않은 작은 움직임을 반복적으로 보이는 문제가 확인되었다. 이러한 현상은 센서의 노이즈나 미세한 값 변화가 그대로 로봇팔에 전달되기 때문이며, 실제 작업 환경에서는 안정성과 정밀도에 큰 영향을 줄 수 있다. 따라서 송신 과정에서 적절한 보상 제어를 추가하여 입력 신호를 필터링하거나 안정화하는 과정이 필수적일 것으로 보인다. 이를 통해 로봇팔의 떨림을 줄이고 더 부드럽고 정확한 동작을 구현할 수 있을 것이다.</p>
<p>활용방안 및 기대효과</p>	<p>본 프로젝트에서 개발한 새로운 형태의 입력 컨트롤러는 일상생활에서뿐만 아니라 향후 크레인, 굴착기와 같은 산업 장비를 조작하는 데 직접 활용될 수 있는 잠재력을 지니고 있다. 기존 산업 장비는 대부분 레버 기반의 조작 방식을 사용하고 있으며, 각 레버가 특정 관절이나 기능을 담당하는 구조적 특성 때문에 사용자가 장비의 실제 움직임을 직관적으로 이해하기 어렵다는 문제가 있었다. 특히 복잡한 작업을 수행할 때는 여러 레버를 동시에 조작해야 하므로 숙련도가 낮은 작업자는 조작 미숙으로 인해 사고를 일으킬 위험이 컸다. 이러한 문제는 산업 현장에서 반복적으로 발생하는 안전사고의 주요 원인 중 하나로 지적됐다.</p> <p>새롭게 제안된 컨트롤러는 이러한 기존 방식의 한계를 극복하기 위해 설계되었다. 컨트롤러는 손의 움직임을 기반으로 출력부의 동작을 직관적으로 구현할 수 있도록 구성되어 있어, 사용자가 장비의 움직임을 더욱 자연스럽게 이해하고 조작할 수 있다. 이는 레버식 조작보다 훨씬 직관적인 조작 경험을 제공하며, 작업자가 장비의 동작을 직접 체감하면서 제어할 수 있다는 점에서 기존 방식과 뚜렷한 차별성을 가진다. 직관적인 조작 방식은 조작 미숙으로 인한 사고를 효과적으로 줄일 수 있는 중요한 요소로 작용할 것이며, 특히 초보자나 비숙련자도 더 빠르게 장비 조작에 익숙해질 수 있는 장점을 제공한다.</p> <p>또한 이 컨트롤러는 기존 레버 구조보다 훨씬 작은 공간을 차지하도록 설계되었다. 레버식 조작 장치는 여러 개의 레버가 물리적으로 배치되어야 하므로 필연적으로 넓은 공간을 요구하지만, 본 프로젝트의 컨트롤러는 손의 움직임과 버튼 조작만으로 다양한 기능을 수행할 수 있어 전체적인 장치 크기를 크게 줄일 수 있다. 이는 장비 내부 공간을 보다 효율적으로 활용할 수 있게 해주며, 협소한 작업 환경에서도 장비를 설치하거나 운용하는 데 유리한 조건을 제공한다. 공간 효율성은 산업 장비의 설계와 운용에서 매우 중요한 요소이므로, 본 컨트롤러의 도입은 장비의 구조적 개선에도 긍정적인 영향을 미칠 것으로 기대된다.</p>
<p>결과물 사진</p>	<div data-bbox="354 1473 887 2002" data-label="Image"> </div> <p>위 사진은 본 프로젝트를 통해 제작된 입력 컨트롤러의 전체 구조를 보여준다. 플라스틱 판을 기반으로 로봇팔을 제어하기 위한 다양한 구성 요소가 배</p>

치되어 있으며, 특히 컨트롤러 끝단에는 핸드마우스가 장착되어 있다. 전체 구조는 슬롯, 슬롯 내부에서 병진 운동을 수행하는 브라켓, 브라켓 위에 있는 빨간색 링크와 노란색 링크, 그리고 최상단에 부착된 핸드마우스로 이루어져 있다. 이러한 다단 구조는 로봇팔의 움직임을 직관적으로 반영할 수 있도록 설계되었으며, 각 구성 요소는 서로 유기적으로 연결되어 입력값을 생성한다.

컨트롤러와 로봇팔을 제어하기 위해 ESP32 보드가 각 센서와 연결되어 있으며, 센서로부터 전달되는 데이터를 실시간으로 수집하고 처리하는 역할을 수행한다. 슬롯이 움직이는 공간에는 가드가 플라스틱 판 위에 고정되어 있어 브라켓이 움직일 때 불필요한 수직 방향 변위를 방지한다. 이를 통해 컨트롤러의 움직임이 일정한 평면 내에서 유지되도록 하여 더욱 안정적인 입력값을 확보할 수 있다.

컨트롤러의 관절 부분에는 각도센서가 장착되어 있어 회전 운동을 감지하고, 측정된 회전각을 ESP32 보드로 실시간 전송한다. 이를 통해 로봇팔의 관절 움직임을 정밀하게 제어할 수 있으며, 사용자의 손목이나 팔의 움직임이 로봇팔에 자연스럽게 반영되도록 한다. 또한 슬롯 끝부분에는 거리센서가 부착되어 브라켓이 병진 운동을 할 때 센서와의 거리 변화를 측정한다. 이 거리값 역시 실시간으로 ESP32 보드에 전달되어 로봇팔의 직선 운동을 제어하는데 활용된다.

핸드마우스에 장착된 마이크로 스위치는 그리퍼 조작을 담당하며, 스위치가 눌렸을 때와 놓였을 때 각각 다른 신호를 ESP32 보드로 전달한다. 이를 통해 그리퍼의 여닫이 동작이나 특정 축 회전 동작을 수행할 수 있다. 이러한 다양한 센서와 입력 장치의 조합을 통해 컨트롤러는 복잡한 로봇팔의 움직임을 직관적으로 제어할 수 있도록 설계되었다.

위와 같이 캡스톤디자인 교과목 결과보고서를 제출합니다.

2026. 07. 02

신청인(팀장): 문용준 (문용준) / 지도교수: 우윤환 (인)

자료 (로봇팔제어를 위한 핸드마우스 기반 다자유도 컨트롤러)은 한성대학교 캡스톤디자인 수업 결과물로서 (기계5조)에 의해 창작되었으며 크리에이티브 커먼즈 라이선스 (저작자 표시(CC BY)) 4.0에 따라 이용할 수 있습니다.