

# 지능형 호이스트 시스템에 관한 연구

## Study for Intelligent Hoist System

\*길명수<sup>1</sup>, #이승열<sup>2</sup>, 한창수<sup>2</sup>, 김진우<sup>1</sup>, 박재석<sup>3</sup>

\*M. S. Gil<sup>1</sup>, #S. Y. Lee(suprasy@paran.com)<sup>2</sup>, C. S. Han<sup>2</sup>, J. W. Kim<sup>2</sup>, J. S. Park<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>한양대학교 메카트로닉스공학과, <sup>2</sup>한양대학교 기계공학과, <sup>3</sup>동산 산업(주)

Key words : Hoist system, Material handling, HRC controller

### 1. 서론

중량물을 다루는 작업은 현대의 제조 공정에서 중요한 역할을 하고 부피가 큰 대형 중량물을 조립하는데 필요하다. 일반적으로 정형화된 작업을 하는 공장에서는 중량물을 들어올리기 위해 chain hoist, electric winch, gantry, hydraulic/pneumatic lift arm 등과 같은 기계장치를 사용한다. 하지만 이러한 기계장치들은 작업자가 중량물을 조이스틱과 같은 간접적인 방법으로 핸들링 하기 때문에 정밀도가 떨어지고 작업하기에 불편한 단점이 있다. 또한 외부 충격이나 기계적 결함에 대한 안전장치가 없어 작업자는 안전사고에 쉽게 노출된다.[1] 이러한 문제를 해결하기 위해서 현재 국외에서는 저가이며 작업자가 중량물을 들고, 이동하여 원하는 위치에 정확하고 빠르게 위치시키게 해주는 IAD(Intelligent Assist Device)가 개발되어 상용화 되고 있다. 아래의 Fig. 1 는 미국의 대표적 IAD 생산업체인 STANLEY 社의 iLift 와 KNIGHT 社의 KSH250-1151 이다.[2]



Fig. 1 IAD(Intelligent Assist Device)

일반적으로 IAD 는 작업자의 힘을 증폭시키며, 초기 위치를 인식하여 원점 복귀를 하며, 가상의 공간과 경로를 추종하는 등의 기능이 있다. 하지만 기존 시스템 분석 및 현장의 실제 사용자의 요구조건 분석을 통하여 IAD 는 작업자의 힘에 대한 속도 추종 문제 및 중량물을 통한 물체/작업자의 힘 인식 문제, 그리고 작업자의 힘에 대한 반응성 문제가 발생하는 것을 알 수 있었다. 이에 본 논문에서는 기존에 개발된 HRC(Human-Robot Cooperative) 컨트롤러를 접목시켜 새로운 호이스트 시스템인 IH(Intelligent Hoist)를 소개한다.[3], [4]

### 2. 개념 설계

지능형 호이스트 시스템은 크게 호이스트 모듈과 작업자와 시스템 간의 상호작용을 하는 HRI(Human-Robot Interface)로 나뉜다.

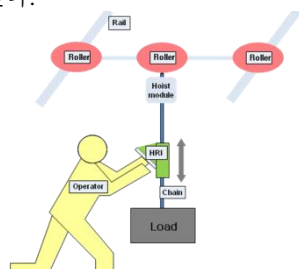


Fig. 2 Concept design of hoist system

위의 Fig. 2 는 전체 호이스트 시스템의 개략도를 나타낸 그림이다.

호이스트 모듈은 호이스팅 메커니즘과 호이스트를 동작시키는 장치 및 안전장치 등이 포함된다. 그리고 호이스팅 메커니즘은 원 운동을 직선운동으로 변환하는 스프로킷, 체인이 끼이는 것을 방지하게 해주는 가이드라인이 포함된다.

HRI 시스템은 작업자의 힘과 외력을 받아 그 정보를 제어기로 전달하는 역할을 한다. 따라서 호이스트 시스템에 정확한 힘 전달을 위해서 작업자의 힘에 대한 정보와 외력에 대한 정보가 각각 독립적으로 제어기로 입력되어야 한다. 또한 힘 입력 장치에 순간적인 강한 힘의 입력은 입력 장치의 파손을 야기할 수 있고, 작업자의 힘에 대한 정보를 정확하게 측정하기가 어렵다. 이에 작업자와 힘 입력 장치 사이에 완충역할을 하는 보조 장치가 필요하다. 본 논문에서는 보조 장치를 스프링으로 하여 작업자의 힘 입력에 대한 정보를 정확하게 전달하게 한다. 일반적으로 스프링 변위에 대한 힘 변화율은 비례한다. 따라서 일정한 스프링 상수를 가진 스프링을 사용할 경우 작업자의 힘 정보를 정확하게 전달 할 수 있다. 그리고 스프링은 큰 힘에 대하여 완충 역할을 하기 때문에 작업자의 순간적인 강한 힘에 대해 힘 입력장치를 보호하는 역할도 한다. 또한 제어기 측면에서 볼 때 스프링 힘을 통해 작업자의 힘 입력이 순간의 큰 힘 입력이 아닌 스프링을 통해 부드러운 입력으로 전달되리라 기대된다. 이에 작업자의 힘과 외력에 대한 힘 정보를 인식하는 입력장치를 로드셀로 하여 다음 Fig. 3 과 같은 HRI 장치로 개념설계 한다.

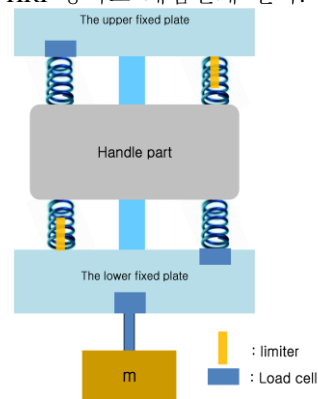


Fig. 3 Concept design for HRI system

위의 그림에서 upper plate 와 lower plate 는 가운데 기둥을 중심으로 위아래로 고정된다. 그리고 양쪽 plate 를 베이스로 하여 작업자의 힘을 측정하는 로드셀이 고정된다. 또한 lower plate 를 베이스로 하여 중량물 m 과 직접적으로 접촉이 되는 로드셀이 고정된다. 작업자의 힘을 전달 받는 handle part 는 양쪽 용수철에 의해 양 plate 사이에 위치되어 있고, 기둥과는 독립적으로 되어 있어 위아래로 움직임이 가능하다. 그리고 핸들 파트와 양쪽 plate 사이의 limiter 는 센서 보호를 위해 스프링의 변위를 제한한다.

### 3. H/W 시스템 개발

#### 3.1 HRI 시스템

위의 개념 설계를 바탕으로 시스템의 상세설계를 하기 전에 먼저 실제 하중계를 통해 최대 작업자의 힘을 측정한다. 이렇게 측정된 힘(5kg=약 50N)은 작업자의 힘 입력 로드셀 선정 기준이 된다. 또한 환경에 대한 외력의 로드셀은 가반하중을 기준으로 선정 한다. 본 논문에서는 가반하중을 100kg 을 기준으로 환경에 대한 외력 입력 로드셀을 정한다. Handle part 는 사람의 손이 움켜쥐었을 때를 기준으로 길이를 정한다. 스프링은 스프링 상수가 규격화된 스프링을 사용한다. 스프링의 길이 및 스프링 상수는 50N 을 기준으로 규격화된 스프링 상수와 스프링의 허용 변위를 고려하여 비교 선정한다. 이때 스프링의 최대 변형 길이는 5mm 이고, 스프링 상수는 약 9.8N/mm 이다. 그리고 스프링의 전체 길이는 HRI 시스템의 길이를 고려하여 약 35mm 로 한다. 또한 센서에서 나오는 선은 외부와의 접촉을 제한하기 위해 중공축인 기둥을 통해 내부로 연결된다. 아래의 Fig. 4 는 실제 HRI 시스템이다.



Fig. 4 HRI system

3.2 호이스트 모듈

호이스트 모듈은 문제가 발생 시 수리가 가능하도록 모듈로 구성된다. 먼저 중량물의 가반하중과 속도를 고려하여 서보모터 및 웜기어, 드라이버를 정한다. 그리고 전원을 스위칭 해주는 마그네틱 스위치와 3 상 전원의 노이즈를 제거해주는 노이즈 필터, 24V 의 전원을 제공하는 SMPS (Switching Mode Power Supply), 로드셀의 신호를 증폭시켜주는 Amplifier, 체인을 담당하는 체인함과 상한을 제한해주는 한계 스위치로 구성된다. 그리고 이러한 모든 부품들은 최적화된 배치를 통해 호이스트 모듈의 규격을 최소화 한다. 아래의 Fig. 5 은 호이스트 모듈을 나타낸다.

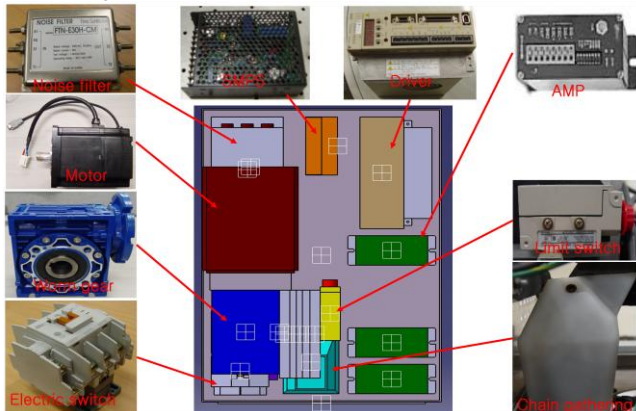


Fig. 5 Hoist module

4. S/W 시스템 개발

호이스트 시스템의 제어기는 작업자의 힘과 외력을 입력력으로 받아 두 힘의 상호작용을 통해 동적 거동을 결정한다. 아래의 Fig. 6 과 table 1 은 호이스트 시스템의 제어기와 각각의 파라미터들이 의미하는 내용을 나타낸다.

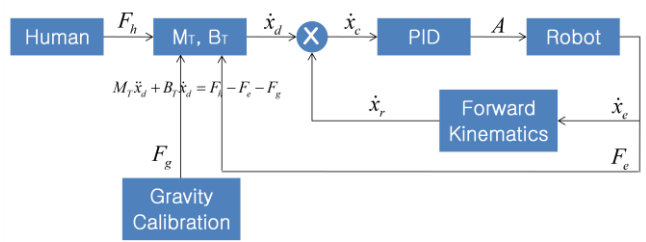


Fig. 6 S/W for hoist system

Table 1 Symbol and Meaning for hoist controller

Symbol	Meaning
$F_h$	Human force
$F_e$	Environment force
$F_g$	Gravity force
$A$	Current
$\dot{x}_d$	Desired velocity
$\dot{x}_c$	Compliance velocity
$\dot{x}_r$	Real velocity
$\dot{x}_e$	Robot encoder velocity

최초 작업자의 힘을 통해 전달된 이상적인 힘은 실험을 통해 정해진 임피던스 파라미터들을 통해 로봇에 전달된다. 이때 중력 보상으로 생성된 중량물의 외력과 예기치 못한 환경의 외력 또는 중량물을 통해 전달되는 작업자의 외력이 이상적인 힘과 조정되고, 이 조정된 힘은 실제 로봇의 힘에 대한 임피던스 파라미터와 비교된다. 그리고 이렇게 생성된 파라미터들은 PID 제어기를 통해 오차를 추종한다. 이러한 구성된 호이스트 시스템의 제어기는 작업자와 환경의 임피던스를 고려하여 두 힘의 이상적인 동적 거동을 결정한다.

5. 결론

중량물을 다루는 공정은 정형화된 공장에서 꼭 필요한 공정이다. 특히 완전한 자동화가 되지 않은 공장에서 중량물을 다루는 작업은 전체 작업 효율에도 영향을 미친다. 이에 본 논문에서는 기존의 호이스트 시스템 및 작업자의 요구조건을 분석하였다. 그리고 분석 결과를 통해 해결 방안인 HRC 제어기를 제안하였다. 또한 개념 설계를 통해 HRI 및 호이스트 모듈을 제안하였고, 상세 설계를 통해 호이스트의 H/W 를 개발하였다. 마찬가지로 HRC 를 적용한 S/W 를 개발하였다. 이에 개발된 H/W 및 S/W 의 성능평가가 수행 될 것이고, 성능평가의 결과는 새로운 호이스트 시스템의 수정 및 보완하는데 참고자료가 될 것이다.

후기

본 연구는 중소기업 산학협력지원사업(00024442)의 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. Greg R. Luecke, et. Al., 2000, "IMPEDANCE FIELDS FOR TRAJECTORY ENHANCEMENT IN THE INTELLIGENT ASSIST DEVICE", ICRA 2000 : 2783~2788
2. J Edward Colgate et. Al., 2003, "Intelligent Assist Devices in Industrial Applications : A Review", IROS 2003. 2516~2521
3. Lee, Seung Yeol et. Al., 2007, "Human-Robot Cooperative Control for Construction Robot", KSME, Vol. 31, No. 3, pp. 285~294.
4. Jong ho Choi et. Al., 2006, "Automation system for curtain wall installation 2", vol. 23, No. 1, pp. 710~715