

Double Sensor Type 감지장치를 통한 리프트 정지위치 오차누적 개선 방안 제안

A Study on the Improvement Method for Preventing Lift Stop Position Error using Double Sensor Based Lift Stop Sensing Device

이 종 현* 권 순 욱** 박 성 응*** 이 미 나****
Lee, Jong-Hyun Kwon, Soon-Wook Park, Sung-Ung Lee, Mi-Na

Abstract

The Plan and equipment of vertical lifting are very important in high-rise building construction site, and unmanned lifts usage is increasing for financial and efficient reason. However if lift stop position error occur, It can be accumulated. And the lift can not be available during an engineer fix the problem. So loss of time and cost will occur when lifts have problems. This paper reports an improved lift stop position sensing device for preventing loss of time and cost from lift stop position error. The result of tests showed that the system has a correction function of lift stop position error, and the accuracy of device which was developed in this paper was about 9.75mm better than existing equipment.

Keywords : *Lift Stop Position Sensing, Lift Monitoring, Preventing Accumulation of Lift Error*

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 초고층 건축물은 건설 시장의 하나의 트렌드가 되었다. 실제로 국내 외 건설 시장에서 초고층 건축물은 많은 수요를 가지고 건설되고 있다. 현재에도 100층이 넘는 초고층 건축물들이 많은 지역에서 건설되고 있다. 도시 인구의 과밀화로 인한 효율적인 토지 사용의 필요성과 초고층 건축물이 가지는 도시의 랜드마크적인 이미지는 건축물의 고층화를 가속화하고 있다.

건축물이 고층화됨에 따라 공사 진행 과정에서 수직양중에 대한 비중이 커지고 있다. 인력과 자재의 효율적인 양중계획을 세우는 것이 초고층 건축물 공사에서 공기단축을 통한 비용절감에

큰 영향을 끼칠 수 있기 때문이다.

초고층 건축 현장에서 성공적인 수직양중을 실시하기 위하여 효율적인 양중계획과 더불어 효율적인 장비사용을 위해 양중장비를 개선하는 연구 또한 필요성이 증가하고 있다. 그 이유는 건설 현장에서 수직양중 작업의 대부분을 담당하는 타워크레인 리프트의 고장, 안전사고, 그리고 장비 운전 인력의 확보 등의 문제 때문이다. 그래서 최근 건설 자동화 연구를 통하여 이런 문제점을 개선하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 실제로 건설 현장에서 무인 리프트의 사용이 상용화 되고 있고, 무선 RF모뎀과 GPS를통해 철골부재를 자동으로 추적하는 타워크레인에 대한 연구(윤석현 외 2010) 같은 무인 자동화 장비에 대한 연구 또한 진행되고 있다.

* 일반회원, 성균관대학교 대학원 u-City공학과 석사과정, jhyunni@nate.com

** 중신회원, 성균관대학교 건축공학과, u-City공학과 교수, 공학박사(교신저자), swkwon@skku.edu

*** 일반회원, 광신ASD(주), 대표, ung5070@hanmail.net

**** 일반회원, 성균관대학교 대학원 사회환경시스템공학과 석사과정, lee01930@nate.com

본 연구에서는 합리적인 리프트 상태 관리와 문제 대응을 위해 스마트 리프트 모니터링 시스템을 제안하며, 세부 기술로 리프트 정지 위치에러를 개선하고자 Double Sensor Type 정지위치 감지장치를 개발하였다. 리프트가 정확한 위치에서 정지하지 않게 되면, 작업자가 자재를 운반하는데 장애가 되고, 안전사고가 발생할 수 있다. 이러한 이유로 노동부 리프트 제작기준·안전기준 및 검사기준에 의하면 원격제어기로 조작하여 리프트를 운전하는 경우 운반부 바닥면과 건축물의 물건 반입구 바닥면의 높이 차이가 50mm이하에서 정지하도록 할 것을 명시하고 있다. 리프트 정지위치 에러가 누적되면 리프트가 엉뚱한 위치에서 정지하는 경우가 발생하는데, 이를 해결하기 위하여 리프트 업체 기술자가 문제 발생 시 현장에 와서 리프트 층 위치를 재세팅하는 작업을 실시하며 관리한다. 이런 경우 리프트를 재세팅하는 동안 리프트 사용이 불가하기 때문에 공사 진행에 장애가 된다. 특히 초고층 공사와 같이 리프트 사용빈도가 높고, 리프트에 의한 의존도가 높을 경우, 리프트 정지위치 에러를 해결하기 위한 비용 및 공사 진행 장애에서 오는 손실이 커질 것이라 예상된다. 때문에 리프트 정지 위치 정확도를 높이고 에러 발생 시 이를 보완 가능한 장비를 개발한다면 수직양중 측면에서 보다 효율적인 건설관리가 이루어질 것이다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 스마트 리프트 정지위치 모니터링 시스템의 개발 과정 중에서 시스템 요소 기술 중의 하나인 기존 리프트 정지위치 인식방법에 대한 개선 장치 개발에 대하여 초점을 가지고

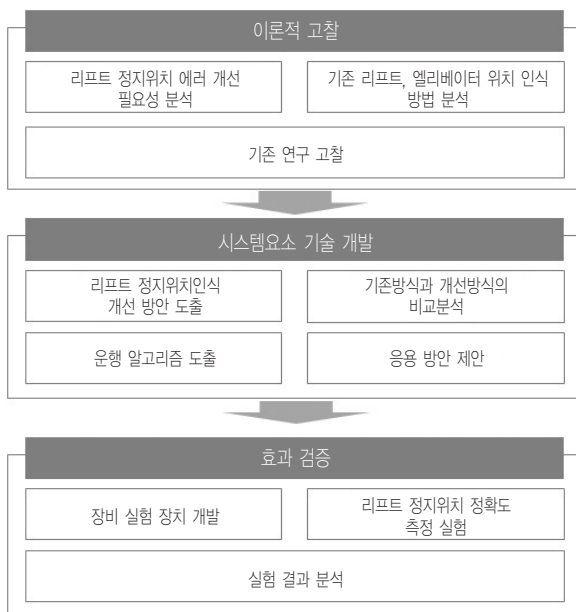


그림 1. 연구 흐름도

연구를 진행하였다. 본 연구의 연구절차는 다음과 같다.

우선, 리프트 정지위치 에러의 개선 필요성과 리프트와 엘리베이터의 비교, 그리고 현재 사용되고 있는 무인 리프트에 대한 조사 분석 및 기존 연구 고찰을 실시하였다. 다음으로 기존 리프트 정지위치 방식과 비교하여 리프트의 정지위치 에러 발생 시 차후 운행에서 이를 보정할 수 있는 Double Sensor Type 정지위치 감지장치를 개발하였다. 마지막으로, 본 연구에서 개발된 Double Sensor Type 정지위치 감지장치의 정지위치 에러 보정 성능과 정확도를 확인하고자 실험 장비를 제작하여 실제 리프트에 설치한 후 실험을 수행하고, 결과를 분석하였다. 본 연구의 흐름은 그림 1과 같다.

2. 이론적 고찰

2.1 기존 무인 리프트의 문제점

기존 건설현장에서 리프트는 무선에 의해 요청되며 전임 운전원에 의해서 상승 하강의 버튼으로 작동되었다. 하지만 최근에는 전임 운전원 확보의 어려움과 전임 운전원의 임금, 그리고 전임운전자 부재 시 리프트 사용의 불편 등을 이유로 무인 리프트의 사용이 상용화 되고 있다. 이런 무인 리프트는 상부 설치된 인코더가 rack gear를 타고 움직이며 생기는 회전수를 측정하는 방식으로 각 층의 위치를 세팅한 후 사용한다. 하지만 기존 방식은 브레이크 패드 마모, 양중 자재의 높은 하중에 의한 밀립 현상 등의 이유로 리프트가 목표 정지 위치를 유지하지 못하고 조금 아래로 처지게 되는 경우나 관성으로 목표 위치보다 위쪽에 정지될 경우에 이를 인식하지 못한다. 그러기 때문에 반복적인 사용 과정에서 정지 위치 오차가 누적되어 오차가 점점 커지게 되는 문제점을 가지고 있다. 초고층 건설 현장에서 리프트의 사용 빈도나 리프트의 속도, 운행 거리를 볼 때 오차의 누적이 더 심할 수 있고, 그것을 해결하기 위한 시간 또한 더 오래 소요되기에 개선의 필요성이 크다.

2.2 기존 연구 고찰

초고층 건설 현장의 증가에 따른 건설 자동화 연구가 활발히 진행되고 있다. RFID + 4D CAD를 통합한 시스템(Chin S.Y. 외 2008)을 통해 효율적인 프로젝트 진도 관리 방안을 제안되었으며, 건설용 리프트 카의 출입 인원 측정 하드웨어 개발(안홍락 외 2010)에 대한 연구가 진행되었다. 표 1은 건설 자동화 및 장비 개선 방향에 대한 최근 연구 현황을 조사한 것이다.

하지만 현재까지 리프트 장비에 대한 개선 연구는 매우 부족

한 실정이다. 양중 장비에 대한 연구 비율 중 리프트에 관한 연구 비율은 다른 양중장비인 타워크레인에 대한 연구와 비교해 보아도 매우 적은 편이다. 또한 리프트에 관한 연구의 대부분은 대수 산정 계획, 양중계획 위주로 진행되어 왔으며, 장비 개선을 위한 연구는 미흡한 상태이다. 이에 본 연구에서는 기존 리프트 장비의 보완점을 분석하고 개선 방안을 제안하고자 한다.

표 1. 건설 자동화 및 리프트 장비 관련 주요 연구

구분	저자 (연도)	연구내용
건설 IT	손치수 외 (2008)	RTVS(Real Time Visualization System)의 프로토타입을 개발, 기존 시스템과 다르게 현장 상황을 실시간으로 3차원 시각화된 모델로 표현 가능
	Sangyoon Chin 외 (2008)	초고층 빌딩 프로젝트의 철골 요소와 커튼 월을 대상으로 RFID+4D CAD를 통합한 시스템을 통하여 효율적이고 능률적인 프로젝트 진도 관리를 제안
	강인석 외 (2008)	4D CAD를 활용하여 플랜트 공사의 특성(시공성 분석, 작업우선순위 선정, 주요 공저의 표준 일정관리)을 고려한 시각화 시스템 기능 구성방법과 구성방안을 제시
건설 자동화	김군태 (2009)	유피쿼터스 기반 안전관리 모니터링을 위한 기초연구를 제시, 건설현장 안전관리제도를 분석하고 적용 가능한 기술 도출
	윤석현 외 (2010)	무선 RF모뎀과 GPS를 통합한 타워크레인의 철골 부재의 실시간 양중 위치 추적시스템 개발
	이정호 외 (2010)	건설자동화 기술 개발 우선순위 도출 및 기술 로드맵 구축을 위한 설문 분석 및 우선순위 도출, 건설 자동화 및 로봇 기술개발 로드맵 구축
리프트 장비 관련 연구	강용탁 (2007)	건설용 무인리프트의 안전성 확보 및 안전성 개선사항 제시
	신윤석 외 (2010)	이산시간 시뮬레이션을 이용하여 초고층 공사의 리프트 양중계획에 대한 모델을 제시
	최광수 외 (2002)	기존 건설용 리프트의 사용실태를 조사하고 문제점을 분석, 기술적 측면 개선대책과 공사현장 측면의 개선대책
	Chang-Yeon Cho 외 (2011)	차세대 리프트 톨킷 개발을 통한 수직양중 관리 개선을 위한 연구, IM과 IH의 통신과 RFID기술에 의한 자재정보 및 수직운송망식 개발
	안홍락 외 (2010)	건설용 리프트 카의 출입인원의 측정이 가능한 하드웨어를 구축하여, 일반적이고 정형화된 상황에서 출입인원을 측정할 수 있는 시스템 개발

다. 단지 엔코더 내부 기어가 회전할 때 근접센서를 지나가는 홈의 숫자를 세는 방식이기 때문이다. 예를 들면, 내부 기어가 오른쪽으로 3번, 왼쪽으로 5번 회전할 경우 기존방식은 방향성을 판단하는 것이 불가능하기 때문에, 8번 회전했다는 정보로만 인식한다. 하지만 실제 위치는 왼쪽으로 2번 회전한 상태이다. 이런 이유로 기존 장치는 리프트의 상승과 하강의 방향성을 판단할 수 없는 단점을 가진다. 때문에 리프트 정지 후, 즉 이동 완료 후 이동 명령 신호가 끊긴 후에 무거운 하중이나 관성, 브레이크 패드 마모와 같은 여러 가지 외부 요인들에 의해 리프트의 위치가 변하는 경우 기존 장비인 Single Sensor Type의 정지위치감지 장치는 그 변화를 인식하지 못한다. 즉 무인 리프트가 인식하는 리프트 카의 위치와 실제 리프트 카의 위치의 차이가 생기는 정지 위치의 오차가 발생한다. 이런 이유로 정지 위치의 오차는 리프트를 사용하면서 누적이 되어 리프트 사용에 장애를 줄 수 있다. 이런 상황이 발생하면 리프트 업체에 요청하여 리프트의 정지 위치를 다시 세팅하는 작업이 필요하게 되는데, 그 과정 동안 리프트 사용이 불가능하게 되므로, 재 세팅 작업이 완료될 때까지 공사 작업 진행을 저해하게 된다.

이렇듯 초고층 건설현장에서 리프트 장비 관리는 공사 진행에 큰 영향을 줄 수 있는 요소이다. 이런 면에서 기존의 낙후된 기존 리프트를 개선하여 리프트 상태 정보를 작업자와 중앙서버, 리프트 업체가 항시 제공 받을 수 있어 관리를 용이하게 하고, 기본적으로 리프트 오차 누적을 방지하는 리프트 장비 개선 방안 개발을 통해 초고층 건설현장에서 효율적이고 안정적인 리프트 사용을 가능하게 하는 시스템이 스마트 리프트 정지위치 모니터링 시스템이다. 그림 2는 리프트 정지위치 모니터링 정보를 중앙서버, 리프트 업체에 전송하고 관리하며, 리프트를 사용하는 작업자에게도 정보를 제공하여 실시간으로 리프트 정지위치 감지 상태를 모니터링 하는 시스템에 대한 개념을 도식화한 것이다.

3. Double Sensor Type 개발

3.1 기존 리프트 정지위치 감지장치의 한계

기존의 리프트의 정지위치감지 장치는 하나의 근접센서를 사용하는 인코더를 사용하여 pulse 수치를 측정하여 리프트의 정지 위치를 파악한다. 하나의 근접 센서를 통해 엔코더 내부의 기어 회전수를 측정하기 때문에 방향성을 파악하는 것이 불가능하

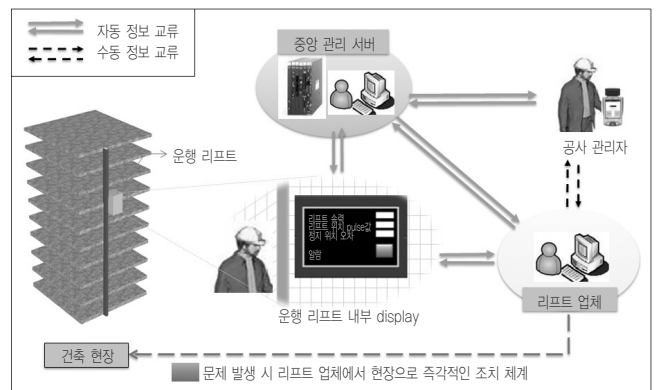


그림 2. 스마트 리프트 모니터링 시스템 개념도

3.2 Double Sensor Type 정지위치감지장치

3.2.1 기존 엘리베이터와 리프트 정지 방식 분석

무인 리프트는 정지위치감지를 위해 encorder를 사용하여 기어의 회전에 따르는 pulse 값을 측정하여 리프트 사용 이전 시점에서 각 층에 pulse 값을 측정해 세팅하고 이 수치를 지표로 층 위치를 인식한다. encorder는 보통 리프트 상부에 설치되어 마스트에 설치된 rack gear와 맞물려 상승 또는 하강을 하는 과정에서 리프트의 위치 pulse 값을 인식한다. 이런 방식은 건물 상부에 위치하여 도르래 방식으로 케이지를 움직이는 엘리베이터 방식과 차이를 가진다. 그 이유는 엘리베이터는 완성된 건물에 설치되어 있어 각 층에 정지 위치와 감속위치를 알려주는 센서를 설치하여 정지 위치를 인식시킬 수 있지만, 건설 현장 건물은 공사가 진행 중이기 때문에 매번 새로 생기는 층의 바닥면에 센서를 설치하는 비효율성으로 인해 rack gear를 encorder에 연결된 기어가 이동하면서 생기는 회전에 의한 pulse 값을 통해 정지 위치를 인식한다. 그림 3은 엘리베이터가 정지위치를 감지하는 방법을 표현한 것이다.

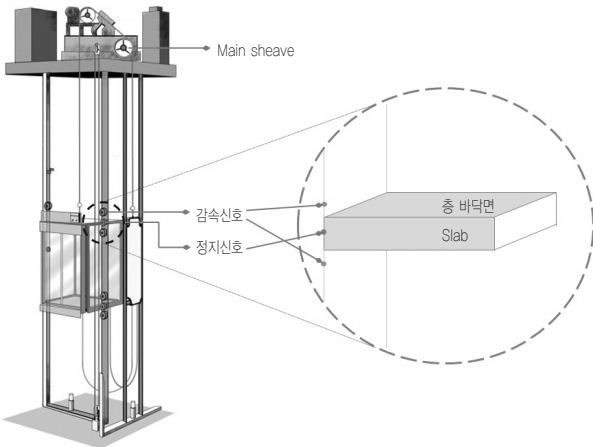


그림 3. 엘리베이터의 운행 및 정지위치 감지방식

엘리베이터와 다르게 건설용 리프트는 rack gear와 기어를 맞물려 돌아가게 하여 encorder에서 그 회전을 통해 pulse 값을 인식하는 방식으로 정지위치를 감지한다. 완성된 건축물이 아닌 공사가 진행 중인 건축물이기에 각 층에 정지위치를 감지하는 장치를 설치하기 보다는 리프트 자체적으로 정지위치를 감지하는 방식을 따른다. 그림 4는 리프트가 정지위치를 감지하는 방식에 대하여 표현한 그림이다.

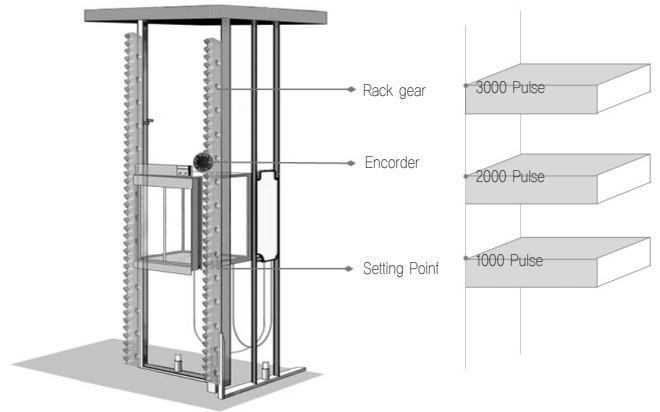


그림 4. 리프트의 운행 및 정지위치 감지방식

기존의 무인 운행 리프트의 정지위치감지 장치로 사용되는 encorder의 원리는 리프트가 운행하며 rack gear와 맞물려 돌아가는 외부기어가 encorder 내부의 기어와 연결되어 있고, 하나의 근접센서가 설치되어 있어 내부 기어의 홈을 읽어가면서 pulse값을 측정해서 회전수를 측정하는 방법으로 리프트의 정지위치를 파악하는 방식이다. 아래 그림 5는 encorder가 근접센서를 통해 내부 기어의 pulse 값을 측정할 것을 나타내는 그래프이다. 기존에 무인 리프트에서 사용되는 이와 같은 Single Sensor Type 장치는 엔코더에 연결된 판의 파인 홈 부분을 센싱하며 회전수를 읽어간다. 하지만 하나의 센서를 사용하기 때문에 상승이나 하강이라는 방향성을 파악하지는 못하고 판이 돌면서 센싱되는 파인 홈 부분의 수만을 파악하는 것이다. 이런 이유로 기존의 무인 운행 리프트는 목표 층의 pulse 값까지 이동 후엔 더 이상 신호를 보내지 않고 정지한다. 그러기 때문에 정지 후에 생기는 움직임을 상하 움직임을 파악하지 못하는 기존 방식으로는 파악할 수가 없다.

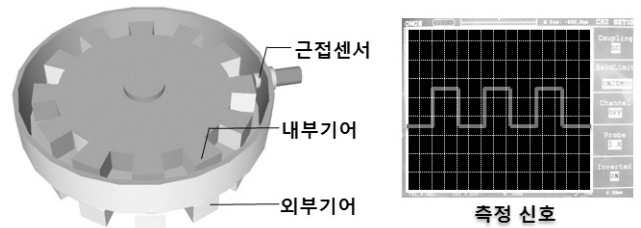


그림 5. 기존 Single Type 방식의 장치와 측정되는 신호 형태

3.2.2 Double Sensor Type 정지위치 감지장치 개발

본 연구에서 제안하는 Double Sensor Type 정지위치감지 장치는 기존의 Single Sensor Type과는 다르게 리프트 상하 움직임의 방향성을 알 수 있고, 그로 인해 리프트가 목표 층에 정지한 후의 움직임을 파악할 수 있다. 그림 6은 Double Sensor Type 정지위치감지장치의 모형과 그것이 보여주는 pulse값을 나타내는 그래프를 보여준다.

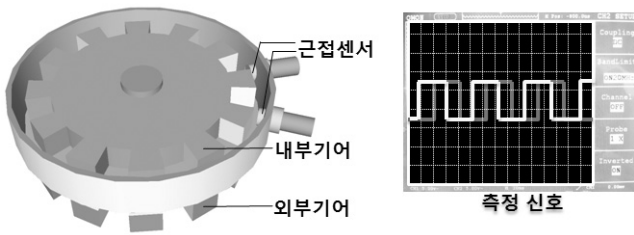


그림 6. 개발된 Double Type 방식의 장치와 측정되는 신호 형태

그림 6을 통해서 알 수 있듯이 Double Sensor Type 정지위치감지 장치는 두 개의 근접 센서를 통해 두 가지 pulse값을 얻는다. 하나는 상승을, 다른 하나는 하강을 센싱하기 때문에 리프트가 상승하거나 하강하는 움직임을 파악할 수 있다. 이런 이유로 pulse값을 나타내는 그래프 역시 두 가지가 동시에 교차되어 나타나며, 발생 순서를 인식하는 것이 가능하게 되어 리프트의 상승, 하강의 방향을 인식한다.

Double Sensor Type 정지위치감지 장치는 이 같은 방향성을 인식한다는 강점으로 리프트가 목표 층에 도달하여 운영을 완료한 후의 움직임 또한 파악 가능하여 실제로 리프트가 위치하는 현재의 pulse 값 인식을 통해 이후 운영에서 오차를 만회할 수 있다. 한 가지 예를 들어 기존의 Single Sensor Type과 Double Sensor Type의 층 인식의 차이를 보여주고, 이를 통해 리프트 정지 위치 오류를 보완하는 원리를 설명해 보도록 하겠다. 그림 7은 Single Type 과 Double Type의 층 인식 방식의 차이를 설명하기 위한 예시 운영 상황을 표현한 것이다.

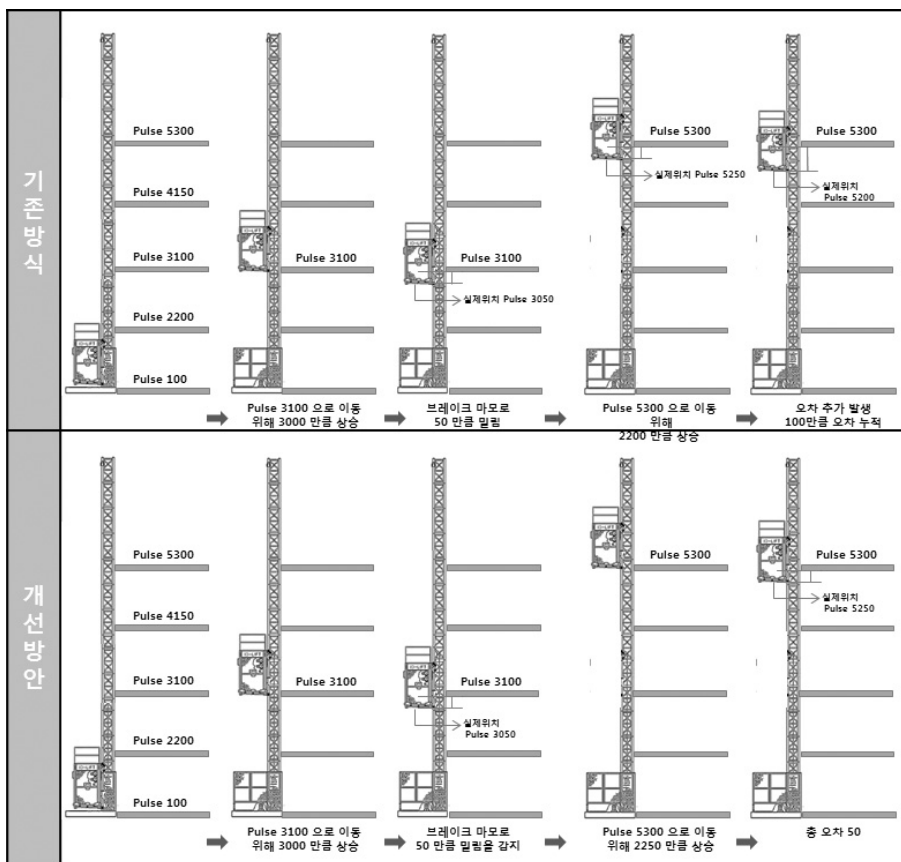


그림 7. Single Type 과 Double Type의 성능 차이를 설명하기 위한 예시 프로세스

예시의 상황은 다음과 같다. 3층에 초기 세팅된 pulse 값이 3100이고 5층에 초기 세팅된 pulse 값이 5300이라고 가정한다. 그리고 Single Sensor Type을 사용하는 리프트 A는 1층에서 3층으로 이동한다. 그러기 위해 pulse 값 3100이 되는 위치로 이동한다. 목표 층인 3층에 도달 후 브레이크 패드가 마모되어 50mm 아래로 밀려 내려가서 정지하였다. 그래서 실제로 위치하는 pulse 값은 3050이 된다. 하지만 Single Sensor Type의 리프트는 변화된 위치를 파악할 수 없기 때문에, 자신의 위치의 pulse 값을 3100이라고 여전히 인식한다. 그러기 때문에 다시 5층으로 이동할 경우에 5300의 pulse 값을 가지는 위치로 이동하기 위해 2200 pulse 값만큼 상승을 하지만 실제 위치는 5300이 아니라 5250의 pulse 값을 가지는 위치에 정지한다. 만약 브레이크 패드 마모로 인해 5층에서도 또 50mm가 밀려 내려가서 정지한다면, 이 후에 운행에서는 50의 pulse 값이 추가로 더 오차로 발생한다. 즉 외부 요인에 의해 리프트의 정지위치에 오차

가 생긴다면, 그것을 보정할 수 없고, 또 오차는 누적되어 점점 커지게 된다.

반면에 Double Sensor Type의 리프트는 목표 층인 3층에 이동 완료 후에 똑같이 50mm가 밀려 내려간 위치로 이동되어 정지할 경우에도 상승 하강의 방향성을 인식 가능하기 때문에 자신의 현 위치를 3100이 아닌 3050 pulse 값으로 인식한다. 때문에 다시 5층으로 이동할 경우 기존방식의 리프트처럼 2200 pulse 값만큼 상승하는 것이 아니라 2250 pulse 값만큼 상승한다. 이런 원리로 리프트의 정지위치에 오차가 생기더라도 차후 운행에서 이를 보정해서 이동하기 때문에 오차를 보정하고, 누적을 방지하는 효과를 가진다.

그림 8은 기존 방식인 Single Sensor Type이 정지 후 생기는 리프트의 위치변화를 인지하지 못하여 실제 위치와 리프트가 인식한 위치의 차이가 생기는 운행과정을 Double Sensor Type과 비교하여 표현한 것이다.

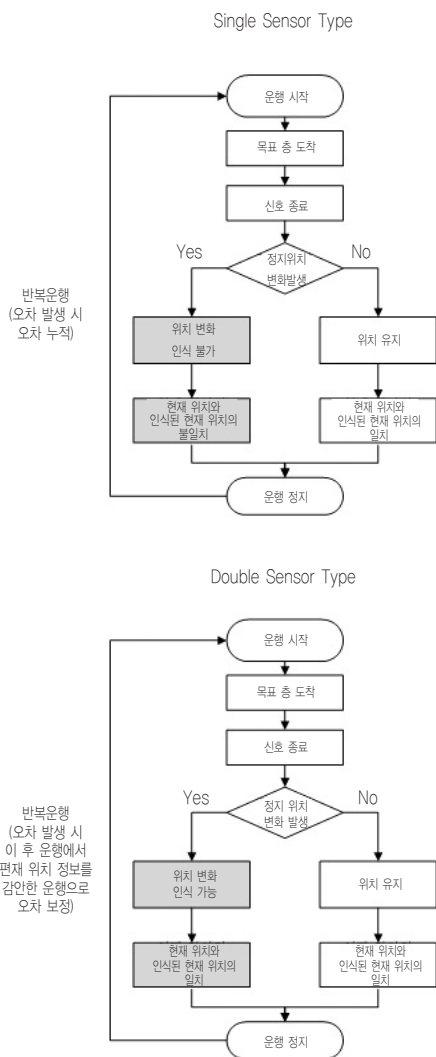


그림 8. 정지위치 감지 과정의 차이

4. 개선 방안에 대한 검증

4.1 실험 장비 제작

본 연구에서 제안하는 Double Sensor Type 정지위치 감지장치에 대한 검증으로 시제품 제작을 통해서 성능 테스트를 실시하였다. 실험은 60m 높이의 Test Tower를 보유한 리프트 제작 업체인 리프텍의 협조를 받아 Test Tower에서 진행되었다. 실험을 진행하기 위하여, 리프트에 개발된 Double Sensor Type 정지위치감지장치를 설치하였고, 리프트를 운행하면서 리프트의 정지위치와 목표위치의 차이를 보여주어 리프트 정지위치의 정확도를 보여주는 장치를 설치하였다.



그림 9. 설치된 Double Sensor Type 정지위치감지장치

위 그림 9는 실험을 위해 리프트 상부에 Double Sensor Type 정지위치 감지장치를 설치한 것을 보여준다. 그림 9를 통해서 볼 수 있듯이 Rack gear와 연결된 정지위치 감지장치의 우측에 2개의 근접센서가 설치되어 있고, 그것에 대한 2개의 케이블이 연결되어 리프트 내부의 컨트롤러로 연결된 것을 볼 수 있다. 이 장비의 단면은 그림 6을 통해 설명하였다. 외부 기어가 우측 rack gear를 타고 이동하면서 맞물려 회전하게 되고, 외부 기어와 연결된 내부기어의 회전수를 두 개의 근접센서로 방향성을 인식하며 파악하는 장비이다.

정지위치 감지장치가 인식하는 내부기어의 회전수를 파악하여 리프트 내부의 컨트롤러에 데이터를 보내면 그 회전수를 통해 리프트의 현재 위치를 파악한다. 이런 현재 위치와 목표된 위치의 펄스값의 차이를 나타내어 주는 장치를 개발하여 실험 리프트 내부에 설치하였다. 그림 10은 실험 리프트 내부에 설치된 컨트롤러와 그 안쪽 회로에 설치된 리프트 정지위치와 목표위치의 pulse 값을 표현하여 리프트의 정지위치의 정확도를 표시해주는 장치를 보여준다.

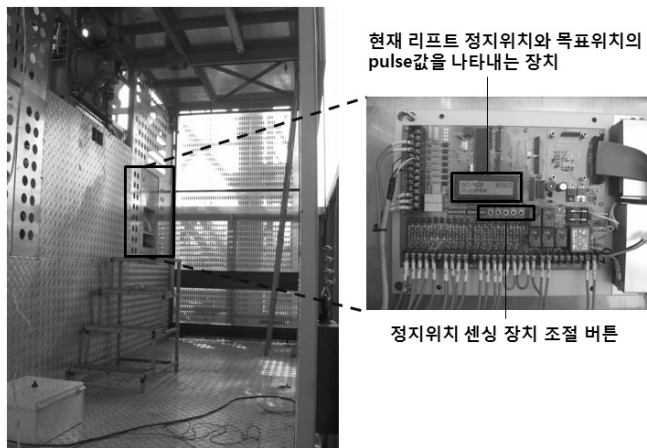


그림 10. 리프트 정지위치 정확도 측정 장치 설치

4.1 정지위치 정확도 측정 실험 수행

실험은 Double Sensor Type 정지위치감지장치가 가지는 장점을 검증하기 위해 출발 위치를 임의로 변화시켜 실험에 임하였다. 예를 들어 원래 1층 높이보다 높게 혹은 낮게 위치를 변경하여 외부요인에 의한 리프트의 정지위치 오차가 발생된 상황을 임의로 만들었다. 그 이유는 그림 7을 통해 설명한 것처럼, 본 연구에서 개발된 Double Sensor Type 정지위치 감지장치는 브레이크 패드 마모나, 하중, 관성 등 여러 외부요인들에 의하여 리프트의 정지위치 오차가 생긴 경우, 현재의 정지위치와 장비가 인식하는 정지위치를 일치시켜 차후 운행에서 이를 보완하는

기능을 가지기 때문이다. 이런 이유로 리프트의 출발위치를 임의로 변경하여 리프트 운영을 시작하였고, 3층을 1482 pulse값으로, 5층을 1811 pulse값으로 설정하여 반복운행을 실시하면서 3층, 5층 정지 시 정지위치의 정확도를 측정하였다.

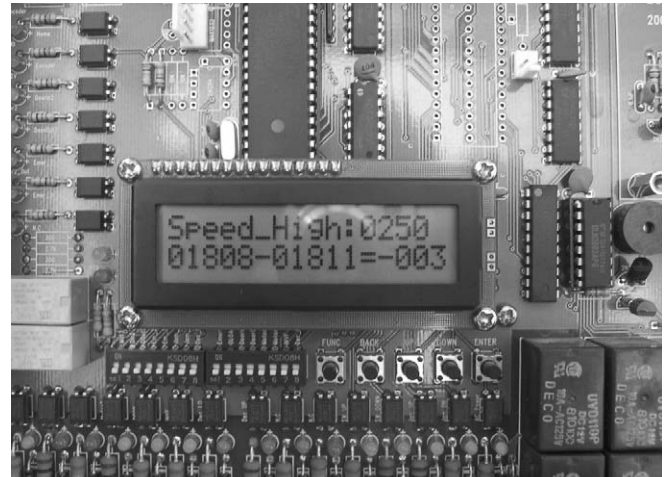


그림 11. 리프트 정지위치 측정 장치

그림 11은 리프트 정지위치 측정 장치로 실험하는 과정에서 리프트의 목표 위치의 pulse값과 실제 위치 pulse값의 차이를 표시해주는 장치를 보여준다. 1811은 실험에서 설정된 5층의 높이를 나타내는 pulse값이고, 1808은 실제 정지한 위치를 나타내는 pulse값이다. 결과로 -003이 나타내는 것은 리프트의 실제 위치가 목표위치보다 3 pulse값만큼 아래에 위치한다는 의미이다. 3 pulse 값의 오차가 발생했다는 것은 29.25mm의 오차가 발생했다고 볼 수 있다. 그 이유를 설명하면, 본 실험에서 사용된 정지위치 감지장치의 외부기어와 맞물리는 rack gear의 한 피치가 19.5 mm이다. 그래서 1 pulse는 0 ~ 19.5 mm 사이의 값을 갖는다. 때문에 1 pulse의 평균적인 오차 값을 본 실험에서는 19.5의 1/2값인 9.75mm로 설정하였고, - 3 pulse는 29.25mm 만큼 목표 위치보다 아래에 위치함을 의미한다.

Double Sensor Type 정지위치 감지장치의 성능과 장점을 검증하기 위하여 -3cm에서 +3cm까지의 7가지 다른 출발위치에서 실험에 임하였고, 운행 후 3층과 5층으로 설정된 목표위치에 정지하여 얻은 실험값은 표 2와 같다. 각각의 다른 출발 위치에서 10회씩의 실험을 실행하였고, 총 140번의 시험 운영을 실시하였다.

표 2에서 첫 번째 표는 출발 위치에서 운행 후 3층에 정지하였을 때의 정지위치 pulse값들이고, 두 번째 표는 5층에 정지하였을 때의 정지위치 pulse값들이다. 마지막 표는 실험 대조군으로 기존 정지위치 감지장치로 운행 후 3층과 5층에 정지하였을 때

의 pulse값이다. 3층에 정지하였을 때의 평균 pulse값은 1481.82로 0.18 pulse 정도의 오차가 평균적으로 발생하였다. 5층의 경우는 1809.68을 평균 pulse값으로 가지며 1.32 pulse 정도의 오차가 평균적으로 발생하였다. 하지만 목표 위치보다 높은 위치나 낮은 위치에서 정지한 값들은 서로 상쇄되면서 평균 값에 영향을 주기 때문에 평균값은 각각의 오차보다 작게 표현될 수 있다. 때문에 기존 정지위치 감지장치와 개선방안의 성능을 비교하기 위하여 그래프로 오차의 분포 범위를 그림 12와 그림 13에서 표현하여 비교하였다.

표 2. 정지위치 정확도 측정 실험값

3층 - 1482 pulse

시행 횟수 출발 위치	시행 횟수										평균
	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회	
-3 cm	1484	1482	1481	1483	1482	1483	1482	1482	1481	1484	1482.27
-2 cm	1482	1480	1482	1480	1483	1484	1482	1483	1482	1482	1482.87
-1 cm	1481	1482	1484	1482	1480	1482	1482	1482	1483	1482	1482.27
0 cm	1480	1483	1481	1483	1481	1483	1482	1482	1482	1481	1482
1 cm	1482	1483	1483	1481	1482	1482	1483	1482	1482	1483	1482.4
2 cm	1484	1482	1483	1482	1481	1482	1481	1483	1483	1482	1481.87
3 cm	1483	1482	1482	1481	1482	1481	1483	1482	1481	1483	1481.93
평균	1482.57	1482.71	1482.86	1481.29	1481.29	1481	1482.43	1482.29	1482.14	1482.14	1481.82

5층 - 1811 pulse

시행 횟수 출발 위치	시행 횟수										평균
	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회	
-3 cm	1811	1809	1812	1811	1811	1812	1811	1812	1810	1811	1811.27
-2 cm	1810	1811	1811	1809	1810	1811	1813	1811	1812	1810	1811.47
-1 cm	1812	1811	1810	1811	1811	1811	1810	1812	1811	1810	1810.53
0 cm	1810	1810	1812	1811	1812	1813	1811	1811	1809	1811	1810.93
1 cm	1811	1812	1811	1813	1811	1811	1809	1809	1810	1812	1810
2 cm	1812	1811	1810	1811	1812	1811	1811	1812	1811	1810	1810.8
3 cm	1813	1810	1811	1813	1811	1809	1810	1809	1809	1811	1809.6
평균	1812.57	1811.14	1810.43	1813	1811.71	1809.86	1809.57	1810.57	1809.43	1811	1809.68

기존 정지위치감지장치(Single Sensor Type 정지위치 감지장치)

시행 횟수 출발 위치	시행 횟수										평균
	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회	
3층	1482	1484	1482	1480	1485	1482	1485	1479	1481	1479	1480.2
5층	1813	1811	1814	1811	1814	1808	1809	1808	1811	1813	1809.9

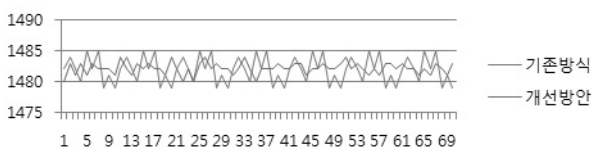


그림 12. 3층 정지위치 측정 실험값 비교

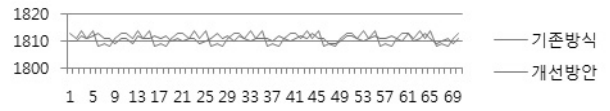


그림 13. 5층 정지위치 측정 실험값 비교

표 2에서 실험값을 분석해 본 결과 Double Sensor Type 정지위치 감지장치를 사용하는 개선 방안은 -2 ~ 2 pulse 값 정도의 오차를 가진다. 이는 기존 방식인 Single Sensor Type으로 수행한 실험값보다 오차가 약 1 pulse 정도 적게 나타나는 수치이다. 그림 12와 그림 13에서 오차의 분포를 보면 기존방식에 의한 정지 실험값보다 개선방안에 의한 정지 실험값이 적은 오차를 발생하며 분포되고 있다는 것을 확인할 수 있다. 이는 Double Sensor Type 정지위치 감지장치가 이전 운행에서 문제가 발생할 경우 차후 운행에서 이를 보완하는 장점을 기존방식과 다르게 가지지만, 이론적으로 같은 분해능을 가지는 장비를 사용하기 때문에 브레이크 패드 마모나 하중, 관성 등의 외부요인에 의한 오차가 발생하지 않은 일반적인 상황에서는 같은 정확도를 보여줄 것이라는 예상과 다른 결과이다. 이런 결과가 발생한 이유는 1 pulse의 오차 범위가 0~19.5mm이기에 1pulse의 오차가 발생할 경우 이를 평균적으로 9.75mm로 오차 값을 설정하였다. 하지만 Double Sensor Type 정지위치 감지장치는 기존방식과 다르게 오차 발생 시 이를 보정하는 기능이 있기 때문에, 운행 중 0 ~ 19.5mm 사이에서 발생하는 오차를 반복 운행 중에서 미세하게 보완해 갔기 때문에 결과 오차 값이 미세하게 1 pulse 정도 개선되어 나타났다고 판단된다.

임의로 출발 위치를 수동으로 다르게 설정한 후 설정된 3층과 5층을 반복으로 운행과 정지를 통해 정지위치 정확도 측정 실험을 실시해 본 결과, 본 연구에서 개발된 Double Sensor Type 정지위치 감지장치는 브레이크 패드 마모, 관성, 하중 등의 여러 외부요인에 의해 발생하는 리프트 정지위치 변경 오차를 차후 운행에서 보정하는 강점을 가진다고 판단된다. 추가적으로 같은 성능을 지닌 장비라도 Double Sensor Type 정지위치 감지장치를 사용한다면 1 pulse, 즉 약 9.75mm 정도의 리프트 정지위치 정확도가 향상되는 것을 확인하였다.

반복 운행과 사용 빈도가 높을수록 Double Sensor Type 정지위치 감지장치가 기존 장비에 비해 높은 정확도를 가질 것을 예상할 수 있으며, 때문에 적은 비용으로 리프트 재 세팅 및 정비에 소요되는 시간과 비용 및 공사 진행 장애에 따른 손실을 절감할 수 있을 것이라 판단된다.

5. 결론

본 연구에서 초고층 건설현장의 증가 추세에 대응하여 대표적인 수직양중장비인 리프트의 장비 개선을 수행하였다. 리프트의 정지위치 상태 정보를 실시간으로 나타내고 현장 서버와 리프트 업체, 작업자 그리고 관리자가 항시 리프트 상태를 체크할 수 있고, 문제 발생 시 문제 상황 정보와 알람 기능을 통해 보다 신속하고 합리적인 대응을 하도록 하는 스마트 리프트 모니터링 시스템을 제안하였다. 세부적으로 리프트의 정지위치 오류를 적은 비용으로 개선하여 리프트 정지위치 정확도를 높이고, 차후 운행에서 오차를 보완할 수 있는 Double Sensor Type 정지위치 감지장치를 개발하였고, 이를 검증하는 실험을 실시하였다. 실험을 통해 개발된 Double Sensor Type 정지위치 감지장치가 리프트 정지위치 오차 발생 시 차후 운행에서 이를 보정하는 성능을 가진다고 판단되며, 장비의 정지위치 정확도 또한 기존장비에 비하여 약 1 pulse, 즉 평균적으로 9.75mm 정도 향상되는 것을 확인하였다.

초고층 현장과 같이 리프트 사용빈도가 높은 경우 반복 운행과 사용 빈도가 높을수록 Double Sensor Type 정지위치 감지장치가 기존 장비에 비해 높은 정확도를 가질 것을 예상할 수 있으며, 때문에 적은 비용으로 리프트 재 세팅 및 정비에 소요되는 시간과 비용 및 공사 진행 장애에 따른 손실을 절감할 수 있을 것이라 판단된다.

하지만 실제 건설 현장에서는 실험 장소와 다르게 예상할 수 없는 매우 다양한 변수가 존재할 것이기 때문에 보다 높은 성능과 실용성을 위해서 실제 현장 적용을 통한 분석 및 보완이 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업의 연구비지원 (과제번호# 09 첨단도시A01)에 의해 수행되었습니다.

이 논문은 국토해양부의 u-City 석·박사 과정 지원 사업으로 지원되었습니다.

참고문헌

강용탁 (2007). “건설용 리프트카 무인자동운전장치 건설현장 적용에 관한 연구”, 건설안전기술, pp. 86~99
 강인석, 문현석, 지상복, 이태식 (2008). “플랜트공사 관리 효율화를 위한 공정정보 시각화 시스템의 주요 기능 구성방안”,

한국건설관리학회, 제9권, 제1호, pp. 66~76
 김군태 (2009). “유비쿼터스 기술 기반 건설공사현장의 안전관리 모니터링을 위한 기초연구”, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 구조계, 제29권 제 1호
 손치수, 김구택, 김경환, 이운선, 김정학, 김재준 (2008) “실시간 모니터링 시스템 프로토타입 개발에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, 제24권 제 8호
 신윤석, 강경인 (2010). “이산사건 시뮬레이션을 이용한 초고층 건축공사 건설 리프트 양중계획 모델”, 대한건축학회 논문집, 제26권 제 9호
 안홍락, 이세현, 정삼룡 (2010) “건설용 리프트카 출입인원수 측정 시스템 개발”, 한국건설관리학회 학술대회 논문집, pp. 327~328
 윤석현, 이강 (2010). “무선 RF모뎀과 GPS를 통합한 타워크레인의 철골부재의 실시간 양중위치 추적시스템 개발”, 한국건축시공학회 논문집, 제10권 3호
 이정호, 옥치을, 최효성, 김영석 (2010). “건설자동화 기술 개발 우선순위 도출 및 기술 로드맵 구축에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, 제26권 제 10호
 최광수, 김학길, 김용수 (2002), “건설용 리프트의 사용실태 조사 및 문제점 분석에 관한 연구” 대한건축학회, 제 22권 제2호
 Chin, S.Y., Yoon, S.W., and Cho, C.Y. (2008). “RFID+4D CAD for Progress Management of Structural Steel Works in High-Rise Buildings”, ASCE, Volume 22, Issue 2, pp. 74~90
 Cho, C.Y., Kwon, S.W., Shin, T.H., Chin, S.Y., and Kim, Y.S. (2011), “A development of next generation intelligent construction liftcar toolkit for vertical material movement management”, Automation in Construction 20, pp. 14~27

논문제출일: 2011.10.21
 논문심사일: 2011.10.29
 심사완료일: 2011.12.19

요 약

초고층 건축물의 수요가 늘어나면서 수직 양중 계획과 장비에 대한 중요성이 증대되고 있으며, 경제적이고 효율적인 리프트 사용을 위하여 무인 리프트의 사용 비중이 늘어나고 있다. 하지만 리프트의 정지위치 에러가 발생하거나 누적되는 경우 작업 효율성이 떨어지고, 문제 해결을 위해 리프트 업체가 리프트를 재 세팅 하는 동안 리프트 사용이 불가하게 되어 공사 진행에 장애가 된다. 본 연구에서는 리프트 정지위치 에러에 의한 시간 및 비용 손실을 방지하기 위해 리프트 정지위치 감지장치를 개발하였다. 실험을 통해, 정지위치 에러 발생 시 이를 보정하는 기능을 검증하였고, 정확도도 약 9.75mm 증가하는 것을 확인하였다.

키워드 : 리프트 정지위치 감지장치, 리프트 모니터링, 리프트 오차누적 방지
