

## 스마트 리프트 모니터링 및 제어기술



권순욱 성균관대학교 건축토목학부 교수

## 1. 서론

1885년 미국 시카고, 세계 최초의 초고층 빌딩으로 불리는 60m 높이의 홈 인슈런스 빌딩이 근현대의 새로운 마천루로써 세워지게 된다. 그 이후 건축물들은 마치 서로 경쟁이라도 하듯이 자신들의 부를 표현하며 각자의 높이를 높여가고 있다.

세계적으로 초고층 건축물은 부의 상징 외에도 많은 부분에서 서로의 경제적, 기술적 능력을 비교하는 지표가 되어가고 있다. 특히 타 건축물과 시공의 상이점에서 초고층 건축물의 시공 능력은 그 나라의 기술력과 국력의 상징이 되고는 한다. 이로 인해 중국에서는 현재 많은 수의 초고층 건축물 건설에 힘을 쏟고 있다. 2013년 기준 중국의 초고층 빌딩은 432개로 277개인 미국을 제치고 초고층 빌딩 최다 보유 국가로 자리 잡고 있다. 또한 지속적인 프로젝트를 실행하여 향후 5년 안에 압도적인 숫자를 보유하게 되어 국력뿐만 아니라 기술력에서도 과거 중국의 모습을 벗어 선진국반열에 들어간다고 생각해도 무방할 것이다.

이러한 세계적 추세에 발맞추어 우리나라 역시 기술력 확보를 위한 기술 개발을 바탕으로 초고층 건축물 시공에 박차를 가하고 있다. 이러한 초고층 시공 기술 개발의 일환으로 본 고에서는 국토해양부 소관 연구개발사업인 “첨단 도시개발사업-첨단시공기술 개발”의 일환인 “스마트 리프트 모니터링 및 제어기술 개발”의 연구 내용을 알아보고 이를 통해 국내 초고층 시공 기술의 현재 위치를 알아보도록 하겠다.

## 2. Double Sensor Type 감지장치를 통한 리프트 정지위치 조정

앞서 이야기 한 것처럼 건축물이 고층화됨에 따라 공사 진행과정에서 수직 양중에 대한 비중이 커지고 있다. 그 이유는 초고층 건축물 공사에서 공기단축을 통한 비용절감에 인력과 자재의 효율적인 양중계획을 세우는 것이 시공 생산성 향상에 큰 영향을 끼칠 수 있기 때문이다.

초고층 건축 현장에서 효율적인 수직 양중을 실시하기 위하여 체계적인 양중계획과 더불어 효율적인 장비사용을 위해 양중장비를 개선하는 연구 또한 필요성이 증가하고 있다. 그 이유는 건설현장에서 수직양중 작업의 대부분을 담당하는 타워크레인과 리프트의 고장, 안전사고, 그리고 장비 운전 인력의 확보 등의 문제 때문이다. 최근 건설 자동화 연구를 통하여 이런 문제점을 개선하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있는 것도 같은 맥락이라고 볼 수 있다. 실제로 건설 현장에서 무인 리프트의 사용이 상용화 되고 있고, 무선 RF 모듈과 GPS를 통하여 철골 부재를 자동으로 추적하는 타워크레인에 대한 연구 같은 무인 자동화 장비에 대한 연구 또한 진행되고 있다.

본 연구에서는 합리적인 리프트 상태 관리와 문제 대응을 위하여 스마트 리프트 모니터링 시스템을 제안하며, 세부 기술로써 리프트 정지 위치에러를 개선하기 위한 Double Sensor Type 정지위치 감지장치(그림 1)를 개발하였다. 리프트가 정확한 위치에서 정지하지 않게 되면, 작업자가 자재를 운반하는데 장애가 되고, 안전사고가 발생할 수 있다. 이러한 이유로 노동부 리프트 제작기준·안전기준 및 검사 기준에 의하면 원격제어기로 조작하여 리프트를 운전하는 경

우 운반 부 바닥면과 건축물의 물건 반입구 바닥면의 높이 차이가 50mm 이하에서 정지하도록 할 것을 명시하고 있다. 리프트 정지위치 오차가 누적되면 리프트가 제 위치에서 정지하지 않는 경우가 발생하는데, 이에 대응하기 위하여 리프트 업체 기술자가 문제 발생 시 현장에 와서 리프트 층 위치를 재조정하는 동안 리프트 사용이 불가하기 때문에 공사 진행에 상당한 차질을 빚게 된다. 특히 초고층 공사와 같이 리프트 사용빈도가 높고, 리프트에 의한 의존도가 높을 경우, 리프트 정지위치 오차를 해결하기 위한 비용 및 공사 진행 장애에서 오는 손실이 막대할 것이라 예상된다. 때문에 리프트 정지위치 정확도를 높이고 오차 발생 시 이를 보완 가능한 장비를 개발한다면 수직 양중 측면에서 보다 효율적인 건설관리가 이루어질 것으로 예상된다.

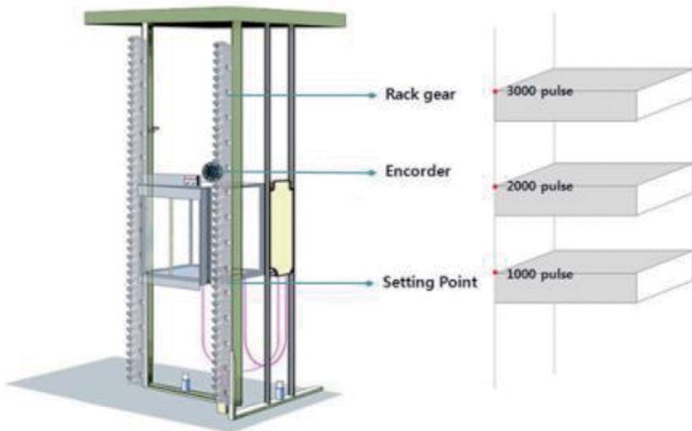


그림 1. 리프트의 운행 및 정지위치 감지 방식(이종현, 2012)

기존의 운행 리프트의 정지위치감지 장치로 사용되는 encoder의 원리는 리프트가 운행하며 rack gear와 맞물려 돌아가는 외부기어가 encoder 내부의 기어와 연결이 되어 있고, 하나의 근접센서가 설치되어 있어 내부 기어의 홈을 읽어가면서 pulse값을 측정해서 회전수를 측정하는 방법으로 리프트의 정지위치를 파악하는 방식이다. 하지만 하나의 센서를 사용하기 때문에 상승이나 하강이라는 방향성을 파악하지는 못하고 랙 기어가 돌면서 읽어 들이는 파인 홈 부분의 수만 파악한다는 한계가 있다. 이런 이유로 기존의 리프트는 목표층의 pulse 값까지 이동 후에는 더 이상 신호를 보내지 않고 정지한다. 그러므로 정지 후에 생기는 움직임을 상하 움직임을 파악하지 못하는 기존 방식으로는 파악할 수가 없다.

이와 같은 문제점을 해결 보완하기 위해 개발한 것이

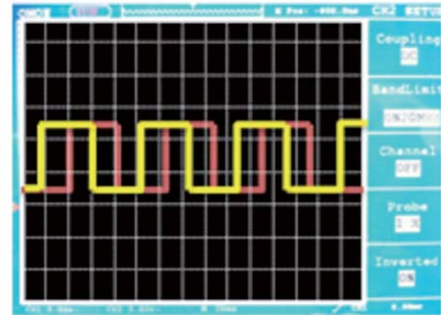
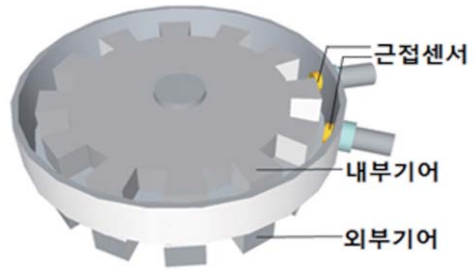


그림 2. 개발된 Double Type 방식의 장치와 측정되는 신호 형태 (2012 첨단 시공기술 개발 연차실적계획서, 2012)

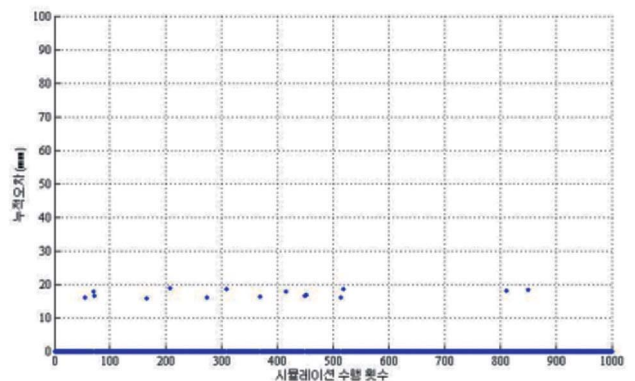
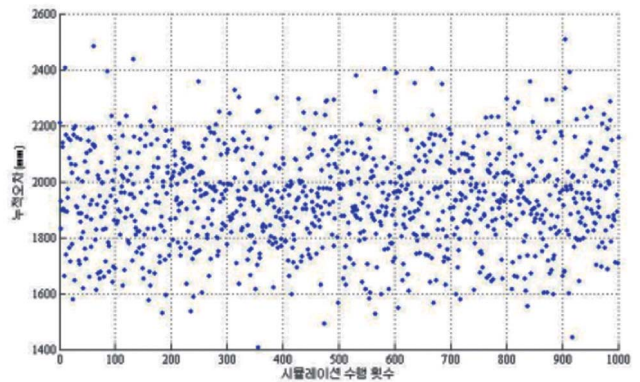


그림 3. Single type / Double type에 의한 시뮬레이션 결과 값 분포 (이종현, 2012)

Double Sensor Type 정지위치 감지장치이다. Double Sensor Type는 기존의 Single Sensor Type과는 다르게 리프트 상하 움직임을 방향성을 알 수 있고, 그로 인해 리프

트가 목표 층에 정지한 후의 움직임을 파악할 수 있다. Double Sensor Type 정지위치 감지 장치는 두 개의 근접 센서를 통해 두 가지 pulse값을 얻는다(그림 2). 두 개의 센서가 입력값을 불러들이는 순서에 따라 상승과 하강이 판별된다. 이런 이유로 pulse값을 나타내는 그래프 역시 두 가지가 동시에 교차되어 나타나며, 발생 순서를 인식하는 것이 가능하게 되어 리프트의 상승, 하강의 방향성을 인식한다. 이 같은 방향성을 인식한다는 강점으로 리프트가 목표층에 도달하여 운행을 완료한 후의 움직임 또한 파악 가능하여 실제로 리프트가 위치하는 현재의 pulse 값 인식을 통해 이 후 운행에서 오차를 만회할 수 있다(그림 3).

### 3. ELIS를 이용한 건설용 리프트 운행 (Embedded Lift Information System)

앞서 말한 Double Sensor Type 정지위치 감지장치에 뒤 이어 이야기할 기술은 ELIS(Embedded Lift Information System)을 이용한 건설용 리프트의 운행관리다. 현재 건설 프로젝트 현장에서 양중관리는 현장관리자에 의해 일간 양중 계획을 전달 작성하는 등의 대처를 세우고 있으나 각 리프트간의 배분 및 사용 효율성은 확인할 방법이 없는 실정이다. 리프트의 실시간 운행은 전적으로 리프트 전임 운전수에게 위임되며, 두 대 이상의 리프트가 작동할 경우 운전수간의 의사소통이 불가능하므로 동선 중복 등의 문제가 발생할 수밖에 없다. 또한 리프트의 운행과 수직 조닝에 있어 수학적 모델기반이 아닌 관리자의 판단에 의존하므로 객관화된 의사결정이 불가능하고 공정과 무관한 단순편의를 위한 리프트의 사용이 빈번히 발생한다. 이는 시공 중인 초고층 건축물의 규모가 커질수록 낭비 동선의 거리가 길어져 그 비효율성이 가파르게 증대된다.

ELIS (Embedded Lift Information System)는 리프트 카에 설치된 6가지의 센서(엔코더, 로드셀, 분할변류기, 전류센서 리미트 스위치, 근접센서)로부터 리프트 소모품 주기 측정을 포함하여 위치, 속도, 양중하중, 이동방향을 파악할 수 있는 정보를 중앙장치 내에 배열시키는 역할을 한다. 이때 데이터 수집 방식은 분산형 배치 형식을 띄는 건설용 리프트에 맞게 무선통신을 사용한다. 현장관리자는 현장 내 설치된 리프트 카의 이상 유무 및 작동 상태를 소프트웨어 디스플레이를 통해 관찰할 수 있다. ELIS(Embedded Lift Information System)는 초고층 건설 전체 기간 동안 각 리

프트의 동작 기록을 데이터베이스에 저장하여 이동경로 및 리프트 간 비교를 통한 가동률을 분석 가능케 한다.

각각의 센서를 통해 수집된 정보는 ELIS에 나열되어 리프트 카 호출이 발생하였을 때, 호출에 대응할 운행 리프트 카의 선정 알고리즘의 주요 요소로써 작동한다. 알고리즘은 리프트 카의 진행방향, 현재위치, 양중하중에 따라 후보군을 제거해가며 최적의 대응을 할 수 있는 리프트 카 선정 프로세스(그림 4)를 나타낸다.

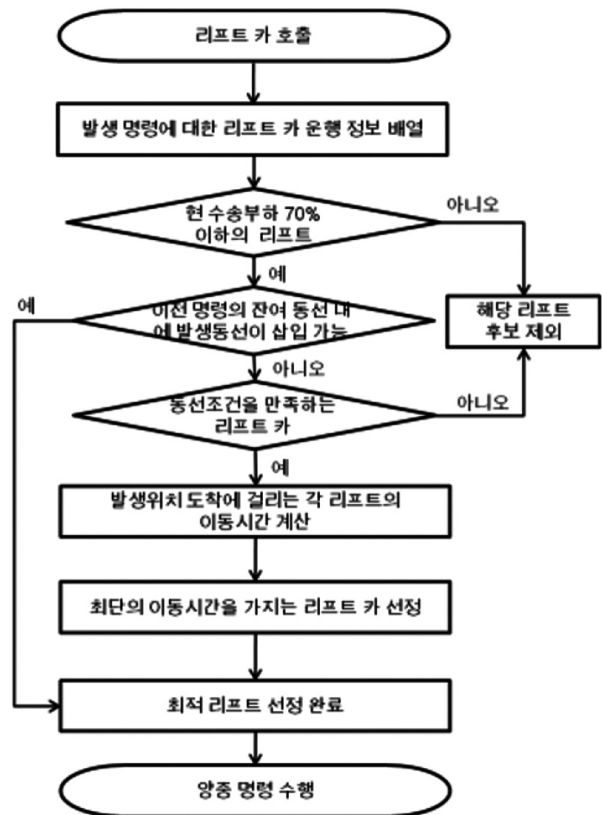


그림 4. 최적 리프트 선정 프로세스(신중환, 2013)

센싱을 통해 리프트 운행정보를 수집하고 기록하는 ELIS(Embedded Lift Information System)는 자재와 인력이 정착하는 시간과 층수 데이터를 보유할 수 있다.

리프트의 배치 및 조합과 함께 이루어지는 리프트의 수직 조닝은 리프트 사용의 효율성 증대를 가져다주는 주요 요소라 할 수 있다. 현재 초고층 건설 프로젝트 현장 내 리프트 사용 행태를 살펴보면 현장에 따라 다르지만 대체적으로 급행 운행 리프트를 두거나 화물용 리프트를 Peak Time 시 인승으로 전환하는 기준을 가지고 있으나 공정이나 이벤트에 대처할 수 있는 유동적 리프트 수직 조닝 컨트롤 관리는 미미하다.



그림 5. 리프트 운행관리 시스템  
(2013 첨단 시공기술 개발 연차실적계획서, 2013)

이를 개선하기 위해 리프트 최적 운행 시스템을 개발하였다. 이는 ELIS (Embedded Lift Information System)의 데이터베이스와 연동하여 리프트의 정지층 빈도 분석을 사용자 설정 기간 동안 실시하고 다수의 정지가 예상되는 층을 주요대상으로 수직 구획 설정을 제안하는 프로그램이다(그림 5). 또한, 시스템 내 자유로운 운행구간설정을 통해 어떠한 이벤트라도 관리자의 판단에 의해 조정 가능한 시스템이다. 시스템의 운영 검증을 위하여 ELIS (Embedded Lift Information System)용 센서가 설치된 실제 현장의 데이터를 수령하여 검증을 실시하였다. 검증결과 1일 평균 20%의 리프트 대기시간을 감소시킬 수 있는 것으로 나타났으며 그 외 낭비동선까지도 제어 가능하여 리프트의 수명에도 영향을 발휘하는 것으로 나타났다.

#### 4. 맺음말

본 고에서는 세계 건설의 기준이 되어가고 있는 초고층 건축 프로젝트를 진행하기 위한 국내 기반 기술 보유 현황을 알아보기 위하여 국토해양부 소관 연구개발사업인 “첨단도시개발사업-첨단시공기술 개발”의 일환인 “스마트 리프트 모니터링 및 제어기술 개발”의 연구 내용을 소개하였다.

이러한 기술들은 초고층 공사에서 리프트를 통한 양중에 있어 현재 체계적으로 정립되지 못한 공정관리 시스템의 한계점과 문제점들을 극복할 수 있는 핵심기술들이며, 이를 통해 건설 환경 변화에 대응하고 시공자들의 기술경쟁력을 강화할 수 있게 해줄 것으로 기대한다.

또한, 국가적인 차원에서 기술의 공유가 이루어진다면 국

내 건설사들의 세계 건설시장에서의 경쟁력은 앞으로도 지속될 수 있을 것으로 기대된다.

#### 감사의 글

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

#### 참고문헌

신중현(2013), “센싱정보를 활용한 초고층 건설용 리프트 최적화 운행 시스템 개발”, 한국건설관리학회 논문집, Vol 14, No.5, pp.153~163

이중현(2012), “Double Sensor Type 감지장치를 통한 리프트 정지위치 오차누적 개선 방안 제안”, 한국건설관리학회 논문집, Vol 13, No.2, pp.110~120

김선국 (2008), “건설 리프트의 적정 대수 산정에 관한 연구”, 한국건축시공학회 논문집, Vol. 6, No. 3, pp. 119~125

신윤석 (2011), “초고층 건축공사를 위한 건설 리프트 양중 계획 시스템 개발”, 대한건축학회 논문집, Vol. 27, No. 11, pp. 227~236

“2012 첨단 시공기술 개발 연차실적계획서”, 국토교통과학기술진흥원, 2012

“2013 첨단 시공기술 개발 연차실적계획서”, 국토교통과학기술진흥원, 2013