

멀티미디어와 RFID 등 IT를 활용한 지능형 타워크레인 개발 기초연구

A basic study on the development of intelligent tower crane using IT

한 용 우* 조 훈 희**○ 이 유 섭*** 강 태 경*** 김 종 선****
Han Yong-Woo Cho, Hun-Hee Lee You Seop Kang, Tai Kyung Kim Jong Sun

요 약

타워크레인은 최근 증가되고 있는 고층 건축물의 시공에 핵심적인 장비임에도 불구하고, 지난 수 십년간 이를 개선하기 위한 연구가 매우 부족하였다. 본 연구는 기존의 T형 타워크레인에 머신비전, RFID 및 GPS 기술 등을 접목한 지능형 타워크레인 개발 Framework을 제시하고, 제시된 Framework의 하위 모듈인 머신비전 모듈의 프로토타입을 개발하였다. 머신비전 모듈은 CCTV와 LCD 모니터를 이용하여 현장 및 자재관련 멀티미디어 정보를 크레인 운전원과 현장 작업자가 실시간으로 공유할 수 있으므로 작업 생산성과 안전성을 크게 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

키워드 : 지능형 타워크레인, 머신 비전, 무선인식, GPS, 정보기술

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설사업의 규모가 대형화, 고층화 되어가면서 양중장비의 사용이 증가하는 추세이며, 특히 작업효율이 높은 타워크레인(tower crane)의 사용빈도가 높은 실정이다¹⁾. 타워크레인이 국내에 도입된 이래 대형 고층건축물 및 SOC 시설물의 시공효율 향상에 상당부분 기여한 것은 사실이나, 지난 수 십년간 이를 이용한 양중작업의 효율제고를 위한 연구들은 매우 미흡한 실정이다.

타워크레인을 이용한 자재의 양중을 위해서는 자재 야적장에서 2명 이상의 노무자가 수신호나 무전기 등을 이용하여 운전원에게 자재의 위치와 관련된 정보를 부정확하게 전달하며, 특히 자재의 반입지연이나 작업공정의 변경이 생길 경우, 이를 운전원에게 정확하게 전달할 수 있는 체계가 부족한 실정이다.

이와 같이 낙후된 타워크레인 작업효율을 개선시키기 위한 연구들이 선진 외국에서 진행되고 있으며 일부 효과가 보고되고 있는데, 여기에는 주로 정보통신기술의 접목이 시도되고 있다. 그러나 우리나라의 경우 타워크레인 뿐만 아니라 건설산업 전반적으로 정보통신 기술의 활용이 미흡한 실정인데, 한국은행(2000)의 보고에 의하면 정보통신산업의 발전으로 1999년에 전산업 평균 약 10.0%의 생산성 향상이 있었으나, 건설업은 -2.4%로 감소하는 등 전산업 중 최하

위 수준을 보이고 있다. 이러한 실태들은 건설산업에서 정보통신 기술의 활용이 더디게 진행되고 있다는 사실과 함께, 반대 급부로 건설산업에 정보통신 기술의 활용을 통한 생산효율제고의 기회가 많다는 것을 의미하기도 한다.

이에 본 연구에서는 이러한 점에 착안하여 기존의 T형 타워크레인에 CCTV를 이용하여 작업장의 상황을 멀티미디어 정보로 크레인 운전자에게 제공하며, 또한 RFID(Radio Frequency Identification:이하 RFID) 기술을 활용하여 현장의 작업내용과 자재정보 등을 현장과 운전자가 공유하도록 하는 “지능형 양중관리 시스템” 개발을 통하여 기존의 타워크레인 작업효율 및 현장관리 업무 효율성을 제고하고자 한다. 또한 향후 타워크레인의 충돌방지, 자동화 및 인공지능 기능(거리감지, 운전상황 모니터링 등)을 위한 연구뿐 아니라, RFID를 이용한 건설 노무 및 자재 관리 시스템 개발 등과 같은 연구분야의 기초자료를 제공하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 제한사항

본 연구는 CCTV 및 RFID 기술을 기반으로 하는 지능형 타워크레인의 개발을 위한 기초연구 수행을 위하여 다음과 같은 방법으로 연구를 진행하였다.

우선 본 연구와 관련된 국내외 선행연구를 분석하여 본 연구의 방향성 및 차별성을 설정하였으며, 지능형 타워크레인의 개발에 필요한 요소기술의 기술동향 및 적용 가능성을 검토해 본 후, 일차적으로 CCTV 기술의 적용을 위한 프로토타입 시스템을 제안한다. 양중자재의 정보제공을 위한 RFID 기술과 크레인의 위치정보를 위한 GPS 기술은 본 연구에서는 그 가능성만을 타진하고, 향후의 단계적인 연구로 남겨둔다.

* 학생회원 한국해양대학교 해양공간건축학부 석사과정 대우자관 건설 현장소장
** 중신회원 한국해양대학교 해양공간건축학부 선임강사 공학박사
*** 중신회원 한국건설기술연구원 건설코스트연구소 센터장 공학박사
**** 중신회원 한국건설기술연구원 건설코스트연구소 센터 선임연구원
***** 엠테크 상무

1) 박성진(2001)

요소기술	주요기능	개발단계		
머신비전 기술분야	<ul style="list-style-type: none"> 무선제어 및 동영상 정보 송출 야적장, 현장 및 자재정보 표시화 	Framework	Prototype	Producttype
RFID 기술분야	<ul style="list-style-type: none"> 양중 자재관련 제반 정보제공 - 기초정보(종류, 무게, 이동경로) 	Framework	Prototype	Producttype
GPS 기술분야	<ul style="list-style-type: none"> 운전을 위한 위치정보 제공 - 이동경로 제어 및 충돌방지 	Framework	Prototype	Producttype

연구범위

그림 1. 본 연구의 주요내용 및 범위

2 선행연구 및 요소기술 분석

2.1 분석대상 요소기술 설정

IT를 활용한 지능형 타워크레인 개발을 목표로 하고 있는 본 연구는 위의 그림 1에서와 같이, 무선제어 및 동영상 정보 송출을 포함한 ①머신비전 기술, 양중자재 정보관리를 위한 ②RFID 기술, 양중자재의 위치경로 제어 및 충돌방지를 위한 ③GPS 기술과 같은 세부 요소기술을 기반으로 한다. 외국의 경우 1990년대 중반 이후 크레인의 작업효율 및 안전성 향상을 위한 세부적인 연구들이 진행되어 왔으며, 크레인 충돌방지 및 양중자재 정보제공 등과 관련된 일부 기술이 상용화되어 시제품이 판매되고 있는 실정이다. 그러나 우리나라의 경우, 타워크레인의 양중위치 및 기중 선정 등과 관련된 분야에 대한 연구가 주로 진행되었으며, 본 연구와 같은 개념을 대상으로 한 연구가 일부 진행되기는 하였으나 실제적인 장비의 개발을 통한 연구들은 부재한 실정이다. 이하에서는 위에서 제시한 분석대상 요소기술별로 선행유사 연구를 분석해 본다.

2.2 머신비전 분야 기술

Everett 외(1993)는 크레인 붐 트랜스미트에 비디오카메라를 장치하고, 크레인의 운전석에 설치된 텔레비전 모니터에 영상신호를 보여주는 것을 골자로 하는 CRANIUM을 개발하여, 시험결과 약 16~21% 가량의 생산성이 향상되었으며, 안전성 역시 향상된 것으로 보고하였다.

오야야시(大林組, 1996)에서는 건설공사에 사용하는 크레인용 멀티미디어 안전감시시스템(CSMS, Crane Safety Monitoring System)을 개발하였는데, 이 시스템은 크레인 운전석에 설치한 영상모니터 화면에 장비 운전자가 운전시에 필요로 하는 계기 정보를 문자 정보로서 제공하는 것을 주요 골자로 하고 있으며, 이외에 전문가 시스템을 채용한 고장 진단 시스템도 탑재하고 있다.

구문희(2000)는 타워크레인의 사용증가에 따른 재해의 감소를 목적으로 라디오 전파 등에 의한 유도전압 대책, 충돌방지 대책, CCTV 카메라 장치, 무선통신 장치, 항공장애 등과 같은 타워크레인의 최신 안전설비에 대해 해외의 사례를 소개를 하였다.

이정호(2002)는 타워크레인 운전원이 자재운송을 위한

위치조정 시간을 최소화하고 크레인을 쉽게 제어할 수 있도록, 머신비전(machine vision)을 활용하여 운전원의 시각 지대를 최소화하며 GPS를 활용하여 자재의 위치정보 및 이동할 붐(boom), 트롤리(trolley), 훅(hook)의 이동거리를 제공함으로써 크레인의 작업효율을 향상시킬 수 있는 프로세스의 개선방안 및 장비개발을 위한 Framework을 제시하였다.

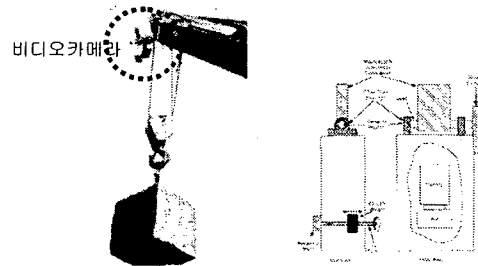


그림 2. Everett의 CRANIUM

2.3 RFID 분야 응용기술

RFID란 마이크로칩을 내장하여 주파수변조 방식으로 안테나와 교신을 통하여 근거리 및 원거리에서 읽고 쓰기가 가능한 무선인식 기술을 적용한 인식표(memory label)를 일컫는 것으로 유비쿼터스 컴퓨팅의 핵심기술로 대두되고 있는 기술분야이다. RFID 기술은 최근들어 그 사용위가 급격히 증가하고 있는 추세이며 따라서 본 연구에서는 양중 분야 뿐 아니라 건설산업 전반의 RFID 기술 동향을 분석하고자 한다.

권순욱(2004)에 의하면 RFID 기술은 건설산업의 자재조달 및 추적관리 시스템, 유도장치 탑재장비의 제어, 콘크리트 철근부재의 피로 또는 초과 용력 탐지, 압축가스 실린더 추적, 공구관리 및 장비 모니터링 분야에 적용되고 있다. 국내의 경우 현재 국책연구과제로 RFID를 이용한 공급사슬 및 현장관리 관련 연구가 수행되고 있으며 향후 시설물의 유지관리 분야 등에 확대 적용될 수 있을 것으로 기대되고 있다. 이외에 장문석(2004)은 유닛타입(unit type)의 커튼월을 대상으로 RFID 기술을 접목함으로써 기존의 커튼월 관련 업무 프로세스를 개선하고자 시도하였다.

2.4 GPS 및 장비제어분야 기술

한국건설기술연구원(1996)에서는 버킷에 의한 콘크리트 타설과 같은 반복적인 작업을 대상으로, 작업의 행선지를 사전에 입력하여 작업의 시작 및 종료를 설정하면 타워크레인이 자동적으로 행선지까지 이동하는 시스템을 개발하였다.

S건설(2001)은 타워크레인 무선통신 기술을 이용하여 장소와 시간에 구애받지 않고 타워크레인을 무선조종하도록 타워크레인 무선조정기를 개발하였는데, 이 장비는 조종자의 작업범위가 커져 작업의 유연성과 효율성을 증대시키는 이점이 있으나, 대형 건설현장의 작업조건 및 운전원의 거

리감 문제(Lack of depth perception)로 인하여 실용화엔, 한계가 있다.

스미모토 중기(2002)에서는 크롤라크레인에 모바일 통신 기술을 이용하여 기계의 가동상태 및 작업이력을 관리하도록 하고 있는데 이 장치는 기계의 실질적인 작동보다는 기계의 유지보수와 관련된 정보를 중심으로 이루어지고 있다.

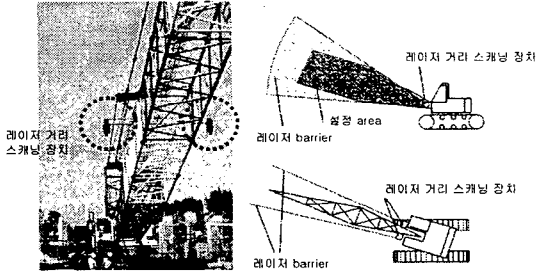


그림 3. 레이저광을 이용한 이동식 크레인 barrier 시스템

다이세이건설(大成建設(주)) 등에서는 적외선, GPS, 레이저광 등을 이용한 TC 충돌방지 장치를 개발하였다. 여러 대의 크레인 운용이 요구되는 대형현장의 경우 크레인간, 크레인과 건축물과의 충돌 가능성 항상 존재하며, 이로 인하여 안전문제와 작업효율 저하를 초래하게 되는데 크레인 붐의 선회각·기복각과 장애물의 정보를 통신 네트워크로 연결하고, 삼차원적으로 각각의 위치 관계를 계산해 충돌을 회피하거나, 또는 레이저 거리 스캐닝 센서를 설치하고 크레인의 좌우 측면으로 레이저광을 발사해 범위를 설정한 후, 설정된 범위내에 접근하는 물체를 직접 검지하는 방식 등을 이용한 충돌방지 시스템은 유용한 기술로 판단된다.

2.5 선행연구의 한계점과 본 연구의 차별성

이상 선행연구를 분석해 본 결과 선행 연구들은 다음의 측면에서 한계점을 가지고 있다. 우선 머신비전의 경우 기존 연구는 T형 크레인과는 달리 지브크레인을 대상으로 하고 있어 트롤리가 전후로 이동하게 되므로, 영상신호 및 제어신호의 송수신이 유선으로는 불가능한 T형 크레인에 적용이 불가능 하다.

또한 기존의 연구에서는 크레인 운전원에게 제공되는 정보가 양중자재의 종류, 이동위치, 작업내용 등과 같은 자재 및 작업정보 없이 단순 영상정보만을 제공하고 있다. 본 연구에서는 RFID를 이용하여 자재정보 및 자재 이동경로와 관련된 정보를 실시간으로 운전원에게 제공할 만한 기술을 제시하고 있다는 점에서 큰 의의가 있다.

마지막으로 GPS 및 장비제어 분야기술의 경우는 이미 다양한 선행연구들이 진행되고 있어 이를 본 시스템에 적용하기 위한 어플리케이션 개발만이 필요한 수준으로 판단되며, 본 연구의 경우 운전석에 설치될 모니터를 통하여 관련정보가 정확히 운전원에게 제공될 수 있으므로 상당히 유용할 것으로 판단된다.

3. IT 기반의 지능형 타워크레인 Framework

본 연구는 머신비전 및 RFID 기술을 이용하여 타워크레인 운전원에게 양중자재 및 이동정보를 실시간으로 정확히 제공하며, GPS 및 제어기술을 이용하여 크레인간의 충돌을 방지하고 양중자재의 이동을 자동 또는 반자동으로 운반할 수 있도록 하고 있다.

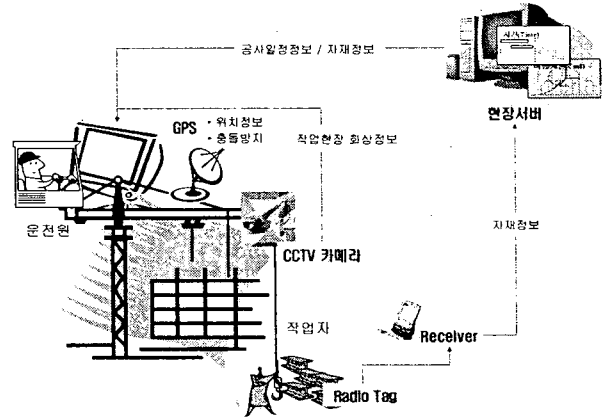


그림 4. 지능형 타워크레인 Framework

본 연구에서 제안하고자 하는 지능형 타워크레인의 Framework은 위의 그림 4와 같다. 그림을 보면 T형 타워크레인 트롤리에 CCTV 카메라를 장치하고, 양중자재에 RFID 태그를 설치하여 크레인의 운전석에 마련된 LCD 모니터로 야적장의 화상정보와 양중자재의 기초정보를 전송한다. 또한 운전석에서는 무선통신 기술을 이용하여 카메라를 조정하게 된다.

아울러 크레인의 단부에 위치정보 수신을 위한 GPS 수신기를 설치함으로써 크레인간 또는 인접건물과의 충돌을 미연에 방지함과 동시에 RFID를 이용한 양중자재의 이동정보, 도면정보, 위치정보 활용을 통하여 타워크레인의 반자동 또는 자동제어 기술을 개발하도록 한다.

앞서 밝힌 바와 같이 본 연구에서는 지능형 타워크레인의 Framework,을 제시한 후 1차적으로 머신비전 모듈을 대상으로 프로토타입을 개발하여 이를 토대로 향후 연구를 발전시키는 방향으로 연구를 진행한다.

4. 머신비전 모듈의 프로토타입 개발

4.1 머신비전 모듈의 기능

지능형 타워크레인의 플랫폼이 될 머신비전 모듈²⁾은 우선 T형 타워크레인의 트롤리에 CCTV 카메라를 설치하여, 타워크레인 운전자가 건설자재 등을 인양하여 시공중인 건물의 목표지점으로 이동시키는 작업을 할 때 작업장의 정보를 직접적으로 제공하게 된다.

또한 그림 5와 같이 향후 RFID 기술을 접목함으로써 자

2) 특허출원 10-2001-0007939호 및 실용신안등록 제 0230324호

재의 기초정보(자재명, 무게, 설치위치 등)와 인양일정 등과 같은 양중자재의 정보를 실시간으로 운전원에게 송부하는 기능을 가진다.

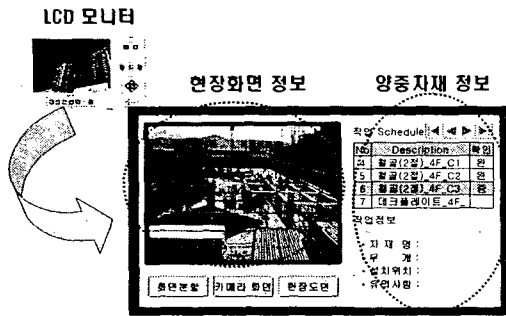


그림 5. 머신비전 모듈의 기본 기능 예시

4.2 머신비전 모듈의 시스템 구성 및 프로토 타입

머신비전 모듈의 시스템 구성은 아래의 그림 6과 같이 트롤리부와 운전실 부로 구성된다.

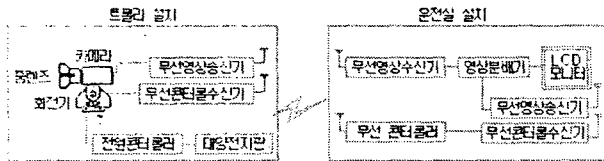
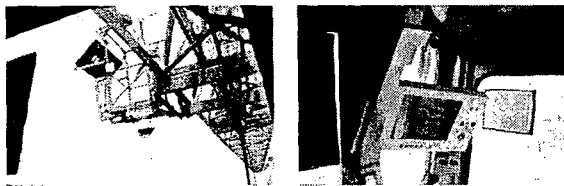


그림 6. 머신비전 모듈의 시스템 계통도

트롤리부에는 CCTV 카메라가 설치되며 카메라의 영상 정보 송출을 위한 무선영상송신기와 카메라의 조정정보 수신을 위한 무선 컨트롤러수신기가 설치된다. 또한 전력의 공급을 위한 태양전지판과 전원컨트롤러도 추가된다.



a) 트롤리부 설치장비 b) 운전실부 설치장비

그림 7. 머신비전 모듈 프로토 타입의 설치 운영 모습

운전실의 경우는 카메라로부터 송출되는 영상정보 수신을 위한 무선영상수신기와 영상분배기, 무선영상송신기 등이 설치되며 카메라의 조정을 위한 무선컨트롤러와 수신기, 그리고 LCD 모니터가 설치된다. 이상의 연구결과를 토대로 개발된 머신비전 모듈의 프로토타입과 실제 현장을 대상으로 한 설치결과는 그림 7과 같다.

5. 결론 및 향후의 연구과제

타워크레인 은 고층 건축물의 시공에 있어 가장 중요한 사항인 양중의 핵심적인 장비임에도 불구하고 그간 관련기술의 개발이 부진하였다. 본 연구는 멀티미디어, RFID, GPS 및 제어기술을 토대로 한 지능형 타워크레인 장비의 Framework을 제시하고 1차적으로 머신비전 모듈의 프로토타입을 제시하였다. Everett 외(1993)의 연구에 의하면 크레인에 카메라를 설치하는 것만으로도 약 16~21% 가량의 생산성이 향상되었으며, 안전성 역시 향상된 것으로 보고되고 있다. 본 연구는 단순한 현장 영상정보 뿐 아니라 자재의 기본정보와 위치이동 정보제공 뿐 아니라 제어기술까지 부가된 시스템으로 본 시스템이 상용화될 경우 위에서 제시한 수치 이상의 생산성과 안전성 향상이 기대된다.

다만 본 연구에서 시간적, 경제적 사유로 진행되지 못한 나머지 모듈의 개발과 본 시스템의 현장 적용성 검증에 대한 부분은 향후의 연구과제로 계속될 것이다.

참고문헌

1. 이정호, 박성진, 오세욱, 김영석, "GPS 및 머신비전을 활용한 타워크레인 양중 작업 효율화 방안", 대한건축학회 논문집, 대한건축학회, 18권 11호(통권 169호), 2002. 11, pp 133~140
2. 권순욱, "자재-공급 사슬 관리 및 유지 보수 혁신의 핵심 기술 RFID - RFID의 기술동향 및 건설산업에의 활용 가능성 -", 건설저널, 대한건설협회, 2004. 9, pp. 63~65
3. John G. Everett, and Alexander H. Slocum, CRANIUM: Device for Improving Crane Productivity and Safety, Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 119, No. 1, March 1993, pp. 23-39
4. <http://www.ganaco.com/> [타워크레인 무선조정기 개발]
5. <http://www.hands-crane.com> [모바일 통신을 이용한 IT 크레인개발]
6. <http://www.taisei.co.jp> [적외선, GPS, 레이저광 등을 이용한 TC 충돌방지 장치]

Abstract

Even though the tower crane is a major equipment in a construction of high rise buildings, there are lack of studies of it. This study is presenting a framework of developing a intelligent tower crane applied with the technology of machine-vision, RFID(Radio Frequency IDentification), or GPS(Global Positioning System) and proposing the prototype of machine-vision module, sub module of this Framework.

Through monitoring form CCTV(Closed Circuit TeleVision) and LCD(Liquid Crystal Display) in machine-module the real time communication between in-site workers and crane operator is possible. this will improve the productivity and safety of the tower crane.

Keywords : intelligent tower crane, machine vision, RFID, GPS, Control system, IT