

양방향 RF 통신을 이용한 초소형 오토 샤클 설계 및 구현

정회원 강 석 엽*, 황 인 규**

Design and Implementation of Miniaturized Auto Shackle using Duplex RF Transmission

Suk-youb Kang*, In-kyu Hwang** *Regular Members*

요 약

모든 공사 현장에서 철골 세우기 작업시 철골 보, 기둥(H 빔) 등의 이동을 위하여 크레인에 샤클을 부착하여 사용하고 있다. 이때 사용되는 샤클의 해체 작업은 높은 곳으로 올라가 수동으로 해야 하므로 안전사고의 위험성이 높고, 작업의 효율성이 떨어지며, 이는 시공비의 증가로 이어진다.

본 연구에서는 건설현장에서 실용적으로 사용할 수 있는 양방향 RF 통신을 이용한 초소형, 초경량, 저전력, 저가의 오토 샤클을 설계·구현하였으며, 기존 오토 샤클과는 다른 새로운 동작원리와 구조를 채택함으로써 우수한 원격 모니터링, 제어 기능을 갖출 수 있었다. 연구 결과는 여러가지 건설 장비의 원격 제어용으로 응용이 가능하며, 건설장비의 첨단화를 가속화 시킬 것으로 판단된다.

Key Words : Remote Control, Auto Shackle, Communication, RF

ABSTRACT

In order to set up a steel frame at every construction site, it is necessary to attach a shackle to a crane to move steel frame beams and columns(H beams). The shackle used for this purpose must be removed manually from a higher place, which causes the risk of safety accidents to increase, work efficiency to decrease, and construction costs to rise.

In this study, micro-mini, super lightweight, lower power consumptive, and cheaper auto-shackle with two-way RF communication, which can be used practically at construction site is designed and developed. The developed auto-shackle is able to have excellent remote monitoring and controlling functions, by adopting new operating principles and structures different from the existing one. The results of the study reveal that the auto-shackle can be applied for the purpose of remote controlling of various construction equipments and speed up the advancement of construction equipments.

I. 서 론

모든 건설시공에 있어서 주된 목표는 우수한 시공성, 경제성 및 안전성이라 할 수 있다.

철골 구조물 공사현장에서 철골 세우기 작업 시 철 제 보 및 기둥(H 빔) 등의 이동을 위하여 크레인에 샤클을 연결하여 사용하고 있다^[1].

이때 그림 1과 같이 사용되는 샤클은 이동할 철

* 국립한국해양대학교 전자공학과(int-ksy@hanmail.net) ** (주)P&H (hik416@yahoo.co.kr)

논문번호 : KICS2007-08-388, 접수일자 : 2007년 8월 30일, 최종논문접수일자 : 2007년 10월 14일

골 자재를 작업자가 직접 설치와 해체를 하여야 하는 불편함이 있다. 또한 대부분의 철골 세우기 작업이 높은 위치에서 발생하므로 사람의 이동을 고려하면 공기 지연 및 안전사고의 위험성이 따른다.

이러한 불편함을 해결하고자 수년전부터 크레인에 연결되는 샤클에 전자적인 해체장치를 내설하여 원격에서 조종함으로써 현장 기술자가 안전하고 빠르게 샤클을 해체할 수 있도록 오토 샤클이라는 개념이 도입되었다²⁾.

그러나 기존에 연구 개발된 오토 샤클은 그 구성이 복잡하고 무거우며 가격 또한 높아 실용화가 미미한 상태이다.

이에 본 연구에서는 건설현장에서 실용적으로 사용되기 위해 충분한 초소형, 초경량, 저전력, 저가의 오토 샤클 개발을 위하여 샤클된 개폐에 있어서 기존과는 다른 방식을 채택하여 연구를 진행한다. 또한 원격 제어를 위한 RF 제어 방식에 있어서도 기존의 단방향 통신에서 벗어나 양방향 통신을 적용함으로써 원격에서 제어는 물론이고 샤클의 상태를 모니터링 할 수 있게 하여 작업자의 실수로 인한 안전사고를 줄이고, 사용상의 신뢰성을 증가 시키며, 연구결과가 다른 여러가지 건설 장비의 원격 제어 기개발에 활용될 수 있도록 철제 기구물에 대한 영향도 고려하여 연구를 진행한다.

본 연구에서 설계 구현한 우수한 성능의 오토 샤클은 무엇보다 건설현장에서 가장 중요시 되고 있는 현장 기술자의 안전사고를 미연에 방지할 수 있는데 그 중요성이 있으며, 건설장비의 첨단화를 꾀하고자 하였다.

본 논문의 구성은 II장에서 현재의 기술동향 및 연구의 필요성에 대하여 서술하고, III장에서는 목표하는 오토 샤클의 설계와 구현에 대하여 서술하며, IV장에서는 구현된 연구 결과물의 측정과 이에 대한 고찰을 한다. 마지막으로 V장에서는 연구에 대한 결론을 맺는다.



그림 1. 사람에 의한 샤클 제거 장면

II. 오토 샤클 기술동향

근대적인 건설시공이 시작된 이래로 철골 작업시 자재의 이동을 위하여 작업자가 크레인 끝에 연결되어 있는 샤클에 자재를 체결하고 해체할 때 직접 수작업을 해왔으나, 수년전 부터 이러한 불편함을 해소하고 작업의 효율, 안전성을 확보하기 위하여 샤클을 원격에서 조종하는 기술에 관심을 갖게 되었다. 그러나 현재까지 개발되어진 오토 샤클들은 구조가 크고 무거우며, 가격이 비싸서 일반화 되지 못하고 현재까지 작업자가 직접 체결하고 높은 H빔을 위험하게 올라가서 제거를 하는 공사현장이 대부분이다.

현재 제품화 된 오토 샤클은 국내 S사에서 개발한 ‘H빔 클램핑용 샤클의 원격제어장치’¹³⁾와 일본의 E사가 개발한 ‘MSA-15 자동 샤클’¹⁴⁾등이 있으나 제어를 관장하는 본체부와 클램프로 구성되어 크기가 크고 무거우며, 핀의 해체를 위하여 모터를 사용하고 있어 본체의 전력 소모량이 커서 한번 충전으로 사용할 수 있는 연속 사용 횟수가 한정적인 단점 등이 있다.

그림 2에 기존 개발되어 사용되고 있는 오토 샤클을 이용하여 시공하고 있는 모습을 나타내었다.

현재 건설현장에서 오토 샤클의 필요성은 중요시 되고 있으나 국제적으로 연구된 결과물의 발표는 미미하며, 축산이나 그 외의 분야에서의 오토 샤클 연구 결과가 더러 있을 뿐이다.

건설현장에서 일을 하는 노동자의 안전과 첨단 건축 시공을 위하여 초소형, 경량화, 양방향 통신이 가능한 저가의 오토 샤클에 대한 연구가 시급하다고 판단된다.



그림 2. 기존 개발된 오토 샤클을 이용한 시공 장면

III. 설계 및 구현

초소형, 초경량, 양방향 통신이 가능한 저가의 오토 샤클 개발이라는 연구 목표를 달성하기 위하여 기계적으로는 샤클핀 제어를 위해서 기존 제품에서 적용하고 있는 모터 제어 방식이 아닌 방아쇠의 원리를 이용하여 동작하도록 설계하였다.

즉 평상시 스프링의 탄성으로 밀려있는 샤클핀을 밀어서 걸쇠가 샤클핀 홈에 걸려 스프링 탄성을 가지고 잠긴 상태로 철골 자재를 운반하여 설치하고, 원격 제어기를 이용한 제어 조작에 따라 자석의 원리를 이용한 솔레노이드기⁵⁾ 동작해 샤클핀 홈에 걸려있던 걸쇠를 당겨 탄성을 가지고 있던 스프링에 의하여 샤클핀을 밀어 낼 수 있는 간단한 구조로 설계 하였다. 이는 기존의 모터 제어 방식과 비교하여 크기와 무게는 물론이고 전력 사용량에서도 대단히 유리하다. 이 모든 구조의 설계시 무거운 철골의 무게를 지탱할 수 있도록 샤클의 구조와 안전장치, 원격 제어기에 보낼 정보 검출을 위해 필요한 자기 센서의⁶⁾ 부착 위치 등을 충분히 고려하였다.

설계한 기구의 정면도와 측면도를 그림 3에 나타내었다.

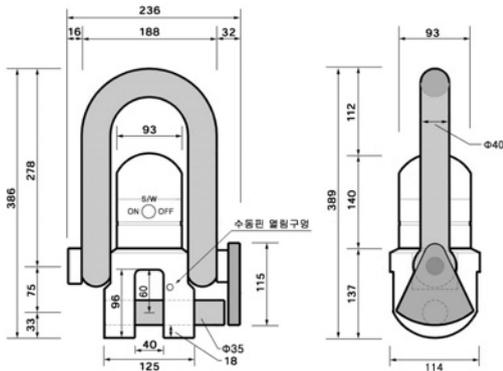
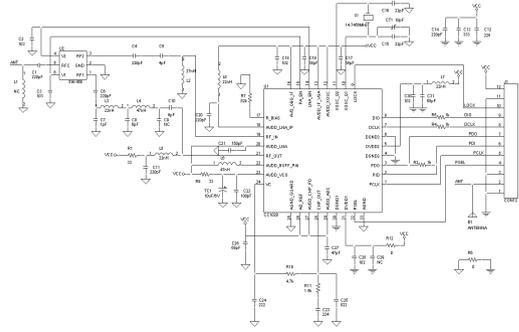


그림 3. 설계된 샤클 기구 도면

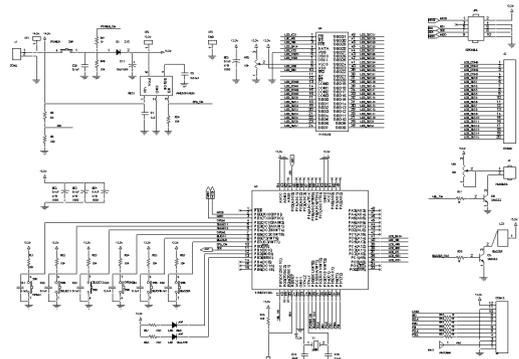
샤클 내부에 내설되어 자기 센서에 의해 감지된 샤클 상태 정보 및 건전지의 상태 등을 점검하여 원격 제어기에 송신하고 원격 제어기로 부터 전달된 제어 신호를 수신하여 샤클을 제어할 수 있게 설계한 447 MHz대역 RF 모듈 및 제어 회로를 그림 4(a), (c)에 각각 나타내었다.

또한 기존 제품에서 단순한 제어 신호만을 보내던 원격 제어 방식과 큰 차별화를 위하여 원격 제어기에 LCD를 적용하여 양방향 RF 통신을 통해

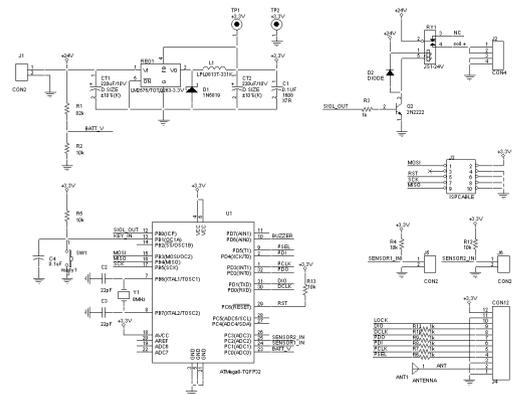
원격에서 샤클의 전원 상태 및 동작 상태를 모니터링 하면서 샤클을 제어할 수 있도록 설계하였다. 물론 RF 통신을 위한 모듈은 샤클내에 사용된 모듈과 함께 설계하였으며, 이에 대한 회로도들 그림 4(a), (b)에 각각 나타내었다.



(a) RF 모듈 회로



(b) 원격 제어기 회로



(c) 샤클 제어 회로

그림 4. 설계된 회로도

샤클 제어부와 원격 제어기의 양방향 통신을 위해 공용으로 구성된 RF 모듈은 TI사의 CC1020 저전력, 저전압 RF 송수신 전용 칩셋을 사용하여 설계하였으며, 회로내의 모든 제어를 관장하는 마이컴으로는 양쪽 회로 모두 Atmel사의 Atmega8L을 사용하였다.

또한 샤클 제어부의 안테나는 좁은 기구 내에 내장하기 위하여 헬리컬 구조로 설계 하였으며^[7] 기구의 두께가 얇은 원격 제어기의 안테나는 스트립 라인^[8] 동선을 이용하여 다이폴 형태로^[9] 각각 구성 하였으며 RF 모듈 회로와 임피던스 정합이 되도록 하여 사용 주파수 대역에서 최대 전력이 전달되도록 설계하였다.

샤클은 일반적으로 그림 8과 같이 2개를 한 조로 사용하게 되므로 원격 제어기는 그림 7과 같이 2개의 샤클을 하나의 원격 제어기로 조종할 수 있게 1번 샤클 조종 버튼과 2번 샤클 조종 버튼으로 구성되어 각 버튼을 누르면 제어창 모습이 토글 되게 설계하였다.

샤클 제어부에 대한 프로그램 흐름은 그림 5와 같이 어떤 이벤트가 발생하면 즉시 변경된 상태 정보를 송신하고, 이벤트가 발생하지 않아도 샤클의 모든 정보를 30초에 한번씩 송신하게 하였다.

원격 제어기의 프로그램 흐름은 그림 6과 같이 샤클 내부에 내장되어 있는 제어부에 실시간으로 제어 정보를 송신하고, 제어 정보에 따라 동작한 상태변화를 다시 샤클 제어부로부터 수신하여 실시간으로 LCD에 표시하며, 평상시에는 항상 정보를 수신할 수 있게 수신 대기 상태로 놓아 30초에 한번씩 샤클 제어부로 부터 샤클의 상태 정보와 전원 상태를 수신하여 LCD를 갱신할 수 있게 하였다. 또한 원격 제어기는 1분간 어떤 버튼이 눌러지지 않으며 Power down 모드로 전환되어 전원이 관리 되게 하였다. 양방향 통신을 위한 RF 변조 방식은 FSK를 사용하고, 송수신시 에러 체크를 위하여 Check Sum 처리를 하였다.

그림 4(a)에서 설계된 RF 모듈을 그림 7과 같이 구현하였으며, 외부 회로로 부터의 영향을 최소화 하기 위하여 쉴드를 한 상태로 샤클 제어부와 원격 제어기 회로 보드의 뒷면에 위치 시켜 양방향 RF 통신이 가능하게 하였다.

그림 3에서 설계된 샤클 본체를 제작하여 건설현장에서 사용하기에 충분한 성질을 가질수 있도록 열처리와 도금 작업을 하여 그림 8(a)와 같이 구현 하였다. 또한 상측부에는 그림 4(a),(c)의 샤클 제어부 회로를 내장하였다.

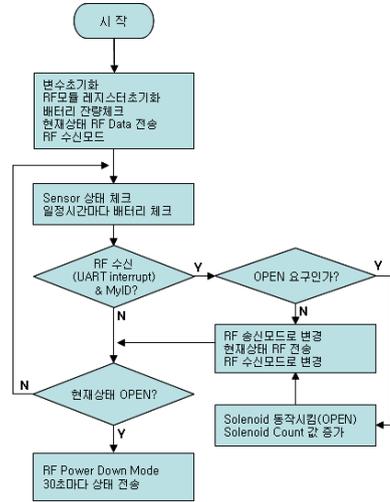


그림 5. 샤클내 제어부 프로그램 순서도

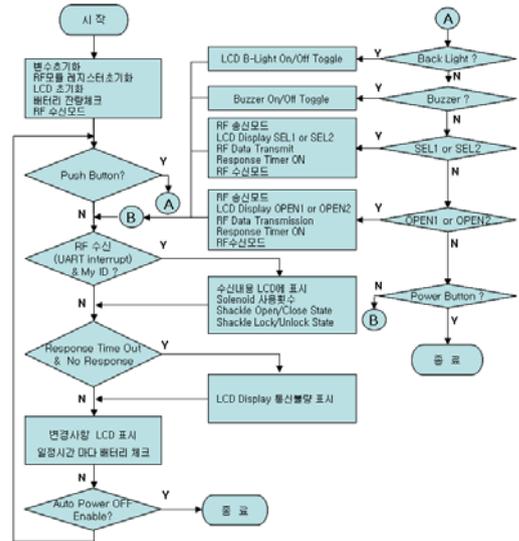


그림 6. 원격 제어기 프로그램 순서도

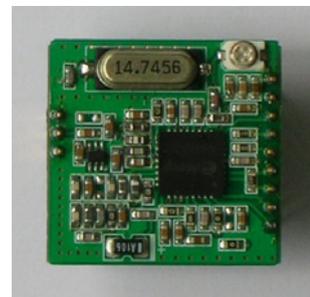


그림 7. 제작된 RF 모듈

내장된 회로부를 그림 8(b)에 나타내었다. RF 모듈은 다른 회로로부터의 영향을 받는 것을 최소화하기 위하여 보드의 뒷면에 위치 시켰다.



그림 8. 제작된 샤클과 내장된 제어 보드 모습

그림 4(a),(b)와 같이 설계된 원격 제어기를 기구적으로 건설현장에서 사용하기 편리하고 LCD창은 샤클의 상태 정보를 그래픽적으로 볼 수 있게 샤클의 모양을 넣어 구성하였다. 그림 9(a)에 제작된 원격 제어기의 외형 모습을 그림 9(b)에 회로 보드의 모습을 나타냈으며, 샤클 제어부와 마찬가지로 RF 모듈은 보드의 뒷면에 위치 시켰다.

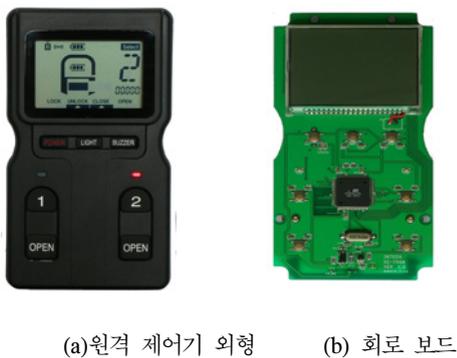


그림 9. 제작된 원격 제어기 회로 보드와 외형 모습

샤클 본체와 샤클 제어 보드, 원격 제어기의 회로부와 기구는 각각 최초 계획한 구조로 구성이 되었다. 특히 원격 제어기의 케이스는 작업 환경을 고려하여 방수와 충격에 강하게 구성을 하였으며, 샤클 본체는 건설장비로서 강도, 경도 등 갖추어야 할 모든 규격을 만족하게 구성하였다.

IV. 측정 및 고찰

본 연구에서 구현된 오토 샤클의 성능에 있어서 중요한 관점이 되는 것은 초소형 샤클이 무거운 철골 자재의 중량을 지탱할 수 있는지와 전파환경이 좋지 않은 건설현장에서 강철로 구성되어 있는 샤클 본체에 내설 되어 있는 샤클 제어부와 원격 제어기 간의 안정적인 통신이 가능하게 하는 것이다.

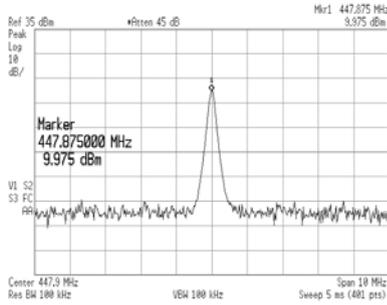
RF 통신 성능 관련 측정에는 Hewlett Packard사의 8921A cell site test set, Agilent사의 E4411B 스펙트럼 분석기, Tektronix사의 TDS3012 오실로스코프 등의 측정 장비를 사용하였다.

제작된 RF 모듈의 측정결과는 입력 전압 5 V에서 출력 전력 약 10 dBm, 수신 감도 -112 dBm을 나타내어 설계시 계획한 성능을 모두 만족하였으며, 건설현장에서 사용하기에 충분한 성능을 만족하였다.

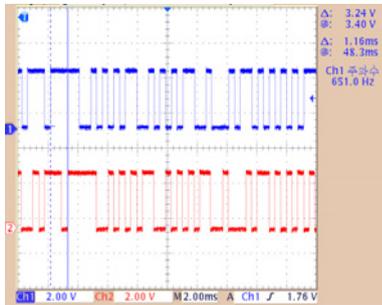
본 연구의 초기에는 건설현장이 대부분 철골로 되어 있고 RF통신을 위한 회로가 내설 되어 있는 샤클 본체가 강철재로 구성되었다는 좋지 않은 전파환경으로 인하여 RF 출력이 10 dBm으로 충분함에도 불구하고 통신 거리가 약 60 m정도 밖에는 확보되지 못하였다. 이러한 짧은 통신 거리를 보완하기 위하여 반복되는 시뮬레이션과 현장 실험으로 회로가 내설 되는 샤클 본체의 상측부를 현장에서 사용하기에 충분한 강도와 경도를 지닌 플라스틱으로 교체하여 전파환경을 개선하였으며, 최종적으로 10 dBm의 출력으로 약 250 m정도 떨어진 원거리에서 안정으로 양방향 통신이 가능하였다.

또한 작업자의 현장 시험 결과 단방향 통신을 통하여 간단한 제어만을 하던 기존방식에 비하여 양방향 통신 방식을 통해 전달되어지는 전원관련 정보와 샤클의 각종 상태 정보를 그래픽적으로 원격 모니터링 할 수 있었다. 그림 10에 제작된 원격 제어기의 송신 출력 스펙트럼 상태와 원격 제어기에서 송신한 데이터와 이를 샤클 제어 보드에서 수신한 데이터를 나타내었다.

표 1에 본 연구로 구현된 오토 샤클의 양방향 RF 통신 관련 주요 사양을 정리 하였다.



(a) 출력 파워 및 주파수



(b) 송·수신 데이터 상태

표 2. 기존 오토 샤클과의 비교

	본 논문	S사(국내)	E사(국외)
크기	높이 - 380 mm 지름 - Ø100 mm	960x960x420 mm	1015x960x422 mm
무게	약 15 kg	약 600 kg	약 300 kg
최대 용량 (각접점당)	100kN	75kN	75kN
가격	약 400만원	약 1500~2000만원	약 1500~2000만원
구성	스프링을 이용한 샤클핀의 이동	모터를 이용한 샤클핀의 이동	모터를 이용한 샤클핀의 이동
원격 제어방식	양방향 RF통신	단방향 RF통신	단방향 RF통신
원격 모니터링	가능	불가능	불가능
샤클 제어전원	24 V	12 V	-
원격제어기 전원	5 V	9.6 V	-
변조방식	FSK	-	-
통신 주파수	447 MHz 대역	447 MHz 대역	-
연속 제어 회수	500회 이상	100회	-
통신 거리	약 250 m	약 100 m	-
장·단점	<ul style="list-style-type: none"> - 구성이 간단하여 소형 및 경량으로 체결 및 해체가 쉽다. - 양방향 통신을 이용한 원격 모니터링 가능하다. - 통신상의 에러에 대한 대책을 확보했다. - 저가 	<ul style="list-style-type: none"> - 구성이 복잡하여 크기가 크고 무게가 무거워 체결 및 해체가 어렵다. - 단방향 통신으로 원격 모니터링 불가능하다. - 고가 	<ul style="list-style-type: none"> - 구성이 복잡하여 크기가 크고 무게가 무거워 체결 및 해체가 어렵다. - 단방향 통신으로 원격 모니터링 불가능하다. - 고가

그림 10. 출력 스펙트럼 및 송·수신 데이터 상태

표 1. 양방향 RF 통신 관련 사양

항 목	성 능
원격 제어방식	양방향 RF통신
사용 전원	5 V
변조방식	FSK
통신 주파수	447 MHz 대역 (447.875MHz)
RF 출력	10 dBm 이하
수신 감도	-112 dBm
전송 속도	2.4 Kbps
RF 모듈 소모전류	27.7 mA
통신 거리	약 250 m

구현된 초소형 샤클의 기계적 성능은 자체적인 측정·검증을 반복한 이후에 공인인증 시험기관에 의뢰하였으며, 시험 결과 최대 100 kN의 자재를 운반할 수 있으며, 최대 운반 하중의 5배 이상의 최대 강도를 확보하였고, 최대 사용하중의 1.5배의 하중을 20,000회 반복 착탈 하는데 전혀 문제가 없어, 건설현장에서 사용상 문제가 없음을 검증되었다.

표 2에 본 연구로 구현된 오토 샤클의 측정 결과와 기존 연구결과를 비교하고, 분석하여 장·단점을 정리하였다.

본 논문에서 설계 구현한 “양방향 RF 통신을 이용한 초소형 오토 샤클”은 기존 연구로 구현된 오토 샤클 및 원격 제어기와 비교 분석한 결과 원리가 간단하여 크기가 작고 안전성과 가격면에서 장점을 가지고 있으며, 양방향 RF 디지털 통신을 통하여 샤클의 동작상태를 수시로 점검할 수 있어 운전자에게 편리성과 작업의 효율성을 극대화시킬 수 있다고 판단된다.

또한 현재 국내외적으로 활성화 되지 못하고 있는 오토 샤클 사용을 확대하여 건설현장의 작업 환경을 개선할 것이며, 국내 기술력의 우수함을 세계적으로 알릴 수 있는 좋은 기회가 될 것으로 사료된다. 그림 11에 본 연구로 구현된 오토 샤클을 사용하여 철골 작업을 하고 있는 모습을 나타내었다.



그림 11. 구현된 오토 샤클을 이용하여 작업하는 모습

V. 결론

본 논문에서는 건설현장에서 철골 작업시 작업자가 직접 체결하고 높은 곳으로 이동하여 해체하던 샤클을 양방향 RF 통신을 이용해 원격에서 모니터링, 제어가 가능하도록 연구하였다. 샤클 핀 구동 방식에 있어서 기존의 제품들에서 적용하였던 모터 구동 방식과는 다른 솔레노이드를 사용하여 방아쇠의 원리를 적용함으로써 크기와 중량을 크게 개선하였으며, 구조의 소형화로 오동작에 대비한 안전장치와 안정적인 양방향 RF 통신을 위한 회로부와 안테나에 충분한 공간을 할애 할 수 있었다.

RF 변조 방식은 FSK를 사용하였으며 설계된 RF 모듈은 출력 10 dBm, 수신 감도 -112 dBm의 성능을 나타냈으며, 내부에 최적으로 설계된 헬리컬 안테나를 장착하여 현장 시험시 약 250 m 떨어진 곳에서 안정적인 양방향 통신이 가능하였다. 철골로 되어 있는 건설현장의 환경과 샤클 전체가 강철로 구성되어 있다는 점을 고려하면 대단히 우수한 통신 거리 확보로 판단된다. 원격 제어기는 단방향 통신을 통하여 간단한 제어만을 하던 기존 제품이나 연구 결과물에 비하여 양방향 RF 통신 방식을 통해 샤클의 전원 및 현재 상태를 우수하게 원격 모니터링 할 수 있었다.

또한 연구된 초소형 샤클의 기계적 성능은 공인 인증시험기관을 통하여 최대 100 kN의 자재를 운반할 수 있으며 최대 운반 하중의 5배 이상의 최대 강도를 확보하였고, 최대 사용하중의 1.5배의 하중을 20,000회 반복 착탈 하는데 전혀 문제가 없어, 건설현장에서 사용함에 문제가 없음을 검증되었다.

구현된 오토 샤클과 원격 제어기는 초소형, 초경량, 초저가의 안전성이 우수한 “양방향 RF 제어를 통한 모니터링이 가능한 오토 샤클 구현”이라는 최초 목표를 모두 만족하였다.

본 연구결과는 건설현장에서 사용되는 여러가지 건설장비의 원격 제어 방식에 응용이 가능하여 건설 장비의 원격 제어 연구와 원격 제어용 건설 장비 시장의 활성화에 크게 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

[1] 辛鉉植, 金文漢 외 5인 공저, *건축시공학광* 문운당, pp.270-271, 2001
 [2] 이종은, 이진영, 정삼룡, 한송수, 이상현, “혁신적으로 경량화 된 자동샤클 제어기”, *대한전기학회 하계학술대회 논문집*, pp. 2468-2470, 2004

[3] http://ganaco.com/newdoc/kor/special_sub02.html
 [4] <http://www.eagleclamp.co.jp>
 [5] Paul R. Karmel, Gabriel D. Colef, Raymond L. Camisa, *Introduction to electromagnetic and microwave engineering*, J. Wiley & Sons Ltd, pp. 252-259, 1998.
 [6] Gardner JW, *Microsensors: Principles and Applications*, J. Wiley & Sons Ltd, pp. 199-223, 1994.
 [7] Z.-H. Wu, W.-Q. Che, B. Fu, P.-Y. Lau, E.K.N. Yung, “Axial mode elliptical helical antenna with parasitic wire for CP bandwidth enhancement”, *IET Microw. Antennas Propag.*, pp. 943-948 ,1 ,2007.
 [8] E. H. Fooks, R. A. Zakarevicius, *Microwave Engineering using Microstrip Circuits*, Prentice Hall, pp.270-291, 1990
 [9] Michael Bank, “On Some Misunderstandings Using a Dipole or Monopole” *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 45, pp. 143-147 February 2003.

강 석 엽 (Suk-youb Kang)

정회원



1997년 2월 인천대학교 전자공학과(공학사)
 1999년 2월 하대학교 전자공학과(공학석사)
 2005년 8월 하대학교 전자공학과(공학박사)
 2001년 7월~2006년 8월(주)아이

엔텍 대표이사

2006년 8월~현재 국립한국해양대학교 전파공학과 연구교수

<관심분야> 무선통신 시스템, 초고주파 회로, 안테나 설계, RFID/USN 기술

황 인 규 (In-kyu Hwang)

정회원



1998년 8월 홍익대학교 건축공학과(공학사)
 2000년 8월 홍익대학교 대학원 건축공학과(공학석사)
 2007년 2월 홍익대학교 대학원 건축공학과(공학박사)
 2007년 2월~현재(주)P&H 대표이사

<관심분야> 건축공학, 기계공학